



**EPS**

Escola Politècnica  
Superior

## **Projecte/Treball Fi de Carrera**

**Estudi:** Enginyeria Industrial. Pla 1994

**Títol:** Projecte d'instal·lacions sostenibles d'una masia rural aïllada

**Document:** ANNEX A CALEFACCIÓ

**Alumne:** Antoni Casanovas Iborra

**Director/Tutor:** Josep Maria Corretger

**Departament:** Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

**Àrea:** MMT

**Convocatòria** (mes/any): Setembre 2008



<b>A.1. INTRODUCCIÓ A L'ENERGIA GEOTÈRMICA DE BAIXA TEMPERATURA .....</b>	<b>2</b>
<b>A.2. INSTAL·LACIÓ TERRA RADIANT .....</b>	<b>4</b>
A.2.1. AÏLLAMENT DE LA CASA .....	4
A.2.2. VENTILACIÓ .....	5
A.2.3. CÀLCULS .....	6
<b>A.3. NECESSITATS D'AIGUA CALENTA SANITÀRIA (ACS) .....</b>	<b>15</b>
<b>A.4. BOMBA GEOTÈRMICA.....</b>	<b>17</b>
A.4.1. FUNCIONAMENT DE LA BOMBA DE CALOR. ....	17
A.4.2. VASOS D'EXPANSIÓ .....	19
A.4.3. COEFICIENTS DE TRANSFERÈNCIA DE CALOR DEL SÒL .....	23
<b>A.5. SELECCIÓ DELS TUBS GEOTÈRMICS .....</b>	<b>24</b>
A.5.1. RESULTATS DE LA SIMULACIÓ .....	25
<b>A.6. ESTUDI ECONÒMIC.....</b>	<b>27</b>

### **A.1. Introducció a l'energia geotèrmica de baixa temperatura**

Hi ha dos tipus de energies anomenades geotèrmiques. Una primera anomenada d'alta temperatura que aprofita la font de calor que tenim en el centre de la terra i que en alguns casos es troba a relativament poca distància de la superfície i aquesta és aprofitada per a escalfar aigua per el funcionament de turbines de vapor o per a altres usos que aprofiten l'escalfament.

Per altra banda tenim una segona font d'origen molt diferent que també és anomenada geotèrmica però de baixa temperatura. Aquesta energia es troba a gairebé la totalitat de l'escorça terrestre i és una acumulació de temperatura degut a la radiació solar. Aquesta temperatura es manté molt constant a partir d'uns 2m de profunditat. La temperatura depenent de la zona del planeta és d'entre 10 i 17°C. Aquesta energia ens pot proporcionar fins a un 75% de l'energia necessària per a l'escalfament del sistema tèrmic d'una casa convencional a partir d'una bomba de calor amb el seu evaporador enterrat. Aquest sistema també ens permet realitzar sistemes d'aire condicionat amb rendiments molt elevats.

L'ús d'equips que utilitzen aigua en el circuit exterior units a bescanviadors geotèrmics és una pràctica habitual en els països centreeuropeus des de fa ja alguns anys. Aquest fet permet utilitzar una bomba de calor per cobrir les necessitats tant de fred com de calor amb un sol sistema. Això no seria possible mitjançant bombes de calor que utilitzin l'aire exterior com a font o receptor de calor ja que a l'hivern les temperatures són tan baixes que el rendiment de les màquines és molt pobre o inclús es baixa dels límits marcats pel fabricant. Per contra el terreny permet temperatures de l'aigua menys extremes i més constants al llarg de tota l'estació, permetent la utilització de la bomba de calor a l'hivern.

Aquest sistema pràcticament no s'utilitza en els països mediterranis ja que les temperatures són més benignes i per tant es pot utilitzar una bomba de calor que utilitzi l'aire exterior com a font o receptor. No obstant, en funció del tipus de terreny, el clima de la zona, el tipus d'edifici a climatitzar i sobretot si es realitza un bon dimensionat dels bescanviadors, es poden aconseguir rendiments globals molt més alts que en equips de bomba de calor que utilitzen aire en el circuit exterior. A més a més, l'augment dels preus dels combustibles fòssils i els compliment dels protocols de Kyoto, per el qual Espanya ha d'aconseguir una reducció molt important dels gasos d'efecte hivernacle que introdueix a l'atmosfera, fa que s'estiguin buscant solucions amb sistemes més ecològics i sostenibles. Per aquest motiu en

aquest projecte s'aplica una instal·lació d'un sistema de climatització mitjançant l'ús de bescanviadors geotèrmics.

El sistema és ideal per a un sistema de calefacció a baixa temperatura, és a dir que la temperatura màxima que ha d'assolir no és superior als 40º, tot i que també pot ser utilitzat en sistemes que funcionen fins als 60ºC (sistema tradicional de radiadors). Per aquest motiu s'ha escollit un sistema de terra radiant. Aquest sistema s'ha d'instal·lar per sota el terra de la casa abans de la col·locació dels rajols o del parquet. Aquest sistema permet treballar amb aigua a poca temperatura i aconseguir un gradient de temperatura a d'interior de la casa molt pròxim al ideal, perquè distribueix la calor homogèniament per tota la casa. El sistema de calefacció ideal es mostra a la Figura 1.

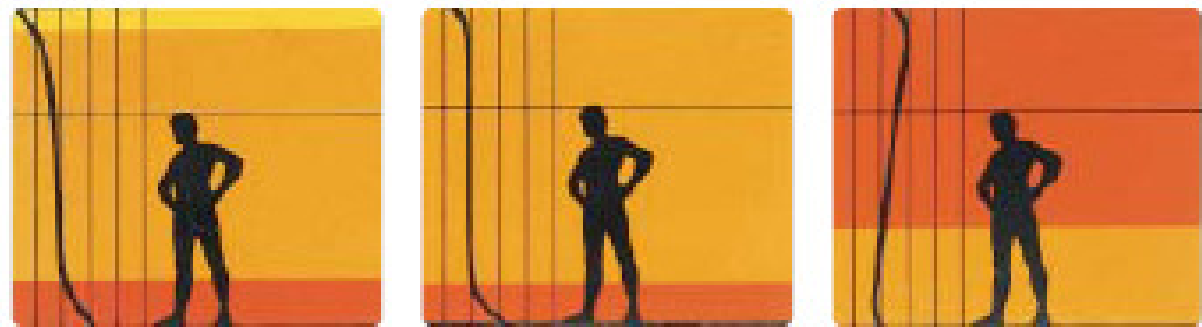


Figura 1. Sistema de calefacció ideal, sistema terra radiant, sistema radiadors(Catàleg Uponor).

## A.2. Instal·lació Terra Radiant

### A.2.1. Aïllament de la casa

El primer pas a seguir a l'hora de calcular el sistema de calefacció d'una casa és situar-nos en el mapa i tenir molt en compte la climatologia que ens trobarem en aquell punt. El CTE estableix zones climàtiques segons la situació de les capitals de província i l'altura que ens trobem respecte aquesta.

En el nostre cas ens trobem a la província de Barcelona a una altura de 825 m, és a dir 824m per sobre el nivell de la capital, això fa que segons la taula de Zona Climàtica de l'apèndix D.1 del DB HE 1 del CTE l'edifici es situa en la zona E1. Els requeriments mínims d'aïllament segons el CTE per els edificis situats en la zona E1 són els de la Taula 1.

<i>Tancament</i>	<i>Transmitància màxima (W/m<sup>2</sup> K)</i>
Murs façana	0,57
Terres	0,48
Sostres	0,35
Mitgeres	1,00
Límit amb locals no calefactats	1,20

Taula 1. Transmitància màxima permesa dels tancaments de l'edificació en la Zona E1.

Els valors dels tancaments de les obertures també estan estipulats segons la zona climàtica i les dimensions d'aquesta respecte l'habitació en que es troba. En la Figura 2 podem veure les transmitàncies tèrmiques segons la zona climàtica E1.

% de huecos	Transmitància límit de huecos <sup>(1)</sup> U <sub>Hlim</sub> W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificado límit de huecos F <sub>Hlim</sub>					
	N	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,6 (2,9)	3,0 (3,1)	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,1	3,1	-	-	-	0,54	-	0,56
de 41 a 50	2,0 (2,2)	2,4 (2,6)	3,1	3,1	-	-	-	0,45	0,60	0,49
de 51 a 60	1,9 (2,0)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	-	-	-	0,40	0,54	0,43

Figura 2. Transmitància màxima permesa de les obertures de les edificació en la Zona E1.

**•Hipòtesis**

La temperatura mínima considerada serà de -5°C, la temperatura interior serà considerada de 20°C al menjador i la cuina, 21°C als lavabos i 19°C per les habitacions.

El sistema de generació de calor serà a partir d'energia renovable, en aquest cas energia geotèrmica a baixa temperatura que farà que sigui necessari un sistema de terra radiant. La bomba de calor serà de la casa Girod Geotèrmia amb pou de profunditat.

El sistema de terra radiant escollit és de la casa Uponor Wirsbo, dins d'aquest trobem diferents sistemes de col·locació segons les condicions de l'obra. Al ser una casa planta baixa, el fet de posar càrrega al terra de l'edifici no és problema. Per tant, el sistema escollit és un sistema amb tetons de polietilè expandit i amb una separació entre tubs de 160mm, i amb un gruix de formigó de 50mm.

**A.2.2.Ventilació**

L'apartat DB-HS 3 "Qualitat de l'aire interior" del CTE fa dues exigències bàsiques. En primer lloc ens diu que els edificis disposaran de medis perquè els seus recintes es puguin ventilar adequadament, eliminant els contaminants que es produeixen de forma habitual durant l'ús normal dels edificis, de forma que s'aporti un cabal suficient d'aire exterior i es garanteixi l'extracció i expulsió de l'aire viciat per els contaminants.

En segon lloc per limitar el risc de contaminació de l'aire interior dels edificis i de l'entorn exterior en les façanes i els patis, l'evacuació de productes de combustió de les instal·lacions tèrmiques, que generalment es produirà a través de la coberta de l'edifici amb independència del tipus de combustible i de l'aparell que s'utilitzi, d'acord amb la reglamentació específica sobre les instal·lacions tèrmiques.

**•Caracterització i quantificació de les exigències del HS 3.**

Cada dormitori individual correspon a una sola persona, mentre que cada habitació doble correspon a dues persones. Per els menjadors i sales d'estar s'adoptarà la suma del nombre de persones de la suma dels dormitoris. Els valors dels cabals de ventilació vénen especificats en la Figura 3.

		Caudal de ventilación mínimo exigido $q_v$ en l/s		
		Por ocupante	Por $m^2$ útil	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2 <sup>(1)</sup>	50 por local <sup>(2)</sup>
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

Figura 3. Cabals de ventilació mínims exigits per el punt 2.1 del HS3 del CTE.

L'aire ha de circular des dels locals secs als humits, per aquest motiu els menjadors, dormitoris i sales d'estar han de disposar d'obertures d'admissió, mentre que els lavabos, les cuines i els banys han de disposar d'obertures d'extracció. Les particions situades entre els locals d'admissió i els locals d'extracció han de disposar d'obertures de pas.

### A.2.3.Càlculs

Per calcular les necessitats energètiques de la instal·lació de calefacció, hem de tenir en compte els diferents paràmetres que influeixen en aquesta. El primer que haurem de tenir és un estudi d'àrees dels tancaments i volums dels diferents espais de la casa, per tenir en compte la seva transmitància, expressats en la Taula 2.

Estança	Terra ( $m^2$ )	Sostre ( $m^2$ )	Mur exterior (m)	Alçada (m)	Àrea façana ( $m^2$ )	Àrea obertures ( $m^2$ )	Àrea façana- obertures ( $m^2$ )	Llargada Mitgera (m)	Àrea Mitgera ( $m^2$ )	Volum ( $m^3$ )
Habitació Matrimoni	9,00	9,90	5,50	3,00	16,50	2,50	14,00	8,00	24,0	27,00
Vestidor	2,20	2,42	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	6,00	18,0	6,60
Lavabo habitació	5,27	5,80	2,00	3,00	6,00	1,00	5,00	7,00	21,0	15,81
Lavabo Principal	6,40	7,04	1,75	3,00	5,25	1,50	3,75	9,00	27,0	19,20
Habitació 1	8,84	9,72	2,50	3,00	7,50	2,00	5,50	9,50	28,5	26,52
Habitació 2	9,61	10,57	6,40	3,00	19,20	1,80	17,40	9,00	27,0	28,83
Passadís 1	12,52	13,77	2,00	3,00	6,00	4,00	2,00	20,00	60,0	37,56
Passadís 2	3,21	3,53	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	6,00	18,0	9,63
Rebost	2,64	2,90	1,40	3,00	4,20	1,00	3,20	5,00	15,0	7,92
Safareig	3,21	3,53	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	7,00	21,0	9,63
Cuina	20,05	22,06	6,50	3,00	19,50	6,00	13,50	8,00	24,0	60,15
Menjador	25,48	28,03	12,19	3,00	36,57	8,00	28,57	11,00	33,0	76,44
Lavabo Convídat	2,70	2,97	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	7,00	21,0	8,10
Total Superfície Útil	111,13									

Taula 2. Àrees dels tancaments i volum de les diferents estances.



**•Càlcul de potència tèrmica degut a pèrdues per transmissió dels tancaments**

El procediment emprat, tenint en compte totes les dades i hipòtesis anteriors, ha estat a través del compliment de la fórmula 1:

$$Q = S \cdot \Delta T \cdot K$$

(Eq) 1

on Q és la potència tèrmica perduda en [W], S és la superfície de la “paret” a tenir en compte en [m<sup>2</sup>], ΔT és la diferència de temperatures entre l’interior de l’edifici i l’exterior i K és coeficient de transmissió tèrmica dels tancament en [W/m<sup>2</sup>K].

Els valors de transmissió tèrmica K dels tancaments són els expressats en la Taula 1 anterior. En la Taula 3 podem veure els valors de potència tèrmica perduda per transmissió dels tancaments.

<i>Estança</i>	<i>Orient.</i>	<i>Ti- Te (°K)</i>	<i>Potència Pèrdues Terra (W)</i>	<i>Potència Pèrdues Sostre (W)</i>	<i>Perc. obertura (%)</i>	<i>Transmit. obertures (W/m<sup>2</sup> K)</i>	<i>Potència Pèrdues obertures (W)</i>	<i>Potència Pèrdues Parets Exteriors (W)</i>	<i>Potència Pèrdues Habitació (W)</i>	<i>Potència Pèrdues Habitació Seguretat +5% (W)</i>
Habitació Matrimoni	NO	20	43,20	86,63	4,21	3,10	193,75	35,63	359,20	377,16
Vestidor	Int	21	11,62	22,02	0,00	3,10	0,00	0,00	33,64	35,32
Lavabo habitació	O	21	27,83	52,75	2,63	3,10	80,60	14,82	176,00	184,80
Lavabo Principal	O	21	33,79	64,06	3,28	3,10	120,90	22,23	240,99	253,04
Habitació 1	O	19	38,19	81,68	3,67	3,10	148,80	27,36	296,03	310,83
Habitació 2	O	19	41,52	88,80	2,71	3,10	133,92	24,62	288,86	303,30
Passadís 1	N	18	48,08	110,86	4,33	3,10	285,20	52,44	496,58	521,41
Passadís 2	Int	18	12,33	28,42	0,00	3,10	0,00	0,00	40,75	42,79
Rebost		18	10,14	23,38	4,04	3,10	71,30	13,11	117,92	123,82
Safareig	Int	20	15,41	30,90	0,00	3,10	0,00	0,00	46,30	48,62
Cuina	NO	20	96,24	192,98	7,01	3,10	465,00	85,50	839,72	881,71
Menjador	SE	20	122,30	245,25	6,50	3,10	620,00	114,00	1.101,55	1.156,63
Lavabo Convidats	Int	21	14,26	27,03	0,00	3,10	0,00	0,00	41,28	43,35

Taula 3. Potència tèrmica necessària degut a pèrdues per transmissió dels tancaments

**•Càlcul de potència tèrmica degut a pèrdues per ventilació**

Segons els punt 1.2.1 és necessari una ventilació mínima en la casa, un part d'extracció i l'altra d'admissió. Per tant tindrem un volum d'aire a temperatura exterior extra que haurem d'augmentar fins a la temperatura interior. Aquest valor serà el més gran entre l'extracció o l'admissió, el qual repartirem a parts iguals per a cada m<sup>2</sup> de la casa. Pel càlcul de la potència tèrmica utilitzarem la següent fórmula 2:

$$Q_v = n \cdot V_a \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_i - T_e) \cdot 1,163$$

(Eq) 2

on Q<sub>v</sub> és la potència necessària degut a les pèrdues de ventilació [W], n és el número de renovacions d'aire per hora [h<sup>-1</sup>], V<sub>a</sub> és el volum del local [m<sup>3</sup>], ρ·C<sub>p</sub> és una constant [0,299 Kcal/ m<sup>3</sup>°C] (Densitat [1,293 kg/m<sup>3</sup>] x Calor específic a pressió constant de l'aire [0,2312 cal/Kg]), T<sub>i</sub> és la temperatura interior de disseny del local [°C] i T<sub>e</sub> és la temperatura de càlcul exterior [°C]. En la Taula 4 podem veure la potència calorífica perduda degut a la ventilació en cada habitació.

<i>Estança</i>	<i>Ventilació (m<sup>3</sup>/h)</i>	<i>Renovacions (h<sup>-1</sup>)</i>	<i>Potència pèrdues renovació (W)</i>	<i>Sentit</i>	<i>Potència extracció repartida (W)</i>
Habitació Matrimoni	36,00	4,00	938,89	admissió	305,48
Vestidor	0,00	0,00	0,02	admissió	74,67
Lavabo habitació	0,05	0,01	1,46	extracció	178,88
Lavabo Principal	0,05	0,01	1,46	extracció	217,23
Habitació 1	18,00	2,04	450,67	admissió	300,05
Habitació 2	18,00	1,87	450,67	admissió	326,19
Passadís 1	0,00	0,00	0,00	admissió	424,96
Passadís 2	0,00	0,00	0,00	admissió	108,96
Rebost	0,05	0,02	1,30	extracció	89,61
Safareig	0,05	0,02	1,41	extracció	108,96
Cuina	144,36	7,20	3.764,95	extracció	680,55
Menjador	43,20	1,70	1.126,67	admissió	864,86
Lavabo Convidats	0,05	0,02	1,46	extracció	91,65
Total extracció	3.772,05 W				
Total admissió	2.966,91 W				
Renovació mitjana	33,94 W/m <sup>2</sup>				

Taula 4. Potència tèrmica necessària degut a la ventilació

Com podem observar la potència deguda a pèrdues d'extracció és més gran que les d'admissió, per tant com hem explicat la potència a incrementar en el nostre disseny serà la superior, que repartirem a parts iguals per cada m<sup>2</sup> de la casa. Si dividim els 3.772,05 W entre els 111,13 m<sup>2</sup> útils de la casa ens surt un valor de 33,94 W/m<sup>2</sup>.

Seguidament es realitza el sumatori de potències necessàries degut a les diferents pèrdues en cada habitació i a partir d'aquest començar el dimensionament de la instal·lació de calefacció amb terra radiant i amb bomba de calor geotèrmica. En la Taula 5 podem veure tots els valors de potència necessaris amb el seu sumatori i el valor final.

<i>Estança</i>	<i>Àrea ( m<sup>2</sup>)</i>	<i>Potència habitació seguretat (W)</i>	<i>Potència renovació (W)</i>	<i>Potència total habitació (W)</i>	<i>Potència unitària habitació (W/m2)</i>
Habitació Matrimoni	9,00	377,16	305,48	682,64	75,85
Vestidor	2,20	35,32	74,67	109,99	50,00
Lavabo habitació	5,27	184,80	178,88	363,68	69,01
Lavabo Principal	6,40	253,04	217,23	470,27	73,48
Habitació 1	8,84	310,83	300,05	610,88	69,10
Habitació 2	9,61	303,30	326,19	629,49	65,50
Passadís 1	12,52	521,41	424,96	946,37	75,59
Passadís 2	3,21	42,79	108,96	151,74	47,27
Rebost	2,64	123,82	89,61	213,43	80,84
Safareig	3,21	48,62	108,96	157,58	49,09
Cuina	20,05	881,71	680,55	1.562,26	77,92
Menjador	25,48	1.156,63	864,86	2.021,49	79,34
Lavabo Convidats	2,70	43,35	91,65	134,99	50,00
Total				8054,81 W	

Taula 5. Potència tèrmica necessària per aconseguir la temperatura de disseny.

#### •Càlcul de la longitud dels circuits de terra radiant.

És convenient realitzar el màxim nombre de circuits, per poder tenir un control més exacte de la temperatura de cada estança, en aquest cas s'ha optat per fer una distribució amb 5 circuits independents provinents d'un col·lector únic situat al passadís, entre el menjador i la cuina. El circuit 1, avarca el passadís d'entrada, l'habitació de matrimoni i sala de rentar, el circuit 2 avarca els tres serveis i part del passadís central, el circuit 3 avarca les habitacions individuals i el seu passadís, el circuit 4 avarca la cuina i l'últim circuit avarca el menjador. Per realitzar una estimació de la longitud de tub necessària utilitzarem la fórmula 3 següent.

$$L=A/e + 2 \cdot l$$

(Eq) 3

On L és la longitud total del circuit, A és l'àrea a escalfar coberta pel circuit (m<sup>2</sup>), e és la distància entre els tubs del terra radiant, en aquest cas el sistema escollit aquesta distància ens queda determinada pels tetons de l'aïllant tèrmic inferior ( 0,16 m ), i l la distancia de tub necessària de la zona a escalfar fins al col·lector. En la Taula 6 s'ha fet un estudi de les diferents longituds de cada circuit.

<i>Longitud tub</i>	<i>Àrea circuit</i> (m <sup>2</sup> )	<i>Espessor</i> (m)	<i>Longitud</i> <i>suplementària</i> (m)	<i>Longitud Total</i> (m)	<i>Potència tèrmica</i> <i>necessària del</i> <i>circuit (W)</i>
Circuit 1	19,27	0,16	3	126,45	1.407,20
Circuit 2	23,63	0,16	3	153,70	1.590,05
Circuit 3	20,06	0,16	5	135,34	1.316,24
Circuit 4	22,69	0,16	1	143,81	1.719,83
Circuit 5	25,48	0,16	1	161,25	2.021,49

Taula 6. Estudi de les longituds dels circuits.

### •Temperatura mitjana superficial

La temperatura del terra ens vindrà donada per diferents paràmetres. No és aconsellable que la temperatura del terra sigui superior a 30°C perquè podria ser perjudicial pel sistema circulatori de les persones que passen moltes hores damunt la instal·lació. El valor màxim de temperatura que necessitem al terra per obtenir la potència tèrmica necessària l'obtenim de la fórmula 4 que trobem a continuació.

$$Q = \alpha(T_{ms} - T_i)$$

(Eq) 4

La temperatura mitja superficial del paviment (T<sub>ms</sub>) és funció únicament de la demanda tèrmica, simplifícadament considerarem com la càrrega tèrmica del local (Q [W/m<sup>2</sup>]), la temperatura interior de disseny del local (T<sub>i</sub>[°C]) i el Coeficient de transmissió de calor (α [W/m<sup>2</sup>°C]) del terra que pot variar entre 10 i 12 W/m<sup>2</sup>°C. Veure Taula 7.

Temperatura mitja superficial	Qn(Wm/2)	Ti (°C)	Tms
Circuit 1	73,02	19	25,64
Circuit 2	67,28	21	27,12
Circuit 3	65,63	19	24,97
Circuit 4	75,80	20	26,89
Circuit 5	79,34	20	27,21

Taula 7. Temperatura mitja superficial del paviment.

### •Temperatura màxima de l'aigua del circuit de calefacció.

El salt tèrmic entre l'aigua d'impulsió i la de retorn es fixa en 10 °C. La temperatura mitja de la impulsió ( $T_{ma}$  [°C]) depèn de la demanda tèrmica del local ( $Q$  [W/m<sup>2</sup>]), la temperatura interior de disseny ( $T_i$  [°C]) i el coeficient de transmissió tèrmica ( $K_a$ ) i es desprèn d'aïllar el valor de la següent fórmula 5:

$$Q = K_a \cdot [T_{ma} - T_i]$$

(Eq) 5

El coeficient de transmissió tèrmica de la capa dels tubs [ $K_a$ ] es calcula aplicant la següent fórmula 6:

$$K_a \text{ [W/m}^2\text{°C]} = 1 / [(e/\lambda) + (1/\alpha)]$$

(Eq) 6

On  $e$  és l'espessor de la capa [m] 0,002m,  $\lambda$  és la conductivitat tèrmica del material de la capa del tub [W/m°C], que en el cas dels tubs Wirsbo es de 0,35 W/m°C,  $\alpha$  és el coeficient de transmissió de calor del terra [W/m<sup>2</sup>°C] i que es troba entre 10 i 12 W/m<sup>2</sup>°C. En aquest cas tot el terra és igual, gres de 0,02 m de gruix. En la Taula 8 podem observar quin serà el valor de la temperatura màxima de l'aigua necessària en cada circuit.

Temperatura de l'aigua	Qn(Wm/2)	Tms (°C)	Ka	Tma màx.
Circuit 1	73,02	25,64	8,57	34,15
Circuit 2	67,28	27,12	8,57	34,96
Circuit 3	65,63	24,97	8,57	32,62
Circuit 4	75,80	26,89	8,57	35,73
Circuit 5	79,34	27,21	8,57	36,46

Taula 8. Temperatura màxima necessària de l'aigua en cada circuit de calefacció.

El cas més desfavorable és el que necessitem la temperatura de l'aigua més elevada i per tant serà el que farem servir per fer el dimensionament de del cabal necessari en el circuit. En aquest cas el més desfavorable serà el circuit 5 amb una temperatura màxima de l'aigua de 36,5°C. Fixarem la temperatura de retorn amb un salt tèrmic de -10°C i per tant serà de 26,5°C, i això ja ens permetrà fer el dimensionament de cabal del circuit.

#### •Cabal volumètric dels circuits

El cabal que necessitem serà calculat a partir de la temperatura màxima de l'aigua en el circuit i el salt tèrmic que desitgem. Cada circuit tindrà el seu propi cabal el qual regularem per vàlvules de control de pèrdues de càrrega. La fórmula de càlcul que utilitzem per calcular el cabal serà la número 7:

$$[Q] = m \cdot Cp \cdot (T_{imp} - T_{ret})$$

(Eq) 7

Aïllarem el cabal màssic m (Kg/h) i a partir d'aquest podrem saber el cabal volumètric (l/s) que necessitem per escollir la bomba de circulació. Sabem la potència tèrmica (KW) que necessitem, la temperatura d'impulsió (36,5°C) i de retorn (26,5°C) i el Calor Específic de l'aigua Cp (1Kal/kg°C) . En la taula 8 podem calculem el cabal necessari per cada circuit i el cabal total necessari que ha de fer circular la bomba.

Cabal d'aigua	Potència Necessària (W/m <sup>2</sup> )	Àrea (m <sup>2</sup> )	Àrea Real (m <sup>2</sup> )	Potència Tèrmica Circuit (KW)	Cabal màssic (Kg/h)	Cabal volumètric Q(l/s)
Circuit 1	73,02	19,27	21,20	1,548	133,10	0,03697
Circuit 2	67,28	23,63	26,00	1,749	150,39	0,04178
Circuit 3	65,63	20,06	22,06	1,448	124,49	0,03458
Circuit 4	75,80	22,69	24,96	1,892	162,67	0,04519
Circuit 5	79,34	25,48	28,03	2,224	191,20	0,05311
				8,860	761,85	0,21162

Taula 9. Cabal necessari per cada circuit i cabal total.

•Pèrdua de Càrrega dels circuits de terra radiant

Un altre punt important és la pèrdua de càrrega que es produirà en el circuit degut a la fricció de l'aigua amb el tub. En la Figura 4 podem observar les pèrdues de càrrega dels diferents diàmetres dels tubs Wirsbo del terra radiant que volem instal·lar. És aconsellable que la pèrdua de càrrega lineal no sigui superior a 0,2 KPa/m perquè el funcionament del circuit sigui òptim.

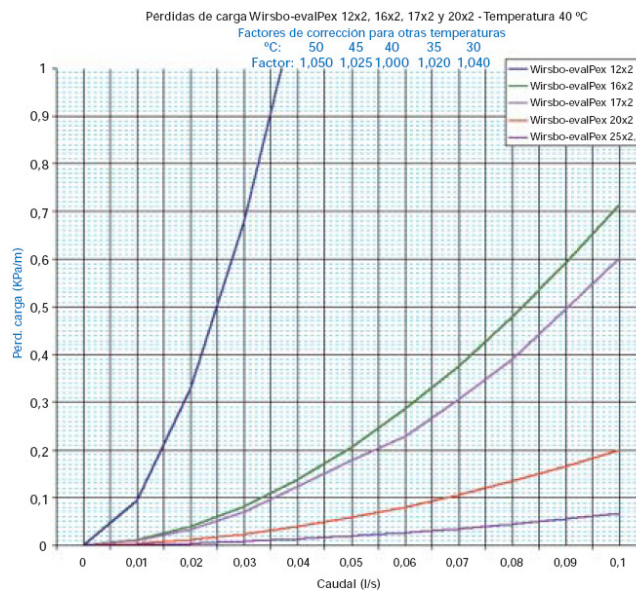


Figura 4. Pèrdua de càrrega dels tubs Wirsbo Eval PEX.

En aquest cas volem que tots els circuits tinguin el mateix diàmetre de tub i per complir que la pèrdua no sigui superior a 0,2 KPa/m escollim el tub 17x2 amb una temperatura aproximada de 35°C. Del gràfic extraïem la pèrdua de càrrega per metre de circuit , Taula 10, que ens permet extreure la pèrdua de càrrega del circuit total.

Pèrdua de càrrega	Cabal l/s	Tub Wirsbo Eval PEX	Àrea tub (m <sup>2</sup> )	Velocitat (m/s)	Pèrdua de càrrega lineal (Kpa/m)	Longitud Total (L)	Pèrdua de càrrega KPa
Circuit 1	0,03697	17x2	0,00013273	0,28	0,102	126,45	12,90
Circuit 2	0,04178	17x2	0,00013273	0,31	0,1326	153,70	20,38
Circuit 3	0,03458	17x2	0,00013273	0,26	0,0918	135,34	12,42
Circuit 4	0,04519	17x2	0,00013273	0,34	0,1428	143,81	20,54
Circuit 5	0,05311	17x2	0,00013273	0,40	0,1938	161,25	31,25

Taula 10. Pèrdua de càrrega dels circuits de terra radiant.

•Càlcul del circuit de distribució.

El circuit de distribució és el que va des de la caldera fins al col·lector d'unió dels diferents circuits de terra radiant. En aquest posarem un col·lector de 5 circuits, que segons dades dels fabricant de la Figura 5 ens causaran un pèrdua de càrrega de 2,3 KPa.

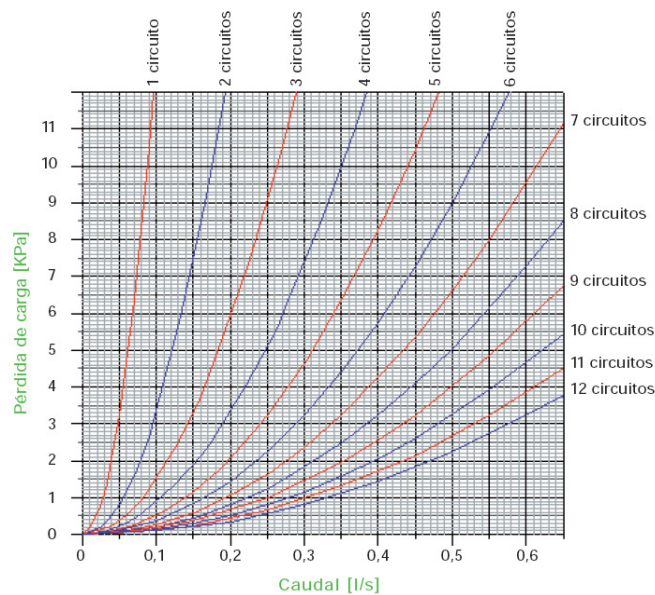


Figura 5. Pèrdua de càrrega dels col·lectors de la casa Wirsbo

Escollim el tub 32x2,9 d'unió de la bomba de calor amb el col·lector, que segons el fabricant Wirsbo, amb una longitud aproximada de 6m i pel cabal de 0,21162 l/s és de 0,7 KPa (Totes les dades del fabricant Wirsbo es troben en l'annex dels Catàlegs). El valor total l'obtenim en la Taula 11 següent que ja ens permetrà escollir el nostre equip d'impulsió.



<i>Pèrdua de càrrega màxima</i>	<i>Criteri</i>	<i>KPa</i>
Circuit	Circuit 5	31,25
Col·lector 6 circuits	Cabal 0,21162 l/s	2,3
Canonades de distribució	Wirsbo-evalPEX	
	32x2,9 2x6m	0,798
	Total pèrdues	34,35

Taula 11. Pèrdua màxima de càrrega del circuit 5 de calefacció.

### A.3. Necessitats d'aigua calenta sanitària (ACS)

L'objectiu d'aquest projecte és que el mateix sistema de calefacció de la casa sigui l'encarregat de generar la temperatura necessària per a la obtenció de l'aigua calenta sanitària d'una forma més eficient que amb qualsevol sistema convencional.

El DB HE 4 del CTE estableix la contribució solar tèrmica mínima que ha de tenir tota nova construcció o rehabilitació. Però també el punt DB HE 4.1.1.2.a ens permet els casos en que podem substituir aquest per una font d'energia renovable, en aquest cas energia geotèrmica, poder realitzar el canvi de font de generació de calor. També segons el punt DB HE 4.1.1.2.d podem justificar la substitució de l'energia solar tèrmica per motius d'integració en un medi rústic. El DB HE 4 2 estableix els percentatges mínims de contribució solar que haurem de substituir per la font d'energia renovable. Com que el sistema geotèrmic que volem instal·lar porta una resistència elèctrica incorporada per poder aconseguir disposar d'ACS en cas d'un consum més elevat del previst, el valor que haurem de garantir és el que exigeix en la taula 2.2 en zona climàtica III que és del 70%. En aquest cas el sistema es dimensionarà per garantir el 100% de la demanda de ACS.

El DB HE 4.3.1 del CTE ens determina la demanada d'ACS a 60°C que hem de considerar per cada tipus d'habitatge. En aquest cas es tracta d'un habitatge unifamiliar que suposa tenir en compte un consum de 30 l/persona. El DB HE 4.3.2 ens determina el nombre de persones a tenir en compte segons el nombre d'habitacions de l'edificació. En aquest cas tenim 3 habitacions que suposen una ocupació de 4 persones. Per tant la demanda total d'ACS serà de 30l/p amb una ocupació de 4 persones, que diàriament consumiran 120l d'ACS a 60°C diaris. Com que l'equip que tindrem serà un equip de funcionament a baixa temperatura i que mantindrà l'ACS a 45°C haurem de fer l'equivalència de consum a aquesta temperatura. La fórmula que ens permet realitzar aquest canvi és la següent.

$$D_i(T) = D_i(60 \text{ }^\circ\text{C}) \times \left( \frac{60 - T_i}{T - T_i} \right)$$

(Eq) 8

On  $D_i(T)$  és la demanda d' ACS a la temperatura  $T$  escollida,  $D_i(60 \text{ }^\circ\text{C})$  és la demanda d'ACS a  $60^\circ\text{C}$  ( 120 l ),  $T$  Temperatura de l'acumulador final (  $45^\circ\text{C}$ ) i  $T_i$  la temperatura mínima de l'aigua de la xarxa per (5º al mes de desembre). En la Taula 12 següent podem observar el consum previst d'aigua a  $45^\circ\text{C}$  de l'habitatge unifamiliar projectat. El 70% de la demanda anual d'aigua, és el que haurem d'obtenir a partir de plaques solars tèrmiques però que substituïrem per una font d'energia geotèrmica.

Mes	Dies del mes	Demanda		Temp. aigua xarxa $T_i$ ( $^\circ\text{C}$ )	Demanda a $45^\circ\text{C}$ ( l/d )	Demanda mensual a $45^\circ\text{C}$ ( l )	Consum	Potència	Consum mensual (KWh)
		a $60^\circ\text{C}$ ( l/d )	Temperatura sortida ( $^\circ\text{C}$ )				energia diari (Wh)	tèrmica necessària en 4h (W)	
Gener	31	120	45	6	166,15	3.720	7.535	1.884	234
Febrer	28	120	45	7	167,37	3.360	7.395	1.849	207
Març	31	120	45	9	170,00	3.720	7.116	1.779	221
Abril	30	120	45	11	172,94	3.600	6.837	1.709	205
Maig	31	120	45	12	174,55	3.720	6.698	1.674	208
Juny	30	120	45	13	176,25	3.600	6.558	1.640	197
Juliol	31	120	45	14	178,06	3.720	6.419	1.605	199
Agost	31	120	45	12	174,55	3.720	6.698	1.674	208
Setembre	30	120	45	11	172,94	3.600	6.837	1.709	205
Octubre	31	120	45	9	170,00	3.720	7.116	1.779	221
Novembre	30	120	45	7	167,37	3.600	7.395	1.849	222
Desembre	31	120	45	5	165,00	3.720	7.674	1.919	238
D. ACS ( l/any )					43.800				

Taula 12. Demanda anual d'ACS a  $45^\circ\text{C}$  i potència necessària

En la Taula 12 observem l'energia tèrmica necessària per augmentar la temperatura de l'aigua fins el  $45^\circ\text{C}$  i a partir d'aquesta s'obté el valor de la potència (1919 W màxim) necessària per aconseguir escalfar l'acumulador en el temps desitjat (4h). Al tenir un acumulador d'aigua calenta sanitària ens permet no haver d'aconseguir un escalfament instantani i que permetrà al sistema dosificar el seu funcionament en els diferents moments del dia.

#### A.4. Bomba Geotèrmica

Un cop realitzats els càlculs del terra radiant hem obtingut tres valors essencials pel dimensionament de la caldera geotèrmica i l'equip de bombeig. El sistema de calefacció per terra radiant requereix segons els valors obtinguts la de (8.8kW), cabal (0,21 l/h) i pèrdua de càrrega del circuit (34,5 KPa). Per altra banda és necessària una potència de 2KW per la producció de l'aigua calenta sanitària. Per fer el càlcul de les dades anteriors hem utilitzat un programa de simulació que un cop introduïts els valors obtinguts anteriorment ens dimensiona la profunditat dels pous ens funció dels tubs geotèrmics, el terreny i el model de bomba de calor que serà necessari. El model de bomba geotèrmica escollida (mirar annex catàleg Girod Geotèrmia) Thermia confort model 10 porta incorporat una bomba de bombeig per el circuit de calefacció i un dipòsit acumulador per a l'aigua calenta sanitària de 180 l suficient per cobrir el consum màxim de demanda d'aigua calenta sanitària establert en 178 l d'aigua a 45°.

##### A.4.1. Funcionament de la bomba de calor.

La bomba de calor basa la seva tecnologia en la màquina de Carnot. El focus fred cedeix calor al refrigerant refredant-se, el focus calent absorbeix calor del refrigerant escalfant-se, i el fluid frigorífic recorre el cicle actuant com a medi de transvasament de l'energia. El compressor actua com element que augmenta la pressió del refrigerant absorbint una energia com es mostra en la Figura 6.

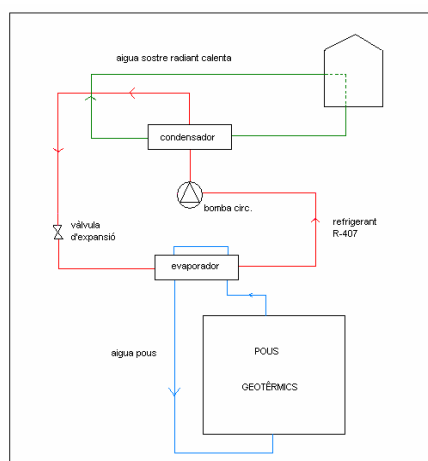


Figura 6. El funcionament de la bomba de calor

El funcionament consisteix en un cycle tancat per on circula refrigerant, el qual s'escalfa en l'evaporador fins a una certa temperatura, que fa que estigui en estat vapor per tal de poder ser comprimit en un compressor; aquest elevarà la seva pressió i temperatura fins un estat en què la seva energia pugui ser aprofitada pel condensador. Un cop surt d'aquest, el refrigerant és expandit fins a tornar a les condicions inicials que permetin tornar a començar el procés. Durant l'hivern el sistema aprofita el fet de que a certa profunditat del sòl la temperatura es manté constant durant tot l'any i el seu valor oscil·la entre els 15°C i els 17°C. Aquesta temperatura s'utilitza per escalfar l'aigua que es troba circulant pels tubs geotèrmics. Aquesta aigua surt a una certa temperatura, relativament baixa 12°C però suficient com per fer evaporar el refrigerant, que circula pel cycle de la bomba de calor. Aquest procés té lloc com en l'evaporador, per tant aquest es troba connectat als tubs geotèrmics i tot junt forma el primer cycle d'aigua del sistema. El seu funcionament es mostra en la Figura 7.

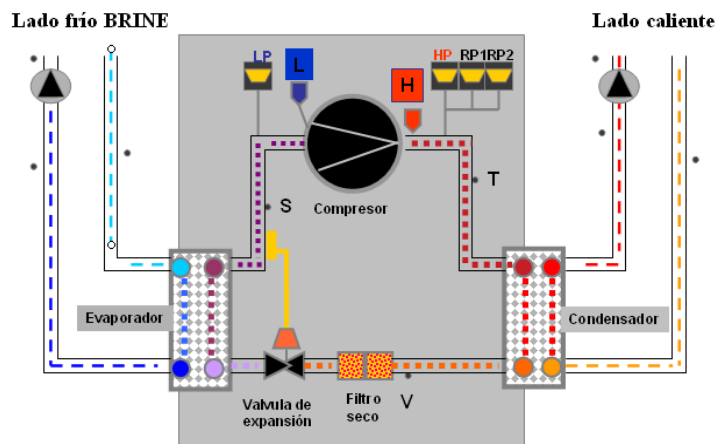


Figura 7. Esquema funcionament bomba geotèrmica.

La bomba de calor porta un líquid refrigerant amb un punt d'ebullició molt baix. Aquest passa per l'evaporador on es converteix amb gas. Seguidament aquest entra al compressor que en funció dels sensors de la bomba posa a una pressió o a un altre en funció de la temperatura que vol aconseguir. El mateix sistema porta una centraleta amb diferents sensors que controla en cada instant les diferents variables de les entrades i sortides dels diferents circuits i la temperatura exterior a cara nord. La màquina porta incorporada una centraleta electrònica que computa les dades i aplica una funció que fa que la màquina treballi per aconseguir la temperatura ambient sol·licitada. El sistema s'ajusta segons una corba de temperatura (Fig.8) que segons la temperatura exterior crea la temperatura interior desitjada.

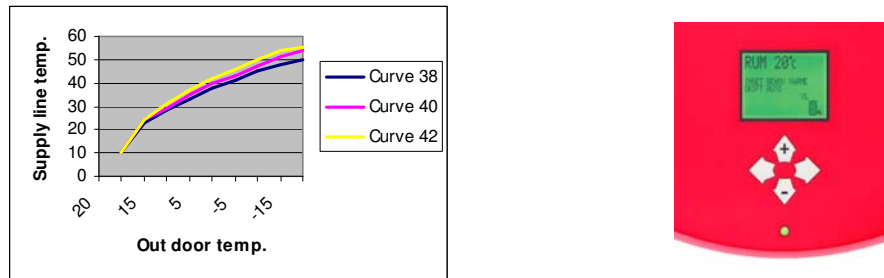


Figura 8. Corbes de temperatura i pantalla de control de la bomba geotèrmica.

Quan s'instal·la el sistema s'ha d'ajustar durant uns dies quina de les corbes de temperatura del fluid del circuit de calefacció és la que ens genera la temperatura desitjada a l'interior (Figura 8). En aquest cas la de 36°C en les condicions calculades. El sistema no requereix de termòstat a l'interior de la casa si es vol una temperatura uniforme en tota ella, però si en el cas de desitjar diferents temperatures s'ha de posar diferents termòstats en cada zona. A la casa si que es volen diferents temperatures, però s'ha de tenir molt en compte que el circuit mai no quedi tallat perquè podria causar un mal funcionament de la bomba geotèrmica.

La bomba és de règim variable i segons les necessites requerides fa que el compressor treballi a diferents velocitats i generi pressions diferents i per tant temperatures del gas diferents. Aquest gas passarà pel condensador i degut a l'intercanvi de temperatures amb el circuit de calefacció reduirà la temperatura i augmentarà la temperatura del circuit de terra radiant. Seguidament el gas s'expansiona i torna a ser líquid i més fred i ja pot tornar a passar per l'evaporador on es torna a transformar amb gas.

#### A.4.2. Vasos d'expansió

Tot sistema que disposi d'un circuit d'aigua on la temperatura de l'aigua sigui superior sempre o en alguns casos als 4°C haurà de disposar d'un sistema d'expansió, per pal·liar la dilatació del l'aigua del seu interior. Com més aigua existeixi i com més alta pugui ser la temperatura, més gran serà aquest equip. Aquests equip/s poden ser de diferents característiques i prestacions, però en aquest projecte i tenint en compte les seves característiques pròpies, s'ha optat per un sistema d'expansió tancat i a pressió.

Es tracta d'un dipòsit, d'acer normalment, que disposen d'una membrana, que regula les dilatacions de l'aigua de la instal·lació. Aquest sistema està parcialment ple d'un gas inert,

que mitjançant la membrana el separa de l'aigua de la instal·lació. Es troba tarat a una pressió determinada i disposa d'una vàlvula de seguretat que s'obrirà en cas que la pressió del circuit augmenti perillosament i posi en perill equips i usuaris.

En el cas que ens ocupa s'haurà de dimensionar un sistema d'expansió pel costat de calor com pel costat de fred. Les temperatures de la banda de calor oscil·len normalment entre els 45 i els 50 °C, i a la banda freda entre els 7 i els 12 °C. Lògicament la dimensió d'ambdós equips serà diferent. El dimensionat dels vasos d'expansió s'ha realitzat seguint la norma UNE 100155:1998 IN, "Climatización. Cálculo de vasos de expansión".

Com a dades de partida es té que, a ambdós costats, és un sistema tancat, sense transferència de massa i la temperatura màxima a que pot arribar és 45°C en la banda de calor i 12 °C a la banda de fred.

Al costat de calor s'instal·larà un vas d'expansió tancat, amb diafragma.

Per al càlcul es seguiran els següents passos:

Càlcul de  $C_e$  (coeficient d'expansió), que representa la relació entre el volum útil del vas d'expansió i el volum de fluid que conté la instal·lació. Serà menor que la unitat i és adimensional. Com que la temperatura màxima a que pot arribar el sistema és 45 °C, s'utilitzarà la expressió (3) de la norma UNE 100155:1998 IN, (equació 9):

$$C_e = (-1,75 + 0,064 \cdot t + 0,0036 \cdot t^2) \cdot 10^{-3}$$

(Eq) 9

on  $t$  és la temperatura en °C

Es té que (equació 10):

$$C_e = (-1,75 + 0,064 \cdot 45 + 0,0036 \cdot 45^2) \cdot 10^{-3} = 8,42 \cdot 10^{-3}$$

(Eq) 10

Càlcul de  $C_p$  (coeficient de pressió), representa la relació entre el volum total i el volum útil del vas d'expansió, serà més gran que la unitat i és adimensional. Es mostra a l'equació 11:

$$C_p = P_M / (P_M - P_m)$$

(Eq) 11

on:

$P_M$ : pressió màxima al vas. S'escollirà una pressió lleugerament inferior al tarat de la vàlvula de seguretat. S'escollirà per aproximació 2,5 bar.

$P_m$ : pressió mínima al vas. El fabricant certifica que la pressió mínima amb gas serà de 0,5 bar. Escollirem la pressió mínima possible, és a dir, 0,5 bar. Per tant, el coeficient de pressió serà de 1,25.

Càlcul de  $V$  (volum de la instal·lació), on es menyspreen els càlculs directes de les canonades de menys de 1", i s'aplicarà un coeficient addicional del 25% per aquestes canonades de menor diàmetre i accessoris diversos.

El volum es calcularà amb la fórmula 12 i la unitat serà el litre.

$$V = ((\pi \cdot D^2)/4) \cdot L \cdot 1000$$

(Eq) 12

On  $D$  és el diàmetre de la canonada, en m i  $L$  la longitud de la canonada, en m.

$$V = ((\pi \cdot 0,017^2)/4) \cdot 720 \cdot 1000 + ((\pi \cdot 0,032^2)/4) \cdot 10 \cdot 1000 = 173 \text{ l}$$

Volum final del vas d'expansió  $V_e$  el calcularem amb l'equació 13:

$$V_e = V \cdot C_p \cdot C_e$$

(Eq) 13

$$V_e = 173 \cdot 1,25 \cdot 8,42 \cdot 10^{-3} = 1,82 \text{ l}$$

S'instal·larà un vas d'expansió de 2 litres de capacitat a la part calenta.

Al costat fred també s'instal·larà un vas d'expansió tancat, amb diafragma.

En el cas del costat fred, per al càlcul es seguiran els mateixos passos que l'anterior, amb el mateix coeficient de pressió:

Càlcul de  $C_e$  (coeficient d'expansió), que representa la relació entre el volum útil del vas d'expansió i el volum de fluid que conté la instal·lació. Serà menor que la unitat i és adimensional.

Com que la temperatura màxima a que pot arribar el sistema és 12 °C, s'utilitzarà la expressió (2) de la norma UNE, amb l'equació 14 següent:

$$C_e = 1 - \frac{1000}{(999,831 - 1,23956 \cdot 10^{-2} \cdot t + 6,00584 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 - 1,97359 \cdot 10^{-5} \cdot t^3 + 4,80021 \cdot 10^{-8} \cdot t^4)}$$

(Eq) 14

on  $t$  és la temperatura en °C.

$$C_e = 1 - \frac{1000}{(999,831 - 1,23956 \cdot 10^{-2} \cdot 12 + 6,00584 \cdot 10^{-3} \cdot 12^2 - 1,97359 \cdot 10^{-5} \cdot 12^3 + 4,80021 \cdot 10^{-8} \cdot 12^4)} = 5,13 \cdot 10^{-4}$$

El càlcul de  $C_p$  (coeficient de pressió), és el mateix que en el costat calent 1,25.

El càlcul de  $V$  és amb la mateixa equació 12 que per el costat calent:

$$V = \left(\frac{\pi \cdot 0,035^2}{4}\right) \cdot 20 \cdot 1000 + \left(\frac{\pi \cdot 0,032^2}{4}\right) \cdot 170 \cdot 1000 = 58 \text{ l}$$

Volum final del vas d'expansió  $V_e$  segons l'equació 13:

$$V_e = 58 \cdot 1,25 \cdot 5,13 \cdot 10^{-4} = 0,03$$



S'instal·larà un vas d'expansió de 0,5 litres de capacitat, amb una pressió màxima de 2,5 bar i temperatura màxima de treball de 45 °C.

#### A.4.3. Coeficients de transferència de calor del sòl

Per a la determinació dels coeficients s'ha fet una estratificació del sòl, tenint en compte els resultats obtinguts de diferents estudis geotècnics realitzats a la zona, d'aquesta manera el terreny pot dividir-se en 3 trams ben diferenciats. Cal destacar que en el moment de la perforació s'haurà de realitzar una comprovació dels materials extrets per verificar la seva composició i reafirmar els càlculs realitzats.

Un primer tram superior compost per argiles i llims i amb una profunditat de 10m, un tram mitjà compost per graves i sorres i amb 30m de profunditat i un últim tram inferior compost per quars i pissarra i amb una profunditat mínima de 60m. Les composicions dels diferents nivells són una estimació global, és a dir, en cada nivell es troben altres tipus de components però es suposa que cada tram està format principalment pels elements citats. Els coeficients K s'han extret de la base de dades d'un programa de simulació coneixent la composició del sòl (densitat, humitat,...) i els seus valors es mostren a la Taula 13.

<i>Tram</i>	<i>Xtram</i>	<i>Xtotal</i>	<i>K(W/m²C)</i>	<i>Difusivitat</i>
1	10	10	1,00	10
2	30	40	1,30	39
3	60	100	1,50	90
K promig	100	150	1,39	139

Taula 13. Taula dels coeficients K per cada tram.

Un cop determinat el valor mig del coeficient de transferència tèrmica del sòl, es realitzen les següents hipòtesis sobre el terreny. Podem fer un estimació de la capacitat de captació del terreny amb la fórmula 15.

$$C = K_a (T_{\text{ter}} - T_{\text{ret}})$$

(Eq) 15

On C (W/m) és la capacitat tèrmica del condensador,  $K_a$  (W/m²C) el coeficient de transferència tèrmica del terreny 1,39 W/m²C,  $T_{\text{ter}}$  (°C) és la temperatura del terreny a 60 m de profunditat aproximadament d'uns 17°C, i  $T_{\text{ret}}$  (°C) la temperatura de sortida de la vàlvula

d'expansió d'uns  $-30^{\circ}\text{C}$  del refrigerant R407 C . Amb això obtenim que la transferència de calor de condensador és d'uns  $65 \text{ W/m}$  de captació. A partir d'aquest valor podem calcular la profunditat necessària per aconseguir la potència tèrmica necessària a través de la fórmula 16 següent :

$$L = Q / C$$

(Eq) 16

On L és la longitud de tub del pou de captació i que serà la meitat de la profunditat del pou perquè tenim la meitat de la longitud d'entrada i l'altre meitat de sortida, Q la potència tèrmica necessària ( $8800 \text{ W}$ ) i C la capacitat de transferència del pou ( $65 \text{ W/m}$ ). Per tant la longitud del tub del pou seria de  $136 \text{ m}$  que ens obligaria a fer un únic pou de  $68 \text{ m}$  de profunditat. Però el funcionament continu del pou fa que amb els mesos el pou vagi disminuint la temperatura entre  $3$  i  $5^{\circ} \text{C}$  degut a una saturació i per tant el dimensionament l'hauréem de fer amb per una temperatura del pou de  $12^{\circ}\text{C}$ . Això fa que la capacitat de captació del pou disminueixi fins als  $58 \text{ W/m}$  i com a conseqüència farà necessària una longitud del tub de captació major de fins a  $152 \text{ m}$ , que serà un pou de  $76 \text{ m}$  de profunditat. Amb aquest augment de la profunditat dels pous evitarem que es produeixi una disminució tant important de la temperatura del pou i per tant complirem amb les normes ITE que ens diuen que no podem provocar un canvi en la temperatura del sòl superior a  $0,6^{\circ}$  en  $40$  anys i que per tant el pou no esgoti la seva capacitat d'escalfament del sistema .

#### **A.5. Selecció dels tubs geotèrmics**

S'utilitzen tubs geotèrmics PEM 32 PN 8 PE80 SDR 17 de polietilè de la casa Movitech, d'un diàmetre interior de  $32\text{mm}$  i amb una resistència tèrmica de  $0,061\text{m}\cdot\text{K}/\text{W}$ . Aquests tubs es col·loquen en forma de U i es fan passar per l'interior dels pous. En la Figura 6 es mostren les diverses configuracions dels tubs possibles, en aquest cas s'utilitza la configuració en forma de U simple ja que és el sistema més senzill i per tant permet una manipulació senzilla.

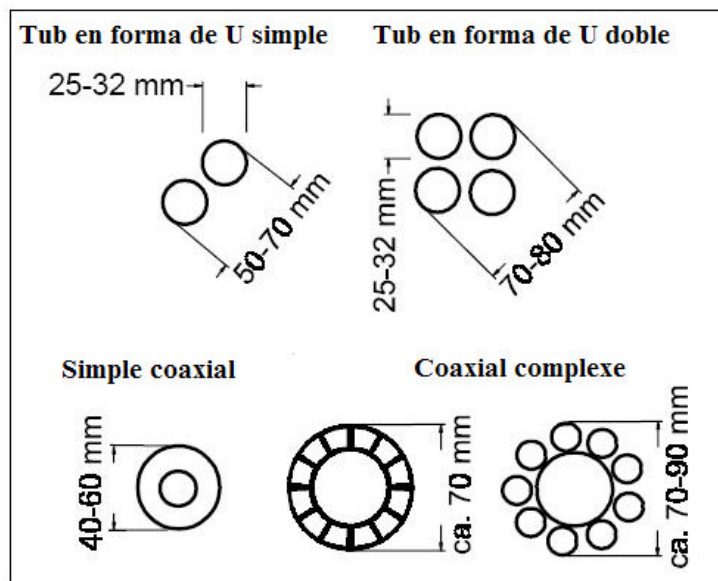


Figura 9. Talls dels diferents tipus d'intercanviadors de calor en perforacions.

Pel seu interior es fa circular aigua glicolada, que és aigua amb un 20% de ethilene glicol que actua com a anticongelant.

El diàmetre nominal de cada pou és de 70mm i la seva resistència tèrmica és de  $0,141\text{m}\cdot\text{K}/\text{W}$ . En els 10 primers metres es col·loca una protecció metàl·lica per donar-li suport i evitar així que possibles moviments sísmics provoquin el seu desplaçament o fins i tot trencament.

En l'interior del pou i entre els tubs i el terra, s'introdueix un material especial per donar consistència als tubs i per augmentar la capacitat de transferència de calor; aquest material és la bentonita que té una conductivitat tèrmica de  $1,51\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ .

### A.5.1. Resultats de la simulació

Un cop conegut el consum, la distribució de potències i els paràmetres característics del sòl així com els materials dels pous, ja es pot realitzar la simulació, per la qual s'ha utilitzat el programa WATTER FURNACE GEOTHERMAL PROGRAM. A continuació es detalla el procés de la simulació.

Cal tenir present que s'ha d'arribar a un compromís entre el COP (performance operative coeficient) del sistema, la longitud dels tubs i la variació de la temperatura del terreny ja que un COP massa elevat pot provocar una longitud desmesurada dels pous geotèrmics i per tant un sobre escalfament del sòl o bé uns tubs massa curts poden ocasionar que el COP del sistema disminueixi fins a valors que tornen el sistema energèticament ineficaç.

Durant l'època hivernal la calor que cedeixen els tubs radiants cap a l'interior del local és la calor que ha estat absorbida del sòl. Aquesta calor es pot calcular mitjançant l'expressió 17:

$$Pot.h \cdot \frac{COP_h - 1}{COP_h} = Q_a$$

(Eq) 17

On  $P_{tot.h}$  és la Potència total de edifici a l'hivern (W),  $Q_a$  és la Calor absorbida del sòl [W] i el  $COP_h$  és el rendiment de la Bomba de Calor treballant en condicions de calor.

Per això s'ha d'intentar que el COP estigui entre valors de 3 i 4 i que la variació de temperatura del sòl compleixi la normativa, amb aquestes condicions es realitza la simulació i s'obtenen els següent resultats.

El programa també indica les temperatures de l'aigua a l'entrada 5º i sortida 12º dels pous les quals permeten posteriorment seleccionar les bombes de calor adequades. També mostra la demanda màxima del sistema la qual s'observa que és inferior a la capacitat màxima dels equips.

Finalment també es mostra la variació de temperatura del sòl que ocasiona el sistema, que en aquest cas és de 0,5ºC per un període de 50 anys, i es pot comprovar que és inferior al valor estipulat per normativa, per tant es dona com a bona aquesta solució.

**A.6. Estudi econòmic**

En la Taula 14 podem veure un comparació de la factura anual dels sistemes de calefacció tradicional amb el d'energia geotèrmica, considerant que obtenim un COP del sistema geotèrmic 3,3 mentre que per els combustibles fòssils el rendiment seria de 0,8.

Mes	Dies del mes	Temperatura mitja exterior (°C)	Consum Geotèrmica (KWh)	Consum Elèctric (KWh)	Consum Gas Natural (KWh)	Consum Gasoil (l)
Gener	31	3,66	1.378	4549	5686	588
Febrer	28	4,88	1.119	3692	4614	478
Març	31	8,15	999	3296	4120	426
Abril	30	10,07	831	2743	3429	355
Maig	31	14,39	539	1780	2225	230
Juny	30	17,18	0	0	0	0
Juliol	31	20,75	0	0	0	0
Agost	31	20,48	0	0	0	0
Setembre	30	16,62	0	0	0	0
Octubre	31	12,84	639	2109	2637	273
Novembre	30	6,80	1.063	3509	4386	454
Desembre	31	4,01	1.298	4285	5356	554
Total			7.867	25.962	32.452	3.358
Cost			864,39 €	2.852,48 €	1.640,23 €	2.687,03 €

Taula 14. Comparació dels diferents sistemes de calefacció

Podem observar que el cost es redueix considerablement amb el sistema de calefacció amb energia geotèrmica i que per tant el cost supletori de realitzar el muntatge entre un sistema convencional i el geotèrmic podria amortitzar-se ràpidament.



**EPS**

Escola Politècnica  
Superior

## **Projecte/Treball Fi de Carrera**

**Estudi:** Enginyeria Industrial. Pla 1994

**Títol:** Projecte d'instal·lacions sostenibles d'una masia rural aïllada

**Document:** ANNEX B SOLAR FOTOVOLTAICA

**Alumne:** Antoni Casanovas Iborra

**Director/Tutor:** Josep Maria Corretger

**Departament:** Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

**Àrea:** MMT

**Convocatòria** (mes/any): Setembre 2008



<b>B.1. INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA DE LA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA .....</b>	<b>2</b>
B.1.1. ESPECIFICACIONS .....	2
B.1.2. ESTUDI DE CONSUM DE LA INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA.....	3
<b>B.2. INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA .....</b>	<b>7</b>
B.2.1. INTRODUCCIÓ A L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	7
B.2.2. CÀLCUL INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA. ....	9
<b>B.3. CONNEXIÓ A LA XARXA ELÈCTRICA .....</b>	<b>20</b>
B.3.1. CÀLCUL DEL CABLEJAT.....	20
B.3.2. CÀLCUL DE LES PROTECCIONS DEL SISTEMA ELÈCTRIC.....	24
B.3.3. INSTAL·LACIÓ DE POSTA A TERRA .....	26
<b>B.4. ESTUDI ECONÒMIC.....</b>	<b>30</b>
B.4.1. INVERSIÓ ECONÒMICA.....	30
B.4.2. ESTUDI DE VIABILITAT ECONÒMICA .....	30



## **B.1. Instal·lació elèctrica de la central solar fotovoltaica**

### **B.1.1.Especificacions**

Unes de les especificacions tècniques que té el projecte és que el balanç entre energia consumida i energia produïda tinguin valor semblant a zero per aconseguir fer una casa completament sostenible sense provocar que el cost sigui molt elevat. Per aquest motiu hem de fer una estimació del consum que la casa pot tenir anualment.

En primer lloc hem de fer un estudi de la instal·lació elèctrica que tindrà la casa i extreure les conclusions del consum anual previst. Seguidament es realitzarà el càlcul del sistema de plaques fotovoltaïques que es vol instal·lar, en aquest cas es vol optar per un sistema de seguiment solar fotovoltaic connectat a la xarxa elèctrica.

Aquests sistemes amb seguiment de la llum solar permet que les plaques fotovoltaïques estiguin sempre perpendiculars a la direcció de la llum solar, la qual cosa suposa augmentar el seu rendiment entre un 30 o 40%.

Un cop escollit el sistema de generació d'electricitat introduïrem totes les dades al programa PVSIST 4.1 de simulació de la radiació solar i decidirem si el sistema escollit és l'apropiat per assolir el nostre objectiu.

#### **•Tipus de subministrament i empresa subministradora**

L'habitatge disposarà de dues instal·lacions elèctriques que es tractaran de forma totalment independent, la instal·lació elèctrica pròpia de l'habitatge i la instal·lació corresponent a la producció de l'energia solar fotovoltaica. En el present projecte es farà l'estudi de producció de l'energia solar fotovoltaica.

La companyia que subministrarà l'energia serà FECSA ENDESA pel que fa a la instal·lació de l'habitatge, i es vendrà l'energia produïda per la instal·lació solar fotovoltaica a la mateixa companyia mitjançant la instal·lació de dos comptadors i dues línies independents al llarg de tot l'habitatge.

La tensió de subministrament i de venda serà de 3x400/230V a 50Hz, complint amb la normativa vigent respecte a la producció d'energia i els seus harmònics.

**B.1.2. Estudi de consum de la instal·lació elèctrica**

El primer que tenim de fer es fer una valoració anual dels consum de la casa per poder escollir el model de seguidor més adient per el projecte que volem realitzar. Seguidament farem un càlcul de tots els aparells elèctrics que contindrà la casa, i una estimació de les hores de funcionament i com a conseqüència podrem saber el consum anual de la casa.

**• Càlcul del consum per a la il·luminació**

El tipus d'il·luminació que s'utilitzarà serà dels següents tipus especificats en la Taula 1.

Làmpada	Potència (W)	lux	Descripció	Ubicació
T26	36	345	làmpada fluorescent	Sala de maquines
T26	18	145		
TC	11	900	làmpada fluorescent compacta	habitacions i resta d'estances
TC	9	600		
TC	5	250		
TC-D	26	180	làmpada fluorescent doble compacta	habitacions amb necessitats elevades
TC-D	18	120		

Taula 1. Tipus d'il·luminació que tindrem a la casa

Comprovarem els requisits lumínics que són necessaris per a cada estança segons la normativa i distribuïts segons la Taula 2 següent:

	Superfície (m2)	Flux Iluminós (lum)	lux/hab	Làmpada	Potència (W)	lux	Núm. punts min	Núm. punts	Potència Sala (W)
Accés				TC	18	1.200	1	1	18
Habitació Matrimoni	9,00	200	1.800	TC	18	1.200	1	2	36
Vestidor	2,20	200	440	TC	11	900	1	1	11
Lavabo Habitació	5,27	400	2.108	TC	18	1.200	1	2	36
Lavabo Principal	6,40	400	2.560	TC	26	1.800	1	2	52

Habitació 1	8,84	200	1.768	TC-D	18	1.200	1	2	36
Habitació 2	9,61	200	1.922	TC-D	18	1.200	1	2	36
Passadís 1	12,52	200	2.504	Estança	9	600	3	5	45
Passadís 2	3,21	200	642	Accés	5	250	1	3	15
Rebost	2,64	200	528	Habitació Matrimoni	9	600	1	1	9
Safareig	3,21	200	642	TC	9	600	1	2	18
Cuina	20,05	300	6.015	TC-D	26	1.800	3	4	104
Menjador	25,48	300	7.644	TC-D	26	1.800	3	5	130
Lavabo Convidats	2,70	400	1.080	TC	11	900	1	2	22
Terrassa	14,95	100	1.495	TC	11	600	2	3	33
Habitació Caldera	13,83	100	1.383	T26	18	1.200	2	2	36
Extres TC-D				TC-D	18	1.200	1	3	54
Extres TC				TC	11	900	1	2	22
							Total	44	713

Taula 2. Potència necessària en cada estança.

**•Distribució elèctrica i potència a instal·lar**

La ITC-BT-25 ens determina els circuits que hem d'instal·lar a la casa segons les característiques d'aquesta. En la Taula 3 podem observar la distribució dels circuits i el consum previst de la instal·lació.

Descripció línia	Circuit	Potència per punt (W)	Factor de simultaneïtat	Utilització	Punts de consum	Consum simultani
Il·luminació nord	C1	30	0,75	0,50	22	248
Distribució i endolls nord	C2	3.450	0,20	0,25	2	345
Cuina i forn	C3	5.400	0,50	0,50	2	2.700
Rentadora, rentaplats	C4	3.450	0,66	0,66	1	1.503
Bany i endolls cuina	C5	3.450	0,40	0,40	4	2.208
Il·luminació sud	C6	30	0,75	0,50	22	248
Distribució i endolls sud	C7	3.450	0,20	0,25	1	173
Geotèrmica	C8	2.000	0,90	0,80	1	1.440
Consum Total						8.863

Taula 3. Potència necessària per a la casa.

Segons la previsió de càrrega la utilització simultània és de 9.035 W i per tant la potència a contractar serà la immediatament superior a aquest valor que és de 10.392 W trifàsic (3 x 230/400) amb un ICP de 15 A, perquè al ser una instal·lació aïllada el transformador es troba a força distància i amb monofàsic tindríem molta caiguda de tensió.

**•Càlcul de consum anual de la casa**

El consum anual dependrà de molts factors però sempre podem fer una estimació del consum d'energia que pot tenir la família. En primer lloc cal dir que tenim 2 tipus d'aparells de consum. Els aparells d'ús continu, que la seva utilització es realitza durant tot el dia o bé les dades de consum es refereixen a cicles de funcionament, un exemple poden ser les rentadores o rentaplats. I en segon lloc tenim els aparells d'ús variable, el consum dels quals és molt diferent degut a que el seu funcionament no és continu i depèn de les persones. A la Taula 4 es mostren els consums variables dels electrodomèstics.

<i>Aparells consum variable</i>	<i>Unitats (u)</i>	<i>Potència (W)</i>	<i>Temps (h)</i>	<i>Energia(Wh)</i>
Il·luminació (18W)	14,00	18	0,80	202
Il·luminació (5W)	3,00	5	0,20	3
Il·luminació (26W)	11,00	26	3,16	904
Il·luminació (9W)	8,00	9	0,70	50
Il·luminació (11W)	8,00	11	0,55	48
TV	1,00	200	4,00	800
Ràdio	1,00	50	1,00	50
Ordinador	1,00	100	3,00	300
Planxa	1,00	1.000	1,00	1.000
Inducció	1,00	1.500	3,00	4.500
Forn	1,00	3.000	0,10	300
Microones	1,00	750	1,00	750
Altres	2,00	800	2,00	3.200
Total consum variable diari				12.107 Wh
Total consum variable anual				4.419 KWh/any

Taula 4. Consum dels electrodomèstics de consum variable

Seguidament calcularem el consum elèctric que tenen una demanda anual més o menys constant. Els aparells venen classificats per característiques energètiques de Classe A, B, C, D, E, F i G. La Classe A és la més eficient i la Classe C és la més deficient energèticament. Cada electrodomèstic ha de complir un consum anual màxim per poder estar en una classe o altra. En aquest cas es posaran electrodomèstics de Classe A que són els energèticament més eficients.

En la Taula 5 se'ns informa del consum dels electrodomèstics de classe A i ens fa una comparació amb els de Classe D que és la gamma mitja i la Classe G que és la més deficient energèticament.

<i>Electrodomèstics Classe A</i>	<i>Consum anual (KWh)</i>	<i>Estalvi respecte Classe D (%)</i>	<i>Estalvi respecte Classe G (%)</i>	<i>Estalvi respecte Classe G (KWh)10 anys</i>	<i>Estalvi respecte Classe G (€)10 anys</i>	<i>Estalvi respecte Classe G (Kg CO2) 10 anys</i>
Rentadora	214	-48%	-60%	3.718	632,06	1.561,56
Nevera	340	-48%	-60%	5.105	867,85	2.144,10
Assecadora	412	-36%	-52%	4.537	771,29	1.905,54
Rentaplats	257	-36%	-54%	3.003	510,51	1.261,26
			Estalvi total	16.363	2.781,71 €	6.872,46

Taula 5. Estalvi electrodomèstics Classe A

En la Taula 6 següent es mostra el consum anual dels electrodomèstics de consum continu juntament amb el de la bomba geotèrmica que en subministrarà l'Aigua Calenta Sanitària i ens donarà escalfor al sistema de calefacció per terra radiant.

<i>Aparells consum continu</i>	<i>Unitats (u)</i>	<i>Energia (KWh/any)</i>
Rentadora	1,00	214
Nevera	1,00	340
Assecadora	1,00	412
Rentaplats	1,00	257
Calefacció i ACS	1,00	8.643
	Total consum continu	9.866 KWh/any

Taula 6. Taula de demanda de energia anual dels aparells de consum continu

Com podem observar els aparells de consum continu consumeixen bona part de la demanda elèctrica de la casa i que, si ho sumem amb els aparells de consum variable, obtenim que la demanda d'energia elèctrica prevista serà d'uns 14.286 KWh anuals.

## **B.2. Instal·lació Solar Fotovoltaica**

### **B.2.1. Introducció a l'energia solar fotovoltaica**

La instal·lació fotovoltaica de connexió a la xarxa elèctrica de baixa tensió consisteix en un grup de panells fotovoltaics, que produeixen energia elèctrica en forma de corrent continu, a partir de la radiació solar que incideix sobre ells. A continuació hi ha un o més inversors que transformen el corrent continu (DC) produït pel grup de panells fotovoltaics, a corrent altern (AC). Els inversors s'instal·laran entre el grup de panells fotovoltaics i un comptador de sortida que s'encarrega de mesurar l'energia produïda per la instal·lació que es ven a l'empresa distribuïdora.

En els apartats que segueixen, es seleccionen els diferents elements que componen la instal·lació solar connectada a la xarxa elèctrica de baixa tensió.

#### **•Mòduls fotovoltaics**

El mòdul fotovoltaic és l'element de la instal·lació solar encarregat de transformar l'energia solar en electricitat en forma de corrent continu. Un mòdul fotovoltaic està format per un conjunt de cèl·lules solars o petits generadors d'intensitat connectats en sèrie, o en grups de cèl·lules connectades en sèrie disposats en paral·lel, en el cas de mòduls de gran potència, encapsulats entre un vidre temperat i varies capes de material plàstic. El conjunt es reforça amb perfils metàl·lics d'alumini que formen un marc exterior que dona rigidesa i facilita poder col·locar el mòdul a l'estructura de suport. A la part posterior del mòdul, s'hi ubica la caixa, o caixes, de connexions amb els terminals, identificant-ne el positiu i el negatiu.

Els components que conformen el mòdul fotovoltaic són els següents:

**Cèl·lula solar:** formada amb material semiconductor amb la particularitat de transformar la radiació solar en electricitat, mitjançant l'anomenat efecte fotovoltaic. La cèl·lula solar més habitual és una làmina de silici d'un gruix aproximat de 0,3 mm i d'una superfície d'entre 10x10 cm i 16x16 cm.

**Coberta exterior:** té una funció eminentment protectora, ja que és la que pateix l'acció dels agents atmosfèrics. Es fa servir el vidre temperat ja que presenta una bona protecció contra

els impactes i té una excel·lent transmissió de la radiació solar. L'espessor més habitual és de 4 mm.

Capes encapsulants: són les encarregades d'envoltar les cèl·lules solars i els seus contactes. El material més emprat és l'etilen-vinilacetat o l'EVA, que proporciona una excel·lent transmissió de la radiació solar, així com una nul·la degradació davant les radiacions ultraviolades. També, dona certa elasticitat al conjunt de cèl·lules, davant les possibles vibracions exteriors en l'ús del mòdul.

Protecció posterior: la seva missió consisteix, fonamentalment, en protegir contra els agents atmosfèrics, exercint una barrera infranquejable contra la humitat. Normalment, es fan servir materials acrílics, TEDLAT o EVA. Sovint són de color blanc, ja que això afavoreix el rendiment del panell, gràcies al reflex que es produeix en les cèl·lules

Marc de suport: és la part que dona robustesa mecànica al conjunt i que permet ubicar-lo en les estructures que agrupen els mòduls. Normalment, és d'alumini anoditzat i va proveït dels forats necessaris per ancorar-lo a un bastidor, evitant així haver-lo de manipular posteriorment. Porten acoblats una presa de terra, per prevenir de possibles contactes no desitjats a l'usuari.

Les característiques d'un mòdul fotovoltaic vénen determinades pel tipus de cèl·lula emprada. Hi ha tres tipus bàsics de mòduls fotovoltaics:

Mòdul de silici monocristal·lí: presenta una tonalitat uniforme que ofereix un rendiment d'un 14-16%.

Mòdul de silici policristal·lí: presenta una tonalitat poligràfica i ofereix un rendiment d'un 13-15%.

Mòdul de silici amorf: presenta un to fosc uniforme i ofereix un rendiment d'un 6-8%.

**•Inversors**

Els inversors s'encarreguen de transformar el corrent continu (DC), en corrent altern (AC). Actualment existeixen en el mercat tres tipus d'inversors de corrent atenent a la forma i característiques de l'ona produïda:

- Inversor d'ona quadrada: aquests inversors són els més barats del mercat, a més són els menys eficients i la seva potència no acostuma a sobrepassar els 500 W. Aquests inversors no són aptes per a instal·lacions de connexió de xarxa.
- Inversor d'ona sinusoidal modificada: són més sofisticats que els anteriors però no proporcionen la qualitat d'ona exigida en la connexió de xarxa, amb el que no és aconsellable el seu ús en aquest tipus d'instal·lacions.
- Inversor d'ona sinusoidal pura: aquest és l'inversor més sofisticat i car que hi ha actualment. Estan controlats per un microprocessador que proporciona una gran qualitat d'ona amb mínimes distorsions i grans rendiments de fins al 96% que els fa adequats per a injectar corrent a la xarxa general de distribució elèctrica

**B.2.2.Càlcul instal·lació fotovoltaica.**

Per motius d'integració en la casa s'ha desestimat el sistema de plaques fotovoltaïques en la casa, i es vol apostar per un sistema de seguiment solar que ens permetrà obtenir una producció més gran d'energia i un fàcil muntatge. El càlcul d'aquesta instal·lació és realitzarà a través del programa PVSIT 4.1 que ens permet fer una simulació de les condicions que es poden donar a qualsevol dia de l'any i a qualsevol hora. El primer pas ha seguir és la recollida de dades i paràmetres que ens seran necessaris per a l'execució de la simulació en el software.

El model de seguidor previst és de la casa Solon i tenim la possibilitat d'escollir entre 3 models diferents. Si mirem en l'annex E de catàlegs podem observar que podem escollir entre 3 models de plaques; un primer model de 6,5 KWp de placa policristal·lina, un segon model de 7,6 KWp de placa monocristal·lina i un tercer model de 9,1 KWp de placa amorfa. L'estructura del model és la mateixa per a cada un d'ells i per tant tots tres tindran la mateixa àrea de captació (55 m<sup>2</sup>) tot i que la producció d'electricitat serà molt diferent degut a la



diferència de potència. S'ha optat per realitzar la simulació amb el sistema de captació de més potència (9,1 KWp) que permetrà obtenir un retorn de la inversió més ràpid tot i que també suposa un inversió inicial més elevada. Aquest sistema de seguidors solars porten incorporats 3 inversors o onduladors (Solon GTM de 3KW) per crear la diferència de potencial que és necessària perquè les plaques fotovoltaïques generin intensitat i també per realitzar la transformació de la corrent continua a alterna a 230 volts i 50Hz que ens demana la xarxa i s'instal·larà segons l'esquema de la Figura 1.

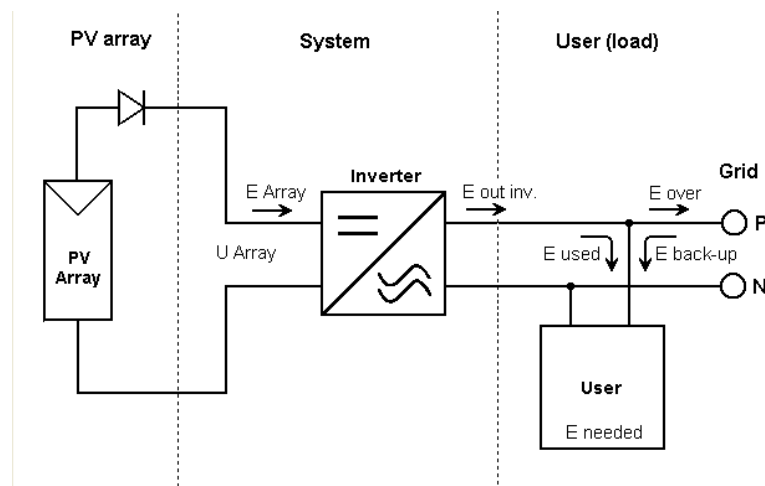


Figura 1. Esquema de connexió dels mòduls a la xarxa elèctrica (PVSIST 4.1)

#### •Càlculs realitzats amb el software PVSIT 4.1.

El software PVSIST 4.1 és una potent eina de càlcul de sistemes fotovoltaics que permet l'entrada de tot tipus de paràmetres i de sistemes de captació solar, com poden ser seguidors solars, plaques en teulades, sistemes aïllats amb bateries, sistemes per a bombes d'aigua, etc. i en aquests introduir tots els factors que poden influir en la producció elèctrica d'aquestes fonts d'energia.

#### •Climatologia de la zona

La base de dades del programa conté les dades meteorològiques de la ciutat de Barcelona, però degut a les diferències climatològiques s'ha recorregut a la xarxa d'estacions meteorològiques de Catalunya, la més propera del qual es troba a una zona molt propera a uns 5 Km de distància, i amb unes condicions eòliques i geogràfiques molt semblants. Concretament la estació meteorològica es troba a Perafita a uns 800 m d'altura, la part alta

de la mateixa serra de muntanyes. Els valors climatològics de la taula 7 són la mitjana de les dades climatològiques que tenen des de la posada en funcionament de la estació meteorològica l'any 1996, i per tant ja podem tenir un valor bastant representatiu de climatologia de la zona en els últims anys.

MES	T (°C)	TMAX (°C)	TMIN (°C)	VV (m/s)	VVMAX (m/s)	PLUJA (l)	RGACUMH (KWh/m2)	RNACUMH (KWh/m2)	DIES PLUJA (d)	DIES GELADA (d)
Gener	3,66	8,79	0,06	1,25	6,12	54,83	57,44	20,35	16,42	13,92
Febrer	4,88	10,68	0,33	1,33	6,86	21,72	86,05	34,36	10,25	12,25
Març	8,15	14,31	2,95	1,53	7,99	25,77	131,96	57,96	10,92	6,17
Abril	10,07	16,03	4,80	1,71	9,01	59,27	155,79	74,00	13,67	2,42
Maig	14,39	20,75	8,71	1,43	8,04	67,20	186,45	96,16	13,75	0,08
Juny	17,18	25,91	10,46	1,28	7,95	59,17	201,60	107,55	10,08	0,00
Juliol	20,75	28,33	14,52	1,30	8,24	49,40	213,62	112,76	9,33	0,00
Agost	20,48	27,68	14,81	1,24	8,15	70,15	184,01	98,00	13,25	0,00
Setembre	16,62	23,01	11,63	1,15	6,99	96,57	139,41	69,63	15,58	0,00
Octubre	12,84	18,44	8,50	1,13	6,68	70,67	98,80	44,08	16,83	0,25
Novembre	6,80	11,88	2,82	1,10	6,09	53,11	60,97	23,08	17,45	6,64
Desembre	4,00	8,71	0,44	1,16	6,00	59,80	49,92	15,71	15,82	14,18
Total	11'4					687,64	1566,01	753,66	163,36	55,90

Taula 7. Valors meteorològics mitjos de l'estació meteorològica de la Masia la Tria de Perafita (1996-2007).

•Dades físiques

El segon pas a realitzar és la introducció de les dades tècniques del seguidor solar de 2 eixos que volem instal·lar. En la Figura 2 podem observar les característiques físiques del seguidor solar previst.

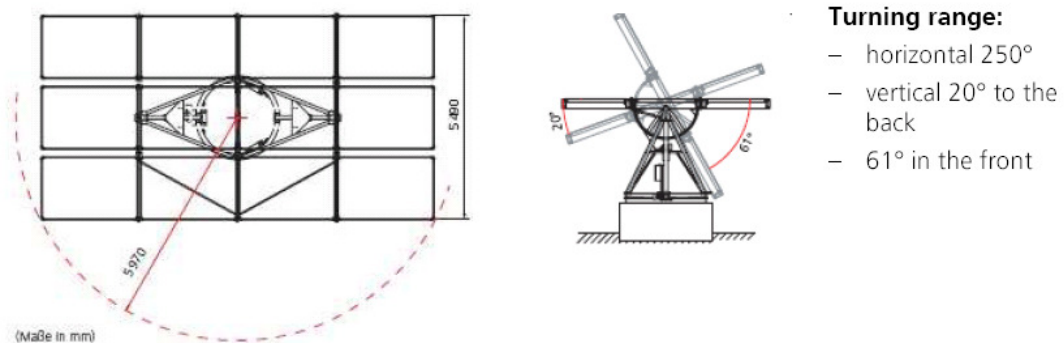


Figura 2. Dimensions i límits físics del model de seguidor SOLON MOVER.

**•Característiques tècniques del Seguidor Solar .**

El seguidor solar està format per 12 mòduls fotovoltaics amb una potència nominal de 760 W i 3 inversors de 3 KW.

Mòdul FV

Model 760I 744G1

Fabricant SOLON

Número de mòduls FV: En sèrie 4 mòduls. En paral·lel 3 cadenes

Total número de mòduls FV: N<sup>o</sup> mòduls 12 Potència nom. un. 760 Wp

Potència total camp Nominal (STC): 9.1 kWp En cond. funcionament 7.5 kWp (50°C)

Característiques de funcionament de camp (50°C) U mpp 141,2 V I mpp 5,85 A

Superfície total: Superfície de mòdul 53.0 m<sup>2</sup>. Superfície cèl·lula 48.7 m<sup>2</sup>

Factor de pèrdua de calor: ko (const) 29.0 W/m<sup>2</sup>K

Factor pèrdua vent: kv (vent) 0.1 W/m<sup>2</sup>K / m/s

Temperatura. normal. funcionament. col. (800 W/m<sup>2</sup>, Tamb=20°C, vent 1 m/s) NOCT 45 °C

Pèrdua òhmica de cables Resistència camp total 1640.8 mOhm, Fracció de pèrdua 3.0 % en STC

Pèrdua de díodes: Sèrie caiguda de tensió 0.7 V, c de pèrdua 0.1 % en STC

Pèrdua de qualitat del modulo: Fracció de pèrdua 3.0 %

Pèrdua de desadaptació de mòdul: Fracció de pèrdua 2.0 % en MPP

Efecte d'incidència, parametrització ASHRAE IAM =  $1 - b_o (1/\cos i - 1)$  Paràmetre  $b_o$  0.05

Inversor Model Solon GTM - E

Variables d'entrada DC:

Característiques de l'inversor: Tensió de funcionament 195-550 V DC Tensió màxima d'entrada: 600VDC

Intensitat màxima d'entrada 16,9 DC

Tensió contra polarització inversa: Diode de 24 A

Variables de sortida AC:

Intensitat màxima de sortida 22A AC

Rang de tensió sortida: 196 – 253 V. Màxima tensió sortida: 264 V

Rang de Freqüència: 49 – 50 Hz Distorsió harmònica: 3 %

Separació Galvànica: Transformador HF

Rendiment europeu: 94%

Potència nom. un. 3.0 kW AC

Paquet inversor: Número d' inversor 3 unitats Potència total 9.0 kW AC

•Ombres

Un cop descrites les dades físiques del seguidor ja podem introduir la part del programa que més ens ajudarà, que és la simulació dels objectes que poden interposar-se entre el sol i el seguidor solar, són les anomenades ombres properes, mostrades en la Figura 3.

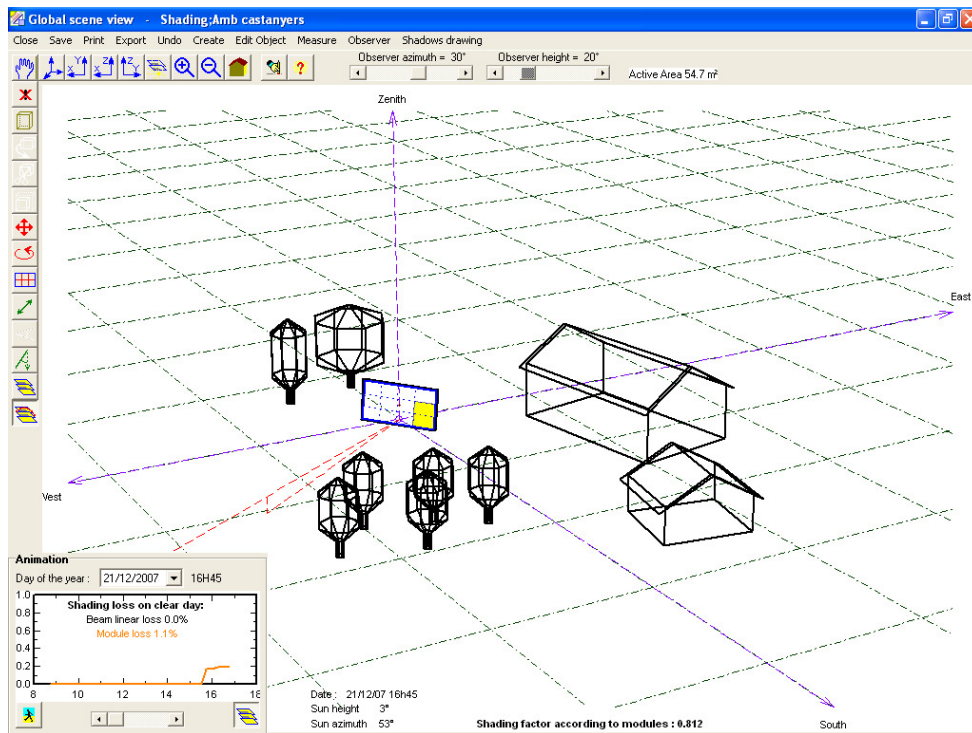


Figura 3. Simulació ombres properes el 21 de desembre (PVSIST 4.1)

Un cop entrada la disposició geogràfica del objectes que poden tenir una afectació també hem d'introduir l'afectació de les ombres llunyanes, és a dir la nostra línia d'horitzó. La forma de dibuixar les ombres llunyanes és situar-nos en el punt on volem situar les plaques fotovoltaïques i amb un gràfic del recorregut solar, que genera el propi programa segons les coordenades de la nostra situació ( Latitud 42,8º Nord i Longitud 3,8º Est), anar dibuixant la línia d'horitzó. En la Figura 4 observem la distribució del les ombres llunyanes de l'horitzó.

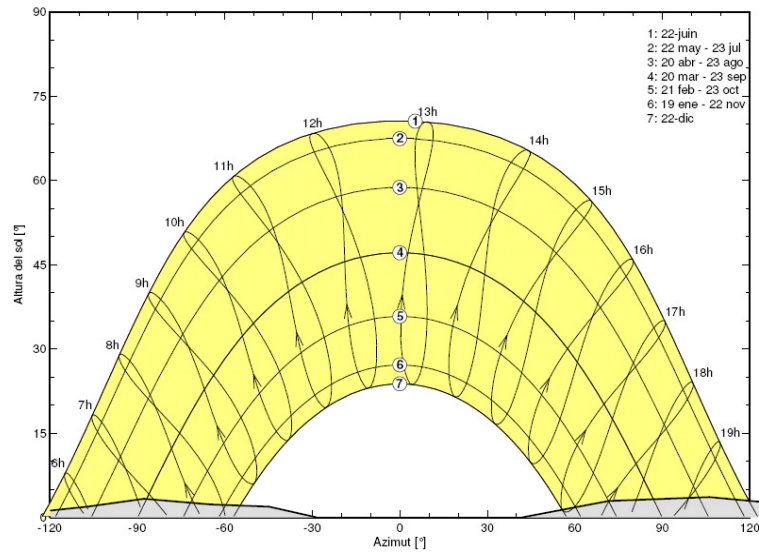


Figura 4. Línea d'horitzó de la situació geogràfica ( Lat 42,8°N, Lon 3,8° Est, 825 m) (PVSIST 4.1)

La incidència de les ombres llunyanes i properes queda reflectida en el gràfic de resultats de la Figura 5 que ens mostra el percentatge d'aprofitament de la radiació que arriba al seguidor solar en totes les posicions per cada dia de l'any.

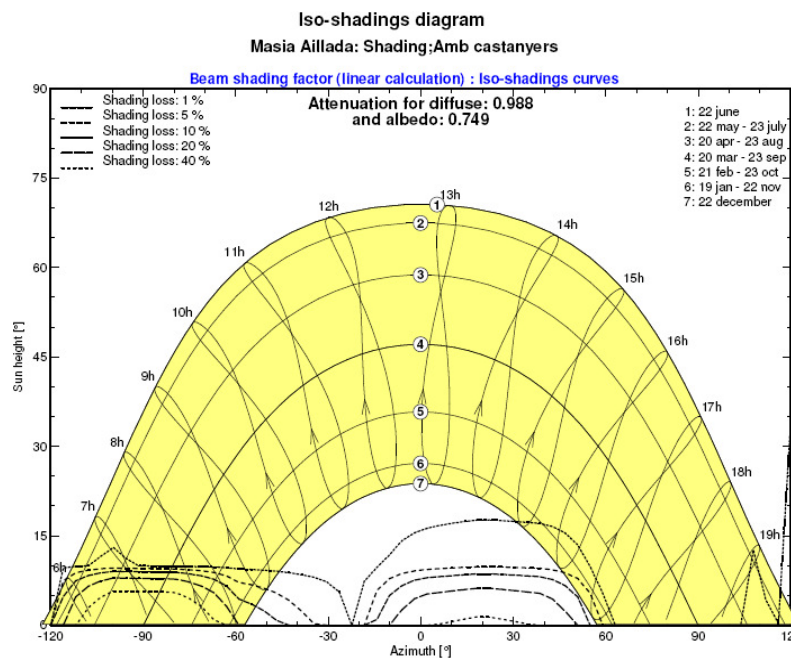
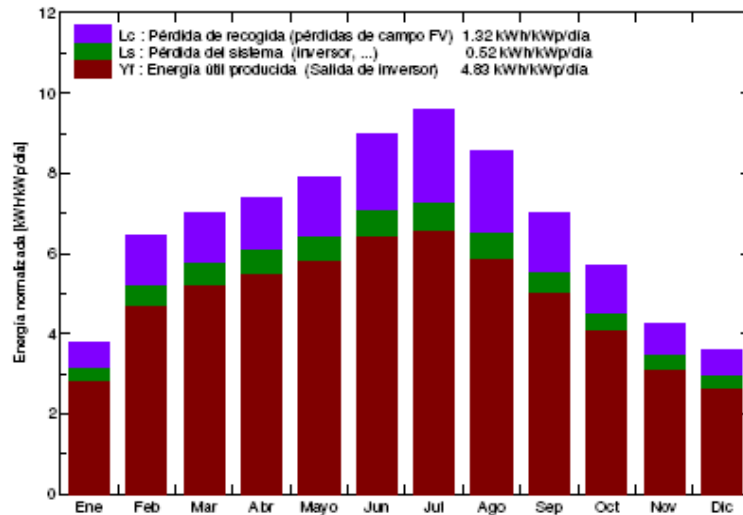


Figura 5. Influència de les ombres llunyanes i properes en l'obtenció de radiació en el seguidor solar (PVSIST 4.1).

•Resultats obtinguts

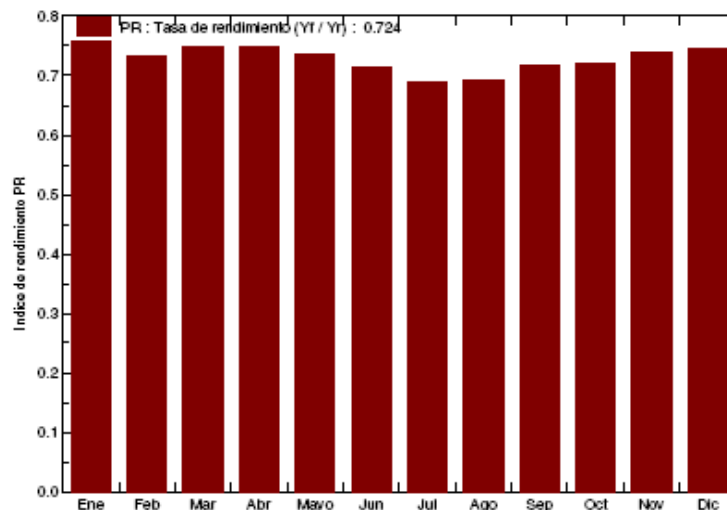
El primer resultat que obtenim en el programa és la taxa de rendiment PR (Performance Ratio) que és del 72,4%. El rendiment relaciona la potència que tenim a l'entrada del camp fotovoltaic amb la que realment surt del sistema en forma d'energia elèctrica.

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 9.1 kWp



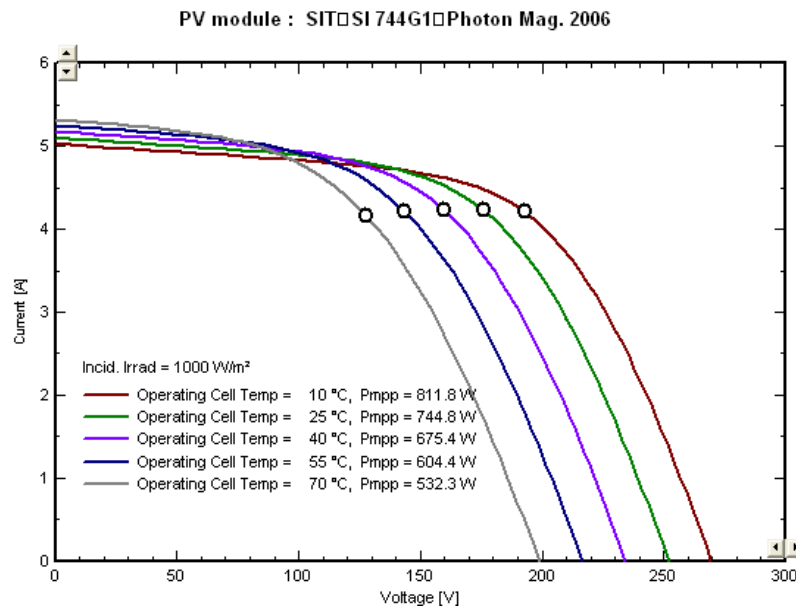
Gràfic 1. Energia produïda i pèrdues per kWp de potència de la instal·lació (PVSIST 4.1)

Indice de rendimiento PR

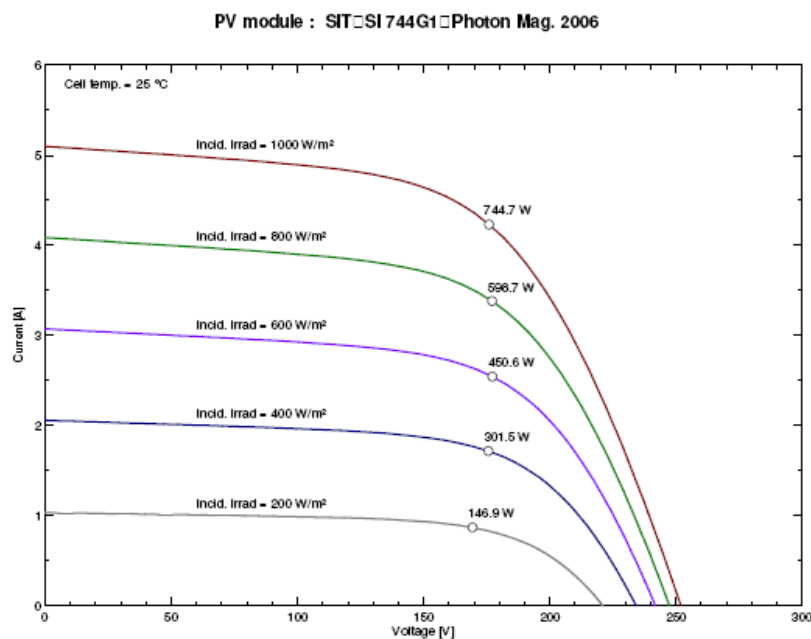


Gràfic 2. Taxa de rendiment de la instal·lació mensual i anual. (PVSIST 4.1)

Si mirem els gràfics 1 i 2 podem observar que els mesos més calorosos tot i ser els mesos en que es produeix més energia, degut a tenir la radiació més elevada (Gràfic 3), són els mesos en que tenim un rendiment de la instal·lació més baix. Això és degut bàsicament a les altes temperatures que fan que el rendiment de les plaques baixi molt degut al comportament del mòdul fotovoltaic amb la temperatura (Gràfic 4).



Gràfic 3. Comportament del mòdul fotovoltaic en funció de la temperatura (PVSIST 4.1)



Gràfic 4. Comportament del mòdul fotovoltaic en funció de la radiació solar (PVSIST 4.1)



Seguidament el programa fa un balanç anual del sistema partint de la potència d'entrada fins a l'energia que introduïrem a xarxa. (Figura 6)

Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	EOutInv kWh	EffArrR %	EffSysR %
Enero	57.4	3.70	116.9	112.9	900	807	14.51	13.02
Febrero	86.1	4.90	180.8	175.0	1340	1209	13.98	12.61
Marzo	131.9	8.20	217.4	209.0	1643	1484	14.24	12.87
Abril	155.8	10.10	220.9	213.8	1671	1509	14.26	12.87
Mayo	186.4	14.40	245.3	236.8	1823	1645	14.01	12.64
Junio	201.6	17.20	269.8	261.5	1948	1759	13.61	12.29
Julio	213.6	20.80	296.9	288.8	2065	1867	13.11	11.86
Agosto	184.0	20.40	264.6	255.8	1847	1669	13.16	11.89
Septiembre	139.4	16.60	210.0	203.6	1522	1374	13.66	12.34
Octubre	98.8	12.80	176.1	169.0	1283	1156	13.73	12.37
Noviembre	61.0	6.80	127.3	123.6	956	860	14.16	12.74
Diciembre	49.9	4.00	110.9	107.9	842	755	14.32	12.84
Año	1566.0	11.70	2437.1	2357.8	17840	16094	13.80	12.45

Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal EArray Energía efectiva en la salida del campo  
 T Amb Temperatura ambiente EOutInv Energía disponible en la salida de inversor  
 GlobInc Incidente total en plano col. EffArrR Efic. campo Esal / sup. bruta  
 GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombras EffSysR Efic. sistema Esal / sup. bruta

Figura 6. Radiació equivalent al pla perpendicular a la direcció de la llum solar i producció final d'energia. (PVSIST 4.1)

Observem que la producció anual introduïda a la xarxa s'estima en 16 MWh en el període d'un any. Aquesta producció la podem observar més detalladament en la Figura 7.

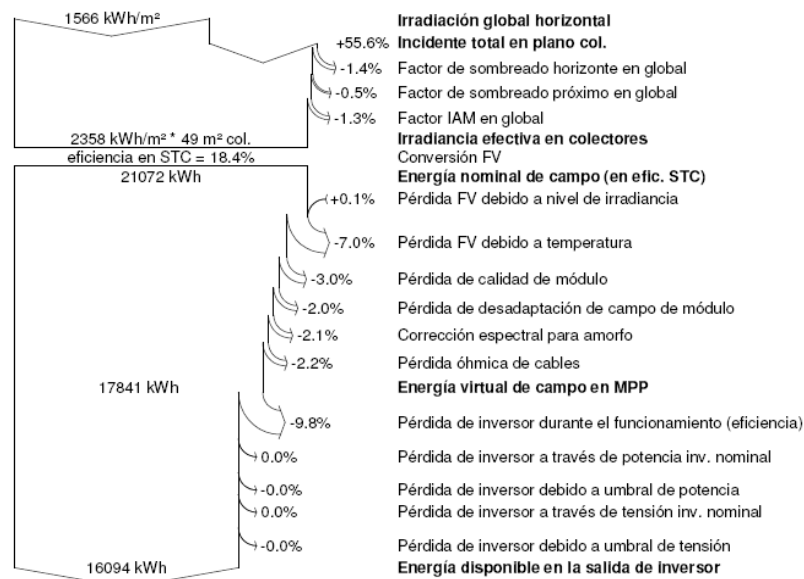


Figura 7. Balanç d'energia del sistema.

Observem que partint d'una energia d'entrada anual, tenim un guany degut a la utilització del sistema de seguiment i unes pèrdues que es generen en el sistema fotovoltaic. Els guanys del seguiment solar respecte una placa situada horitzontalment són superiors al 55% amb la mateixa potència de camp fotovoltaic, mentre que les pèrdues degut a les ombres llunyanes i properes són d'un 1,4% i 0,5% respectivament. Durant el procés de transformació es pateixen moltes pèrdues degut als diversos factors, on destaquen sobretot les pèrdues degut a la temperatura (7%) i pèrdues degut a la eficiència de l'inversor (3%). Però, també altres com la pèrdua de qualitat, pèrdues degut a tipus de Silici, pèrdues de desadaptació dels mòduls i pèrdues òhmiques en els conductors elèctrics.

L'energia que obtindrem a la sortida de l'inversor, que injectarem a la xarxa elèctrica, supera el 16MWh superiors als gairebé 15MWh teòrics que consumirem anualment a la casa i que per tant fa que puguem dir que la nostra aportació de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera sigui nul·la, assolint així un dels nostres objectius de la nostra instal·lació. Podem concloure que, si considerem que aproximadament es produeix 0,42 Kg de CO<sub>2</sub> per a la producció d'1 KWh d'energia elèctrica injectat a la xarxa, podem evitar la injecció de 6 Tones de CO<sub>2</sub> a l'ambient. Podem considerar que un bosc mediterrani, en les condicions mitjanes de Catalunya, d'uns 10.000 m<sup>2</sup> consumeix 5 tones CO<sub>2</sub> anuals, per tant seria necessari un bosc de 12.000 m<sup>2</sup> per absorbir el CO<sub>2</sub> que produeix la nostra casa.

### B.3. Connexió a la xarxa elèctrica

#### B.3.1. Càlcul del Cablejat.

La instal·lació solar fotovoltaica disposarà de 5 línies diferenciades en funció de les característiques elèctriques de cadascuna (veure el plànol 11 corresponent a l'esquema unifilar de la instal·lació solar). Aquestes línies consistiran en: una línia repartidora principal (LR) des del punt de connexió a la xarxa de baixa tensió, fins al punt de derivació, una línia derivada (LD) d'unió entre el punt de derivació i la sortida d'alterna de cada inversor i dues línies fotovoltaiques (LF1, LF2, LF3) des de les entrades de contínua dels inversors fins a les connexions dels mòduls fotovoltaics.

Línia repartidora (LR):

Circuit de corrent trifàsic, Potència màxima: 9400 W, Tensió: 400 V (AC), Longitud màxima: 100 m, Caiguda de tensió admissible: 1,5%, Material: coure (K=56),  $\cos \varphi$ : 0,8

Línia derivada (LD):

Circuit de corrent trifàsic, Potència màxima: 9140 W, Tensió: 400 V (AC), Longitud màxima: 100 m, Caiguda de tensió admissible: 1%, Material: coure (K=56),  $\cos \varphi$ : 0,8

Línia fotovoltaica (LF1):

Circuit de corrent continu, Potència màxima: 3040 W, Tensió màxima: 565 V (DC), Longitud màxima: 15 m, Caiguda de tensió admissible: 1%, Material: coure (K=56)

Línia fotovoltaica (LF2):

Circuit de corrent continu, Potència màxima: 3040 W, Tensió màxima: 565 V (DC), Longitud màxima: 15 m, Caiguda de tensió admissible: 1%, Material: coure (K=56)

Línia fotovoltaica (LF3):

Circuit de corrent continu, Potència màxima: 3040 W, Tensió màxima: 565 V (DC), Longitud màxima: 15 m, Caiguda de tensió admissible: 1%, Material: coure (K=56)

El càlcul de les seccions s'ha realitzat a través del càlcul de la intensitat de disseny per cada conductor de coure segons les equacions 1 i 2:

Monofàsic Continua

$$I = \frac{P}{V}$$

(Eq 1)

Trifàsic Alterna

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

(Eq 2)

on  $I$ , és la intensitat de càlcul de la línia, en A,  $P$  és la potència de la càrrega connectada a la línia, en W,  $V$  és la tensió de la línia, en V i  $\cos \varphi$  és el factor de potència.

	Potència (W)	Voltatge (V)	Factor de potència (cos &)	Intensitat (A)	ICP (A)	Secció necessària (mm <sup>2</sup> )
LR	9120	400	0,8	16,45	20	6
LD1	9120	400	0,8	16,45	20	6
LF1 (DC)	3040	568	-	5,35	10	6
LF2 (DC)	3040	568	-	5,35	10	6
LF3 (DC)	3040	568	-	5,35	10	6

Taula 8. Càlcul de secció degut a les intensitats segons REBT

El càlcul de les seccions s'ha realitzat segons la intensitat màxima admissible dels conductors i segons la caiguda de tensió admissible, tal com indica el REBT (Reglament

Electrotècnic per a Baixa Tensió) en les seves corresponents instruccions tècniques complementàries (ITC-BT-07, ITCBT-15 i ITC-BT-19). Les seccions escollides seran les que compleixen les condicions més restrictives segons intensitat admissible o caiguda de tensió admissibles.

El dimensionat de la secció dels conductors en funció de la intensitat nominal que circula pels conductors de la instal·lació consisteix en definir la secció d'aquests, en mm<sup>2</sup>, per tal de que permetin el pas de tota la intensitat que hi circula en condicions normals de servei.

S'ha de tenir en compte que quan circula corrent per un conductor es produeix un escalfament d'aquest, degut a pèrdues d'energia en forma de calor per efecte Joule, fins que s'arriba a l'equilibri tèrmic, és a dir, quan tota la calor que es produeix és cedida a l'exterior. La temperatura d'equilibri es troba en funció del volum del conductor, del seu aïllant i de les condicions ambientals a les que es troba el conductor.

Els conductors de la línia derivada (LD1), s'instal·laran dins de tubs protectors enterrats. En la resta de les línies fotovoltaïques (LF) que van des dels mòduls fotovoltaïcs fins a l'entrada dels inversors, els conductors s'instal·laran en tubs protectors directament grapejats sobre les l'estructura del seguidor solar.

Les seccions dels conductors de la línia derivada s'escolliran a partir de la taula d'intensitats màximes admissibles que es troba en la ITCBT-07. Per a trobar els valors de les seccions dels conductors (S) en aquesta taula, primer s'ha d'escollir la tipologia de la instal·lació enterrada, que en aquest cas és una instal·lació amb cables de coure tetrapolars, després s'ha d'escollir el tipus d'aïllament del conductor de coure, que en aquest cas és XLPE i per últim s'ha de seleccionar el valor de la intensitat admissible de cada línia i trobarem els valors de les seccions dels conductors.

Les seccions dels conductors de les línies fotovoltaïques s'escolliran a partir de la taula d'intensitats màximes admissibles que es troba en la ITCBT-19. Per a trobar els valors de les seccions dels conductors (S) en aquesta taula, primer s'ha d'escollir la tipologia de la instal·lació elèctrica, que en aquest cas és de tipus B (conductors aïllats en tubs en muntatge superficial o encastat en obra), després s'ha d'escollir el tipus d'aïllament del conductor de coure, que en aquest cas és XLPE (2x per a línies de corrent monofàsic).

Per últim s'ha de seleccionar el valor de la intensitat admissible de cada línia i trobarem els valors de les seccions dels conductors ( $S$ ) de les diferents línies

El càlcul de la caiguda de tensió (c.d.t.) es realitza per comprovar si la secció del conductor, dimensionat prèviament segons la intensitat de càlcul, no provoca una c.d.t. molt important. La c.d.t. d'una línia és funció de la secció i la longitud d'aquesta. La c.d.t. augmenta com més longitud tingui la línia i menor sigui la seva secció.

Totes les línies que es dimensionen en la instal·lació solar fotovoltaica son línies de distribució, i la secció dels conductors s'haurà d'elegir de manera que la caiguda de tensió sigui com a màxim de l'1%, mentre que la línia de repartiment ens és permès una caiguda de tensió de l'1,5%.

Aquesta c.d.t. ve definida per les equacions 3 i 4, segons el tipus de corrent.

Corrent contínua:

$$cdt = \frac{2 \cdot L \cdot I}{S_1 \cdot c}$$

(Eq) 3

Corrent alterna trifàsica:

$$cdt = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{S_1 \cdot c}$$

(Eq) 4

On  $S_1$  és la secció del conductor escollida segons intensitat de càlcul, en  $\text{mm}^2$ ,  $L$  és la longitud de la línia, en  $\text{m}$ ,  $I$  és la intensitat de càlcul de la línia zen  $A$ ,  $cdt$  és la caiguda de tensió màxima permesa, en  $V$ ,  $\cos \varphi$  és el factor de potència  $c$  és la conductivitat del conductor, en  $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  (de valor 56 pel coure). En el cas de no complir els requisits de

caiguda màxima de tensió segons la secció que utilitzem en les intensitats, aquesta s'augmenta amb els diàmetres comercials fins aconseguir el valor de pèrdua desitjat, com es mostra a la Taula 9.

	<i>Potència (W)</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>Voltatge (V)</i>	<i>Secció comercial (mm<sup>2</sup>)</i>	<i>C.tensió tram (V)</i>	<i>C.tensió acumulada (V)</i>	<i>Caiguda de tensió</i>
LR	9120	100	400	25	1,63	5,41	1,35%
LD1	9120	100	400	25	1,63	3,78	0,94%
LF1 (DC)	3040	15	568,4	4	0,72	0,72	0,13%
LF2 (DC)	3040	15	568,4	4	0,72	0,72	0,13%
LF3 (DC)	3040	15	568,4	4	0,72	0,72	0,13%

Taula 9. Pèrdues de tensió en el cablejat.

### B.3.2.Càlcul de les proteccions del sistema elèctric

Per a protegir les línies de la instal·lació de possibles sobrecàrregues o curtcircuits, es disposa d'elements com magnetotèrmics (interruptors automàtics), interruptors de control de potència, fusibles, etc., mentre que per a salvaguardar als usuaris de contactes directes o indirectes s'utilitzen els diferencials, que actuen quan detecten que en la línia hi ha una fuga a terra. Els dispositius generals i individuals de comandament i protecció mínims a instal·lar vénen donats pel Reglament de Baixa Tensió (RBT). A nivell general, són:

Un interruptor general automàtic (IGA) de tall omnipolar, que permeti el seu accionament manual i que estigui dotat d'elements de protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits.

Un interruptor diferencial general (ID), destinat a la protecció de les línies de la instal·lació contra contactes indirectes.

Uns interruptors automàtics (IA) de tall omnipolar, destinats a la protecció de cada una de les línies contra sobrecàrregues i curtcircuits.

En la instal·lació solar fotovoltaica d'aquest projecte, es disposa d'un quadre de distribució situat a la sala de màquines de la casa, on s'han instal·lat els seccionadors i els fusibles de les línies fotovoltaiques, i els Interruptors automàtics de control de potència (ICP-M)

La seva funció principal és la de protegir la línia repartidora contra sobrecàrregues i curtcircuits, pel que la seva capacitat de tall serà suficient perquè sigui capaç d'actuar davant una intensitat de curtcircuit que pugui produir-se en algun punt de la instal·lació.

El seu calibre s'efectua per a la màxima capacitat de la instal·lació solar fotovoltaica que és d'uns 16 A, el que condueix a la instal·lació d'un ICP-M de 20 A.

#### •Interruptor diferencial

L'ID s'encarrega de protegir a les persones contra contactes indirectes. Està dissenyat de tal forma que no permet el pas d'intensitats de defecte que puguin ser perjudicials per a les persones. En el nostre cas, s'instal·larà un ID d'alta sensibilitat, aquesta sensibilitat màxima serà de 30mA. amb un temps de resposta de 50 mil·lisegons en el circuit. Alhora, aporta una protecció molt eficaç contra incendis, al limitar a potències molt baixes a les eventuais fugues d'energia elèctrica per defecte d'aïllament. A més, es requerirà que els seus pols estiguin protegits (els corresponents a la fase i al neutre).

#### •Relés de control

Els relés de control (interruptor d'interconnexió) són els encarregats de desconnectar la instal·lació solar fotovoltaica de la xarxa de baixa tensió, quan la tensió superi la tensió nominal en 1,1 vegades i quan la tensió sigui inferior a la tensió nominal en 0,85 vegades.

$$\text{Tensió màxima d'interconnexió} = 1,1 \cdot 230 = 253 \text{ V}$$

$$\text{Tensió mínima d'interconnexió} = 0,85 \cdot 230 = 195 \text{ V}$$

A part, els relés de control hauran de desconnectar la instal·lació quan la freqüència de l'electricitat generada sigui superior a 51 Hz o inferior a 49 Hz.

#### •Interruptors automàtics

La missió dels interruptors automàtics o magnetotèrmics és protegir contra sobrecàrregues i curtcircuits als conductors que formen les línies derivades i, alhora, als receptors connectats



a elles. S'instal·larà un interruptor automàtic per a cada línia derivada i la seva capacitat de tall serà de 4500 A com a mínim.

#### •Interruptors manuals

La funció dels interruptors manuals és possibilitar la desconexió manual de la zona de corrent contínua de d'inversor.

#### •Fusibles

Els fusibles són elements de protecció de conductors, aparells i instal·lacions contra sobreintensitats, que desconnecten amb seguretat corrents de curtcircuit molt elevades. Per tant, la seva missió és anàloga a la dels interruptors automàtics.

S'instal·larà un fusible abans del comptador, tal i com exigeix el Reglament de Baixa Tensió en la ITC-BT-12. A part, a la zona de corrent contínua formada per les línies fotovoltaïques s'instal·larà un fusible a cada línia degut a que els interruptors automàtics especials per a corrent contínua tenen una tensió de treball superior a la de la línia.

El tipus de fusible a instal·lar en la instal·lació solar fotovoltaica serà de tipus NH classe gL/gG, però el fusible instal·lat abans del comptador tindrà una intensitat nominal de 30 A i una tensió assignada de 500 V, i el fusible de cada línia fotovoltaica tindrà una intensitat nominal de 10 A i una tensió assignada de 600 V.

#### **B.3.3.Instal·lació de posta a terra**

La instal·lació de la posta a terra es realitzarà segons la ITC-BT-18. La posta a terra de les parts metàl·liques i masses de la instal·lació, es realitzarà mitjançant conductors de protecció.

Per a l'execució de la presa de terra existeixen tres alternatives: les piques, les plaques i els conductors enterrats. D'aquestes, la d'ús més estès i la qual es disposarà en l'obra serà la primera. En quant al seu material, serà d'acer amb un recobriment de coure de 2 mm. i amb un diàmetre de 19 mm. Sent la seva longitud mínima de 2 metres.

La seva resistència es calcula en funció de la resistivitat del terreny i la seva longitud. El valor d'aquesta resistivitat depèn del tipus de terreny, que tractant-se d'una zona de terrenys cultivables i fèrtils i segons l'establir en la ITC-BT-18, s'estima en 50  $\Omega/m$ . En aquest aspecte, cal destacar que aquest valor pot oscil·lar notablement en funció de la humitat, temperatura, variacions estacionals, etc., i en el càlcul de la resistència que passa a terra una pica es buscarà que aquest valor sigui el més petit possible dintre dels límits raonables. En quant a la longitud, s'opta per utilitzar piques de 2 metres. El càlcul de la resistència es calcularà mitjançant la fórmula 5 següent.

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

(Eq) 5

On R: és la resistència que passa a terra una pica, en  $\Omega$ ,  $\rho$  és la resistivitat del terreny, en  $\Omega/m$  i L és la longitud de la pica, en m.

A partir del valor de la resistència d'una pica de la longitud establerta, es busca el nombre de piques a instal·lar. La instal·lació del conjunt de piques serà en paral·lel i unides entre si amb cable de coure de 35 mm<sup>2</sup>, sense recobriment, i soldat a les piques amb soldadura aluminotèrmica o grapes de pressió inoxidable, complint-se en tot cas que la separació entre piques és major al doble de la seva altura. En quant al valor de resistència a terra màxim permès, es considera de 80  $\Omega$ , valor establert per la Norma Tecnològica per a edificis sense parallamps i sense instal·lacions especials. La profunditat de la seva col·locació serà 80 cm. per sota del nivell del terra. Amb la fórmula 6 calcularem el nombre de piques.

$$N = \frac{R}{R_{m\grave{a}x}}$$

(Eq) 6

On N és el nombre de piques a instal·lar, R és el valor de la resistència a terra d'una pica, en  $\Omega$ ,  $R_{m\grave{a}x}$  és el valor de resistència màxima permès, en  $\Omega$ . Després de realitzar els càlculs, es determina que la presa de terra està formada per 1 pica de 2 metres de longitud.

**•Conductors de protecció**

Els conductors de protecció són els que uneixen elèctricament les masses de la instal·lació amb el conductor de terra a fi d'assegurar la protecció contra contactes indirectes.

La secció dels conductors de protecció serà la indicada en la Taula 10, entenent-se que si l'aplicació de la fórmula dona lloc a seccions normalitzades, es pren el valor immediatament superior.

<i>Seccions dels conductors de fase - S (mm<sup>2</sup>)</i>	<i>Seccions dels conductors de protecció - Sp (mm<sup>2</sup>)</i>
S ≤ 16	Sp =S
16< S ≤ 35	Sp =16
S > 35	Sp=S/2

Taula 10. Secció dels conductors de protecció

Per tant les seccions dels conductors de terra necessària seran les mostrades a la taula 11 següent:

Línia	Seccions dels conductors de fase - S (mm <sup>2</sup> )	Seccions dels conductors de protecció - Sp (mm <sup>2</sup> )
LR	25	-
LD1	25	-
LF1 (DC)	4	4
LF2 (DC)	4	4
LF3 (DC)	4	4

Taula 11.Seccions necessàries dels conductors de terra.

**•Tubs protectors**

Les línies de la instal·lació solar fotovoltaica s'instal·laran dintre de tubs protectors. Els tubs protectors de la línia repartidora (LR) i les línies fotovoltaïques (LF) seran tubs en canalitzacions fixes en superfície, i els tubs protectors de i de les línia derivada (LD1) que es muntaran, seran tubs en canalitzacions enterrades. En el muntatge dels tubs superficials, els tubs es fixaran a les parets o sostres mitjançant brides o abraçadores protegides contra la corrosió i sòlidament subjectes, essent la distància entre aquestes inferior al mig metre.

Les canalitzacions compliran les seves característiques mínimes les indicades en la ITC-BT-21. El compliment d'aquestes característiques es realitzarà segons els assajos indicats en les normes UNE-EN 50.086 -2-1 Sistemes de tubs rígids, UNE-EN 50.086 -2-2 Sistemes de tubs corbables, UNE-EN 50.086 -2-3 Sistemes de tubs flexibles i UNE-EN 50.086 -2-4, Sistemes de tubs flexibles. Pel que fa al seu diàmetre, serà aquell que permeti un fàcil allotjament i extracció dels cables o conductors aïllats, recollint-se els seus diàmetres exteriors mínims en funció del nombre i secció dels conductors o cables a conduir explicitats en la ITC-BT-21(Taula 12).

Línia	Seccions dels conductors de fase - S (mm <sup>2</sup> )	Nº de conductors de cada línia	Diàmetre exterior del tub (mm)
LR	25 ( Superfície)	5 (3 Fases, Neutre)	40
LD	25 (Enterrat )	5 (3 Fases, Neutre)	110
LF1 (DC)	4 ( Superfície)	3 (1 Fase, Neutre, Terra)	16
LF2 (DC)	4 ( Superfície)	3 (1 Fase, Neutre, Terra)	16
LF3 (DC)	4 ( Superfície)	3 (1 Fase, Neutre, Terra)	16

Taula 12. Diàmetres dels tubs per on passaran els conductors

Elements de protecció de cada línia consten a la taula 13:

Línia	Elements de Protecció	Designació a l'esquema
LF1	Fusible tipus NH classe gL/gG d'intensitat nominal 10 A i una tensió de 600 V	FUS-1
LF1	Interruptor manual de 2 pols d'intensitat nominal de 20 A i una tensió de 600 V.	IM-1
LF2	Fusible tipus NH classe gL/gG d'intensitat nominal 10 A i una tensió de 600 V	FUS-2
LF2	Interruptor manual de 2 pols d'intensitat nominal de 20 A i una tensió de 600 V.	IM-2
LF3	Fusible tipus NH classe gL/gG d'intensitat nominal 10 A i una tensió de 600 V	FUS-3
LF3	Interruptor manual de 2 pols d'intensitat nominal de 20 A i una tensió de 600 V.	IM-3
LD	Interruptor automàtic de 4 pols d'intensitat nominal de 20 A i 6000 A de poder de tall.	IA1
LR	Interruptor d'interconnexió de control de tensió i de fases.	II
LR	Interruptor diferencial de 4 pols de sensibilitat 30 mA i intensitat nominal 20 A.	ID
LR	Interruptor de control de potència de 4 pols d'intensitat nominal 20A i 6000 A de poder de tall	ICP-M
LR	Fusible general de tipus NH classe gL/gG d'intensitat nominal de 30 A i una tensió de 500 V.	FUS G

Taula 13. Elements de protecció de les línies.

## B.4. Estudi Econòmic

### B.4.1. Inversió Econòmica

En la Taula 14 observem un petit resum de la inversió del projecte i els guanys obtinguts anualment. Com podem observar inicialment només hem de fer front a un 20% del cost del projecte i és realitzarà a través d'una pòlissa de crèdit.

Cost inversió sense iva	77.944,10 €
IVA	12.471,06 €
Total Iva inclòs	90.415,16 €
IPC	2,50%
Recursos propis 20%	15.588,82 €
Deducció Hisenda (I.S/ IRPF(6%))	4.676,65 €
Energia estimada	16.094
Ingressos primer any	7.305,07 €

Taula 14 .Resum de la inversió.

En la Taula 15 ens descriu el crèdit que hem de demanar al banc per fer front a la inversió i que el propi sistema amortitzi les quotes d'aquest, es a dir que durant els 10 anys de retorn del finançament sigui inferior a la quantitat econòmica que produeix el sistema i així l'inversor podrà cobrar cada any un petita part durant els anys de retorn.

Préstec	
Demanar	72.332,12 €
Tipus interès 5,75%	4.159,10 €
Comissió obertura	361,66 €
Total retornar	76.852,88 €
Anys de retorn préstec	11
Quota anual	6.986,63 €

Taula 15. Préstec que hem de realitzar el banc d'un 80%del cost total.

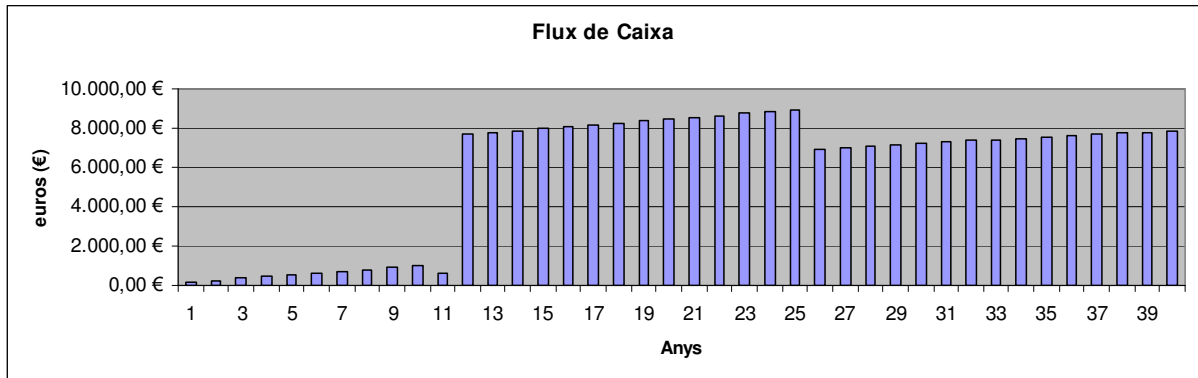
### B.4.2. Estudi de viabilitat econòmica

En la Taula 16 podem observar la previsió econòmica del projecte durant 40 anys.

Any	Rend. plaques	Prima (€)	Ingressos Producció (€)	Bonificació Hisenda (€)	Mant & asseg. (€)	Quota Crèdit (€)	Flux Caixa (€)	Balanç acumulat (€)	Van (€)
0		1,0225				-15.588,82	-15.588,82	-15.588,82	-15.588,82
1	100%	0,4539	7.305,07	467,66	-620,93	-6.986,63	165,17	-15.423,65	-15.427,67
2	99%	0,4641	7.409,68	467,66	-633,35	-6.986,63	257,36	-15.166,28	-15.182,71
3	98%	0,4746	7.511,47	467,66	-646,02	-6.986,63	346,50	-14.819,78	-14.860,95
4	98%	0,4852	7.614,10	467,66	-658,94	-6.986,63	436,21	-14.383,58	-14.465,77
5	97%	0,4962	7.717,55	467,66	-672,12	-6.986,63	526,47	-13.857,11	-14.000,45
6	96%	0,5073	7.821,79	467,66	-685,56	-6.986,63	617,27	-13.239,83	-13.468,18
7	95%	0,5187	7.926,82	467,66	-699,27	-6.986,63	708,59	-12.531,24	-12.872,06
8	94%	0,5304	8.032,62	467,66	-713,25	-6.986,63	800,40	-11.730,84	-12.215,14
9	93%	0,5423	8.139,16	467,66	-727,52	-6.986,63	892,68	-10.838,16	-11.500,34
10	92%	0,5545	8.246,43	467,66	-742,07	-6.986,63	985,40	-9.852,76	-10.730,55
11	92%	0,5670	8.354,41	0,00	-756,91	-6.986,63	610,87	-9.241,89	-10.264,98
12	91%	0,5798	8.463,07	0,00	-772,05	0,00	7.691,02	-1.550,87	-4.546,27
13	90%	0,5928	8.572,39	0,00	-787,49	0,00	7.784,90	6.234,03	1.101,05
14	89%	0,6062	8.682,35	0,00	-803,24	0,00	7.879,11	14.113,14	6.677,31
15	88%	0,6198	8.792,92	0,00	-819,30	0,00	7.973,61	22.086,75	12.182,82
16	87%	0,6337	8.904,06	0,00	-835,69	0,00	8.068,37	30.155,12	17.617,87
17	86%	0,6480	9.015,76	0,00	-852,40	0,00	8.163,35	38.318,48	22.982,79
18	86%	0,6626	9.127,97	0,00	-869,45	0,00	8.258,52	46.577,00	28.277,87
19	85%	0,6775	9.240,67	0,00	-886,84	0,00	8.353,83	54.930,83	33.503,42
20	84%	0,6927	9.353,82	0,00	-904,58	0,00	8.449,24	63.380,07	38.659,75
21	83%	0,7083	9.467,39	0,00	-922,67	0,00	8.544,72	71.924,79	43.747,16
22	82%	0,7243	9.581,33	0,00	-941,12	0,00	8.640,20	80.564,99	48.765,95
23	81%	0,7405	9.695,60	0,00	-959,95	0,00	8.735,65	89.300,65	53.716,42
24	81%	0,7572	9.810,17	0,00	-979,15	0,00	8.831,02	98.131,67	58.598,87
25	80%	0,7742	9.924,98	0,00	-998,73	0,00	8.926,25	107.057,92	63.413,61
26	79%	0,6267	7.947,50	0,00	-1.018,70	0,00	6.928,79	113.986,71	67.059,78
27	78%	0,6408	8.038,66	0,00	-1.039,08	0,00	6.999,58	120.986,29	70.653,36
28	77%	0,6552	8.129,90	0,00	-1.059,86	0,00	7.070,04	128.056,33	74.194,59
29	76%	0,6699	8.221,18	0,00	-1.081,06	0,00	7.140,12	135.196,45	77.683,69
30	75%	0,6850	8.312,44	0,00	-1.102,68	0,00	7.209,77	142.406,22	81.120,89
31	75%	0,7004	8.403,66	0,00	-1.124,73	0,00	7.278,93	149.685,15	84.506,43
32	74%	0,7162	8.494,77	0,00	-1.147,22	0,00	7.347,54	157.032,69	87.840,53
33	73%	0,7323	8.585,72	0,00	-1.170,17	0,00	7.415,55	164.448,25	91.123,42
34	72%	0,7488	8.676,47	0,00	-1.193,57	0,00	7.482,90	171.931,15	94.355,32
35	71%	0,7656	8.766,96	0,00	-1.217,44	0,00	7.549,51	179.480,66	97.536,47
36	70%	0,7828	8.857,12	0,00	-1.241,79	0,00	7.615,33	187.095,99	100.667,08
37	69%	0,8005	8.946,91	0,00	-1.266,63	0,00	7.680,28	194.776,27	103.747,39
38	69%	0,8185	9.036,25	0,00	-1.291,96	0,00	7.744,28	202.520,55	106.777,61
39	68%	0,8369	9.125,08	0,00	-1.317,80	0,00	7.807,28	210.327,83	109.757,97
40	67%	0,8557	9.213,33	0,00	-1.344,16	0,00	7.869,17	218.197,00	112.688,69

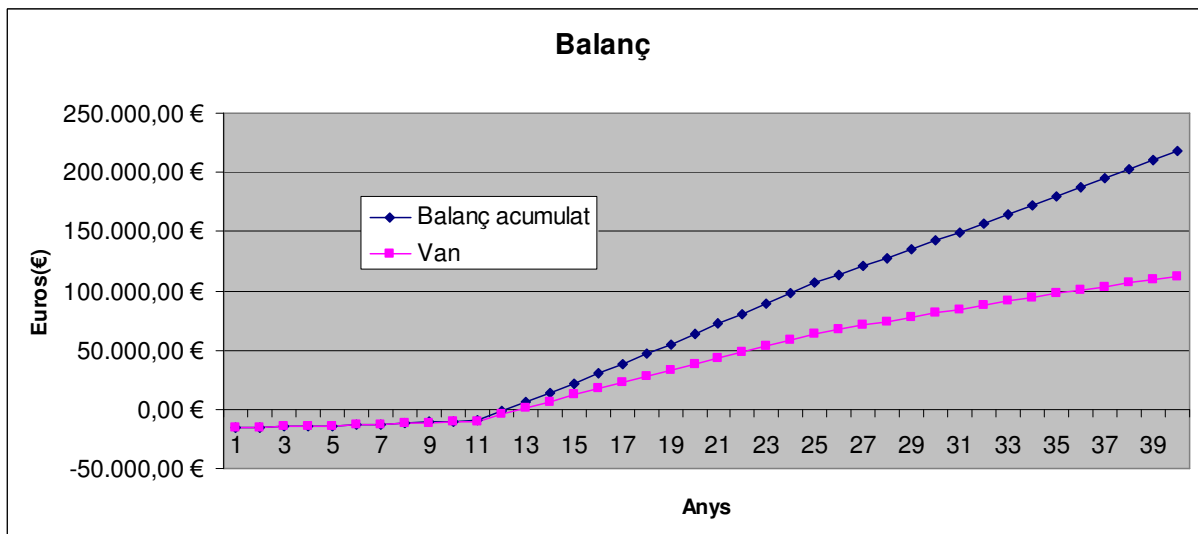
Taula 16..Estudi econòmic de despeses i guanys de la instal·lació durant 40 anys.

Seguidament podem observar el Gràfic 5 amb el flux de caixa que obtindrem durant el 40 anys.



Gràfic 5. Flux de caixa de la inversió.

En el Gràfic 6 es pot observar el balanç acumulat i el Van de la inversió.



Gràfic 6. Balanç acumulat i Van de la Inversió.



**EPS**

Escola Politècnica  
Superior

## Projecte/Treball Fi de Carrera

**Estudi:** Enginyeria Industrial. Pla 1994

**Títol:** Projecte d'instal·lacions sostenibles d'una masia rural aïllada

**Document:** ANNEX C AIGUAMOLL ARTIFICIAL

**Alumne:** Antoni Casanovas Iborra

**Director/Tutor:** Josep Maria Corretger

**Departament:** Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

**Àrea:** MMT

**Convocatòria** (mes/any): Setembre 2008





<b>C.1. INTRODUCCIÓ</b> .....	<b>2</b>
<b>C.2. SISTEMES NATURALS DE DEPURACIÓ</b> .....	<b>3</b>
C.2.1. TIPUS DE SISTEMES NATURALS .....	3
<b>C.3. TIPUS D'AIGUAMOLLS DE FLUX SUBSUPERFICIAL</b> .....	<b>6</b>
C.3.1. AIGUAMOLLS DE FLUX HORIZONTAL .....	6
C.3.2. AIGUAMOLLS DE FLUX VERTICAL .....	9
<b>C.4. MECANISMES D'ELIMINACIÓ DELS CONTAMINANTS</b> .....	<b>11</b>
C.4.1. MATÈRIA EN SUSPENSÍO .....	11
C.4.2. MATÈRIA ORGÀNICA .....	12
C.4.3. NITROGEN .....	15
C.4.4. FÒSFOR .....	16
C.4.5. PATÒGENS .....	17
C.4.6. ALTRES CONTAMINANTS .....	17
<b>C.5. QUANTITAT I QUALITAT DE LES AIGÜES RESIDUALS URBANES</b> .....	<b>18</b>
C.5.1. QUANTITAT D'AIGÜES RESIDUALS .....	18
C.5.2. CONSTITUENTS DE LES AIGÜES RESIDUALS.....	19
C.5.3. QUALITAT DELS AFLUENTS.....	21
<b>C.6. TRACTAMENT A SEGUIR</b> .....	<b>23</b>
C.6.1. PRETRACTAMENT .....	23
C.6.2. TRACTAMENT PRIMARI .....	29
C.6.3. AIGUAMOLL SUBSUPERFICIAL.....	33
C.6.4. SELECCIÓ DE LA UBICACIÓ:.....	39
C.6.5. CONFIGURACIÓ:.....	39
C.6.6. DISTRIBUCIÓ I RECOLLIDA.....	39
C.6.7. IMPERMEABILITZACIÓ .....	43

### C.1. Introducció

El cas que ens ocupa es tracta d'una masia aïllada on només hi ha una comunitat de dues cases i que no estan connectades a cap tipus de xarxa de clavegueram, i es vol buscar un sistema econòmic que permeti l'abocament del líquids de la xarxa de clavegueram al propi entorn del sistema de les dues cases per poder reduir el cost d'aquest. S'ha optat per un sistema de neteja de les aigües residuals que ens permet obtenir uns nivells dels components d'aquesta aptes poder ser abocats a la natura sense que aquests generi cap tipus de contaminació, tot i que mai seran aptes per el consum humà o pel reg de plantacions destinades a l'alimentació. El sistema escollit és un sistema d'aiguamolls subsuperficials amb una sèrie de factors molt positius. El principal avantatge és el seu baix cost, degut a que no requereix de molta tecnologia, ni materials excessivament cars, ni molt manteniment, ni genera molts residus, no produeix pudors i s'integra molt bé al paisatge natural. I com a inconvenients podríem destacar la seva gran necessitat d'espai i el fet que la seva capacitat de neteja és més limitada que les EDAR però suficient per aigües residuals de tipus urbà.

Des de fa uns trenta anys els Sistemes d'aiguamolls construïts o artificials s'han utilitzat en determinades zones (centre i nord d'Europa) per tractar les aigües residuals de petits municipis. En l'actualitat aquests sistemes s'apliquen de forma creixent a tot el món, tant al Nord com al Sud, per tractar aigües residuals de tot tipus. Als països del Sud els aiguamolls són una alternativa molt viable al problema del sanejament de l'aigua. Però, quin és el desencadenant del gran èxit d'aquestes tècniques de tractament? Sens dubte, el canvi de mentalitat progressiu de les societats humanes cap a un desenvolupament sostenible. En molt pocs anys hem passat d'una gestió de l'aigua en desenvolupament, ha tenir molt més en compte els balanços de massa i d'energia, per no canviar uns problemes per uns altres. Els aiguamolls artificials són tecnologies de tractament simples d'operar, amb baixa producció de fangs residuals i sense consum energètic. No necessiten l'addició de reactius químics i d'energia per airejar l'aigua o recircular-la. L'estructura necessària per a la seva construcció és molt simple i assequible, el seu manteniment és relativament fàcil i econòmic. Aquest sistema de depuració d'aigua es basa en el coneixement profund dels sistemes naturals i per tant és una tecnologia molt adequada per aplicar-la en projectes de cooperació, perquè no genera dependència tecnològica. La tecnologia del sistema compleix amb els principis bàsics del desenvolupament sostenible, i s'ha desenvolupat a partir d'una intensa activitat investigadora de científics i tècnics de tot el món.

## C.2. Sistemes Naturals de Depuració

### C.2.1. Tipus de sistemes naturals

Els sistemes naturals són aquells que aconseguixen l'eliminació de les substàncies de les aigües residuals a través de mecanismes i de processos naturals que no necessiten energia externa ni additius químics. En aquests sistemes un bon número de processos de descontaminació són realitzats per sinergia de diferents comunitats d'organismes.

Les dues diferències fonamentals dels sistemes naturals respecte els convencionals són el consum energètic nul per descontaminar i una major superfície de tractament. Els sistemes naturals de depuració també són coneguts en la literatura científica com tecnologies no convencionals, sistemes de baix cost i sistemes verds, entre d'altres.

En les últimes dècades els sistemes naturals s'han utilitzat de forma creixent gràcies a les seves característiques de construcció i funcionament: els cost d'inversió normalment competitiu, requereixen de poc personal pel seu manteniment, no presenten consum energètic o es redueix el necessari per el bombeig inicial, i no generen gran quantitat de fangs de forma continuada. Els sistemes poden classificar-se en dues categories, segons el tractament que té lloc fonamentalment al terreny o en una massa d'aigua (Taula 1).

Sistemes Naturals de Tractament d'aigües residuals				
Basats en l'aplicació de l'aigua al terreny		Basats en tractaments en una massa d'aigua		
Aplicació subsuperficial	Aplicació superficial			
Rases filtrants	Filtres verds	Sistemes amb plantes flotants	Llacunes naturals	Aiguamolls construïts de flux superficial
Aiguamolls construïts subsuperficial	Infiltració - Percolació			
	Filtres de sorra			

Taula 1. Classificació dels sistemes naturals de tractament d'aigües residuals.

En els tractaments amb aplicació de l'aigua residual sobre el terreny, el terra és el receptor d'aquesta. En aquest tipus de tractament són fonamentals les interaccions entre l'aigua intersticial i la biopel·lícula que creix adherida sobre el substrat sòlid.

Els aiguamolls artificials són sistemes de depuració constituïts per llacunes o canals poc profunds (menys d'1m) plantats amb vegetals propis de les zones humides i en els que els processos de descontaminació tenen lloc mitjançant les interaccions entre l'aigua, els substrat sòlid, els microorganismes, la vegetació i la fauna.

Segons el tipus de circulació de l'aigua, els aiguamolls construïts es classifiquen com a flux superficial i flux subsuperficial (Figura 1).

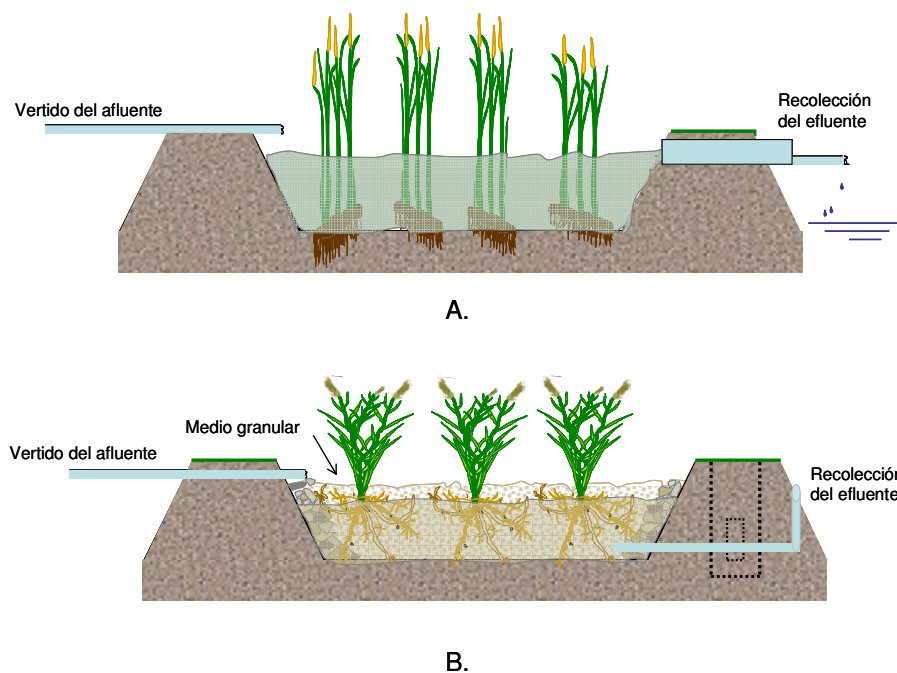


Figura 1. Tipus d'aiguamolls Construïts; A, amb flux Superficial, i B, amb flux subsuperficial horitzontal.

En els sistemes de flux superficial l'aigua està exposada directament a l'atmosfera i circula preferentment a través de les plantes. Aquest tipus d'aiguamoll es pot entendre com una modificació de les llacunes naturals amb una profunditat de la làmina de l'aigua entre 0,3 m i 0,4 m amb plantes. Normalment s'utilitzen per millorar la qualitat dels afluents que han estat prèviament tractats.

En els aiguamolls de flux subsuperficial la circulació de l'aigua és de tipus subterrani a través d'un medi granular i amb contacte amb les arrels i rizomes de les plantes. La profunditat de la làmina d'aigua es troba entre 0,3 m i 0,9 m. La biopel·lícula que creix adherida al medi granular i a les arrels i rizomes de les plantes té un paper fonamental en els processos de descontaminació de l'aigua.

Les principals diferències dels sistemes de flux subsuperficial respecte als superficials són: major capacitat de tractament (admeten més càrrega orgànica), baix risc de contacte de l'aigua amb les persones i d'aparició d'insectes, i menor utilitat per a projectes de restauració ambiental degut a la falta de la làmina d'aigua accessible.

### **C.3. Tipus d'aiguamolls de flux subsuperficial**

Els aiguamolls de flux subsuperficial es classifiquen segons el sentit de circulació de l'aigua en horitzontals o verticals.

#### **C.3.1. Aiguamolls de flux horitzontal**

En aquest tipus de sistemes l'aigua circula horitzontalment a través del medi granular, i els rizomes i arrels de les plantes. La profunditat de l'aigua es troba entre 0,3 m i 0,9 m. Es caracteritzen per funcionar permanentment inundats (l'aigua es troba entre 5 i 10 cm per sota de la superfície) i amb càrregues d'uns 6 g DBO/m<sup>2</sup>·dia.

Els aiguamolls estan compostos dels següents elements:

Estructures d'entrada de l'afluent

Impermeabilització del fons i laterals ja sigui amb làmines sintètiques o argila compactada.

Medi granular.

Vegetació emergent típica de zones humides.

Estructures de sortida regulables per controlar el nivell de l'aigua.

#### **•Estructures d'entrada i sortida**

Els aiguamolls artificials són sistemes que requereixen d'una bona repartició de recollida de les aigües per aconseguir els rendiments estimats, és per això que les estructures d'entrada i sortida han d'estar molt ben dissenyades i construïdes.

L'aigua residual procedent dels tractaments previs es fa arribar a una arqueta on el cabal es divideix equitativament i mitjançant diverses canonades s'aboca al medi granular.

La recollida de l'aigua de l'afluent es realitza amb una canonada perforada assentada sobre el fons de l'aiguamoll. Aquesta canonada es connecta amb una altre en forma de "L" invertida i ens permet regular l'altura. Aquesta estructura permet modificar el nivell de l'aigua i drenar l'aiguamoll durant operacions de manteniment.

#### •Impermeabilització

És necessari disposar d'una barrera impermeable per confinar els sistema i prevenir de la contaminació de les aigües subterrànies. Depenent de les condicions locals pot ser suficient una adequada compactació del terreny. En altres casos és necessari realitzar aportacions d'argila o utilitzar làmines sintètiques.

#### •Medi granular

En les zones d'entrada i sortida es col·loquen pedres que permeten diferenciar aquestes zones del que és el medi granular principal. El conjunt medi granular/biopel·lícula/plantes ha de ser considerat com el principal constituent dels aiguamolls. En el medi granular ocorren múltiples processos com la retenció i sedimentació de la matèria en suspensió, la degradació de la matèria orgànica, la transformació i assimilació dels nutrients, i la inactivació dels microorganismes patògens. El medi granular ha de ser net (exempt de fins), homogeni, dur, durable i capaç de mantenir la seva forma a llarg termini. A més, ha de permetre un bon desenvolupament de les plantes i de la biopel·lícula. Diàmetres mitjos al voltant de 5-8 mm ofereixen molt bons resultats. Una característica molt important del medi granular és la seva conductivitat hidràulica, ja que d'aquesta propietat depèn la quantitat de flux d'aigua que pot circular a través d'ell. Durant el disseny ha de tenir-se en compte que la conductivitat hidràulica disminuirà amb el pas del temps.

#### •Vegetació

Les espècies utilitzades són macròfits emergents típics de les zones humides com el Canyís (*Phragmites*), la Boga (*Typha angustifolia*) o els Joncs (*Scirpus*). A Europa la planta més utilitzada és el canyís, amb densitats de plantació de 3 exemplars 1 m<sup>2</sup> (Figura 2).



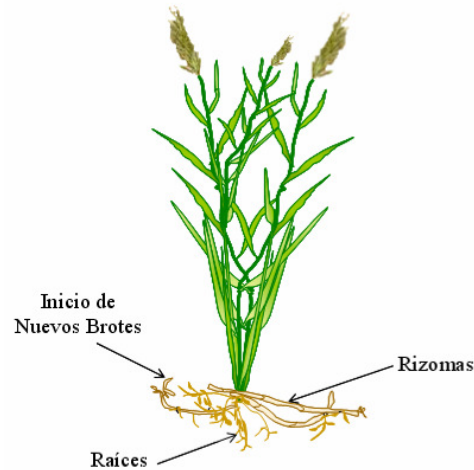


Figura 2. Dibuix esquemàtic del canyís (*Phragmites australis*).

Totes aquestes plantes presenten adaptacions especials per a viure en ambients permanentment humits. Els seus teixits interns disposen d'espais buits que permeten el flux de gasos des de les parts aèries fins a les subterrànies. Els seus rizomes tenen una gran capacitat colonitzadora i proporcionen una superfície adequada per al creixement de la biopel·lícula. Aquesta creix adherida a les parts subterrànies de les plantes i sobre el medi granular. Al voltant de les arrels es creen microambients aeròbics on tenen lloc processos microbians que usen l'oxigen, com la degradació aeròbica de la matèria orgànica i la nitrificació.

#### •Esmorteïment de les variacions ambientals.

Quan les plantes estan desenvolupades redueixen la intensitat de la llum incident sobre el mitjà granular evitant-se així grans gradients de temperatura en profunditat que poden afectar el procés de depuració. En climes freds la vegetació protegeix de la congelació. La seva contribució a l'eliminació de nutrients és modesta quan es tracten aigües residuals urbanes de tipus mig (eliminen entre un 10% del N i un 20% del P). En aigües residuals diluïdes la seva contribució és major (més del 50%).

La selecció de la vegetació que s'utilitzarà en un sistema d'aiguamolls ha de tenir en compte les característiques de la regió on es realitzarà el projecte, així com les següents recomanacions:

Les espècies han de ser colonitzadores actives, amb eficaç extensió del sistema de rizomes.

Han de ser espècies que arribin a una biomassa considerable per unitat de superfície per a aconseguir la màxima assimilació de nutrients.

La biomassa subterrània ha de posseir una gran superfície específica per a potenciar el creixement de la biopel·lícula.

Han de disposar d'un sistema eficaç de transport d'oxigen cap a les parts subterrànies per a promoure la degradació aeròbica i la nitrificació.

S'ha de tractar d'espècies que puguin créixer fàcilment en les condicions ambientals del sistema projectat i amb una elevada productivitat.

Les espècies han de tolerar els contaminants presents en les aigües residuals. S'han d'utilitzar espècies pròpies de la flora local.

### **C.3.2. Aiguamolls de flux vertical**

Aquesta tipologia d'aiguamolls va ser desenvolupada a Europa com alternativa als aiguamolls horitzontals per a produir afluents nitrificats. En general els sistemes verticals (Figura 3) es combinen amb horitzontals perquè se succeeixin de forma progressiva els processos de nitrificació i desnitrificació i s'aconsegueixi així eliminar nitrogen.

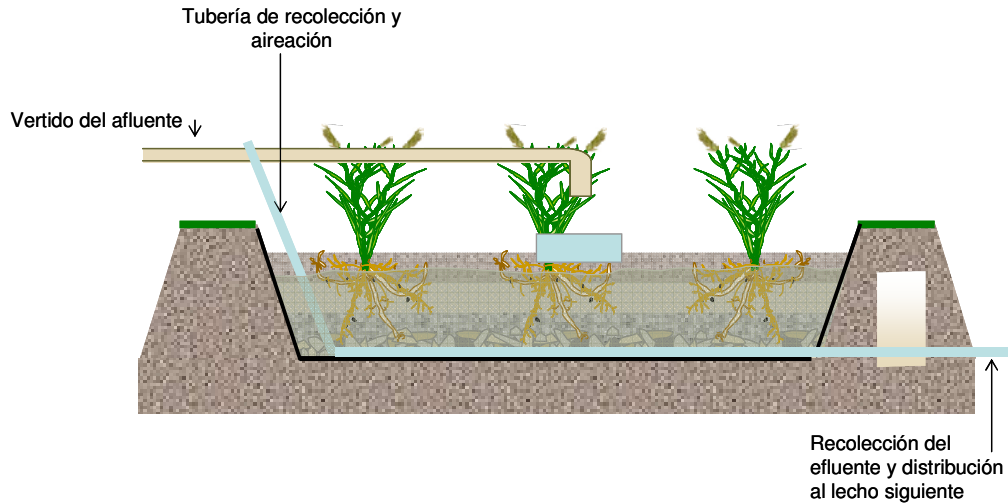


Figura 3. Aiguamoll artificial de flux subsuperficial

La circulació de l'aigua és de tipus vertical i té lloc a polsos, de manera que el medi granular no està permanentment inundat. La profunditat del medi granular es troba entre 0,5 i 0,8 m. Operen amb càrregues al voltant de 20 g DBO/m<sup>2</sup>·dia. Els sistemes verticals tenen una major capacitat de tractament que els horitzontals (requereixen de menor superfície per a tractar una determinada càrrega orgànica). Per altra banda, són més susceptibles a ser obstruïts.

Per la descontaminació de l'aigua d'una masia rural el nivell de nitrogen esperat no serà molt elevat i ens interessa més la eliminació de la matèria orgànica. Per tant podem descartar l'aiguamoll de flux subsuperficial per que per una instal·lació tan petita no serà necessària.

#### **C.4. Mecanismes d'eliminació dels contaminants**

Les plantes depuradores d'aigües residuals urbanes s'han dissenyat correntment per a eliminar matèria en suspensió i matèria orgànica. En els últims anys l'eliminació de nutrients (nitrogen i fòsfor) també s'ha anat introduint com objectiu a arribar a assolir. De fet, en l'actualitat els processos d'eliminació de nutrients es podrien considerar ja com convencionals. L'eliminació de microorganismes fecals sembla que en un futur proper també serà un objectiu generalitzat, especialment en zones com la Mediterrània on la reutilització de l'aigua tindrà un paper rellevant dintre de la gestió integral dels recursos hídrics. A continuació es descriuen els mecanismes d'eliminació d'aquests contaminants en els aiguamolls de flux subsuperficial. Aquests mecanismes són complexos i només es presenta un breu resum. Descripcions més detallades es poden trobar en els textos de Kadlec i Knight (1996) , i Crites i Tchobanoglous , Kadlec et al. (2000) i US EPA (2000).

##### **C.4.1. Matèria en Suspensió**

La matèria en suspensió queda retinguda en els aiguamolls mitjançant la combinació de diferents fenòmens de tipus físic que en el seu conjunt es denominen com filtració del medi granular. Entre aquests fenòmens cal destacar la sedimentació deguda a la baixa velocitat de circulació de l'aigua i el tamisat que succeeix a nivell dels espais intersticials del medi granular. Aquests fenòmens es veuen potenciats per les forces d'adhesió que ocorren entre els sòlids i que tendeixen a promoure la formació de partícules de major grandària. En l'actualitat es desconeix quin és la importància relativa de cadascun d'aquests fenòmens. En els aiguamolls horitzontals la major part de l'eliminació de la matèria en suspensió succeeix prop de la zona d'entrada i la seva concentració va disminuint de forma aproximadament exponencial al llarg del jaç. En general, gairebé tota l'eliminació de la matèria en suspensió succeeix en 1/4 - 1/3 de la longitud total del sistema (Figura 4).

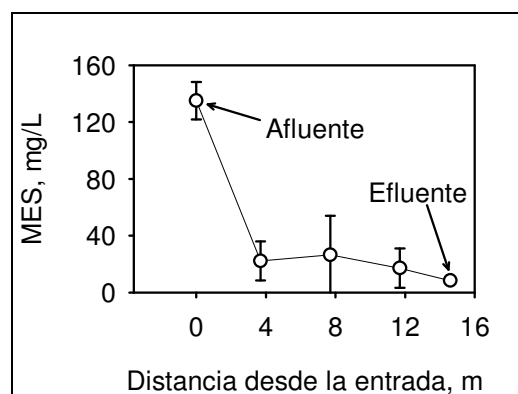


Figura 4. Evolució de la concentració de matèria en suspensions (MES) a lo llarg d'un aiguamoll de flux horitzontal. (Piriz, A.J. (2000). *Condiciones de Óxido-Reducción en Humedales Construidos de Flujo Subsuperficial*. Tesina d'Especialitat, ETSECCPB, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 104 pp.)

En els sistemes verticals la retenció de la matèria en suspensió es dona en els primers centímetres del medi granular. La seva concentració disminueix de forma similar als sistemes de flux horitzontals però en sentit vertical. El rendiment d'eliminació de la matèria en suspensió tant en sistemes horitzontals com en verticals sol ser molt elevat. Normalment és de més del 90% produint afluents amb concentracions menors de 20 mg/L de forma sistemàtica. Un contingut excessiu de matèria en suspensió en l'aigua residual de tipus inorgànic o orgànic recalcitrant (>50 mg/L) (per exemple, si no es disposa d'un pretractament preliminar) la sorra pot provocar una ràpida obstrucció dels aiguamolls. Aquests aspectes s'han de considerar durant el disseny.

#### C.4.2. Matèria Orgànica

L'eliminació de la matèria orgànica en els aiguamolls és complexa ja que és el resultat de la interacció de nombrosos processos físics, químics i biòtics que succeeixen de forma simultània. La matèria orgànica en forma de partícula és retinguda per filtració prop de l'entrada en sistemes horitzontals i prop de la superfície en verticals (tal com s'ha descrit per a la matèria en suspensió, ja que gran part d'aquesta matèria orgànica és bàsicament la matèria en suspensió). Aquesta fracció en partícules, per fragmentació abiòtica, es converteix en partícules més petites que poden ser hidrolitzades per enzims extracel·lulars. Els enzims són excretats per bacteris heteròtrofes aeròbics i fermentatius facultatius. El resultat de la hidròlisi és la formació de substrats senzills (per exemple glucosa o aminoàcids) que poden ser assimilats pels bacteris heteròtrofs aeròbics o fermentatius facultatius.

Els àcids al seu torn poden ser assimilats per bacteris sulfatoreductors, metanogènics i també, per descomptat, pels heteròtrofs aeròbics. Els substrats senzills presents en l'aigua residual són assimilats directament sense necessitat d'hidròlisi prèvia. En la Figura 5 es mostra una representació esquemàtica dels processos implicats en la degradació de la matèria orgànica en els aiguamolls.

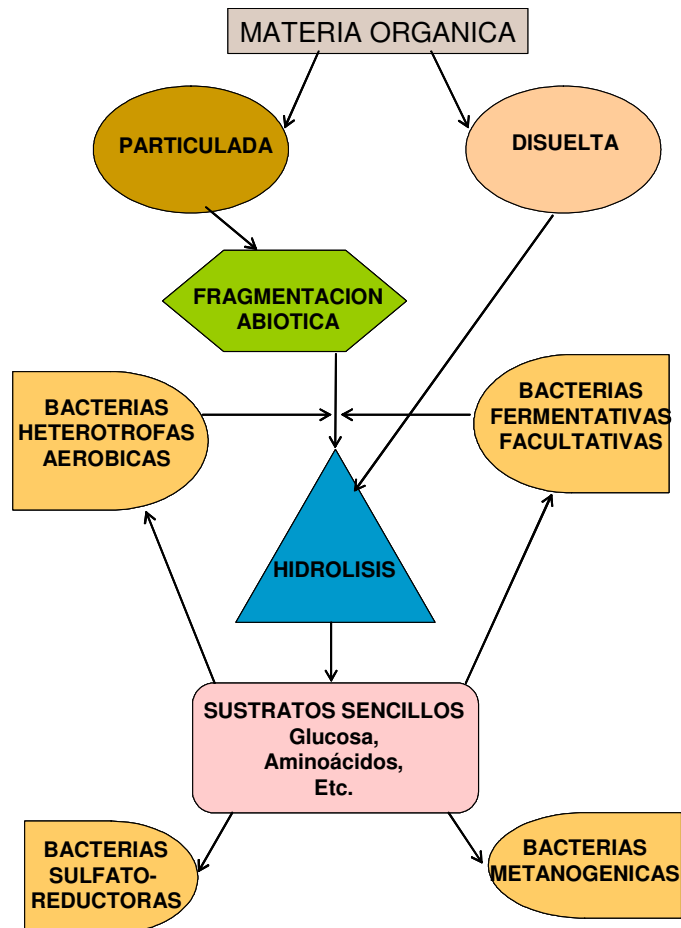


Figura 5. Esquema simplificat dels processos que intervenen en la degradació de la matèria orgànica en els aiguamolls.

Per altra banda, s'ha de tenir en compte que moltes substàncies dissoltes es retenen per adsorció, bé en la pròpia matèria orgànica o en el medi granular. Aquestes substàncies poden simplement quedar allí, o bé desplaçar-se i ser reabsorbides, o ser degradades per microorganismes.

La degradació de la matèria orgànica per via aeròbica en els aiguamolls de flux horitzontal succeeix prop de la superfície de l'aigua (en els primers 0,05 m de profunditat) i en les zones

propres a les arrels. L'oxigen alliberat per les arrels no és suficient per degradar completament de forma aeròbica la matèria orgànica de l'aigua residual de tipus mig.

Estimacions realitzades a través de balanços de massa i emissions de gasos indiquen que la degradació aeròbica és una via poc important respecte a les vies anaeròbiques en sistemes horitzontals. En aiguamolls verticals no es disposa de dades sobre la importància relativa de la respiració aeròbica. No obstant això, el fet que en diferents sistemes s'hagi trobat concentracions apreciables d'oxigen a tota la profunditat del jaç, suggereix que la degradació aeròbica és una via bastant important, si no la que més.

Els bacteris heteròtrofs aeròbics en absència d'oxigen poden degradar la matèria orgànica per via anòxica utilitzant el nitrat com acceptor d'electrons (desnitrificació). Sembla bastant clar que la via anòxica opera en el flux horitzontal ja que en molts estudis s'ha observat eliminació d'amoníac i en canvi absència de nitrat, el que suggereix que el nitrat format s'elimina ràpidament per desnitrificació. Per altre banda, en sistemes verticals la desnitrificació sembla que no opera ja que no poden eliminar nitrat. Això és degut al fet que en tota la profunditat del jaç hi ha condicions aeròbiques que impedeixen la desnitrificació.

En els sistemes horitzontals hi ha suposadament pocs llocs amb condicions aeròbiques, i per tant en una part molt important del jaç els bacteris fermentatius facultatius creixen originant àcids grassos com el acètic i el làctic, alcohols com el etanol i gasos com l' $H_2$ . Aquests compostos representen substrats per als bacteris sulfatoreductors i metanogènics, totes elles anaeròbiques. També per a heteròtrofas aeròbiques si és que aquests substrats estan disponibles en les zones aeròbiques. En els sistemes verticals la presència d'oxigen en tot el jaç inhibeix les reaccions de tipus anaeròbic.

Els balanços de massa efectuats així com la informació recent disponible sobre el cicle del sofre indiquen que la sulfatoreducció és una via molt important de degradació de la matèria orgànica en sistemes horitzontals.

S'ha observat que en els aiguamolls els bacteris sulfatoreductors i les metanogènics poden competir pel substrat, i en presència de sulfat i alta càrrega orgànica els bacteris sulfatoreductors creixen amb més èxit. La profunditat de l'aigua i la càrrega orgànica afecten la importància relativa de les diferents vies de degradació de la matèria orgànica, i aquestes al seu torn afecten als rendiments d'eliminació. En l'actualitat està bastant clar que

a mesura que guanyen importància les vies anaeròbiques en detriment de les anòxiques, l'eficiència disminueix. Per aquest motiu, els aiguamolls verticals arriben a millors rendiments d'eliminació, ja que en aquests prevalen les vies aeròbiques.

El rendiment d'eliminació de la matèria orgànica en sistemes d'aiguamolls horitzontals i verticals és òptim si estan bé dissenyats, construïts i explotats. Tant per a la DQO com per a la DBO s'arriben a rendiments que oscil·len entre 75 i 95% produint efluent amb concentració de DQO menor de 60 mg/L i de DBO menor de 20 mg/L .

### **C.4.3.Nitrogen**

En les aigües residuals urbanes el nitrogen es troba fonamentalment en forma de amoni i també com nitrogen orgànic. No sol ser habitual trobar concentracions significatives de nitrats i nitrits. En els aiguamolls el principal mecanisme d'eliminació de nitrogen és de tipus microbià i consisteix en la nitrificació seguida de desnitrificació. No obstant això, també hi ha altres processos que contribueixen a l'eliminació com l'absorció del amoni i l'assimilació realitzada per les plantes. En els aiguamolls el cicle del nitrogen està acoblat al del carboni (matèria orgànica) fonamentalment a través de la desnitrificació. La nitrificació és realitzada per bacteris autòtrofs aeròbics que aprofiten el poder reductor del amoni i aquest es converteix en nitrat.

La nitrificació requereix de 4,6 mg d'oxigen per cada mil·ligram de amoni (expressat com nitrogen). En els aiguamolls horitzontals com que la transferència d'oxigen és baixa i hi ha poques zones aeròbiques, la nitrificació no és destacable i el rendiment d'eliminació del amoni no supera generalment el 30%.

En els aiguamolls verticals s'obtenen molt bons rendiments de conversió del amoni a nitrat donat el caràcter aeròbic de la gran part del jaç. En general la nitrificació és total.

La reacció de la desnitrificació permet eliminar el nitrat format prèviament per la nitrificació i convertir-lo en nitrogen gas. Aquesta reacció només ocorre en condicions de anòxia i en presència de matèria orgànica, ja que és realitzada per bacteris heterotròfics. Per aquesta raó els aiguamolls verticals tenen dificultats per a eliminar el nitrat format i freqüentment es combinen en sèrie seguits d'aiguamolls horitzontals. En aquests si que hi ha zones exemptes d'oxigen on pot portar-se a terme la desnitrificacions. En aquest cas l'únic que



s'ha d'assegurar és que l'aiguamoll disposi de matèria orgànica. Per exemple, una petita part del cabal d'entrada (10-20%) es pot desviar cap al sistema horitzontal. S'ha observat que en els aiguamolls horitzontals els processos de nitrificació i desnitrificació succeeixen de forma acoblada, de manera que el nitrat format ràpidament és aprofitat, generant nitrogen gas.

L'amoni entrant en un aiguamoll subsuperficial pot ser retingut per adsorció. No obstant això, aquest és un procés reversible i quan canvien les condicions que ho estableixen, el amoni pot retornar a l'aigua. Les plantes poden eliminar nitrogen mitjançant l'assimilació d'amoni o nitrat. En els aiguamolls generalment utilitzaran preferentment amoni ja que és més abundant. El nitrogen assimilat és incorporat a la biomassa i per tant eliminat de l'aigua. Al morir les parts aèries de les plantes, durant la seva senescència anual, el nitrogen pot retornar a l'aiguamoll, per això es recomana podar la vegetació just abans de la senescència.

En general en aigües urbanes de tipus mig les plantes eliminen entre un 10 i un 20% del nitrogen. Altres vies d'eliminació del nitrogen de poca importància en els aiguamolls són la volatilitzacions del amoni i l'assimilació microbiana.

#### **C.4.4.Fòsfor**

Igual que en els sistemes de depuració biològics convencionals, l'eliminació de fòsfor en els aiguamolls és complicada. En general no es sol eliminar més del 10-20%, i sense haver-hi grans diferències entre sistemes horitzontals i verticals.

Els mecanismes d'eliminació del fòsfor poden ser de tipus biòtic i abiòtic. Els biòtics inclouen l'assimilació per part de les plantes i els microorganismes. Els abiòtics són fonamentalment l'adsorció pel medi granular. En molts estudis s'ha observat que després de l'engegada d'aiguamolls s'obté una bona eficiència d'eliminació del fòsfor per a després reduir-se ràpidament en poc temps. Això és degut al fet que el mig granular no té capacitat d'adsorció, però aquesta es va perdent ràpidament.

S'han realitzat grans esforços per a desenvolupar mitjans granulars amb alta capacitat per a retenir fòsfor. No obstant això, aquesta s'acaba perdent i el mitjà s'ha de reemplaçar. En l'actualitat sembla que la millor manera d'eliminar el fòsfor és incorporant en els sistemes

d'aiguamolls processos de precipitació, per exemple per addició de sals d'alumini . En els aiguamolls la utilització de sals de ferro per a la precipitació pot donar lloc a sulfur de ferro que dóna color negre a l'aigua.

#### **C.4.5. Patògens**

De cara a garantir bones condicions sanitàries, especialment si els afluents es van a reutilitzar, és important eliminar o reduir la concentració de microorganismes fecals.

L'eliminació de microorganismes és un procés de gran complexitat ja que depèn de factors com la filtració, l'adsorció i la depredació . S'ha observat que tant en sistemes verticals com horitzontals l'eliminació és dependent del temps de permanència i del medi granular. Quant menor és el diàmetre del mitjà granular, major és el nivell d'eliminació obtingut.

Per a avaluar l'eficiència d'eliminació dels patògens es sol estudiar l'eliminació de microorganismes indicadors de la contaminació fecal, com són per exemple els coliformes fecals. El grau d'eliminació obtingut en sistemes horitzontals i verticals és similar i oscil·la entre 1 i 2 unitats logarítmiques/100ml, aproximadament per a tots els indicadors. Aquest nivell d'eliminació no sol ser generalment suficient per a produir afluents aptes, per exemple, per al reg agrícola.

En aquestes circumstàncies és recomanable dotar al sistema d'aiguamolls de llacunes o aiguamolls de flux superficial que afavoreixen la desinfecció. També es pot clorar l'afluent. Ha de quedar clar que si es vol obtenir un afluent de bona qualitat sanitària un sistema d'aiguamolls construïts no serà suficient i es tindrà de complementar d'un sistema de desinfecció.

#### **C.4.6. Altres contaminants**

Cada vegada hi ha més interès per contaminants emergents diferents dels que normalment s'han considerat en la tecnologia de la depuració d'aigües. Dintre d'aquests contaminants s'inclouen metalls pesats, tensioactius, productes farmacèutics, productes d'ús personal i de neteja, i microorganismes *Cryptosporidium*. En aquest moment les dades existents en el camp dels aiguamolls subsuperficials són més aviat escasses.

## **C.5. Quantitat i qualitat de les aigües residuals urbanes**

Per a poder realitzar un bon dimensionament i disseny de qualsevol sistema de depuració és necessari disposar de dades de quantitat i qualitat de les aigües residuals. La falta de dades genera inseguretat que, freqüentment, s'acaba sobredimensionant les instal·lacions i augmentant així els costos. És recomanable per tant realitzar campanyes de mesura de cabals i presa de mostres.

Els dissenys solen realitzar-se per a períodes de 25 anys. D'aquesta manera, amb les dotacions d'aigua residual, les velocitats d'emissió màssica unitària (grams d'un contaminant emès per habitant i per dia) i la població prevista a 25 anys, es pot estimar els cabals mitjos i les concentracions dels contaminants. Els cabals punta es poden calcular a través de la majoració del cabal mig diari mitjançant coeficients punta (horari, diari, etc.).

### **C.5.1. Quantitat d'aigües residuals**

Les aigües residuals en aquest cas són d'origen domèstic, perquè en aquest cas el sistema de clavegueram és separatiu de les aigües pluvials i tampoc no es consideren les infiltracions per la poca distància amb l'aiguamoll.

Els cabals d'aigües residuals dels petits nuclis de població es caracteritzen per presentar grans variacions horàries, diàries i fins i tot mensuals o estacionals, molt més en edificacions aïllades o amb segones residències. Quan es planteja un projecte de construcció d'un sistema de sanejament no es sol disposar de sèries històriques de dades de cabals d'aigües residuals. D'aquesta forma, els cabals han de ser estimats a partir de diferents mètodes:

#### **•Dotacions d'aigua residual**

Quan no es disposa ni de campanyes d'aforament ni de dades de consum d'aigua de proveïment, es poden usar valors de producció d'aigua residual per habitant. Aquests valors es poden obtenir d'estudis on s'avalua de forma estadística un nombre representatiu de campanyes d'aforament d'una determinada zona de grandària poblacional similar.

### •Coeficients Punta

Els cabals d'aigües residuals urbanes varien amb periodicitat instantània, horària, diària i mensual. Aquestes variacions han de ser quantificades i aplicades en el disseny del tractament. El coeficient punta és la relació entre la mitjana dels cabals punta (màxims i mínims) i el cabal mig. Els coeficients punta varien segons d'interval de temps al que van referits, definint-se així com horaris, diaris i mensuals. Per a determinar els cabals punta s'ha de multiplicar el cabal mig pel coeficient punta. En la Taula 2 es mostren valors dels coeficients punta diaris i mensuals recomanats per a petits municipis (< 2000 habitants).

Paràmetre	Valor Típic	
Coeficient punta diari	1,2-2,0	1,7
Coeficient punta mensual	1,0-1,5	1,2

Taula 2 .Valors recomanats de coeficients punta per petites comunitats.

### C.5.2.Constituents de les Aigües Residuals

Juntament amb els cabals d'aigües residuals, les concentracions dels contaminants han de ser conegudes per a dissenyar el sistema de tractament. Els cabals i les concentracions determinen les càrregues contaminants. La realització de campanyes d'aforament permet l'obtenció de mostres integrades de les quals es realitzen analítiques que proporcionen dades de la concentració dels contaminants. En general s'analitza el PH, la conductivitat elèctrica, la matèria en suspensió, la demanda química d'oxigen (DQO), la demanda bioquímica d'oxigen (DBO5), els nutrients (nitrogen i fòsfor), i en alguns casos els microorganismes indicadors de contaminació fecal si es vol reutilitzar l'afluent depurat. Les dades obtingudes, si procedeixen de campanyes suficientment representatives, es poden utilitzar directament per a dissenyar les instal·lacions. Quan no es disposa de dades, o aquests no són representatives, es poden utilitzar valors d'emissió massica unitària tabulats. En la Taula 3 es mostren els valors característics de concentració i velocitat d'emissió massica unitària en petits municipis de Catalunya.

Paràmetre	Concentració (mg/L)	VEMU ( g/hab·dia)
MES	200	30
DBO5	280	40
DQO	600	85
Nitrogen Total	50	7,5
Fòsfor Total	12	1,7

Taula 3. Valors característics de concentració d'aigua residual i velocitat d'emissió màssica unitària (VEMU) en petits municipis de Catalunya .

Una vegada fixades les velocitats d'emissió màssica unitàries (VEMU), i coneguda la dotació d'aigua residual, les concentracions dels diferents contaminants es determinen per la següent equació 1 en el cas de disposar de dades conegudes de dotació d'aigua residual per habitant.

$$C = \frac{VEMU \cdot 1000}{D}$$

(Eq) 1

On C, la concentració del contaminant, en mg/L, la VEMU, la velocitat d'emissió màssica unitària, en g/hab·dia i D, la dotació d'aigua residual, en L/hab·dia. En aquest cas dimensionarem per la DBO i per tant la VEMU serà de 40g/hab·dia i la dotació d'aigua serà de 200 l/hab·dia, això fa que la concentració del contaminat sigui de 200 mg/l. El cabal mig diari es determina segons l'equació 2:

$$Q = \frac{\beta \cdot P \cdot D}{1000}$$

(Eq) 2

On Q el cabal mig diari, en m<sup>3</sup>/dia P la població, en habitants. dia. D la dotació, en L/hab i  $\beta$  la quantitat d'aigua de proveïment que es converteix en aigua residual, expressada en tant per un en aquest cas el 100%. En aquest cas tenim dues cases en les quals realitzarem el tractament de neteja, 8 persones, amb una dotació de 200 L/hab. Per tant, el cabal d'aigua residual diari serà de 66 l/hora.

### C.5.3. Qualitat dels afluents

La Directiva europea 91/271/CEE sobre tractament d'aigües residuals indica que els municipis de menys de 2000 habitants equivalents (hab-eq) o de menys de 10.000 però amb abocament en zones costaneres obertes han de depurar les seves aigües amb un tractament adequat. La resta de nuclis han de complir els requisits especificats a la Taula 4.

Paràmetre	Concentració	Percentatge mínim de reducció (1)	Mètode de mesura de referència
Demanda bioquímica de oxigeno (DBO <sub>5</sub> a 20 °C) sense nitrificació (2)	25 mg/L	70-90%	Mostra homogeneïtzada, sense filtrar ni decantar. Determinació de l'oxigen dissolt després de 5 dies de incubació a 20 °C ± 1 °C, en completa obscuritat. Aplicació de un inhibidor de la nitrificació.
		40 de conformitat con el apartat 2 del article 4 sobre aigües residuals domèstiques	
Demanda química de oxigeno (DQO)	125 mg/L	75%	Mostra homogeneïtzada, sense filtrar ni decantar. Dicromat potàssic.
Total de sòlids en suspensió(MES)	35 mg/l (3)	90% (3)	Filtració de una mostra representativa a través de una membrana de filtració de 0,45 micres. Assecat a 105 °C y pesatge.
	35 de conformitat con el apartat 2 del article 4 (mes de 10000 hab-eq)	90 %de conformitat con el apartat 4 (mes de 10000 hab-eq)	
	60 de conformitat con el apartat 2 del article 4 (de 2000 a 10000 hab-eq)	70 %de conformitat con el apartat 2 del article 4 (de 2000 a 10000 hab-eq)	Centrifugació de una mostra representativa (durant 5 minuts como mínim, amb una acceleració mitja de 2800 a 3200 g.), Assecat a 105 °C y pesatge.

1. Reducció relacionada amb la càrrega del cabal d'entrada. / 2. Aquest paràmetre pot substituir-se per un altre: carboni orgànic total (COT) o demanda total d'oxigen (DTO), si es pot establir una correlació entre DBO5 i el paràmetre substitutiu. / 3. Aquest requisit és optatiu.

Taula 4. Requisits dels abocament d'aigües procedents d'instal·lacions de tractament d'aigua residuals urbanes subjectes als articles 4 i 5 de la Directiva europea 91/271/CEE. S'aplicarà el valor de concentració o el percentatge de reducció

Així doncs, per als petits municipis la Directiva no estableix uns límits numèrics de concentracions o percentatges de reducció per el cas que ens ocupa que és una població inferior a 2000 habitants, sinó que simplement afirma que s'ha de fer un tractament adequat, que és aquell que després de l'abocament permet respectar els objectius de qualitat del medi receptor. Mancant objectius de qualitat clars, el que s'ha vingut fent fins a la data en molts llocs és aplicar els valors de la Taula 4 com a requisits per a les petites depuradores (i

per tant com valors a arribar a una vegada realitzat el disseny). No obstant això, és previsible que aquesta situació canviï en els pròxims anys a mesura que es vagi avançant en la implantació de la Directiva Març 2000/60/CE. Cal destacar que alguns països i regions de la Unió Europea tenen normatives específiques en quant als requisits dels abocaments de depuradores de petits municipis.

## C.6. Tractament a seguir

De forma general, els sistemes d'aiguamolls construïts estan formats per 3 unitats de procés clarament diferenciades; pretractament, tractament primari i tractament secundari (els aiguamolls construïts pròpiament). El pretractament i el tractament primari són tractaments previs, i tenen l'objectiu d'eliminar o reduir la presència de materials que obturen i desgasten les tuberes i canals, i poden obturar els aiguamolls. Habitualment els tractaments previs dels aiguamolls consten d'una etapa inicial de retirada de grans sòlids i una segona de retenció de la matèria en suspensió. (Figura 6).

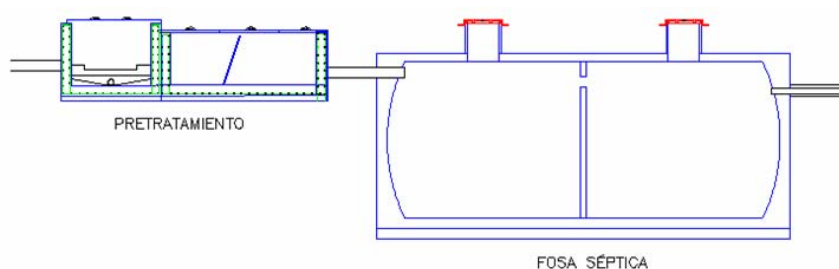


Figura 6. Esquema tractament previ per un sistema d'aiguamolls construïts.

Els aiguamolls estan pensats com a sistemes de baix cost i un consum energètic mínim, i per tant es recomana de ser possible utilitzar pocs equips electromecànics en els processos unitaris previs. L'elecció del tipus de tractament previ depèn de múltiples factors que van des de la qualitat de l'aigua a tractar, la topografia i l'espai disponible, o fins i tot els costos de la construcció i explotació.

### C.6.1. Pretractament

El pretractament està format per tots aquells processos que es situen a l'inici del sistema de depuració, la funció del qual consisteix en eliminar sòlids grans (pedres, branques, plàstics...).

En depuradores de petits municipis (menys de 2000 habitants) la forma més habitual de pretractament consta d'un canal, on trobem successivament, una zona on s'ubica un sobreixidor d'accés de cabal, o una altra zona en la que es situa una reixa de retenció de materials, i una zona de dessorrejat. Opcionalment es pot tenir un desengreixador al final del



pretractament, en cas de que l'aigua tingui un alt contingut de grassa i olis. Del contrari aquesta última operació es realitza en el tractament primari posterior (fossa sèptica o tanc Imhoff). En la Figura 7 es mostra una línia de pretractament típica per instal·lacions depuradores de municipis de menys de 2000 habitants.



Figura 7. Línia de pretractament estàndard per depuradores de petites poblacions.

#### •Sobreeixidor d'entrada

Aquesta estructura és de gran importància en tota la planta a de tractament que evita la sobrecàrrega de cabal de les instal·lacions que tracten aigües de xarxes de clavegueram unitàries. Generalment consisteix en una arqueta de planta rectangular en la que a certa altura d'aigua, tota aquella fracció de cabal que sobrepassa aquella altura, és separada directament del canal de desbast passant solament per una reixa a un canal adjunt. El dimensionat del sobreeixidor es basa en què l'aigua residual excedent està diluïda i la concentració dels contaminants serà similar a la que tindria si fos tractada. Per tant, el sobreeixidor es dissenya de forma pràctica perquè comenci a actuar quan superi 10 vegades el cabal mig horari a la estació de depuradora. Aleshores el cabal que s'ha d'evacuar pel sobreeixidor és fruit de l'equació 3:

$$Q_v = Q_{plu} - 10 \cdot Q_{mig,d}$$

(Eq) 3

On és  $Q_v$  el cabal del sobreeixidor, en  $m^3/s$ ,  $Q_{plu}$  és el cabal de la pluja més el cabal de la instal·lació, en  $m^3/s$ . En aquest cas la casa disposa d'un sistema de recollida d'aigües pluvials i aquest només aniria a la depuradora en el cas de que el dipòsit de recollida estés al límit de la seva capacitat. I  $Q_{mig,d}$ , el cabal mig diari en  $m^3/s$ .

En aquest cas disposem d'una teulada d'uns 200 m<sup>2</sup> i suposem una pluja màxima de 100 l/hora. Per tant, el cabal de la pluja serà de 20.000 l/hora més el cabal mig diari de la casa 66 l/hora. Per tant, el cabal a sobreixir serà de 19.400 l/hora.

La longitud de vertader es calcula al dividir el cabal a sobreixir entre el cabal per metre lineal del vertader. Aquest últim es determina mitjançant la fórmula simplificada de Francis (equació 4):

$$Q_f = 1,83 \times (1 - (0,2 \cdot H)) \times (H)^{1,5}$$

(Eq) 4

On  $Q_f$  és el cabal per metre lineal, en m<sup>3</sup>/m·s i H és la altura de la làmina de aigua sobre el sobreixidor (<25 cm) en m en aquest cas 5cm i obtenim un  $Q_f$  de 72.919 l/m·h. Si dividim el cabal a sobreixir amb el cabal de Francis aconseguim una longitud del sobreixidor de 26 cm.

En el canal per on circula l'aigua excedent s'ha de col·locar una reixa de separació entre barrots de 100 mm i neteja manual.

#### •Canal de desbast

El canal de desbast és el primer procés unitari amb què es troba l'aigua en arribar a la depuradora. (Figura 8). En ells es separen els grans sòlids mitjançant una intercepció amb reixes, i es produeix, a més un dessorrejat ja que construeix amb una secció major que el col·lector d'entrada, disminuint la velocitat de l'aigua. Així doncs, el canal fa funcions de desbast i dessorrejat de forma simultània. Aquesta tipologia de dessorrejat de flux horitzontal és el més habitual en plantes de petit cabal. El dessorrejat permet separar les matèries pesades de granulometria superior a 200 µm, eviten la sedimentació en els canals i conduccions, protegits de l'abració i prevenint sobrecàrregues en les fases de tractament següents. Durant el dessorrejat també hi ha una certa reducció de les partícules de tipus orgànic.

Es tracta de canals de secció rectangular amb un resguard de seguretat que oscil·la entre 0,3 i 0,5 m. En el canal es situa una reixa de grans sòlids amb una separació entre barrots de 50 a 100 mm, de neteja manual per a poblacions de menys de 500 habitants. Si la reixa

s'obtura, les possibles inundacions s'eviten al actuar el sobreexidor d'entrada, en aquest cas la major part de l'aigua no passarà per la depuradora mentre no es procedeixi amb la neteja de la reixa. Depenent de les necessitats del pretractament, després dels sòlids grans, es pot instal·lar una reixa per els sòlids fins, o alternativament, un tamisat però fora del canal. L'extracció de les sorres es realitza d'una forma manual setmanalment.

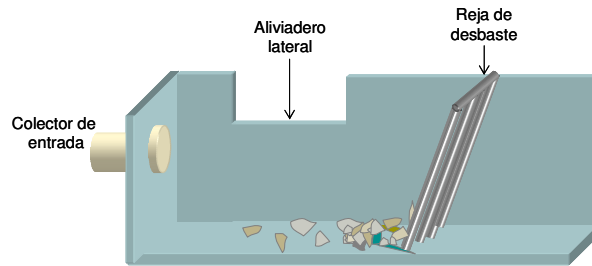


Figura 8. Esquema d'un canal de desbast (zona de separació de grans sòlids i el sobreexidor).

El canal (Figura 8) es dimensiona amb una amplada constant, escollida del valor més gran entre el necessari per a les reixes i el calculat pel dessorrejador. A continuació s'exposa com s'estableix l'amplada necessària per a l'ús de les reixes. Valors recomanats a la Taula 5.

Característiques	Reixa de sòlids grans	Reixa de sòlids fins
Mode de funcionament	Manual	Automàtic
Amplada dels barrots (mm)	>12	<6
Llum entre barrots (mm)	50-100	10-25
Pendent en relació a la vertical (graus)		30-45
Velocitat de aproximació (m/s)		0,3-0,6
Pèrdua de càrrega admissible (m)	0,15	0,15

Taula 5. Valors recomanats dels paràmetres necessaris per el disseny d'un canal de desbast i les respectives reixes.

La velocitat d'aproximació fa referència a la velocitat que té l'aigua en la zona on es situa la reixa. En primer lloc es fixa un valor de partida per l'amplada del canal entre 0,2 i 2 m dependent del col·lector de entrada, i es determina l'amplada útil del pas segons l'equació 5:

$$W_u = (A_c - n \cdot A_b) \cdot \left(1 - \frac{G}{100}\right)$$

(Eq) 5

On  $W_u$  l'amplada útil de pas, en m,  $A_c$  l'amplada del canal, en m,  $n$  el número de barrots,  $A_b$  gruix de barrots, en m i  $G$  el grau de obturació, normalment s'utilitza un valor del 30 %. En aquest cas escollim una amplada de canal de 25 cm amb una reixa de 4 barrots de 8 mm. Per tant el pas útil serà de 15,26 cm.

L'altura necessària per aconseguir un grau de obturació determinat s'obté amb l'equació 6:

$$h = \frac{Q}{v} \times \frac{1}{W_u}$$

(Eq) 6

On,  $h$  altura necessària, en m,  $Q$  el cabal de pas, en  $m^3/s$ .  $v$  la velocitat d'aproximació, en m/s. El cabal que dimensionem serà el màxim que podrà absorbir el sistema sense sobreixir que seran 660 l/hora a una velocitat de 0,3 m/s. Ens diu que necessitem una alçada mínima de 4mm de reixa. En aquest cas utilitzarem una reixa de 10 cm d'alçada.

La longitud necessària de canal en la zona de reixes, equació 7, es determina considerant la velocitat d'aproximació de l'aigua i el temps hidràulic, que ha d'oscil·lar entre 5 i 15 segons.

$$L = T_H \cdot v$$

(Eq) 7

On,  $L$  és la longitud canal, en m.  $T_H$  és el temps de retenció, en s,  $v$  és la velocitat de aproximació de l'aigua, en m/s. Com que la velocitat un cop dins el canal de desbast es redueix segons la secció utilitzada passa a ser gairebé inapreciable 0,007 m/s i considerem un temps de retenció de 10 segons, per tant necessitem una longitud de canal a la zona de reixes és de 7cm. Per establir l'amplada del canal necessària pel dessorrejat s'utilitzen els valors dels paràmetres que es presenten en la Taula 6.

Flux horitzontal	Valor	
	Interval	Valor típic
Carrega hidràulica		<70 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·hora (a Qmàx)
Velocitat horitzontal de l'aigua	0,2-0,4 m/s	0,3 m/s
Temps de retenció	45-90 s	60s
Longitud	20-25 l'altura de la làmina de l'aigua	
Relació Llarg - ample	1,5-3,0	2

Taula 6. Valors recomanats dels paràmetres necessaris per al dimensionament de dessorrejadors.

En primer lloc es determina el llarg del canal en la zona de dessorreat a partir del temps de retenció, segons equació 8:

$$L = T_H \cdot v_H$$

(Eq) 8

On, L el llarg del canal corresponent a la zona de dessorreat, en m,  $T_H$  el temps de retenció, en s i  $v_H$  la velocitat horitzontal de l'aigua, en m/s. La velocitat de pas serà la mateixa 0,007 m/s perquè no canviem l'amplada del dessorrejador respecte la zona de reixes i com que ens recomanen el doble de llarga que d'amplada seleccionem 50 cm que és un temps de permanència de 68 segons, superior al 60 segons recomanats.

En l'equació 9 es verifica la càrrega superficial:

$$C_s = \frac{Q}{L * W}$$

(Eq) 9

On,  $C_s$  la càrrega superficial, en m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·h, Q el cabal en m<sup>3</sup>/h. L, la longitud del canal, en m. W l'amplada del canal, en m. En aquest cas amb el cabal de 66 m<sup>3</sup>/h i amb una alçada de 10 cm i una amplada de 25 cm obtenim 5,33 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h.

Si la càrrega superficial és menor de 70 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·hora, el dimensionament és correcte, en cas contrari, es recomana augmentar la longitud del canal. Quan l'entrada de sorres és molt elevada, per exemple a causa de la presència de moltes zones no pavimentades, i/o hi ha

abocaments industrials que augmenten la càrrega d'olis i grasses, pot ser convenient utilitzar dessorrejadors airejats de flux helicoïdal (també coneguts com dessorrejadors - desengreixador). En aquests s'introdueix aire per la part inferior del tanc, ocasionant que l'aigua es mogui en espiral i perpendicularment a la direcció del flux principal. D'aquesta manera s'aconsegueix que les sorres més pesades sedimentin i la matèria orgànica més lleugera romangui en la superfície de l'aigua. L'eficiència d'aquest tipus de dessorrejats és major que la dels canals de desbast; no obstant això, no se solen aplicar en petits municipis ja que el seu ús augmenta significativament el nombre d'hores requerides per a l'operació i manteniment de tot el sistema de tractament.

### **C.6.2. Tractament Primari**

Té com objectiu reduir la matèria en suspensió (MES). És un procés clau per a reduir o mitigar el procés de obturació dels sistemes d'aiguamolls. Normalment s'utilitzen fosses sèptiques o tancs Imhoff. En alguns llocs també s'estan utilitzant tècniques més avançades, com els reactors anaeròbics de flux ascendent. També es poden instal·lar llacunes anaeròbiques en el cas que el nucli de població es trobi suficientment lluny del sistema de tractament (dos quilòmetres o més), i depenent dels vents predominants, de manera que es mitigui l'arribada d'olors a la població. Les fosses sèptiques se solen emprar en sistemes de sanejament autònom o en nuclis molt petits (<200 hab-eq). Els tancs Imhoff es recomanen per a nuclis amb 200-500 hab-eq. Per a poblacions majors s'utilitzen tancs Imhoff en paral·lel. També es poden utilitzar fosses en paral·lel. A continuació es descriuen els aspectes tècnics de fosses sèptiques que serà el que utilitzarem.

#### **•La Fossa Sèptica**

Les fosses permeten la sedimentació de la matèria en suspensió i la seva acumulació en el fons en forma de llots que es van descomponent per via anaeròbica. A aquest procés de descomposició se li sol denominar digestió i permet reduir el volum de llots gràcies a la producció de gasos, principalment diòxid de carboni i metà. Les bombolles de gas poden atrapar sòlids fent-los surar i donant lloc amb el temps a una capa d'escuma bastant espessa. La falta d'aquesta capa indica un mal funcionament de la fossa. Encara que hi ha moltes variants, les fosses més habituals solen tenir dues o més cambres amb la finalitat de la laminació dels cabals entrants, de manera que s'eviti la resuspensió dels sòlids sedimentats (Figura 9). La major part dels sòlids sedimenten en la primera cambra i per tant

és on hi ha més llots. En les següents cambres es produeix sedimentació i emmagatzematge dels llots que desborden de la primera cambra. Els gasos produïts en la fossa s'emeten a través de xemeneies. D'aquesta manera s'eviten males olors, que poden ser especialment molestes en el cas de sanejament autònom. Addicionalment, les fosses estan dotades d'obertures que permeten la seva inspecció i buidat.

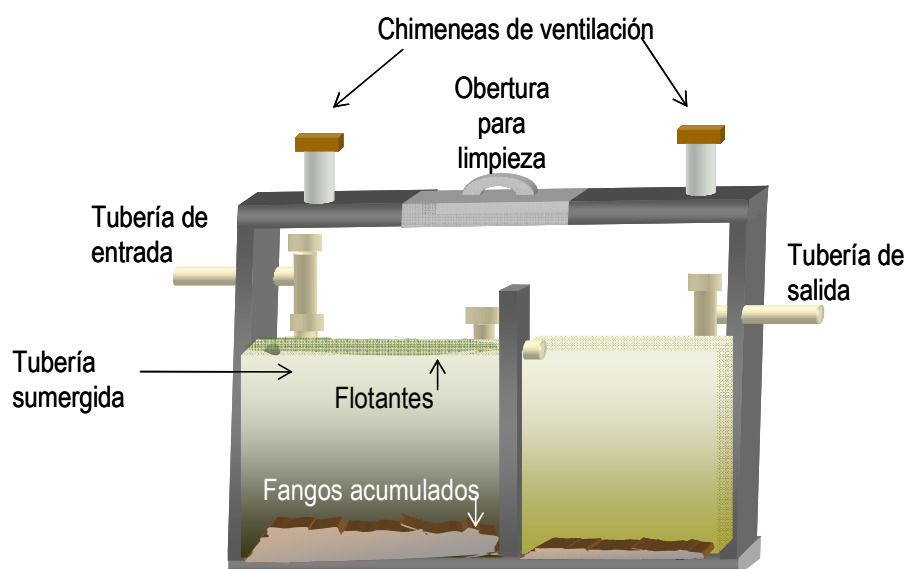


Figura 9. Esquema d'una fossa sèptica amb dues cambres.

Per al correcte funcionament d'una fossa sèptica s'han de tenir en compte els següents condicionaments: un contingut de nitrogen amoniacal menor de 200 mg N/L, de manera que no s'inhibeixi el metabolisme bacterià, un volum d'aigua de dilució superior a 40 L/hab dia, l'ús d'un desengreixador quan la concentració de greixos sigui major a 150 mg/L, evitant que passin als aiguamolls i obturin així el mitjà granular. Ha de tenir un resguard lliure sobre el nivell d'aigua, generalment de 0,3 m. En les fosses enterrades, la capa de terra no ha de ser superior a 0,4 m per permetre un accés fàcil. En la Taula 7 es mostren els valors recomanats dels paràmetres de disseny de fosses sèptiques.

Paràmetre	Valor recomanat
Volum mínim de l'aigua + fangs	$Q_{\text{diari}} < 6 \text{ m}^3/\text{d} \dots\dots\dots V = 1,5 \cdot Q_{\text{diari}}$ $6 < Q_{\text{diari}} < 40 \text{ m}^3/\text{d} \dots\dots\dots V = 4,5 \text{ m}^3 + 0,75 \cdot Q_{\text{diari}}$ $Q_{\text{diari}} > 40 \text{ m}^3/\text{d} \dots\dots\dots \text{Tanc Imhoff}$
Altura útil de l'aigua	Superior a 1 m
Resguard (material flotant)	Superior a 0,25 m
Velocitat de acumulació de fangs	0,5 L/hab·d
Periodicitat de buidat de fangs	2-3 anys
Compartiments	2 (2/3 del volum el primer i 1/3 el segon) o 3 (1/2, 1/4 y 1/4 ó, 1/3, 1/3, 1/3)
Temps de retenció	$< 10 \text{ m}^3 \dots\dots\dots 3 \text{ dies}$ $> 10 \text{ m}^3 \dots\dots\dots 2 \text{ dies}$ Mínim: 1 dia
Dispositiu d'entrada	Tub submergit 0,30 m
Dispositiu de sortida	Tub submergit mínim 0,30 m i/o 40% de l'altura de l'aigua
Dimensions (A= Ample, L=llarg)	$4 \cdot A > L > 2 \cdot A$

Taula 7. Valors recomanats dels paràmetres de disseny de fosses sèptiques.

Pel dimensionament d'una fossa utilitzarem els següents càlculs.

En primer lloc un temps de retenció de l'aigua i, junt amb el cabal diari, es determina el volum per a l'aigua, segons l'equació 10:

$$V_{\text{aigua}} = T_H \cdot Q_{\text{mig},d}$$

(Eq) 10

On,  $V_{\text{aigua}}$  el volum d'aigua, en  $\text{m}^3$ ,  $T_H$  el temps de retenció, en dies i  $Q_{\text{mig},d}$ , el cabal mig diari, en  $\text{m}^3/\text{d}$ . El temps de retenció que utilitzarem serà de 3 dies al ser un volum inferior a  $10 \text{ m}^3$  i amb un cabal mig diari de  $1,6 \text{ m}^3/\text{dia}$  obtenim un volum de  $4,8 \text{ m}^3$  d'aigua.

Obtingut el volum calculat, s'adopta una altura d'aigua i una relació llarg/ample, per calcular les dimensions, segons l'equació 11:



$$V_{aigua} = L \cdot A \cdot h$$

(Eq) 11

On, L el llarg, en m, A l'ample, en m i h l'altura de l'aigua, i tenir en compte que el llarg ha de ser major a 2 vegades l'amplada i menor que 4 vegades l'amplada i s'ha escollit una llargada de 3 m i una amplada de 1,5m. Amb aquestes dades i el volum obtingut anteriorment tenim una altura d'aigua de 1,07m.

Després es calcula el volum ocupat per els fangs en funció de la velocitat d'acumulació i la periodicitat del buidat tal com es mostra en l'equació 12:

$$V_{fangs} = v_{acum} \cdot 365 \cdot P_{buidat} \cdot N$$

(Eq) 12

On,  $V_{fangs}$  el volum ocupat per els fangs, en  $m^3$ ,  $v_{acum}$  la velocitat d'acumulació de fangs, en L/hab-dia,  $P_{buidat}$  la periodicitat del buidat, en anys i N el número de habitants. Segons la taula de recomanacions utilitzarem una velocitat d'acumulació de 0,5 l/hab dia amb una periodicitat de buidat de 2 anys i per la població que tenim entre les dues cases que és de 8 habitants. Segons aquestes dades obtenim un volum de fangs de  $2,92 m^3$  en dos anys.

On l'altura dels fangs l'aconseguim segons l'equació 13:

$$h_{fangs} = \frac{V_{fangs}}{S} = \frac{V_{fangs}}{L \cdot A}$$

(Eq) 13

On,  $h_{fangs}$  l'altura del volum ocupat per els fangs, en m, S la superfície de la fossa, en  $m^2$ . Segons la dimensions utilitzades tenim una superfície de  $4,5 m^2$  i per tant tindrem una altura de fangs de 0,65.

En l'equació 14 es defineix l'altura de resguard, que permet definir el volum corresponent:

$$V_{resguard} = S \cdot h_{resguard}$$

(Eq) 14

On  $V_{\text{resguard}}$  el volum corresponent al resguard, en  $\text{m}^3$ ,  $h_{\text{resguard}}$  la altura del resguard, en m. Es recomana una altura superior a 0,25 m i nosaltres utilitzarem 0,3 m.

S'estableixen el número de compartiments i el volum relatiu. En aquest cas 2 en que el primer farà 2 m de llarg i el segon 1 m.

Finalment el volum de la fossa és:

$$V = V_{\text{agua}} + V_{\text{lodos}} + V_{\text{resguardo}}$$

(Eq) 15

On,  $V$  el volum total de la fossa, en  $\text{m}^3$ , que es la suma dels volums obtinguts anteriorment i que podem considerar de 9,07  $\text{m}^3$ . En la següent figura 10 es mostra un esquema d'una fossa sèptica.

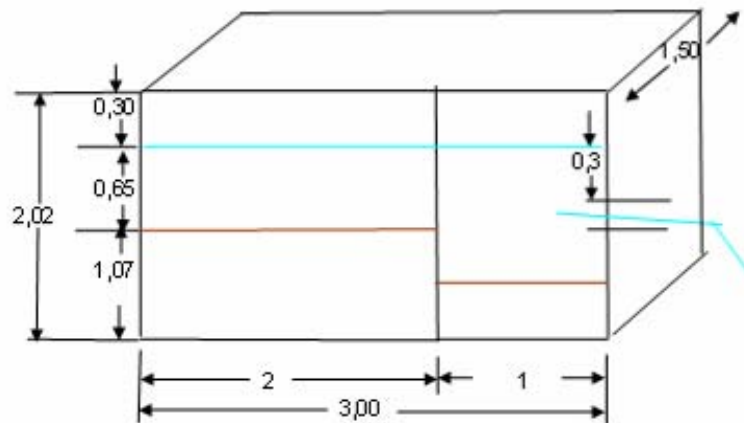


Figura 10. Esquema de les dimensions útils de la fossa sèptica

En l'actualitat trobem al mercat fosses sèptiques prefabricades per tractar les aigües de nuclis de fins a 200 habitants. Aquestes s'elaboren en materials com polièster reforçat, fibra de vidre i formigó armat.

### C.6.3. Aiguamoll subsuperficial

És important tenir en compte que un sistema basat en un únic aiguamoll horitzontal permet eliminar la matèria en suspensió (MES) i la demanda biològica d'oxigen (DBO) de forma

eficaç i per sota del límit permès. En el cas que es desitgi arribar a una reducció de nitrogen significativa és necessari completar el sistema amb més unitats de tractament (per exemple, altres aiguamolls o llacunes). Si es vol assolir que els rendiments d'eliminació de fòsfor i microorganismes indicadors de la contaminació fecal siguin significatius, s'ha de dotar els aiguamolls (siguin horitzontals o verticals) d'unitats de procés addicionals.

### • Dimensionament

El dimensionament d'aiguamolls de flux horitzontal es realitza en dues etapes: en la primera es determina la superfície necessària de tractament (dimensionament biològic) i en la segona s'estableixen les dimensions geomètriques del sistema (dimensionament hidràulic).

#### • Dimensionament biològic

Per a l'obtenció de les equacions de disseny es suposa que els aiguamolls es comporten com reactors de flux ideal en pistó en els quals els contaminants es degraden seguint models cinètics de primer ordre. Per tant, el balanç de massa per a un contaminant és simplement el que es mostra en l'equació 16:

$$\frac{dC}{dt} = -k_v C$$

(Eq) 16

On, C la concentració del contaminant, en mg/L,  $k_v$  la constant de cinètica de primer orde, en dies<sup>-1</sup>. El signe negatiu en la expressió indica que la concentració de contaminant disminueix al llarg del temps.

Si s'integra aquesta equació entre la concentració inicial de contaminant o afluent ( $C_0$  per a  $t=0$ ) i la final o afluent ( $C_1$  per a  $t=t$ , sent aquest últim el temps mig de retenció hidràulic, en dies) s'obté l'equació 17:

$$\frac{C_1}{C_0} = \exp(-k_v t)$$

(Eq) 17

El temps mig de retenció hidràulica es mostra en l'equació 18:

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{\varepsilon \times S \times h}{Q}$$

(Eq) 18

On, V el volum de l'aiguamoll, en m<sup>3</sup>, Q el cabal mig, en m<sup>3</sup>/d, ε la porositat, en tant per u, S la superfície de l'aiguamoll, en m<sup>2</sup> i h la profunditat mitja de l'aiguamoll, en m.

Substituint t en les dues equacions anteriors i definint una nova constant cinètica de primer ordre (k<sub>A</sub>, en m/d) obtenim l'equació 19:

$$k_A = k_V \times \varepsilon \times h$$

(Eq) 19

Aïllem S i n'obtenim la fórmula 20:

$$S = \frac{Q}{k_A} \ln \left[ \frac{C_0}{C_1} \right]$$

(Eq) 20

Aquesta és l'equació de disseny recomanada per dimensionar la superfície d'aiguamolls de flux horitzontal. Els valors de Q i C<sub>0</sub> es determinen a partir dels estudis de caracterització de l'afluent i el de C<sub>1</sub> es defineix a partir dels límits d'abocament o els objectius de qualitat establerts per la normativa ambiental vigent. El valor de k<sub>A</sub> lògicament variarà segons el contaminant. En aquest cas partim d'un cabal inicial de 1,6 m<sup>3</sup>/dia, amb una concentració màxima de 200g DBO/m<sup>3</sup>, però considerarem que en la fossa sèptica, aquest es redueix un mínim d'un 20% i per tant utilitzarem 160g DBO/m<sup>3</sup>. Per a eliminar la DBO és adequat un valor k<sub>A</sub> de 0,08 m/d . A més, si el sistema es dimensiona per a eliminar DBO, ahora també es redueix la matèria en suspensió de forma suficient, ja que aquests sistemes són més eficaços per a eliminar la matèria en suspensió que la DBO. Per tant, la superfície requerida serà de 41,6 m<sup>2</sup> i dimensionarem a l'alça amb un valor de 50 m<sup>2</sup>.

Per altra banda, aquest mateix dimensionament pot permetre reduir el nitrogen en aproximadament un 30-60% si el sistema es dissenya amb una profunditat mitja de la làmina de aigua de 0,3 m.

Per estimar quina concentració de nitrogen total tindrà l'afluent o la superfície de l'aiguamoll per eliminar-lo es poden utilitzar les equacions amb un valor de  $k_A$  de 0,025 m/d. Amb la superfície utilitzada obtindríem una reducció del nitrogen des d'una concentració de  $50\text{g/m}^3$  suposat fins a un valor  $23\text{g/m}^3$ , que suposa una reducció del 54%, aquesta es pot considerar correcte perquè no hi ha requisits mínims de compliment per al nitrogen, simplement ens diu que cal tenir un sistema de tractament adequat.

Els anteriors valors de  $k_A$  són vàlids per a aigües residuals que arriben a l'aiguamoll (després dels tractaments previs) amb càrrega mitja o baixa ( $\text{DBO}_5 < 250 \text{ mg/L}$ ). Per a càrregues més elevades és convenient reduir el valor de  $k_A$  en un 20%.

Una vegada determinada la superfície de tractament es realitza una verificació final consistent a comprovar que la càrrega orgànica superficial sigui menor de  $6 \text{ gDBO/m}^2\text{d}$ . En el cas que el valor obtingut sigui superior a aquest, s'haurà d'incrementar la superfície necessària per a complir aquest criteri.

Una característica notable dels aiguamolls construïts de flux subsuperficial és la seva poca sensibilitat als canvis de temperatura per a eliminar DBO. Nombrosos estudis han demostrat que l'eficiència d'eliminació de la DBO dels aiguamolls no millora a l'estiu ni empitjora a l'hivern de forma significativa.. No obstant això, de forma pràctica, si l'aiguamoll de flux horitzontal es dimensiona per a eliminar nitrogen s'ha de tenir en compte que l'eficiència a l'hivern es pot reduir en un 30% (la temperatura si que afecta a l'eliminació de nitrogen).

En els aiguamolls construïts de flux subsuperficial horitzontal que actuen com tractament secundari la concentració de fons dels contaminants (aquella generada pel propi sistema) es pot considerar menyspreable enfront dels nivells dels contaminants presents en l'aigua afluent. No obstant això, quan l'aiguamoll forma part de tractaments més concrets (per exemple d'una planta de fangs activats o d'un sistema vertical) és convenient tenir en compte la concentració de fons

### •Dimensionament hidràulic

El dimensionament hidràulic serveix per a determinar les dimensions del sistema (amplària i longitud) una vegada coneguda la seva superfície. El dimensionament hidràulic es realitza aplicant la Llei de Darcy, que descriu el règim del flux en un mitjà porós, mitjançant la següent equació:

$$Q = k_s \cdot A_s \cdot s$$

(Eq) 21

On, Q el cabal, en m<sup>3</sup>/d, k<sub>s</sub> la conductivitat hidràulica del medi en una unitat de secció perpendicular a la direcció del flux, en m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·d, A<sub>s</sub> és la secció de l'aiguamoll perpendicular a la direcció del flux, en m<sup>2</sup> i s és el gradient hidràulic o pendent (dh/dL), en m/m.

Com a cabal es recomana escollir màxim diari per a assegurar-se que el sistema absorbirà bé les puntes de cabal. No s'han d'utilitzar cabals puntes horaris ja que originen sistemes excessivament amples i poc llargs.

La conductivitat hidràulica varia en funció de la quantitat i de la grandària dels buits del mitjà granular utilitzat. En la Taula 8 es mostren ordres de magnitud estimats de la conductivitat hidràulica (k<sub>s</sub>) per a alguns materials granulars nets que podrien utilitzar-se com substrat en aquests sistemes. La conductivitat hidràulica amb el pas del temps es va reduint per retenció de sòlids i creixement del biofilm, especialment en la zona d'entrada. És per això que es recomana adoptar un factor de seguretat per a k<sub>s</sub> de 7 com a mínim.

Tipus de substrat	Tamany efectiu D <sub>10</sub> (mm)	Porositat (%)	Conductivitat hidràulica K <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·d)
Sorres	2	28-32	100-1000
Sorres granulades	8	30-35	500-5000
Graves fines	16	35-38	1000-10 000
Graves mitjanes	32	36-40	10 000-50 000

Taula 8. Ordres de magnitud de la conductivitat hidràulica (k<sub>s</sub>) en funció del tipus de material granular utilitzat com a substrat en un aiguamoll construït de flux subsuperficial.

Els valors del pendent (s) que se solen utilitzar varien en el rang de 0,005 a 0,02 m/m. És convenient que el pendent no sigui superior a 0,02 m/m per a evitar que els costos d'excavació siguin elevats. No obstant això, això s'ha d'avaluar en cada projecte en particular, ja que depenent de la longitud del sistema potser un pendent una mica major no augmenta excessivament aquests costos.

Las dimensiones de l'aiguamoll es determinen amb l'equació 22:

$$A_s = \frac{Q_{mig,d}}{k_s \cdot s}$$

(Eq) 22

On,  $Q_{mig,d}$ , el cabal mig diari, en  $m^3/d$ ,  $1,6 m^3$  dia aquest cas, amb un valor de conductivitat hidràulica de  $3000 m^3/m^2$  dia i un coeficient de seguretat de 10 i pendent de 0,005 m/m. Amb aquests valors obtenim un secció vertical de  $1,07 m^2$ .

Calculada l'àrea de la secció transversal, i una vegada fixada la profunditat (h), es determina l'ample de l'aiguamoll amb la fórmula 23:

$$W = \frac{A_s}{h}$$

(Eq) 23

On, W ample, en m i h la profunditat, en m. Amb l'àrea aconseguida anteriorment i una profunditat de làmina d'aigua de 0,3 obtenim una ampla de l'aiguamoll de 3,56 m.

Conegut l'ample i tenint en compte la superfície determinada amb el dimensionament biològic es determina la longitud del sistema segons l'equació 24:

$$L = \frac{S}{W}$$

(Eq) 24

On, L la longitud, en m. Amb la superfície de  $50 m^2$  del dimensionament biològic i l'amplada anterior obtenim una llarga d'aiguamoll de 14,06 m.

Finalment s'ha de verificar que la relació llarg/ample sigui com a mínim 1/1. En cas que no es compleixi aquesta condició, s'ha de dividir la superfície total en diferents cel·les que funcionaran en paral·lel, que si compleixin aquest criteri. En aquest obtenim una relació 14,06/3,56 superior a 1 i per tant correcte.

#### **C.6.4. Selecció de la ubicació:**

Els aiguamolls s'han de situar en zones planes o amb molt poca pendent i que permetin si pot ser la circulació de l'aigua per gravetat en tots els elements de la depuradora. Les planes pròximes als rius encara quan compleixen aquesta condició no són sempre adequades ja que poden necessitar de dics de protecció contra les inundacions.

#### **C.6.5. Configuració:**

Com s'ha indicat anteriorment, una vegada determinades les dimensions del sistema es divideix la superfície en un nombre adequat de cel·les en paral·lel. Encara que les dimensions del sistema no facin que calgui dividir-lo en cel·les, es recomana tenir com a mínim 2 cel·les per a assegurar una millor distribució uniforme de l'aigua residual en tot el jaç, així com per a donar flexibilitat al sistema durant la seva explotació. Aquesta configuració durant operacions de manteniment o reparació d'averies permet que el sistema segueixi operatiu. Només en sistemes molt petits com sanejaments autònoms (on es pot controlar bé la producció d'aigua residual) és admissible construir sistemes amb una única cel·la.

#### **C.6.6. Distribució i recollida**

L'objectiu dels sistemes de distribució i recollida és fonamentalment garantir una bona distribució i recollida de l'aigua, respectivament. Si el cabal no es reparteix equitativament en tot l'ample del sistema es generaran zones mortes, circuits preferents, i el que és més greu, major risc de obturació en la zona on s'aboqui majoritàriament l'aigua.

El cabal d'aigua procedent del tractament previ haurà de dividir-se equitativament en correspondència amb el nombre de cel·les que tingui el sistema. Això es realitza en arquetes en les quals es troben sobreexidors. Aquestes arquetes poden ser construïdes mitjançant elements prefabricats o poden ser armades in situ.



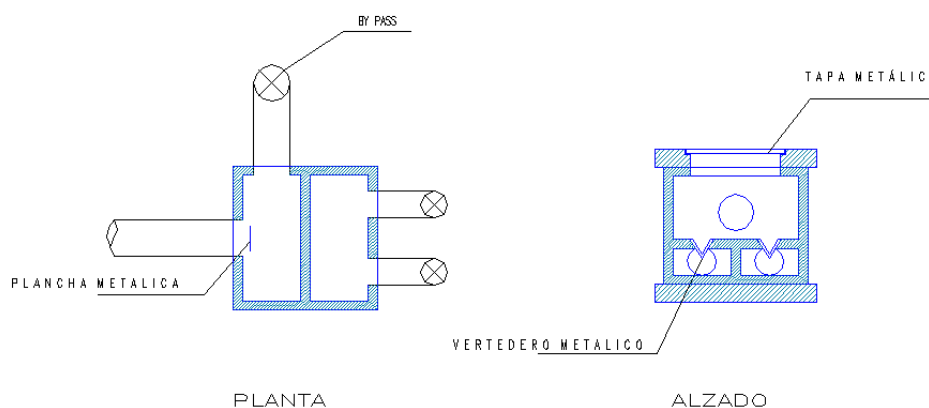


Figura 11. Esquema d'una arqueta de distribució

En la Figura 11 es mostra un esquema d'una arqueta de distribució. Com norma general les arquetes han de ser suficientment grans per a permetre de forma còmoda la seva neteja. La tapa haurà de ser metàl·lica o de polietilè, i perforada per a permetre l'expulsió de gasos i una ràpida inspecció visual, a més ha de ser resistent a l'atac àcid. La tapa ha de suportar com a mínim el pes de dues persones. Les dimensions d'aquesta han de ser com a mínim de 0,7 x 0,7 m.

L'aigua procedent del tub d'entrada es trobarà amb un deflector (dissipador d'energia) que pot consistir en una xapa metàl·lica o una paret de maons col·locada perpendicular al flux i que té com objectiu reduir la velocitat de l'aigua a l'arqueta i evitar circuits preferencials en aquesta. Els abocadors es construiran en forma de xapa metàl·lica mecanitzada o una peça de plàstic resistent a l'atac àcid el que permetrà que estiguin perfectament alineats. Hi haurà tants abocadors com cel·les. La xapa s'instal·larà perfectament recta de manera que s'evitaran reparticions diferencials. El temps de retenció de l'aigua en les arquetes no és un paràmetre clau, però ha de ser el mínim possible (de l'ordre de 15 a 45 s). Les separacions entre les estructures interiors de les arquetes han de ser suficients per a ser accessibles als tubs de succió d'un camió cisterna (com a mínim 0,2 m).

Els tubs que condueixen l'aigua des de les arquetes fins a les cel·les han de tenir a la sortida de l'arqueta una vàlvula per tancar les conduccions durant operacions de manteniment. Quan es tanquen aquestes vàlvules l'aigua circula per un pas alternatiu (by-pass), sense passar pels aiguamolls.

Les canonades d'un sistema d'aiguamolls lògicament han de tenir un diàmetre que permeti transportar el cabal necessari en cada cas. Com norma general les canonades han de funcionar com a màxim amb una altura de làmina d'aigua igual a un 70-75% del diàmetre de la canonada, per a intentar assolir que el flux sigui en làmina lliure. Els diàmetres utilitzats per tant varien en funció del cabal, sent recomanable que la velocitat de circulació no sigui molt menor de 1 m/s. Encara que depèn de la grandària de cada instal·lació, en general s'intentarà utilitzar diàmetres de com a mínim 100 mm (per a evitar obstruccions). Només en instal·lacions molt petites (sanejament autònom) és aconsellable usar diàmetres menors.

A continuació dels abocadors, l'aigua arriba a cadascuna de les cel·les que està constituït el sistema d'aiguamolls a través del que es coneix com zona d'entrada. Després de circular per l'aiguamoll, l'aigua s'evacua pel que es denomina zona de sortida. En la Figura 12 es mostra un esquema de les zones d'entrada i sortida. La zona d'entrada està constituïda per dos elements: un sistema d'abocament i una franja de material granular de gran grandària (>100 mm de diàmetre) situada ja pròpiament dintre de la cel·la. Aquests elements tenen com objectiu que l'aigua es reparteixi uniformement en la capçalera de cada cel·la.

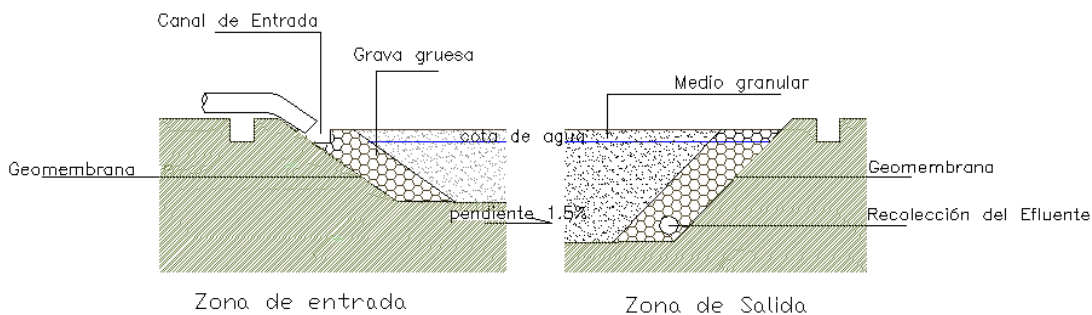


Figura 12. Zona d'entrada i sortida en un aiguamoll de flux subsuperficial horitzontal.

En sistemes petits amb una amplària menor de 20 m una bona solució és dividir el cabal en una arqueta i abocar l'aigua mitjançant canonades directament sobre la cel·la. Els punts d'abocament han d'estar separats entre si un màxim de 3 m.

La franja de material granular de gran grandària (composta de roques de més de 100 mm de diàmetre) de la zona d'entrada està anivellada amb la resta del medi granular i es caracteritza per tenir una elevada conductivitat hidràulica. Aquesta franja ha de construir-se

al llarg dels primers 2 m de l'aiguamoll i no es planta; de fet ha de mantenir-se lliure de vegetació per a evitar possibles obturacions.

La zona de sortida està constituïda també per dos elements: un sistema de recollida i una franja de material granular de gran grandària situada en el tram final de la cel·la. Aquesta franja té les mateixes característiques que la franja que hi ha en la zona d'entrada. El sistema de recollida consta d'una canonada de drenatge i una arqueta de sortida.

La canonada de drenatge està perforada per a permetre el pas de l'aigua però no de l'àrid de gran grandària. Existeixen canonades de drenatge en el mercat amb ranures totals (en tot el seu perímetre, 360°), parcials (en un arc de 220°) o miniranurades (ranures en un arc de 108°). També es pot obtenir una canonada de drenatge trepant una canonada convencional (forats per exemple de 5 mm). En qualsevol cas la canonada de drenatge es col·loca sobre el fons de la cel·la i es connecta a un tub que travessa el talús fins a arribar a una arqueta on la conducció acaba en forma de "L" invertida; l'altura a la qual es col·loqui l'extrem superior d'aquesta conducció permet controlar el nivell d'aigua dintre de la cel·la (Figura 13).

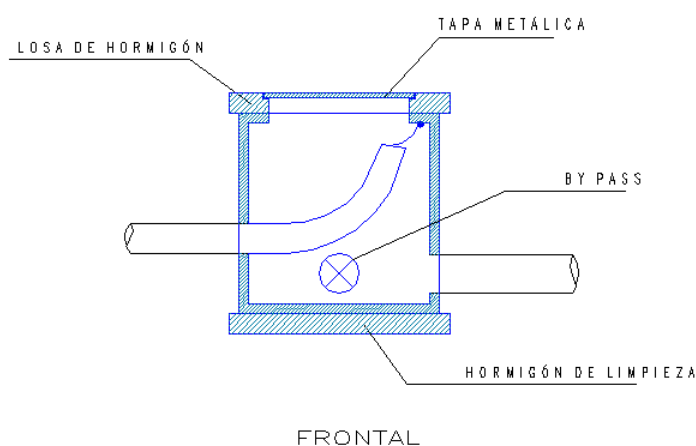


Figura 13. Arqueta de sortida de l'aiguamoll de flux subsuperficial horitzontal.

L'arqueta de sortida ha de construir-se amb unes dimensions que permetin una fàcil neteja. El final de la conducció de drenatge consisteix normalment en tubs flexibles l'altura dels quals es pot regular per mitjà de cadenes o fils que van agafats a la paret de l'arqueta. Alternativament pot ser un tub rígid conformat per anells que es poden enroscar i descargolar segons el nivell d'aigua desitjat. Notis que aquesta conducció ha de permetre el buidat total de la cel·la si en algun moment és necessari. A més aquesta conducció ha de

ser de bona qualitat o per contra en poc temps acaba trencant-se en la zona corba de la "L" invertida. Normalment els passos alternatius (by-pass) del sistema van a parar a l'arqueta de sortida, i d'aquí al medi receptor.

#### •Medi Granular

El medi granular pròpiament de l'aiguamoll està delimitat per les zones d'entrada i sortida. Aquest ha d'estar net (exempt de fins) ser homogeni, dur, durable i capaç de mantenir la seva forma a llarg termini. A més, ha de permetre un bon desenvolupament de les plantes i del biofilm. Els materials granítics amb diàmetres mitjos al voltant de 5-6 mm ofereixen molt bons resultats. En els sistemes horitzontals, clàssicament el medi granular s'ha projectat amb un espessor de 0,6 m, de manera que si l'aigua queda 5 cm per sota del nivell del mitjà, resulta que la profunditat de l'aigua és de 0,55 m. No obstant això, investigacions recents indiquen que aiguamolls amb profunditats mitges d'aigua de 0,3 m i espessors de mitjà granular de 0,35 m ofereixen molt bons resultats. A més en aquest cas es poden arribar a reduccions del 60% de nitrogen.

#### C.6.7.Impermeabilització

La impermeabilització de la cel·la té com objectiu assegurar la contenció de les aigües al interior de les cel·les evitant així infiltracions que puguin contaminar les aigües subterrànies. La impermeabilització es realitza en els talussos de la zona d'entrada, de sortida, dels laterals i del fons de la cel·la.

Depenent de les condicions locals pot ser suficient una adequada compactació del terreny. En altres casos serà necessari realitzar aportacions d'argila o utilitzar geomembranes. Encara que és menys habitual també es poden usar capes de bentonita, asfalt o tractaments químics que evitin infiltracions al terreny però que, al seu torn, no produeixin efectes negatius en cap element dels aiguamolls.

Les capes d'argila es disposen de manera que s'arribi a una permeabilitat inferior a  $10^{-6}$  cm/s. En la majoria de sistemes d'aiguamolls s'han instal·lat làmines sintètiques de cautxú EPDM (etilè propilè diè monòmer), de PVC o de polietilè d'alta densitat. En el mercat es poden trobar làmines amb espessors que solen oscil·lar entre 1 mm i 2 mm. L'experiència indica que la utilització d'espessors propers a 1 mm, donen bons resultats. El mètode més utilitzat

per a ancorar les geomembranes es basa a utilitzar una rasa perifèrica, que consisteix en una excavació a un metre de la cresta del talús, amb unes dimensions mínimes de 0,3 x 0,3 m en la qual es fixa la làmina mitjançant el farciment de la pròpia rasa.

Depenent de les característiques del terreny i del tipus de geomembrana pot ser necessari protegir-la exteriorment amb un geotèxtil. També pot ser necessari protegir-la interiorment amb altre geotèxtil si el material granular és de més de 5 mm de diàmetre i té arestes (es parla de tipus sandwich en aquest cas a de tenir geotèxtil intern i extern). Els requeriments de geotèxtils i de les seves característiques han de ser determinats a partir dels estudis geotècnics i per a això és recomanable consultar amb una empresa especialista en geomembranas.

#### •Plantació

En general s'obtenen bons resultats amb plantacions monoespecífiques de canyís (*Phragmites australis*), boga o balca (*Typha angustifolia*) o joncs (*Scirpus lacustris*). No és necessari utilitzar espècies diferents en una mateixa instal·lació ja que l'eficiència del sistema no es veu molt afectada.

En Europa la planta més utilitzada és el Canyís, amb densitats de plantació de 3 exemplars per metre quadrat. La plantació pot realitzar-se de plantes que han estat prèviament conreades en viver o bé de rizomes que s'obtenen d'altres sistemes d'aiguamolls construïts o d'aiguamolls naturals (en aquests dos últims casos serà necessari disposar dels permisos adequats). És molt comú quan es planteja un projecte d'aiguamolls que els promotors mostrin una certa desconfiança sobre l'èxit del creixement dels vegetals plantats. No obstant això, aquestes plantes si tenen aigua, llum i nutrients creixen molt ràpid i donen molt bons resultats. Cal vigilar la llum ja que solen ser plantes que necessiten un bon grau de insolació. Salinitats extremes (molt superiors a les quals es troben normalment en les aigües residuals urbanes) també poden afectar al seu creixement, encara que en general són bastant tolerants a la salinitat.



**EPS**

Escola Politècnica  
Superior

## **Projecte/Treball Fi de Carrera**

**Estudi:** Enginyeria Industrial. Pla 1994

**Títol:** Projecte d'instal·lacions sostenibles d'una masia rural aïllada

**Document:** ANNEX D PLA D'OBRA

**Alumne:** Antoni Casanovas Iborra

**Director/Tutor:** Josep Maria Corretger

**Departament:** Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

**Àrea:** MMT

**Convocatòria** (mes/any): Setembre 2008



<b>D.1. TEMPS DE CONSTRUCCIÓ DE CADA INSTAL·LACIÓ .....</b>	<b>2</b>
D.1.1. INSTAL·LACIÓ DE LA BOMBA GEOTÈRMICA DE PRODUCCIÓ D'ACS I CALEFACCIÓ .....	2
D.1.2. INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA .....	2
D.1.3. INSTAL·LACIÓ DE NETEJA D'AIGÜES RESIDUALS AMB AIGUAMOLLS ARTIFICIALS .....	2
D.1.4. TEMPS D'EXECUCIÓ DEL CONJUNT DE PROJECTES.....	2
<b>D.2. DIAGRAMES DE GANTT .....</b>	<b>3</b>
D.2.1. DIAGRAMA DE GANTT DE LA INSTAL·LACIÓ DE LA BOMBA GEOTÈRMICA DE PRODUCCIÓ D'ACS I CALEFACCIÓ.....	3
D.2.2. DIAGRAMA DE GANTT DE LA INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA .....	3
D.2.3. DIAGRAMA DE GANTT DE LA INSTAL·LACIÓ D'AIGUAMOLLS ARTIFICIALS .....	4



## **D.1. Temps de construcció de cada instal·lació**

### **D.1.1.Instal·lació de la bomba geotèrmica de producció d'ACS i calefacció**

S'inclou des de la perforació dels pous per els bescanviadors geotèrmics, la col·locació del terra radiant i el muntatge i posta apunt del sistema de calefacció geotèrmica.

Durada total de 19 dies.

### **D.1.2.Instal·lació solar fotovoltaica**

Es procedeix a la col·locació de la instal·lació solar fotovoltaica des de la creació de les rases fins a la connexió a la xarxa.

Durada total de 37 dies.

### **D.1.3.Instal·lació de neteja d'aigües residuals amb aiguamolls artificials**

S'inclou des de la creació de les rases dels tubs de sortida del clavegueram de la casa, fins el muntatge de les diferents parts del sistema, fins a la posta apunt amb la regulació del nivell de l'aigua.

Durada total de la instal·lació dels aiguamolls artificials és de 38 dies.

### **D.1.4.Temps d'execució del conjunt de projectes**

La durada total de l'obra i del seu posterior condicionament és de 38 dies, si els tres projectes s'inicien simultàniament. Cal tenir en compte que hi ha tasques d'execució simultània, així com també, que si hi ha algun endarreriment o imprevist, totes les etapes se'n veuran afectades.

**D.2. Diagrames de Gantt**

**D.2.1. Diagrama de Gantt de la instal·lació de la bomba geotèrmica de producció d'ACS i calefacció**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
<b>Instal·lació geotèrmica</b>																																										
Perforacions																																										
Col·locació de tubs bescanviadors																																										
Muntatge tubs terra radiant i tubs																																										
Formigonat terra radiant																																										
Muntatge bomba geotèrmica																																										
Connexionat elèctric																																										
Posta apunt																																										

**D.2.2. Diagrama de Gantt de la instal·lació solar fotovoltaica**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
<b>Instal·lació solar fotovoltaica</b>																																										
Rases i anivellació																																										
Col·locació de tubs de cablejat																																										
Formigonat del motlle de formigó																																										
Col·locació cablejat																																										
Repòs del formigó																																										
Muntatge del seguidor																																										
Connexionat a xarxa																																										

**D.2.3. Diagrama de Gantt de la instal·lació d'aiguamolls artificials**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
<b>Instal·lació aiguamolls artificials</b>																																										
Rases i anivellació	█	█	█	█																																						
Encofrat zona de reixes				█	█																																					
Formigonat zona de reixes								█																																		
Encofrat fossa sèptica				█	█																																					
Formigonat zona sèptica								█																																		
Encofrat arquetes d'entrada i sortida				█	█																																					
Formigonat arquetes								█																																		
Repòs zona formigonat								█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█							
Posta geomembrana i capa impermeabilitzant								█	█	█	█																															
Posta de les tuberies de connexió										█	█																															
Col·locació de graves												█																														
Inundació de prova zona aiguamoll												█	█	█	█																											
Plantació de plantes																																										
Desencofrat de les diferents parts																																				█						
Col·locació de reixes																																										
Posada en funcionament																																										



**EPS**

Escola Politècnica  
Superior

## **Projecte/Treball Fi de Carrera**

**Estudi:** Enginyeria Industrial. Pla 1994

**Títol:** Projecte d'instal·lacions sostenibles d'una masia rural aïllada

**Document:** ANNEX E CATÀLEGS I TAULES

**Alumne:** Antoni Casanovas Iborra

**Director/Tutor:** Josep Maria Corretger

**Departament:** Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

**Àrea:** MMT

**Convocatòria** (mes/any): Setembre 2008



<b>E.1. CATÀLEGS.....</b>	<b>2</b>
E.1.1. CATÀLEGS CALEFACCIÓ GEOTÈRMICA .....	2
E.1.2. CATÀLEGS INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA .....	29
<b>E.2. TAULES DE DADES.....</b>	<b>46</b>
E.2.1. TAULES DE VALORS PER AL CàLCUL DEL SISTEMA GEOTÈRMIC DE CALEFACCIÓ SEGONS EL CATÀLEG D'UPONOR .....	46
E.2.2. DADES CLIMATOLÒGIQUES MUNICIPI DE PERAFITA.....	52
E.2.3. TARIFES DE L'ENERGIA .....	55

## E.1. Catàlegs

### E.1.1. Catàlegs calefacció geotèrmica

- Catàleg components terra radiant Uponor

Sistema de Climatización Invisible Uponor



**Componentes**  
**Tuberías Uponor**

Fabricadas en polietileno reticulado por el método Engel (exclusivo de Uponor) con barrera antidifusión de oxígeno. Dicha barrera evita el aporte continuo de oxígeno al caudal de agua lo cual originaría la oxidación continuada de las partes metálicas de la instalación, su deterioro, y la deposición de barro y óxidos en puntos localizados.

El exclusivo método de fabricación de las tuberías Uponor proporciona un material altamente resistente pero con gran flexibilidad para un fácil montaje.

Las tuberías de Uponor están fabricadas según UNE 53.381 EX y cuentan con dicha barrera antidifusión de oxígeno según UNE-EN 1264-4.

La tubería Uponor Oval Plus es impermeable a la difusión de oxígeno, protegiendo la instalación.



Sistema de Climatización Invisible **Uponor**



## Componentes Uponor Panel Portatubos

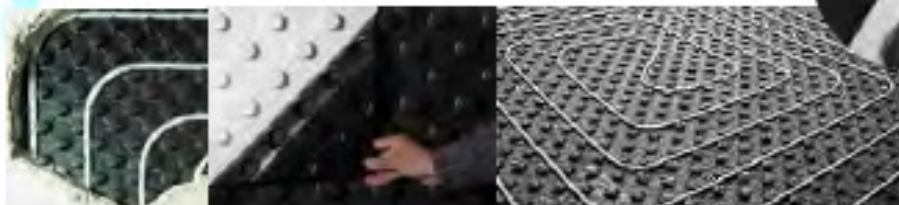
Este elemento es un panel aislante que realiza la sujeción de tubería emisora. Al mismo tiempo que mantiene fija la tubería, evita pérdidas térmicas hacia el forjado inferior. Cuenta con un aislamiento base de Poliestireno expandido de 30 kg/m<sup>3</sup> de densidad y una lámina plástica de recubrimiento que dota al conjunto de una alta resistencia.

Sus dimensiones son 1,45 x 0,84 m, y posibilita distancias entre tubos en múltiplos de 5 cm.

Existen dos versiones dependiendo del espesor: aislamiento de 11mm y de 33mm.

La lámina plástica superior cuenta con un moldeado con engarces para fijar el tubo firmemente. Por otra parte, gracias a la gran resistencia que presenta el panel, el tubo se inserta presionándolo fácilmente con el pie. Los paneles se unen entre sí mediante el solape de los bordes de los mismos, machihembrando los taponos con el pie. De esta manera se consigue una superficie con total cohesión y altamente resistente en toda la extensión del local a climatizar.

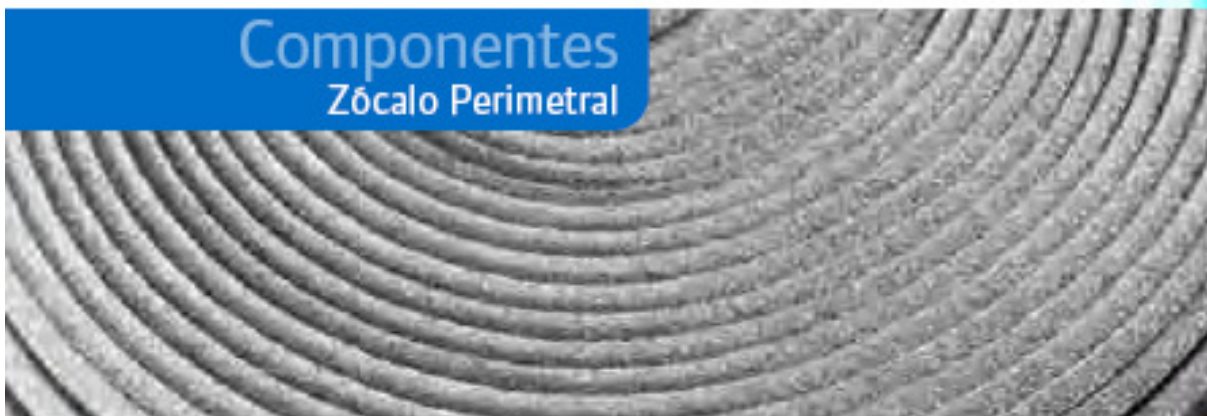
El panel portatubos se compone de dos elementos, una lámina de plástico superior y una plancha de aislamiento de 11 ó 33mm. de espesor.





Sistema de Climatizaci3n Invisible Uponor

## Componentes Z3calo Perimetral



Banda de espuma de polietileno que se coloca en la base de todos los tabiques y elementos verticales de las zonas climatizadas. Absorbe las dilataciones del mortero de cemento, permite que las mismas se produzcan

libremente, con independencia de paredes y suelo (gracias tambi3n, a una faldilla pl3stica lateral) al mismo tiempo que minimiza las p3rdidas caloríficas laterales.

Z3calo perimetral, de espuma de polietileno, absorbe las dilataciones del mortero de cemento.

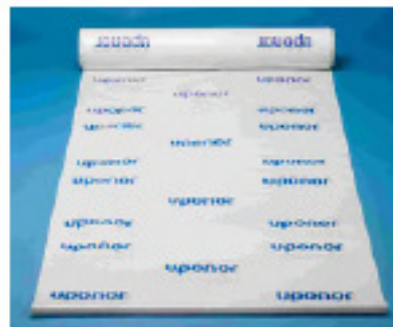


Sistema de Climatización Invisible Uponor



Lámina continua de polietileno. Se coloca sobre el suelo base del área a climatizar. Es una barrera que evita el ascenso de humedades por capilaridad hacia la capa emisora de suelo radiante. Es indispensable su colocación si no hay cámara de aire debajo del forjado.

Bajo el panel portatubos, el film de polietileno evita las humedades por capilaridad.



Sistema de Climatització Invisible Uponor

## Componentes

### Aditivo para mortero y curvatubo



#### Aditivo para mortero

Aditivo superfluidificante a añadir al agua de amasado del mortero de cemento. Evita la aparición de bolsas y cámaras de aire en la capa de recubrimiento de mortero de cemento y asegura el estrecho contacto entre tubería y mortero, imprescindible para posibilitar la correcta transmisión de calor.

#### Dosificación del aditivo:

- 0,3 Kg de aditivo
- 50 Kg de cemento
- 220 Kg de arena

#### Curvatubo

Pieza plástica que mantiene y facilita el curvado de las tuberías en su acceso y conexión al colector.

Si necesario incorporar aditivo al agua de amasado del mortero para asegurar la transmisión de calor al suelo.



Sistema de Climatización Invisible **Uponor**



## Componentes Colectores

### Kit Colector – 2 Salidas

Fabricado en plástico especial, evita problemas de deterioros tan frecuentes en otro tipo de colectores. Al ser modular, permite un fácil montaje a mano, y la posibilidad de conectar el número de salidas necesario en cada caso. Se compone de 2 llaves de paso en ida y retorno, 2 termómetros, 2 purgadores automáticos, llaves de llenado y vaciado, 2 módulos básicos, 2 tapones y soportes. Existen con y sin caudalímetros.

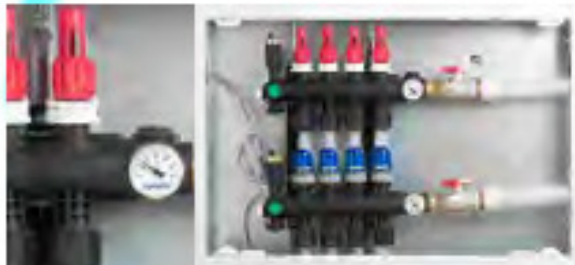
### Conjunto Básico - 1 Salida

Fabricado en plástico especial, compuesto por un módulo de ida, y otro de retorno, listos para conectar al kit colector. Igualmente, existe la opción con y sin caudalímetros.

### Adaptador Tradicional

Adaptador para conectar tuberías a los colectores. Existe la posibilidad de utilizar adaptadores con salida Quick & Easy.

El colector es plástico de polifenileno. Es modular de fácil montaje y se adapta al número de salidas necesarias.



Sistema de Climatización Invisible Uponor



## Componentes Regulador de la temperatura ambiente interior

### Cabezal Electrotérmico Para Kit Colector

Válvula de regulación del sistema termostático, que actúa sobre el retorno de cada circuito, controlando el caudal de recirculación en función de la señal de un termostato ambiente.

Es compatible con cualquiera de los sistemas de regulación Uponor. Funciona a 24V.

El cabezal electrotérmico abre y cierra los circuitos de manera independiente según requerimiento del termostato.



Sistema de Climatització Invisible Uponor



## Componentes

### Regulación de la temperatura ambiente de la vivienda

#### Uponor Radio Control System

Sistema de Regulación que permite independizar zonas de la vivienda que requieren diferentes temperaturas.

Está compuesto por:

- Unidad Base
- Display de Control
- Termostato
- Antena externa
- Cables y accesorios

El Radio Control System dirige la actuación de los cabezales electrónicos para obtener la temperatura adecuada en cada estancia.



Sistema de Climatización Invisible Uponor



### Unidad Base

- Recibe y transforma las señales de radio de los termostatos
- Cuenta con una alta resistencia frente a interferencias
- Reversible Calor/Frío
- Control Electrónico
- Hasta 14 actuadores 24 V.
- Recepción de 12 termostatos
- Fácil montaje y conexionado
- Protección contra cortocircuitos

### Display de Usuario

- Diseño moderno y atractivo
- Menú estructurado de fácil manejo
- Niveles de acceso (Básico / Avanzado / Instalador)
- 5 programas de temperatura
- Identificación de cada habitación
- Puede controlar hasta tres Unidades Base (42 actuadores)
- Gestión de alarmas

La unidad base recibe la señal radio del termostato y la transforma en señal eléctrica accionando el cabezal electrotermico. El display permite programar el sistema según las preferencias del usuario.



Sistema de Climatitzaci3n Invisible Uponor

## Componentes Regulaci3n Radio Control System

### Termostato

- Est3tica moderna y atractiva
- Sencillo de usar
- Con display de temperatura
- Rango desde 5° hasta 35°
- Sensible al calor por radiaci3n
- Para uso especial en la frecuencia 868 MHz
- Indicaci3n estado de las baterias
- Pilas normales (4 a3os de uso)
- Dise3o moderno
- Dos colores

### Accesorios

- Antena
- Accesorios de fijaci3n para termostatos
- Repetidor de se3al: Para casos especiales
- Kit de cables
- Baterias

El termostato lee la temperatura de la ambiente y envia esta informaci3n a la unidad base via radio.



La antena identifica la se3al de emisi3n de informaci3n del termostato.





Sistema de Climatització Invisible Uponor

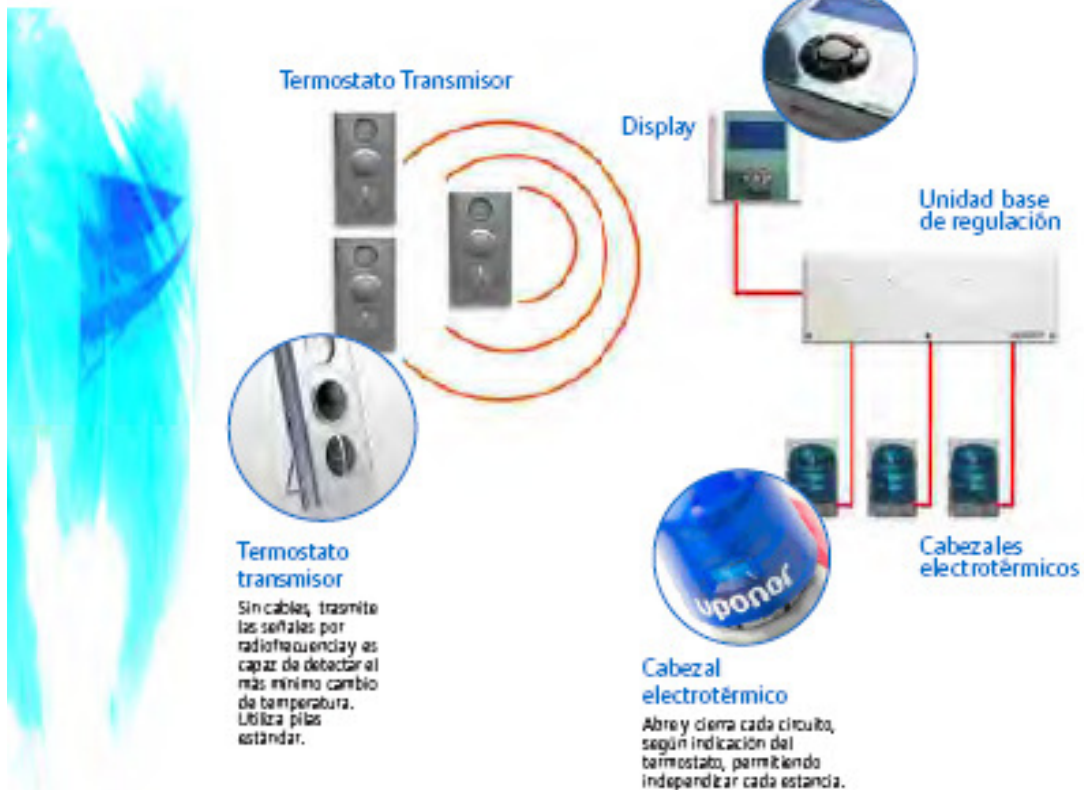
## Componentes

### Esquema de funcionamiento de la Regulación Radio Control System

Hasta 12 Termostatos.  
Controla hasta 14 actuadores.

#### Display

El panel de control recibe información, activándose una alarma si algo falla en el sistema. Aunque es fácil de usar, la configuración no puede ser manipulada por niños ni por personas no autorizadas.



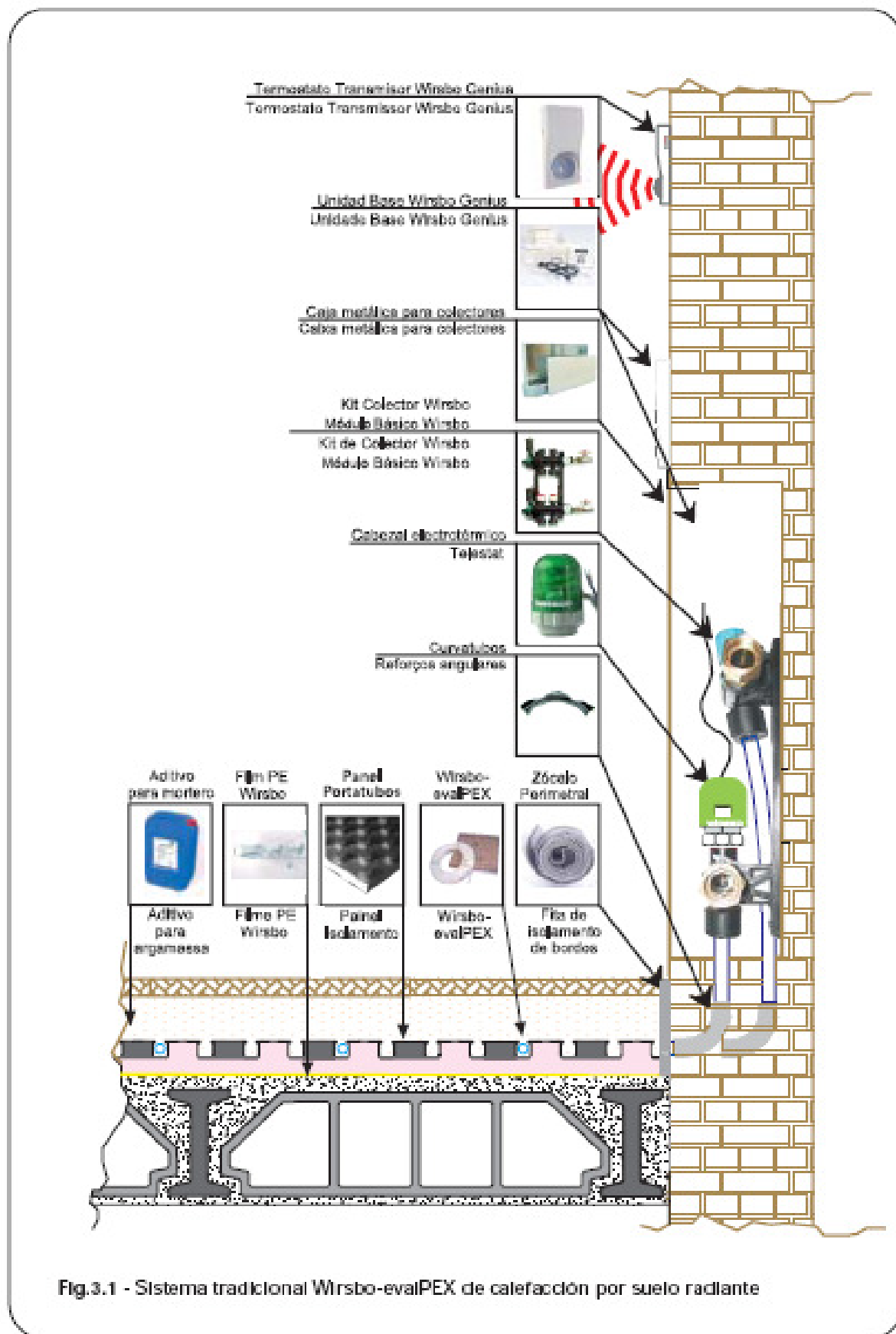


Fig.3.1 - Sistema tradicional Wirsbo-evalPEX de calefacci3n por suelo radiante

**8.1. Cálculo de las cargas térmicas de los locales**

El conocimiento de las cargas térmicas de cada uno de los locales a calefactar es un paso previo para el dimensionamiento de la instalación. Los procesos de cálculo siguen lo especificado en la NBE-CT-79

La carga térmica de un local indica las pérdidas energéticas (expresadas en W) que deben ser compensadas por el sistema de calefacción para lograr las condiciones interiores de confort deseadas.

La expresión de cálculo de la carga térmica de un local sigue la siguiente expresión:

$$Q = Q_t + Q_v + Q_i$$

- Q = Carga térmica de calefacción [W]
- Q<sub>t</sub> = Carga térmica de transmisión de calor [W]
- Q<sub>v</sub> = Carga térmica de ventilación [W]
- Q<sub>i</sub> = Ganancia interna de calor [W]

**Carga térmica de transmisión de calor**

Expresa el concepto de pérdidas de calor a través de los cerramientos del local debido a la desigualdad térmica entre el interior y el exterior.

$$Q_t = Q_{to} \cdot (1 + Z_s + Z_o)$$

- Q<sub>to</sub> = Pérdidas por transmisión sin suplementos [W]
- Z<sub>s</sub> = Suplemento por interrupción de servicio [%]
- Z<sub>o</sub> = Suplemento por orientación [%]

-Pérdidas por transmisión sin suplementos

Q<sub>to</sub> depende de las temperaturas interior y exterior, de la conductividad térmica de los cerramientos del local y de la magnitud de las superficies de transmisión de calor según la expresión:

$$Q_{to} = \Sigma [K \cdot A \cdot (T_i - T_e)]$$

- K = Coeficiente de transmisión térmica del cerramiento [W/m<sup>2</sup>C]
- A = Superficie de transmisión de calor del cerramiento [m<sup>2</sup>]
- T<sub>i</sub> = Temperatura interior de diseño del local [°C] (Ver Anexos)
- T<sub>e</sub> = Temperatura de cálculo exterior [°C] (Ver Anexos)

**Carga térmica de transmisión de calor**

La ventilación es la renovación del aire interior del local con objeto de mantener unas condiciones sanitarias adecuadas dentro del local. Puede ser espontánea (infiltraciones a través de rendijas de puertas y ventanas) o forzada. La carga térmica de ventilación es, pues, la pérdida energética derivada de acondicionar térmicamente el aire entrante de acuerdo a la temperatura interior de diseño del local.

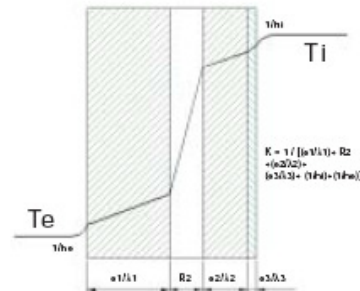
$$Q_v = n \cdot V_a \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_i - T_e) \cdot 1,163 [W]$$

- n = n° de renovaciones de aire por hora [h<sup>-1</sup>] (Ver Anexos)
- V<sub>a</sub> = Volumen del local [m<sup>3</sup>]
- ρ · C<sub>p</sub> = 0,299 Kcal/ m<sup>3</sup>C (Densidad x Calor específico a presión constante del aire; es una constante).

En el caso de cerramientos compuestos de varias capas con materiales diferentes, el coeficiente de transmisión térmica del cerramiento se calcula como sigue:

$$K = 1 / [\Sigma(e/\lambda) + (1/h_i) + (1/h_e)]$$

- e = Espesor de la capa [m]
- λ = Conductividad térmica del material de la capa [W/m<sup>2</sup>C] (Ver Anexos)
- h<sub>i</sub> = Coeficiente superficial de transmisión de calor interior [W/m<sup>2</sup>C] (Ver Anexos)
- h<sub>e</sub> = Coeficiente superficial de transmisión de calor exterior [W/m<sup>2</sup>C] (Ver Anexos)



-Suplemento por interrupción de servicio

Tiene en consideración el incremento extra de aporte energético a un local para conseguir las condiciones de confort de diseño tras una interrupción del servicio de calefacción.

Su magnitud Z<sub>s</sub> depende de la clase de servicio (horas al día de interrupción del servicio de calefacción). Ver Anexos.

-Suplemento por orientación

Tiene en consideración el incremento extra de aporte energético a un local debido a la orientación de sus paredes exteriores. Ver Anexos.

T<sub>i</sub> = Temperatura interior de diseño del local [°C] (Ver Anexos)

T<sub>e</sub> = Temperatura de cálculo exterior [°C] (Ver Anexos)

**Ganancia interna de calor**

Los locales a calefactar suelen contar con ganancias internas gratuitas de calor. Será un sumando negativo debido su carácter de ganancia energética. Han de incluirse cualesquiera aportaciones de una magnitud representativa para el cálculo de la carga térmica del local. Ver Anexos. La ganancia calorífica derivada de la radiación solar incidente no se considera pues este factor será inexistente en la consideración de las condiciones exteriores para cálculo en calefacción.

Cálculo de coeficientes de transmisión de calor de acuerdo a la expresión:

$$K = 1 / [\Sigma(e/\lambda) + (1/h_i) + (1/h_e)]$$

(1/h<sub>i</sub>)+(1/h<sub>e</sub>) obtiene el valor 0,17 m<sup>2</sup>C/W que corresponde a la resistencia térmica superficial de un cerramiento vertical o con pendiente sobre la horizontal > 60° - Transmisión horizontal. Ver Anexos.

(1/h<sub>i</sub>) obtiene el valor 0,17 m<sup>2</sup>C/W que corresponde a la resistencia térmica superficial de un cerramiento horizontal - Transmisión descendente. Ver Anexos.

(1/h<sub>i</sub>)+(1/h<sub>e</sub>) obtiene el valor 0,18 m<sup>2</sup>C/W que corresponde a la resistencia térmica superficial de un cerramiento horizontal o con pendiente sobre la horizontal < 60° de separación con otro local - Transmisión ascendente . Ver Anexos.

### 8.3. Diseño de circuitos

Se recomienda que cada local (dormitorio, cocina, etc.) sea calefactado por circuitos independientes. De este modo se posibilita la regulación de temperaturas de cada estancia de forma independiente.

Previo al diseño de circuitos han de medirse las áreas que van a calefactar cada uno de los circuitos. Posteriormente debe medirse la distancia existente entre el área a calefactar y el colector. El cálculo de la longitud L de cada circuito se determina:

$$L = A/e + 2 \cdot l$$

A - Área a calefactar cubierta por el circuito [m<sup>2</sup>]

e - Distancia entre tubos [m]

l - Distancia entre el colector y el área a calefactar [m]

Por ejemplo, a un circuito que calefacte un área de 10 m<sup>2</sup>, con una distancia entre tubos c/c 20 cm (0,2 m) y distancia hasta el colector 6 m, le corresponderá una longitud teórica de: L = (10/0,2) + (2x6) = 62 m.

La selección del tipo de tubería UPONOR wirsbo-evalPEX se realiza teniendo en cuenta que las pérdidas de carga y caudal total no determine la necesidad de bombas demasiado potentes. Es usual en suelos radiantes para vivienda utilizar UPONOR wirsbo-evalPEX 16x1,8.

La longitud máxima de los circuitos emisores viene determinada por:

- La longitud máxima de los rollos de UPONOR wirsbo-evalPEX.
- La potencia de la bomba de la instalación (punto de funcionamiento de la instalación por debajo de alguna de las curvas características de la bomba).

- Circuitos de longitud muy reducida que puedan dificultar el equilibrado hidráulico de la instalación si en la misma están presentes circuitos de longitudes elevadas.

La distancia entre tubos ha de ser la misma en todos los circuitos de la instalación. Se recomienda una distancia entre tubos c/c 20 cm. Este valor será distinto si el panel aislante escogido sólo permite otras distancias entre tubos (por ejemplo c/c 16 cm).

**8.4. Cálculo de la temperatura media superficial del pavimento**

La temperatura media superficial del pavimento ( $T_{ms}$ ) es función únicamente de la demanda térmica, que a efectos de simplificación de cálculos y en lo que sigue consideraremos igual a la carga térmica del local ( $Q$ ) y de la temperatura interior de diseño del local ( $T_i$ ) (Ver Anexos). Se calcula de acuerdo a la expresión:

$$Q[W/m^2] = \alpha \cdot (T_{ms} - T_i)$$

$\alpha$  = Coeficiente de transmisión de calor del suelo [ $W/m^2 \cdot C$ ] (en el rango de temperaturas que nos

movemos su valor varía entre 10 y 12  $W/m^2 \cdot C$ . Tiene dos componentes: coeficiente de transmisión por radiación y coeficiente de transmisión por convección).

Es conveniente, por motivos de confort del usuario de la instalación, que la temperatura media superficial del pavimento no supere los 30°C.

El siguiente gráfico muestra las temperaturas máximas superficiales del pavimento ( $T_s$ ) en función de  $Q$  y de  $T_i$ , considerando c/c 20 cm y salto térmico de 10°C

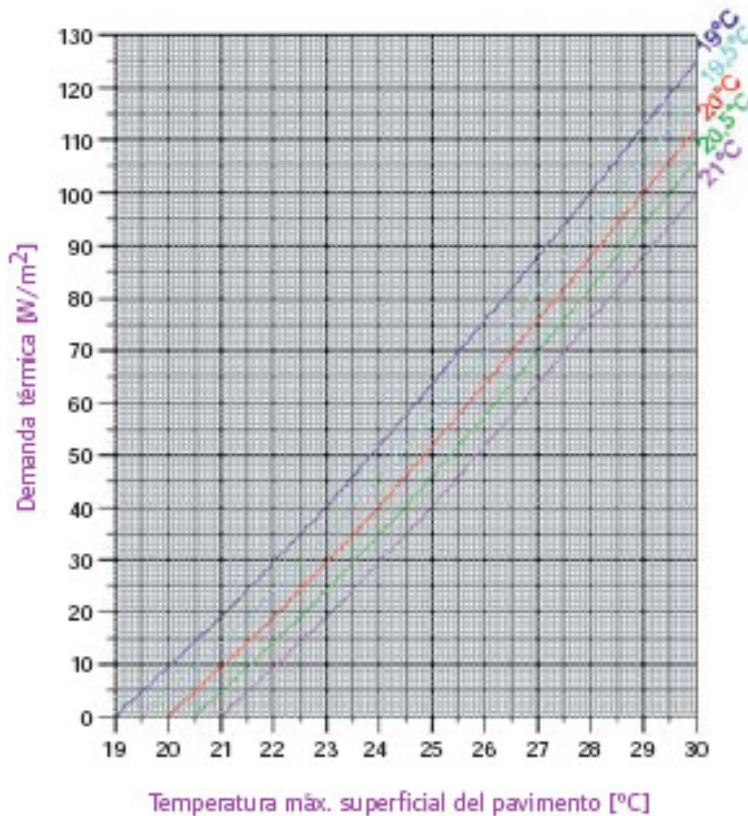


Fig. 8.2 - Temperatura interior de diseño del local ( $T_i$ ) en función de la demanda térmica ( $Q$ ) y de la temperatura máxima superficial del pavimento ( $T_s$ )

### 8.5. Cálculo de la temperatura del agua

El salto tèrmico entre el agua de impulsión y el de retorno se fija en 10°C.

La magnitud de la temperatura media del agua en las tuberías emisoras ( $T_{ma}$ ) depende de la demanda térmica del local ( $Q$ ), la temperatura interior de diseño ( $T_i$ ) y del coeficiente de transmisión térmica ( $K_a$ ) según la fórmula:

$$Q \text{ [W/m}^2\text{]} = K_a \cdot [T_{ma} - T_i]$$

El coeficiente de transmisión térmica de la capa sobre tubos [ $K_a$ ] se calcula aplicando la fórmula:

$$K_a \text{ [W/m}^2\text{°C]} = 1 / [\Sigma(e/\lambda) + (1/\alpha)]$$

$e$  = Espesor de la capa [m]

$\lambda$  = Conductividad térmica del material de la capa [W/m°C] (Ver Anexos)

$\alpha$  = Coeficiente de transmisión de calor del suelo [W/ m²°C] (en el rango de temperaturas que nos movemos su valor varía entre 10 y 12 W/ m²°C. Tiene dos componentes: coeficiente de transmisión por radiación y coeficiente de transmisión por convección).

La figura 9.5 muestra el gráfico que relaciona la demanda térmica ( $Q$ ), la resistencia térmica del pavimento ( $R$ ) para obtener la temperatura de impulsión del agua en el circuito correspondiente ( $T_a$ ) y la temperatura superficial máxima ( $T_s$ ) (La temperatura de retorno será  $T_a - 10^\circ\text{C}$ )

Tras el cálculo de todas las  $T_a$  de todos los circuitos se seleccionará la mayor de ellas.

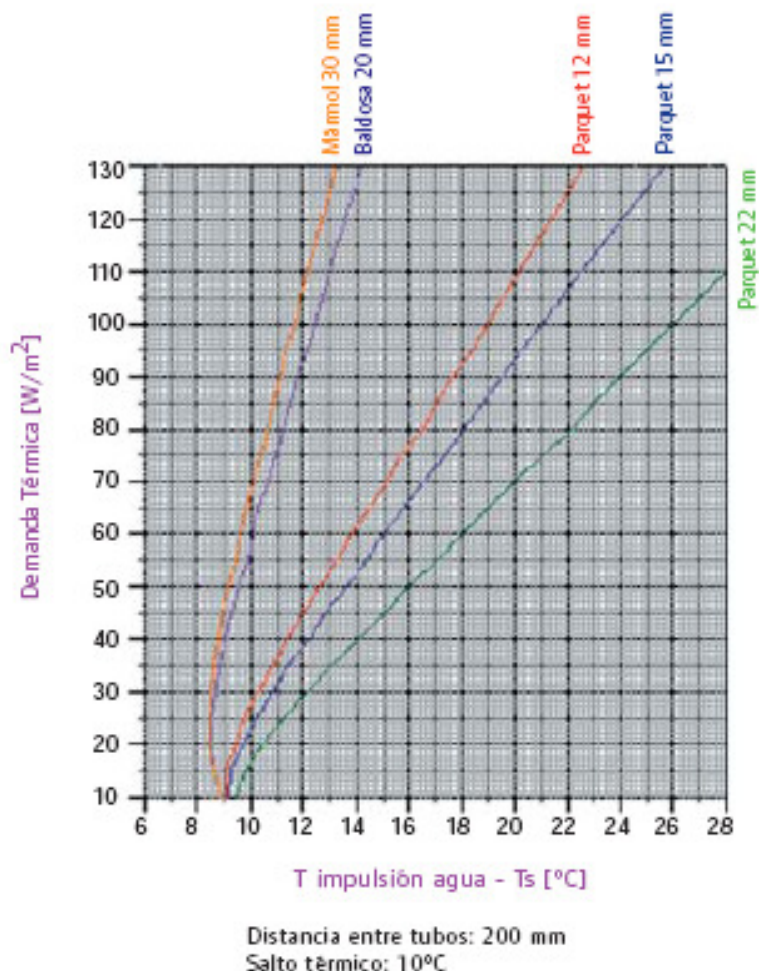


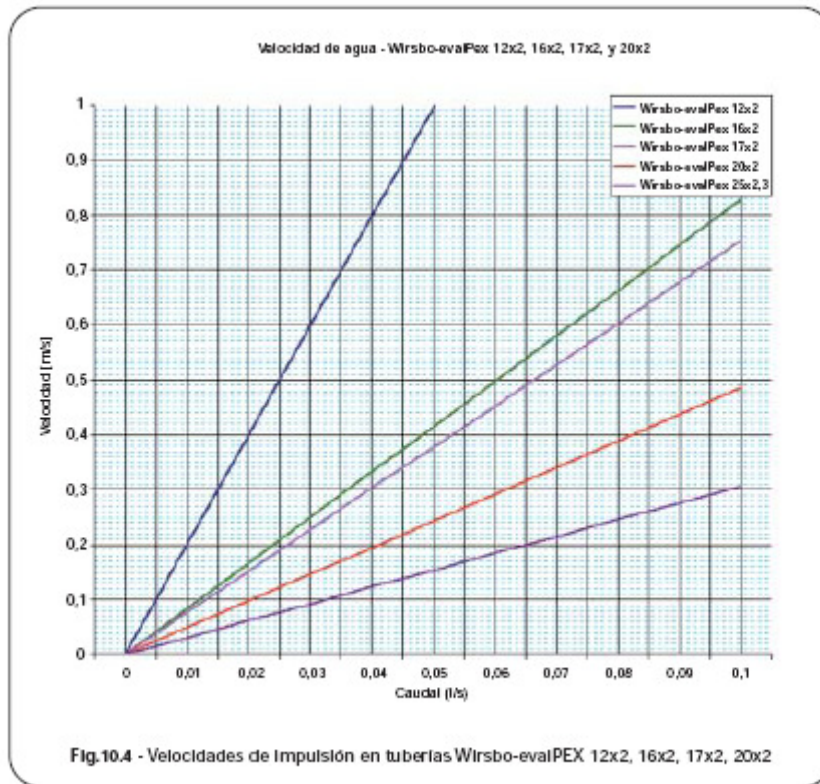
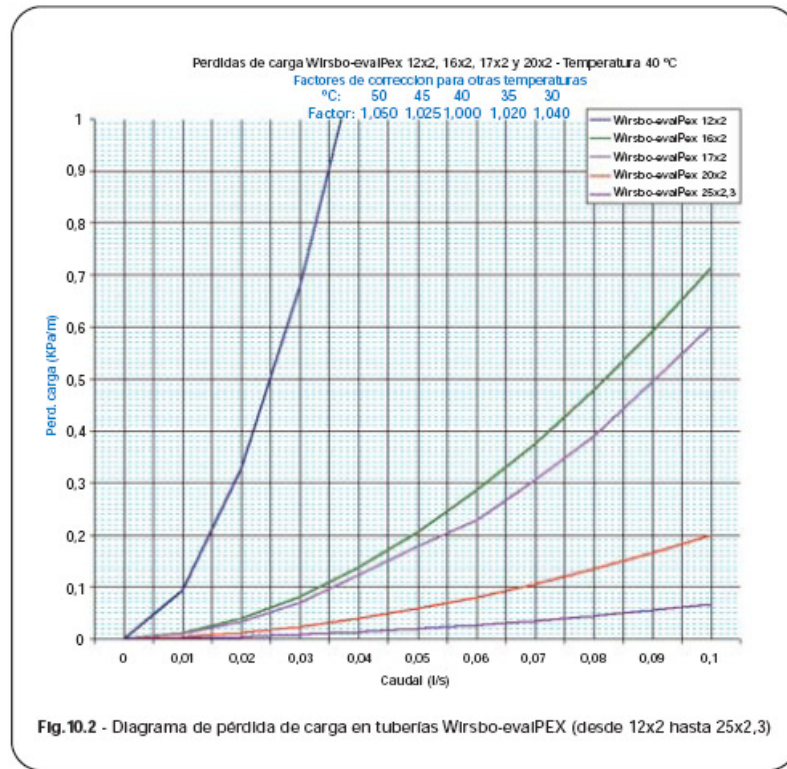
Fig. 8.5 - Cálculo de temperaturas de impulsión

•Propietats Wirsbo-evalPEX

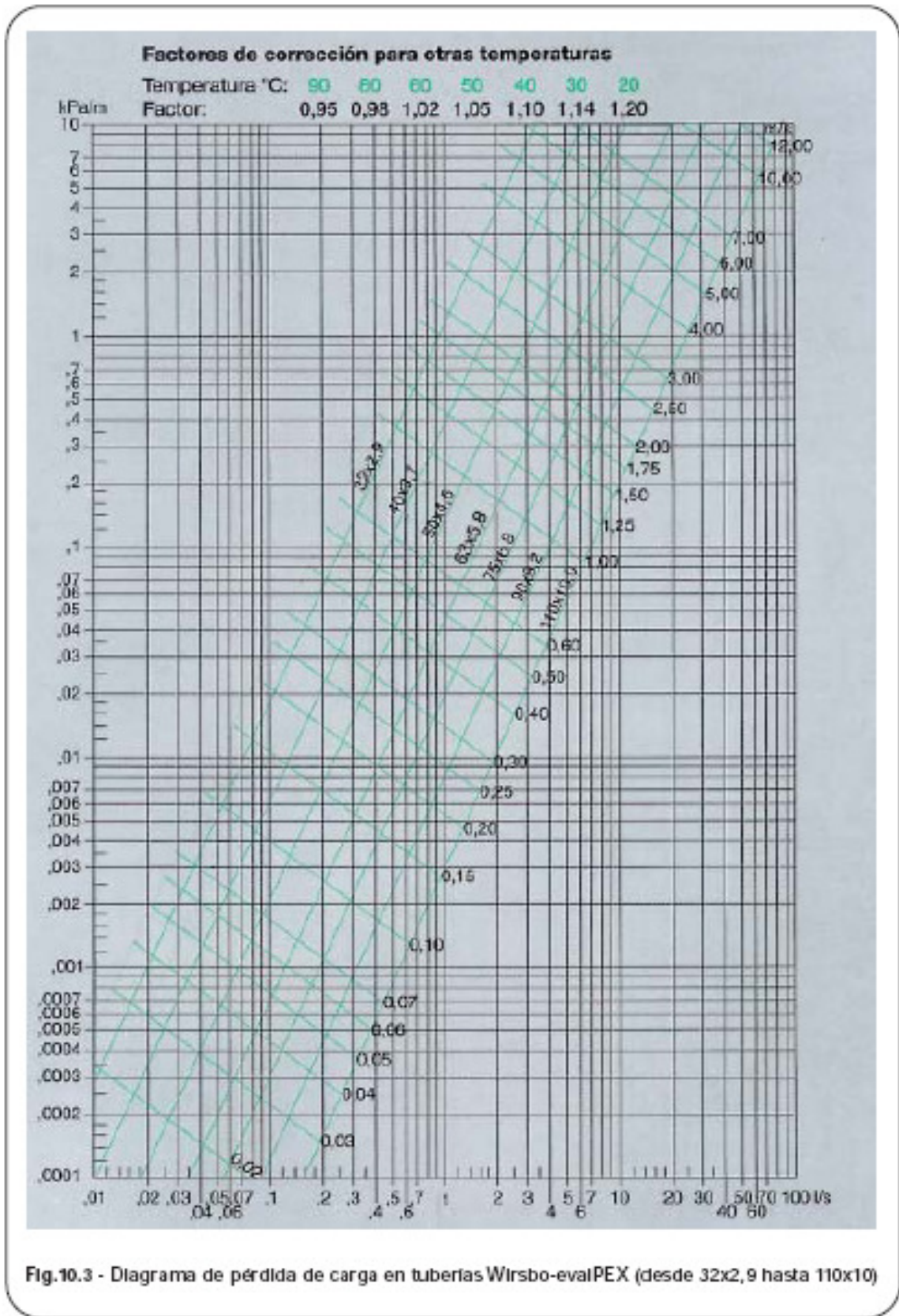
Wirsbo-evalPEX - Propiedades mecánicas y térmicas			
Propiedad	Valor	Unidad	Norma
Densidad	938	Kg/m <sup>3</sup>	
Coefficiente de fricción	0,08 - 1	-	
Tensión superficial	34 · 10 <sup>-3</sup>	N/m	
Absorción de agua a 22°C	0,01	mg/4d	DIN 53472
Rotura por impacto a 20°C a -140°C	No fractura No fractura	KJ/m <sup>2</sup> KJ/m <sup>2</sup>	DIN 53453
Elongación a fractura a 20°C a 100°C	300 - 450 500 - 700	% %	DIN 53455
Conductividad térmica	0,35	W/m°C	
Coef. de expansión térmica a 20°C a 100°C	1,4 · 10 <sup>-4</sup> 2,05 · 10 <sup>-4</sup>	m/m°C m/m°C	
Temperatura de reblandecimiento	133	°C	
Calor específico	2,3	KJ/Kg°C	
Rango de temperatura de trabajo	-100, +110	°C	

Wirsbo-evalPEX - Rango de dimensiones					
Dimensión	Diámetro int. (mm)	Diámetro ext. (mm)	Tamaño rollo (m)	Tamaño barra (m)	Peso Kg/100m
12x2	8	12	100	-	6,0
16x2	12	16	200	-	8,8
17x2	13	17	200	-	10,2
20x2	16	20	240	-	11,7
25x2,3	20,4	25	25	-	18,2
32x2,9	26,2	32	100	6	27,4
40x3,7	32,6	40	100	6	42,9
50x4,6	40,8	50	100	6	65,8
63x5,8	51,4	63	100	6	103,8
75x6,8	61,4	75	50	6	146,8
90x8,2	73,6	90	50	6	210,0
110x10,0	90	110	50	6	311,3

Fig.10.1 - Propiedades de Wirsbo-evalPEX







•Catàleg bescanviadors geotèrmics Movitech



**Colector de energía PEM 32X2,0 PN8 SDR 17**

Colector de cuatro mangueras Ø 32 que se puede conectar hasta 2 de Ø 40. Un colector de cuatro mangueras tiene una mayor capacidad de captación de energía en comparación con el colector estándar.

**(Art. 2000-2019)**

El colector incluye peso de retorno soldado en fábrica de 520 mm.  
 El peso de retorno está adaptado a la longitud del colector.  
 La longitud del peso de retorno se adapta por un lado para evitar daños en el transporte, y por otro, para que la dirección al introducirlo sea correcta.  
 Los colectores se entregan en longitudes a medida.  
 El colector está probado a presión con aire, y cumple con la norma INSTA SBC 12201 EN 12201:2003.  
 Los colectores también cuentan con certificado Swedcert 0658.



No. Art.	Definición
2000	Colector Ø32 4x90m incl. 18kg peso retorno
2001	Colector Ø32 4x70m incl. 18kg peso retorno
2002	Colector Ø32 4x80m incl. 21kg peso retorno
2003	Colector Ø32 4x90m incl. 21kg peso retorno
2004	Colector Ø32 4x100m incl. 21kg peso retorno
2005	Colector Ø32 4x110m incl. 21kg peso retorno
2006	Colector Ø32 4x120m incl. 30kg peso retorno
2007	Colector Ø32 4x130m incl. 30kg peso retorno
2008	Colector Ø32 4x140m incl. 30kg peso retorno
2009	Colector Ø32 4x150m incl. 34kg peso retorno
2010	Colector Ø32 4x160m incl. 34kg peso retorno
2011	Colector Ø32 4x170m incl. 34kg peso retorno
2012	Colector Ø32 4x180m incl. 42kg peso retorno
2013	Colector Ø32 4x190m incl. 42kg peso retorno
2014	Colector Ø32 4x200m incl. 42kg peso retorno
2015	Colector Ø32 4x210m incl. 42kg peso retorno
2016	Colector Ø32 4x220m incl. 42kg peso retorno
2017	Colector Ø32 4x230m incl. 42kg peso retorno
2018	Colector Ø32 4x240m incl. 42kg peso retorno
2019	Colector Ø32 4x250m incl. 42kg peso retorno
2020	Unión de tubos para Ø40 por colector

## ACCESORIOS DE INSTALACIÓN



**Udades de peso retorno**  
6Kg, 9Kg, 12Kg, 15Kg, 18Kg  
(Art. 1021-1025)



**Peso guía adicional**  
8Kg, 12Kg, 16Kg, 20Kg  
Se utiliza por ejemplo cuando hay mucha agua en el sondeo o se quiere enderezar más el colector al ser introducido en el sondeo.  
(Art. 2022-2025)



**Brida de unión colectores**  
El material (polietileno) está adaptado especialmente para agua.  
(Art. 1027)



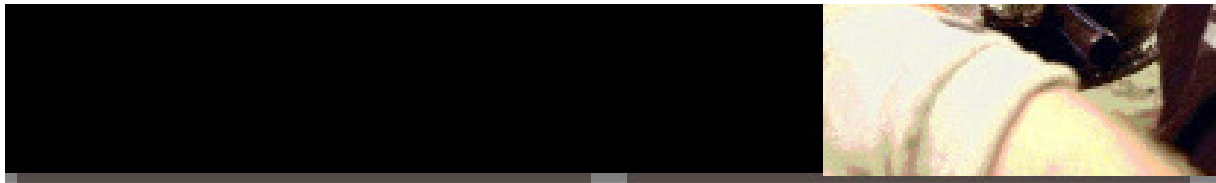
**Peso colector de lagos**  
Se monta entre tubos de colectores cada 1.5 m peso 2.5 Kg.  
(Art. 1026)



**Guía mecánica para introducción de colectores en sondeos.**  
Introduccion de colectores Muovitech para Ø 32-40 es compatible con tubo de encañonado 139,7/168,3 230 voltios. Facilita el trabajo al sumergir los colectores en el sondeo.  
(Art. 1063)



**Carusel para colectores de energía Muovitech**  
Carusel de Muovitech con rodamientos que se lubrica automáticamente, sirve para poder llenar los colectores de BRINE antes de introducirlos en el sondeo. El carusel está tratado contra óxido.  
(Art. 1070)



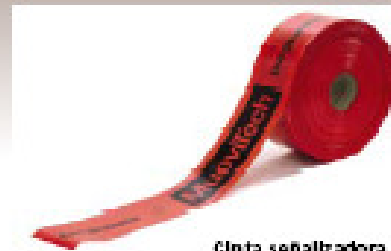
**Soldador Muovitech PNL 40-315 MM**  
Soldador de Muovitech para conexiones de electro fusión.  
(Art. 1071-Muovt)



**Equipo para Electro fusión Estándar Europeo**  
(Art. 2071)



**Tijera corta mangueras Ø 0-40 MM**  
Tijeras de calidad, fáciles de manejar.  
(Art. 1073)



**Cinta señalizadora colectores de energía**  
Cinta señalizadora para la carja del sondeo al cuarto de caldera. Con o sin hilo de búsqueda incorporado.  
(Art. 1075, 1075-s&k)

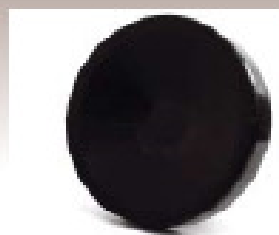


**Toallitas húmedas limpieza de soldaduras**  
Toallitas húmedas con detergente que se utiliza al limpiar el tubo PE antes de soldar.  
(Art. 1077)

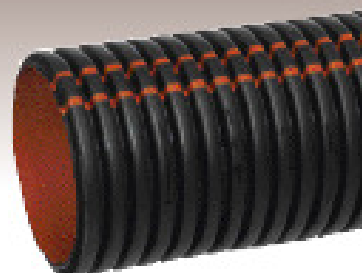


**Letrero informativo colector de energía**  
Se monta en la pared de la casa para marcar la posición del taedro.  
(Art. 1074)

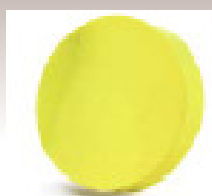
**ACCESORIOS DE INSTALACIÓN**



**Tapa anqueta de inspección**  
 Ø 315  
 (Art. 1082)



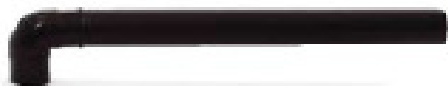
**Tubería polietileno reticulado inspección**  
 de sondeo Ø 315/272 / metro  
 Se monta sobre la fuente de energía  
 (Art. 1081)



**Tapa de protección colectores**  
 Ø40, Ø130,7 / Ø168,3  
 (Art. 1078)



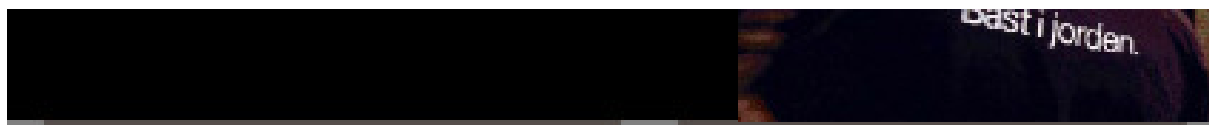
**Anticongelante 25 L, 208 L,**  
 Contenedor 1000 L  
 (Art. 1043-1045)



**Angulo 90º 300mm Ø40**  
 Angulo con una longitud extendida  
 (Art. 1069-L)



**Angulo 90º 1x1 metro Ø40**  
 Para una instalación del tubo en la pared más fácil  
 (Art. 1069)



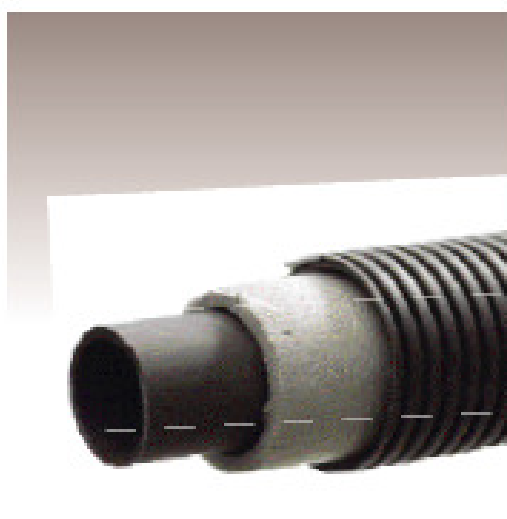
**Purgador Ø40 PNL**  
 Se utiliza para purgar el colector.  
 (Art. 1076)



**Aislante colectores**  
 Ø42/9 - Ø42/13  
 Aislante Ø 42/9 y Ø 42/13.  
 Se suministra también en  
 dimensiones diferentes.  
 (Art. 1050, 1051)



**Sellador juntas de goma Muovttech**  
 Ø 40/83  
 Sellador juntas de goma para tubo ya  
 aislado que previene que el agua entre en el  
 aislamiento.  
 (Art. 1031)



**Conjunto aislamiento/  
 protección colectores**  
**Muovttech 40/83**  
 Tubo PEM 40PN3 SDR17  
 con aislamiento y con una  
 cubierta exterior corrugada.  
 (Art. 54681aa)



**Tapa goma boca sondeo 140 Ø 40**  
 Cabe sondeo 139,7 Se entrega estándar con dos tomas de Ø 40 con la posibilidad de agregar dos tomas adicionales.  
 (Art. 1030-140)



**Tapa goma boca sondeo 140-168 mm Ø 40**  
 Cabe sondeo 139,7 y 168,3. Se entrega estándar con dos tomas de Ø 40 con la posibilidad de agregar dos tomas adicionales  
 (Art. 1030)



**Separador para bentonita en goma**  
 Se utiliza en la necesidad de sellado con bentonita. Hay en dimensiones 4,5" y 5,5"  
 (Art. 1038-1039)



**Tapa goma boca sondeo 140/168 Komposit Ø 40**  
 2 tomas Ø 40 con salida adicional de agua en Ø 25 en la tapa de 140. 2 tomas Ø 40 con salida adicional de agua en Ø 32 en la tapa de 168. Resistente a la corrosión. Goma de compresión de la mejor calidad.  
 (Art. 1032-komp, 1033-komp)

**TUBOS PE, ACCESORIOS TUBERÍA, VÁLVULAS Y ACOPLAMIENTOS**



**Tubos PE**

Los tubos se producen según INSTA SBC 12201 EN 12201:2003. Suministramos también en dimensiones mayores y a diferentes clases de presión.

No. Art.	Definición
53263	Tubo PEM 32 PN 8 PE80 SDR 17
54063	Tubo PEM 40 PN 8 PE80 SDR 17
55063	Tubo PEM 50 PN 8 PE80 SDR 17
56363	Tubo PEM 63 PN 8 PE80 SDR 17
57563	Tubo PEM 75 PN 8 PE80 SDR 17
59063	Tubo PEM 90 PN 8 PE80 SDR 17
51810	Tubo PEM 16 PN 12,5 PE80 SDR11
52010	Tubo PEM 20 PN 12,5 PE80 SDR11
52510	Tubo PEM 25 PN 12,5 PE80 SDR11
53210	Tubo PEM 32 PN 12,5 PE80 SDR11
54010	Tubo PEM 40 PN 12,5 PE80 SDR11
55010	Tubo PEM 50 PN 12,5 PE80 SDR11
56310	Tubo PEM 63 PN 12,5 PE80 SDR11
57510	Tubo PEM 75 PN 12,5 PE80 SDR11
59010	Tubo PEM 90 PN 12,5 PE80 SDR11

**Válvulas y acoplamientos**

Suministramos también otros tipos de válvulas y acoplamientos



**Válvula de bola 1" rosca interna 1", 1 1/2", 1 1/4" y 2" (Art. 1066-AV1)**



**Válvula de mariposa 1" rosca interna (Art. 1066-AVB)**



**Acoplamiento PE rosca exterior 40-1", 40-1/4", 50-1", 63-2" (Art. 1066-PEKopp)**



**Acoplamiento PE Recto 40/28 con cilindro arandela a presión (Art. 1066-PEK40/28R)**



**Acoplamiento PE 40/28 90° con cilindro arandela a presión (Art. 1066-PEK40/28V)**



**Válvula de ajuste Flowguard 1"-DN 25 5-50 L/min, 1 1/4"-DN32 8-80 L/min (Art. 1067 RV)**

511010	Tubo PEH 110 PN 12,5 PE100 SDR17
512510	Tubo PEH 125 PN 12,5 PE100 SDR17
514010	Tubo PEH 140 PN 12,5 PE100 SDR17
516010	Tubo PEH 160 PN 12,5 PE100 SDR17



•Catàleg bomba de calor geotèrmica Girod Geotermia

Thermia Comfort

# Thermia Comfort



## THERMIA COMFORT

La bomba de calor que le ofrece frío y calor todo el año

Thermia Comfort es la bomba de calor que le aporta la solución más cómoda en climatización: calor en invierno, frío en verano y agua caliente sanitaria todo el año. Los modelos cubren desde los 6 a los 10 kW de potencia e incorporan depósitos de agua de 180 litros, calentador eléctrico incorporado así como el módulo de refrigeración pasiva.

Thermia Comfort incorpora todos los avances que la tecnología ofrece a un modelo de bomba geotérmica que es líder en el mercado escandinavo. El compresor scroll especialmente diseñado para nuestras bombas, es uno de ellos. Los intercambiadores de calor o el sub-cooler para la máxima extracción de calor, son dos ejemplos más.

Gracias a su sistema de control, Thermia Comfort se maneja de forma muy sencilla. Además, Thermia Online (opcional) ofrece la posibilidad a usted o a su instalador de controlar los parámetros esenciales de la bomba por medio de una conexión a Internet. Si el sistema detecta alguna anomalía usted o su instalador recibirán un mensaje vía SMS o e-mail evitando así desplazamientos innecesarios.

Con Thermia Comfort obtendrá la solución más eficaz para la completa climatización de su hogar, además de un importante ahorro económico ya que no necesitará en el futuro del suministro de cualquier tipo de combustible. De esta manera contribuirá de manera activa a la preservación de nuestro medio ambiente, reduciendo la emisión de gases contaminantes.

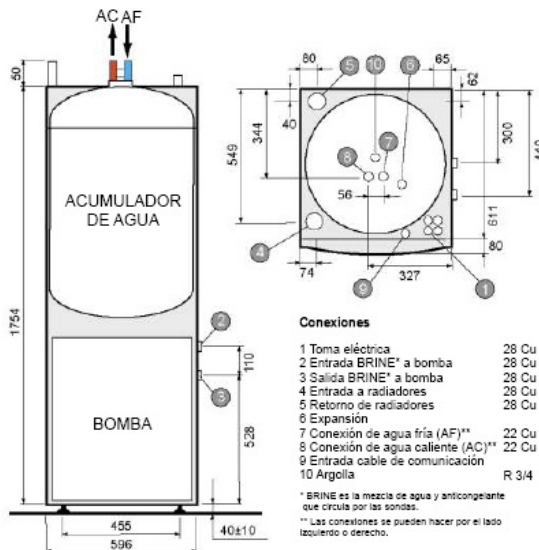


Thermia Comfort

# Thermia Comfort



GIROD GEOTERMIA  
C/Campoamor 18  
28004 Madrid  
Tel. +34 917 026 356  
Fax. +34 917 026 359  
www.girodgeotermia.com



Modelo	6	8	10
Refrigerante, tipo	R 407 C	R 407 C	R 407 C
Refrigerante, Kg	1,1	1,25	1,6
Suministro eléctrico	400 V 3-N	400 V 3-N	400 V 3-N
Consumo compresor, kW	2,0	2,3	3,6
Compresor - calent.inmersión, kW	5,0/6,0/11,0	5,3/6,3/11,3	6,6/9,6/12,6
Calentador de inmersión, kW	3/6/9	3/6/9	3/6/9
Fusible A	10/16/20	16/16/20	16/16/20
Potencia, kW <sup>Ⓛ</sup>	5,78/6,52	8,13/7,73	9,54/9,24
COP Coeficiente de rendimiento <sup>Ⓛ</sup>	4,2/3,1	4,6/3,4	4,4/3,3
Corriente arranque LRA, A	14	25	29
Volumen depósito	180 L	180 L	180 L
Caudal nominal, l/s:			
BRINE frío	0,31	0,47	0,57
BRINE calor	0,13	0,19	0,22
Presión disponible externa, kPa:			
BRINE frío	31	33	32
BRINE calor	43	39	34
Peso, Kg	229	229	229

Ⓛ A temperatura exterior/calentador de la mezcla 0/35°C y 0/50°C/Excluido bomba de circulación y ventilador.

**E.1.2.Catàlegs Instal·lació Solar fotovoltaica**

- Seguidors Solars Solon Mover



**I.I. SOLON Mover types**

SOLON Movers contain all the technical components necessary to convert the direct current, generated from sunlight by the solar modules, into alternating current and to feed it into the grid. All important components are produced within the SOLON concern.

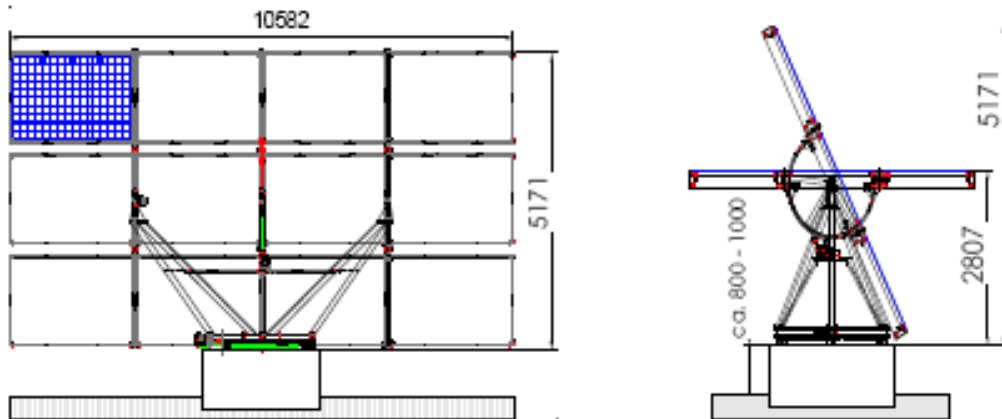
SOLON Mover type	SOLON Mover Poly	SOLON Mover Mono	SOLON Mover High performance
Rated power <sup>1)</sup> P <sub>max</sub>	6,32 – 7,49kWp Ø 7,03kWp	7,05 – 7,53kWp Ø 7,26kWp	8,37 – 9,45kWp Ø 9,10kWp
Modules	12 pcs.	12 pcs.	12 pcs.
Inverter	3 x SOLON ASP 3.0 (or comparable)	3 x SOLON ASP 3.0 (or comparable)	3 x SOLON GTM (or comparable)
Tracking	2 axial astronomical, two three phase asynchronous motors with standard gear boxes, controlled by current frequency controller		
Communication	CAN-Bus, different monitoring solutions available (e.g. connection via Ethernet/ TCP/IP)		
Country versions	grid and surrounding conditions conform versions for different European countries available		
Storm protection	wind tunnel optimized construction, connection to anemometer, storm protection position		
Security/ Certificate	CE-Certificate which meets the EU-standards <sup>1)</sup> Conformity to 98/37/EG (MSV, BGBL 306/1994 idgF.) confirmed through TÜV Austria		

<sup>1)</sup> Measurements are taken with the utmost accuracy using SOLON measurement devices. You can find details about the SOLON modules in the SOLON data sheets.





I.II. Measurements



<b>Width:</b>	10592mm
<b>Height vertical position (61°):</b>	5171mm
<b>Height horizontal position (0°):</b>	2807mm
<b>Height foundation total:</b>	850mm
<b>Height foundation over ground:</b>	approx. 600mm
<b>Diameter foundation:</b>	approx. 3000mm
<b>Surface of pv panels net:</b>	52,7m <sup>2</sup>
<b>Measurements of total pv surface:</b>	10592mm x 5490mm
<b>Total weight (without foundation):</b>	3780kg
<b>Weight foundation</b>	approx. 13t

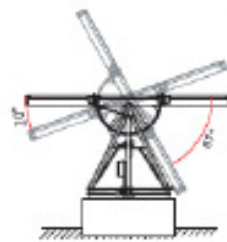
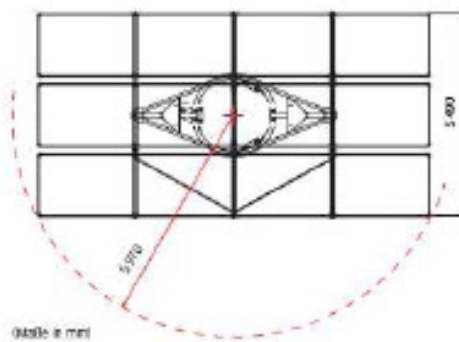
I.III. Deployment and connection terms/ requirements

<b>Admissible temperature range:</b>	- 20°C... + 50°C
<b>Load capacity of surface (module):</b>	tested up to 540kg/m <sup>2</sup> (IEC 61215)
<b>Snowload:</b>	0,75kN/m <sup>2</sup>
<b>Hail:</b>	up to 28mm diameter of grain and 86km/h velocity of impact
<b>Maximum allowed wind speed:</b>	in storm position (5°): 150km/h unfavourable position: 100km/h
<b>Wind zones <sup>1)</sup>:</b>	wind zone I and II



### I.IV. Turning range

Max. Turning range at horizontal module surface: 5970mm



**Turning range:**

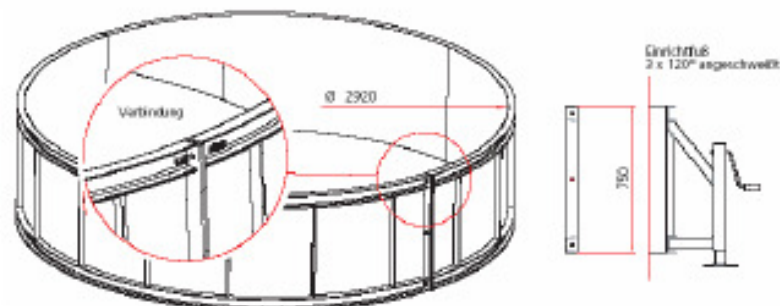
- horizontal 250°
- vertical 20° to the back
- 61° in the front

### I.V. Static & foundation

The standard static is proved for wind classes I + II, in all positions for wind speeds up to 100km/h and in storm security position as well for a wind speeds of 150 km/h.

If the requirements of the standard static are satisfied the foundations can be produced with the SOLON standard mould.

SOLON standard mould:



**Attention:** Foundation and mould are not included and have to be ordered separately!



## I.VI. Transport

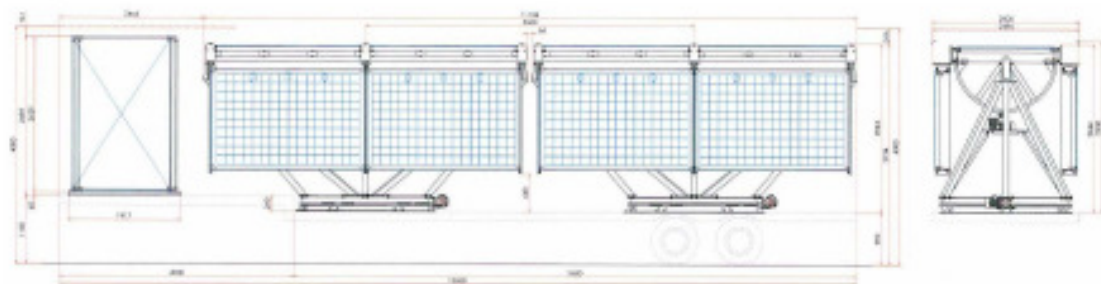


**Example:**

Transport of two SOLON Movers

With one open truck two SOLON Movers can be delivered. No special trucks or heavy or large load permissions are necessary.

For transportation the outer 6 modules are demounted, the rest of the SOLON Mover is delivered in one piece.



Based on exact project dates we will be happy to support or counsel you concerning infrastructure or if desired offer services up to building your project in the role of a general contractor.



## I.VII. Scope of supply (SOLON Mover EXW)

---

Each SOLON Mover is completed, tested and certified in our factory. With each unit an individual type sheet, showing the measurement data for each module is delivered.

- Complete steel substructure for 2-axial tracking, hot-galvanised
- Rotating assembly frame with rolls, driving mechanics and mounting frame
- 2 three phase asynchronous motors with standard gear boxes, one for elevation and on azimuth tracking.
- 12 large scale SOLON PV modules, glued to a hot-galvanised steel frame, screwed with substructure



- Switch cabinet with following components/ features:
  - All Aluminium cabinet box
  - Drive control system (astronomical sun tracking, frequency controlled motor control / management)
  - Angel encoder for exact alignment
  - CAN-Bus interface (to Mover-control room or data loggers)
  - 3 inverters installed thermal optimized, data exchange to CAN-Bus interface



- Connection box, with following components/ features:
  - Connection bar for power cables
  - Connection bar for CAN-Bus cables
  - All pole ac disconnecter
  - All pole over voltage protection device



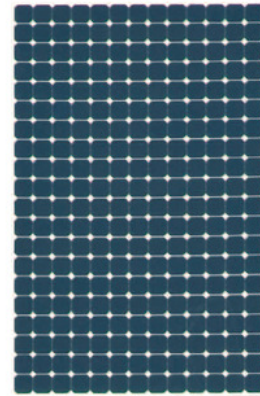
- Country Versions

Scope of supply/ configurations are adapted to local necessities. Detailed description of components available only after signing an NDA.

• **Característiques de les plaques fotovoltaiques dels seguidors Solon**



**SOLON M760/5/S**



**Mechanical Specifications**

Length:	2.600 mm
Width:	1.690 mm
Height:	7 mm
Weight:	77,5 kg ± 3 kg
Junction box:	4 SOLON junction boxes with bypass diodes
Cable:	Solar cable, length 1700 mm, 4 mm <sup>2</sup> , prefabricated with MC plug
Front glass:	White toughened safety glass, 6 mm
Cells:	260 pc. monocrystalline Si 5" (125 x 125 mm)
Cell encapsulation:	EVA (Ethylene-Vinyl-Acetate)
Back:	Tedlar composite film

**Electrical Specifications**

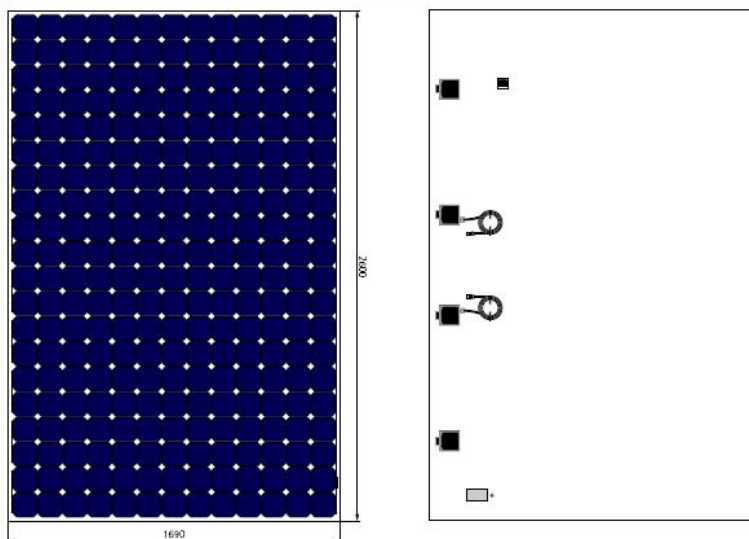
Module class/peak power Pmax (± 5 %):	760 W
Rated voltage Umpp:	142,1 V
Rated current Impp:	5,35 A
Open circuit voltage Uoc:	172,7 V
Short-circuit current Isc:	5,85 A
Maximum system voltage:	860 V

Temperature coefficient of open circuit voltage: -0,29% / K  
 Temperature coefficient of short circuit current: 0,03% / K  
 Temperature coefficient of power: -0,38%/K

These values are effective for irradiation of 1000 W/m<sup>2</sup>, AM 1.5, and a cell temperature of 25°C (standard test conditions).

**Operating Conditions**

Temperature range:	-40 °C bis + 85 °C
Hail:	maximum diameter of 28mm with impact speed of 86 km/h



Last revised: 01/2006. Subject to change, no claims made for accuracy of electrical data

SOLON PV GmbH·Ederstrasse 16·D-12059 Berlin·Phone: +49 30 81879-100·Fax: +49 30 81879-110·solon@solon-pv.com · www.solon-pv.de

• **Característiques tècniques dels inversors del seguidors Solon**



**SOLON Mover - Características técnicas de los inversores**

**SOLON GTM - E**

<b>VARIABLES DE ENTRADA</b>	
Rango de tensión MPP	195 - 550 V <sub>DC</sub>
Tensión máx. de entrada	600 V <sub>DC</sub>
Intensidad máx. de entrada	16,9 A <sub>DC</sub>
Tensión de encendido	205 V <sub>DC</sub>
Protección contra polarización inversa	Diodo contra tensión inversa (24 A)

<b>VARIABLES DE SALIDA</b>	
Potencia nominal	3000 W <sub>AC</sub>
Máxima intensidad de salida	16,5 A <sub>RMS</sub>
Rango de tensión de salida	196 - 253 V <sub>RMS</sub>
Máxima tensión de salida	264 V <sub>RMS</sub>
Rango de frecuencia de salida	49 - 51 Hz
Distorsión armónica	< 3 %
Característica de salida	Fuente de corriente
Separación galvanica	Transformador HF
Rendimiento máximo	95,3 %
Rendimiento europeo	94 %

<b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>	
Temperatura ambiente admisible:	
En funcionamiento	-25 hasta +65 °C
En almacenamiento	-40 hasta +85 °C
Humedad relativa admisible	En funcionamiento: < 100 %, condensado Almacenamiento: < 95 %, sin condensar

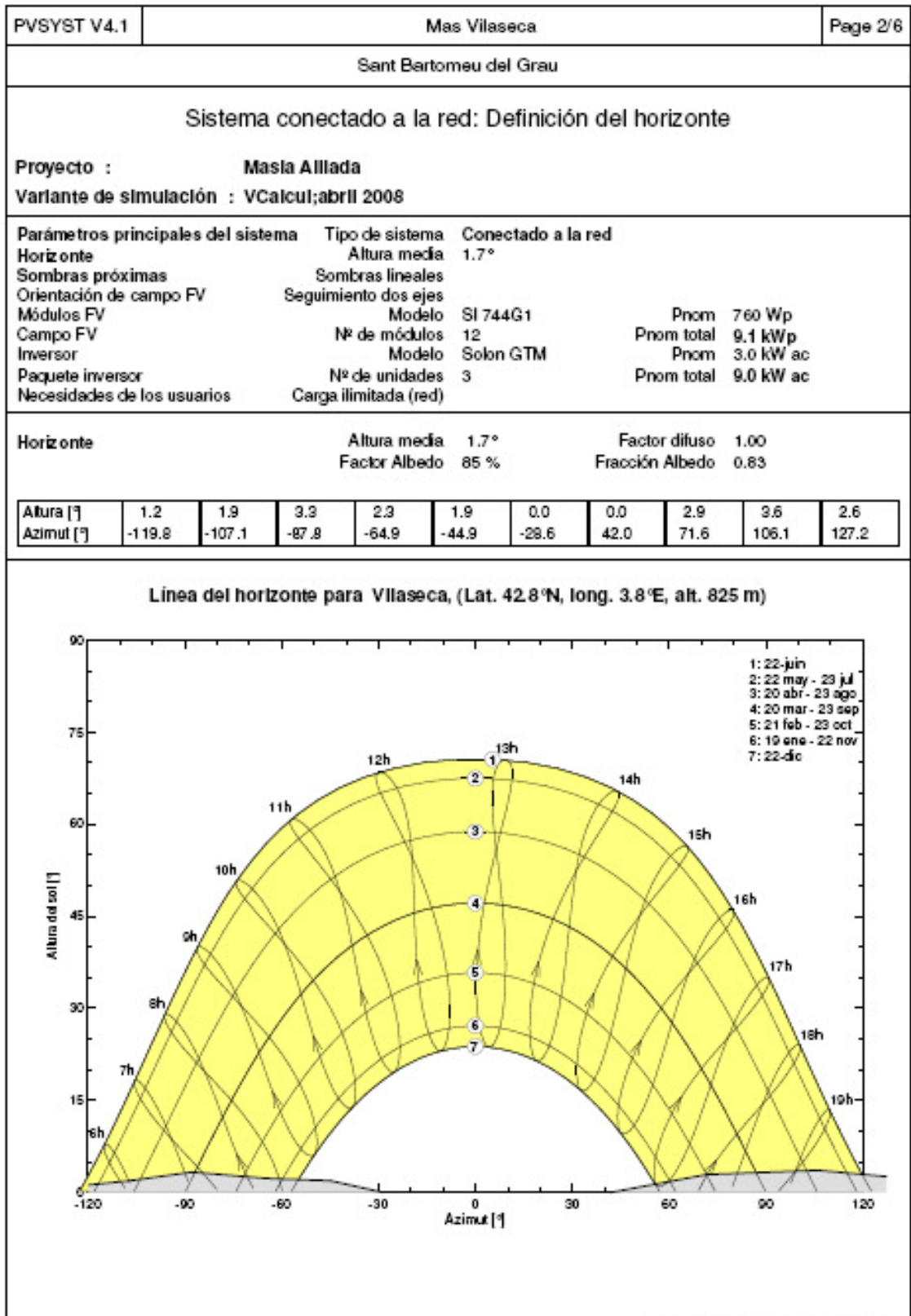
<b>OTROS DATOS</b>	
Peso	20 kg
Interfaz de comunicación	CAN-Bus, RS 232

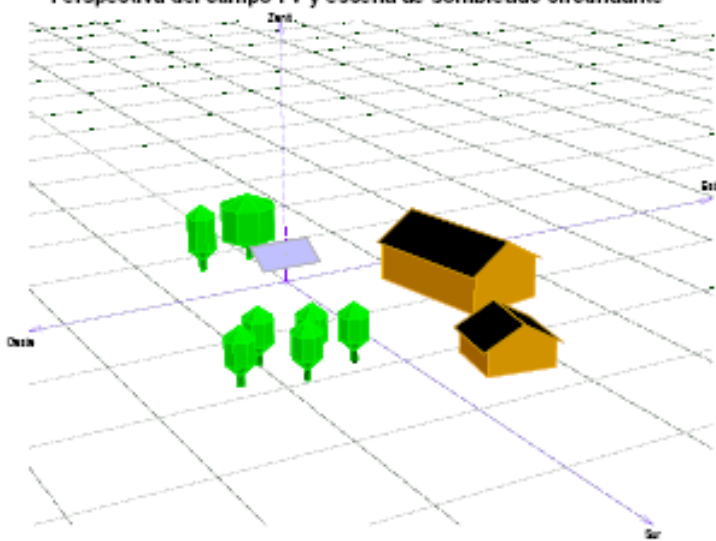
<b>PROTECCIONES</b>	
Separación galvanica	Transformador HF
Resistencia de aislamiento del generador FV	> 200 kΩ (desde el polo positivo)
<b>Vigilancia de la red eléctrica:</b>	
<b>Limites de tensión y frecuencia*</b>	
Tensión mínima	196 V <sub>RMS</sub> (0,2 s)
Tensión máxima	253 V <sub>RMS</sub> (0,2 s)
Frecuencia mínima	49 Hz
Frecuencia máxima	51 Hz
*Reconexión automática una vez reestablecidas las condiciones normales de suministro de la red.	
Tiempo de reconexión	180 s



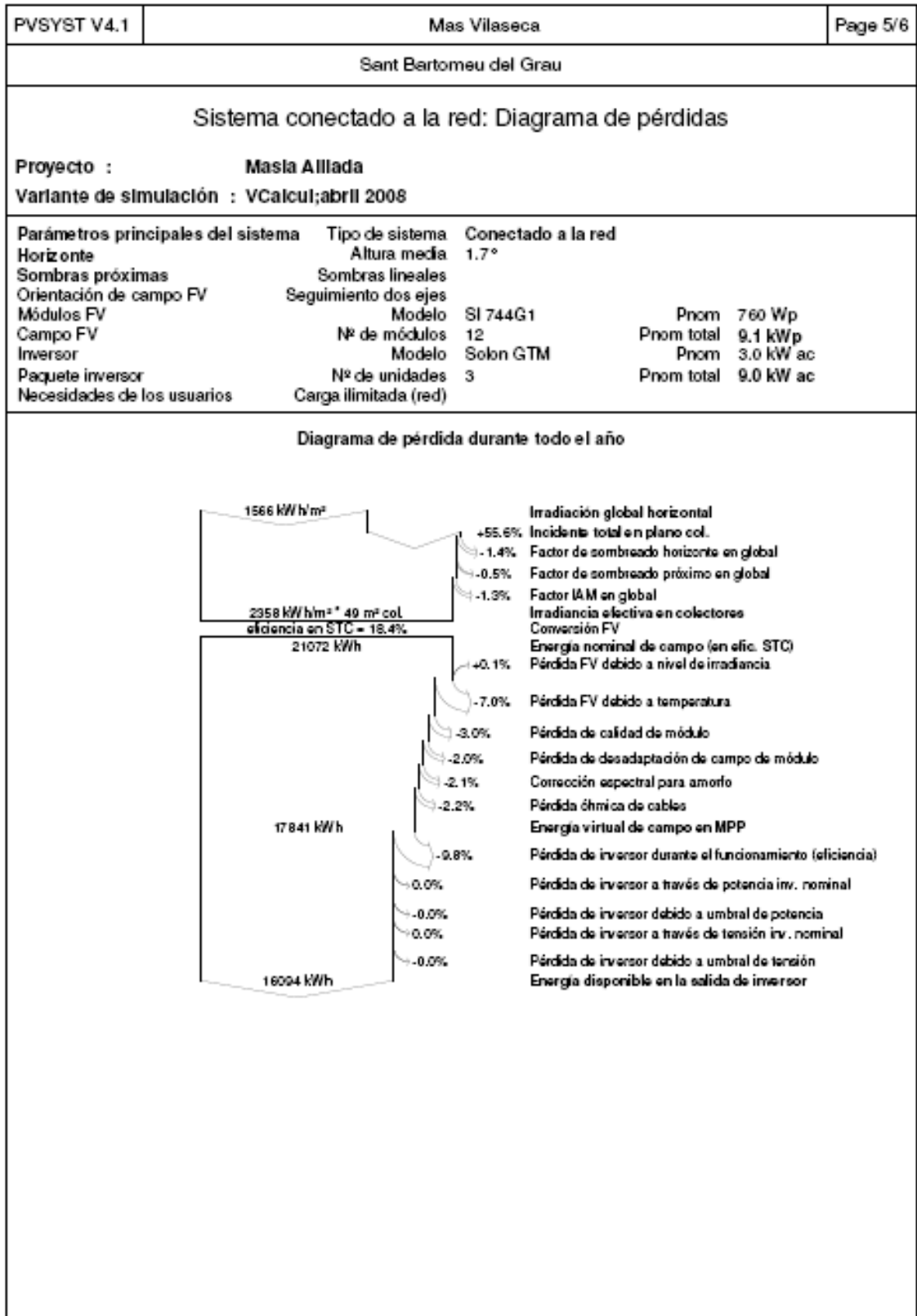
•Resultats PVSYST 4.1

PVSYST V4.1	Mas Vilaseca			Page 1/6	
Sant Bartomeu del Grau					
Sistema conectado a la red: Parámetros de simulación					
<b>Proyecto :</b>	<b>Masia Aillada</b>				
<b>Lugar geográfico</b>	Vilaseca		<b>País</b>	España	
<b>Situación</b>	<b>Latitud</b>	42.8°N	<b>Longitud</b>	3.8°E	
<b>Hora definida como</b>	<b>Hora legal</b>	Zona horaria UT+1	<b>Altitud</b>	825 m	
	<b>Albedo</b>	0.20			
<b>Datos meteorológicos :</b> Vilaseca , synthetic hourly data					
<b>Variante de simulación :</b> VCalcul;abril 2008					
	<b>Fecha de simulación</b>	18/04/08 19h42			
<b>Parámetros de simulación</b>					
<b>Plano de seguimiento, dos ejes</b>	<b>Inclinación mínima</b>	-20°	<b>Inclinación máxima</b>	61°	
<b>Limitaciones de rotación</b>	<b>Azimut mínimo</b>	-125°	<b>Azimut máximo</b>	125°	
<b>Horizonte</b>	<b>Altura media</b>	1.7°			
<b>Sombras próximas</b>	<b>Sombras lineales</b>				
<b>Características de campo FV</b>					
<b>Módulo FV</b>	a-Si:H tripple	<b>Modelo</b>	SI 744G1		
		<b>Fabricante</b>	SIT		
<b>Número de módulos FV</b>		<b>En serie</b>	4 módulos	<b>En paralelo</b>	3 cadenas
<b>Total número de módulos FV</b>		<b>Nº módulos</b>	12	<b>Potencia nom. un.</b>	7.60 Wp
<b>Potencia total campo</b>		<b>Nominal (STC)</b>	9.1 kWp	<b>En cond. funcionamiento</b>	7.5 kWp (50°C)
<b>Características de funcionamiento de campo (50°C)</b>		<b>mpp</b>	595 V	<b>I mpp</b>	13 A
<b>Superficie total</b>		<b>Superficie de módulo</b>	53.0 m²	<b>Superficie célula</b>	48.7 m²
<b>Factores de pérdida de campo FV</b>					
<b>Factor de pérdida de calor</b>	<b>ko (const)</b>	29.0 W/m²K	<b>kv (viento)</b>	0.0 W/m²K / m/s	
	<b>-&gt; Temp. nom. func. col. (800 W/m², Tamb=20 °C, viento 1 m/s)</b>		<b>NOCT</b>	45 °C	
<b>Pérdida óhmica de cables</b>	<b>Res. campo total</b>	1640.8 mOhm	<b>Fracción de pérdida</b>	3.0 % en STC	
<b>Pérdida de diodos serie</b>	<b>Caída de tensión</b>	0.7 V	<b>Fracción de pérdida</b>	0.1 % en STC	
<b>Pérdida de calidad de módulo</b>			<b>Fracción de pérdida</b>	3.0 %	
<b>Pérdida de desadaptación de módulo</b>			<b>Fracción de pérdida</b>	2.0 % en MPP	
<b>Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE</b>	<b>IAM -</b>	1-bo (1/cos i - 1)	<b>Parámetro bo</b>	0.05	
<b>Parámetro del sistema</b>	<b>Tipo de sistema</b>	Sistema conectado a la red			
<b>Inversor</b>	<b>Modelo</b>	Solon GTM			
	<b>Fabricante</b>	Solon			
<b>Características de inversor</b>	<b>Tensión de funcionamiento</b>	550-1150 V	<b>Potencia nom. un.</b>	3.0 kW AC	
<b>Paquete inversor</b>	<b>Número de inversor</b>	3 unidades	<b>Potencia total</b>	9.0 kW AC	
<b>Necesidades de los usuarios :</b>	Carga ilimitada (red)				



PVSYST V4.1	Mas Vilaseca	Page 3/6
Sant Bartomeu del Grau		
Sistema conectado a la red: Definición de sombra próxima		
Proyecto : <b>Masia Aillada</b> Variante de simulación : VCalcut;abril 2008		
Parámetros principales del sistema Horizonte Sombras próximas Orientación de campo FV Módulos FV Campo FV Inversor Paquete inversor Necesidades de los usuarios	Tipo de sistema Altura media Sombras lineales Seguimiento dos ejes Modelo Nº de módulos Modelo Nº de unidades Carga ilimitada (red)	Conectado a la red 1.7° SI 744G1 12 Solon GTM 3 Pnom 760 Wp Pnom total 9.1 kWp Pnom 3.0 kW ac Pnom total 9.0 kW ac
Perspectiva del campo FV y escena de sombreado circundante		
 <p>The image shows a 3D perspective view of a solar field simulation. A grid of solar panels is visible on the ground. Several green trees and two yellow buildings with black roofs are placed around the solar field to represent shading. A 3D coordinate system is shown with axes labeled 'Sur' (South), 'Oeste' (West), and 'Zeno' (Zenith). The solar panels are tilted towards the sun.</p>		
Traducción sin garantía. Sólo se normaliza al texto inglés.		

PVSYST V4.1	Mas Vilaseca		Page 4/6					
Sant Bartomeu del Grau								
Sistema conectado a la red: Resultados principales								
Proyecto :		Masia Allada						
Variante de simulación :		VCalcul;abril 2008						
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Conectado a la red						
Horizonte	Altura media	1.7°						
Sombras próximas	Sombras lineales							
Orientación de campo FV	Seguimiento dos ejes							
Módulos FV	Modelo	SI 744G1	Pnom 7.60 Wp					
Campo FV	Nº de módulos	12	Pnom total 9.1 kWp					
Inversor	Modelo	Solon GTM	Pnom 3.0 kW ac					
Paquete inversor	Nº de unidades	3	Pnom total 9.0 kW ac					
Necesidades de los usuarios	Carga limitada (red)							
<b>Resultados de simulación principales</b>								
Producción del sistema	Energía producida	16.09 MWh/año	Especifico 1765 kWh/kWp/año					
	Índice de rendimiento PR	72.4 %						
Inversión	Total incl. impuestos	84120 €	Especifico 9.22 €/Wp					
Coste anual	Anualidades (Préstamo 6.0%, 20 años)	7334 €/a.Coste de funcionamiento	500 €/a.					
Coste de energía		0.49 €/kWh						
Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 9.1 kWp		Índice de rendimiento PR						
VCalcul;abril 2008								
<b>Balances y resultados principales</b>								
	GlobHor Wh/m²	T.Amb °C	GlobInc Wh/m²	GlobEIT Wh/m²	EAny kWh	EOutlv Wh	ERAnR %	ERlvsR %
Enero	57.4	3.70	115.9	112.9	930	907	14.51	13.02
Febrero	65.1	4.90	120.5	115.0	1343	1239	13.98	12.61
Mazo	121.9	8.20	217.4	209.0	1643	1484	14.34	12.97
Abril	155.8	13.10	230.9	219.0	1871	1639	14.26	12.97
Mayo	185.4	14.40	245.0	236.0	1823	1645	14.01	12.54
Junio	231.8	17.20	259.8	251.5	1948	1759	13.91	12.29
Julio	210.8	23.80	236.9	230.9	2055	1887	13.11	11.86
Agosto	184.0	23.40	234.5	225.9	1947	1859	13.16	11.89
Septiembre	128.4	18.80	210.0	203.8	1522	1374	13.86	12.54
Octubre	89.0	12.80	176.1	165.0	1293	1158	13.70	12.57
Noviembre	61.0	6.90	127.0	123.0	956	900	14.16	12.74
Diciembre	49.9	4.00	110.9	107.9	940	755	14.32	12.24
Año	1556.0	11.70	2437.1	2357.9	17940	16094	13.90	12.45
<b>Leyenda:</b> GlobHor Irradiación global horizontal T.Amb Temperatura ambiente GlobInc Incidente total en plano col. GlobEIT Global efectivo, con. para IAMy sombras				EAny Energía eléctrica en la salida del campo EOutlv Energía disponible en la salida de inversor ERAnR Efic. campo Gal / sup. bruta ERlvsR Efic. sistema Gal / sup. bruta				



• Proteccions elèctriques

interruptores automáticos magnetotérmicos K60N

UNE-EN 60898  
no admite auxiliares



- Cierre brusco.
- Vida eléctrica: 20.000 maniobras (A-C).
- Tropicalización: ejecución 2 (humedad selectiva 95 % a 55 °C).
- Curva C: los disparos magnéticos son entre 5 y 10 In.
- K60N: producto certificado AENOR conforme a la norma UNE-EN 60898.

características **K60N**

Tensión de empleo (VCA)	230/400
Podar de corte (A)	<b>6000</b>
Curva	C
Calibre	6 a 40 A a 30 °C
Conexión	Por bornas de caja para cable rígido hasta 25 mm <sup>2</sup>
Ancho por polo	2 pasos de 9 mm

tipo

n.º polos	calibre (A)	referencias
<p>1 polo protegido</p>	6	27885
	10	27886
	16	27887
	20	27888
	25	27889
<p>1 polo protegido y neutro no protegido</p>	32	27890
	40	27891
	6	27908
	10	27909
	16	27900
<p>2 polos protegidos</p>	20	27901
	25	27902
	32	27903
	40	27904
	6	27911
	10	27912
	16	27913

**interruptores automáticos de control de potencia ICP-M**

**UNE 20317**  
**UNESA 6101-C**  
**no admite auxiliares**



Interruptor de control de potencia (ICP) de los abonados y como protección de instalaciones interiores de abonados (PIA):

- En instalaciones domésticas.
- Distribución terminal terciaria e industrial.
- N.º de maniobras (A-C): 20.000.
- C60N ICP-M: producto certificado AENOR conforme a la norma UNE 20317.
- C32N ICP-M: BOE n.º 214 (7-9-1987) conforme UNESA 6101-C y UNE 20317.
- C60N ICP-M de 1,5 a 45 A: BOE n.º 192 (11-8-1992) conforme UNESA 6101-C y UNE 20317.
- C60N ICP-M de 50 a 63 A: BOE n.º 287 (1-12-1998) conforme UNESA 6101-C y UNE 20317.

características	C32N ICP-M	C60N ICP-M
Tensión de empleo (V CA)	220/380	220/380
Poder de corte (A)	5000	10000
Calibre	1,5 a 40 A a 20 °C	1,5 a 63 A a 20 °C
Curva	ICP-M	ICP-M
Conexión	Bornes para cable rígido hasta 25 mm <sup>2</sup>	Bornes para cable rígido de 25 o 35 mm <sup>2</sup>
Ancho por polo	2 pasos de 9 mm	2 pasos de 9 mm

tipo			
n.º polos	calibre (A)	referencias	
<p>1 polo protegido</p>	7,5	12284	11891
	10	12285	11892
	15	12286	11893
	20	12287	11894
	25	12288	11895
	30	12289	11896
	35	12290	11897
	40	12291	11898
	45	-	11899
	50	-	11900
<p>1+N</p>	7,5	12299	11910
	10	12300	11911
	15	12301	11912
	20	12302	11913
	25	12303	11914
	30	12304	11915
	35	12305	11916
	40	12306	11917
	45	-	11918
	50	-	11919
<p>1 polo protegido y neutro no protegido</p>	7,5	12314	11933
	10	12315	11934
	15	12316	11935
	20	12317	11936
	25	12318	11937
	30	12319	11938
	35	12320	11939
	40	12321	11940
	45	-	11941
	50	-	11942
<p>2 polos protegidos</p>	63	-	11943

■ Calibres de 1,5, 3, 5, y 6 disponibles en catálogo "Aparatos con DIN y cohetes modulares".

interruptores automáticos magnetotérmicos **DPN**, **DPN N**  
**UNE-EN 60898**



**DPN e DPN N**

Interruptores automáticos magnetotérmicos **DPN**:  
 Poder de corte: 6 kA UNE-EN 60947-2 4500 A UNE-EN 60898 Curvas C y B  
**DPN N**:  
 Poder de corte: 10 kA UNE-EN 60947-2 6000 A UNE-EN 60898 Curvas C y D

características comunes:  
 ■ Fases protegidas y neutro no protegido (aunque sí seccionado).  
 ■ Cierre brusco y corte plenamente aparente.  
 ■ Tensión de empleo: 230 V CA entre fase y neutro; 400 V CA entre fases.  
 ■ Fijación mediante clips bistables en la parte superior e inferior del aparato.  
 ■ Espacio en frontal para etiquetas adhesivas de identificación de 12 mm de altura.  
 ■ Acoplables todos los auxiliares comunes a las gamas 60 e ID.

características	DPN	DPN N
Tensión de empleo (V CA)	230	230
Poder de corte	6 kA/4500	10 kA/6000
Calibre	1 a 40 A a 30 °C	1 a 40 A a 30 °C
Curva	C, B	C, D
Conexión	Por bornes de caja para cable rígido hasta 16 mm <sup>2</sup> y compatibles con peine Clarío	
Ancho total	2 pasos de 9 mm (1P+N)	2 pasos de 9 mm (1P+N) 6 pasos de 9 mm (3P y 3P+N)

n.º polos	calibre (A)	referencias			
		curva C	curva B	curva C	curva D
<p>1 polo protegido y neutro no protegido</p>	1	21542	-	21552	-
	2	21543	-	21553	-
	3	21544	-	21554	-
	6	21545	21535	21555	21565
	10	21546	21536	21556	21566
	16	21547	21537	21557	21567
	20	21548	21538	21558	21568
	25	21549	21539	21559	21569
<p>3 polos protegidos</p>	32	21550	21540	21560	21570
	40	21551	21541	21561	21571
	6	-	-	21575	21585
	10	-	-	21576	21586
	16	-	-	21577	21587
	20	-	-	21578	21588
<p>3 polos protegidos y neutro sin protección</p>	25	-	-	21579	21589
	32	-	-	21580	21590
	40	-	-	21581	21591
	6	-	-	21595	21605
	10	-	-	21596	21606
	16	-	-	21597	21607
20	-	-	21598	21608	
25	-	-	21599	21609	
32	-	-	21600	21610	
40	-	-	21601	21611	

Compatible con peine Clarío, ver pág. 2/21.



**interruptores diferenciales  
ID residencial  
UNE-EN 61008**



- ID residencial**
- Clase AC (E) y protegido contra disparos intempestivos hasta 250 A, según onda 8/20 µs.
  - Disparo instantáneo.
  - Productos certificados AENOR conforme a la norma UNE-EN 61008.
  - No admite auxiliares.

características		ID residencial	
Tensión de empleo (V CA) a 50/60 Hz		230 (+10%, -15%)	
Calibre In.		25 y 40 A	
Temperatura de utilización		-5 °C a 60 °C	
Conexión		Por bornes de caja para cable rígido hasta 50 mm <sup>2</sup>	
Ancho por polo		2 pasos de 9 mm	
Indicador rojo de defecto diferencial			

tipo			
n.º de polos	sensibilidad (mA)	calibre (A)	referencias
2	30	25	15240
2	30	40	15261

**interruptores magnetotérmicos y diferenciales monobloc  
DPNa Vigi y DPN N Vigi "si"  
UNE-EN 61009**

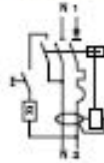


- DPNa Vigi 4500 A**  
**DPN N "si" Vigi 6000 A**
- Endurancia o número de ciclos (A-C):
    - Mecánica: 20.000.
    - Eléctrica:
      - ≤ 10 A 20.000
      - 20 A 15.000
      - 25-40 A 10.000
  - Cierre brusco.
  - DPNa Vigi posee una sola maneta.
  - DPN N Vigi "si" posee dos manetas: disparo diferencial (blanca) y disparo por magnetotérmico.
  - DPN N Vigi "si" seccionamiento con corte plenamente aparente.
  - Tropicalización: ejecución 2 (humedad relativa 95 % a 55 °C).
  - Inmunitad a disparos intempestivos: 250 A cresta para DPNa Vigi y 3 kA para DPN N Vigi según onda 8/20 µs.
  - DPNa Vigi no admite auxiliares.

características		DPNa Vigi	DPN N Vigi "si"
Tensión de empleo (V CA) a 50/60 Hz		230	230
Poder de corte (kA)		4,5	0
Clase		A	A
Curva		C	C
Calibre		10 y 16 A a 30 °C	
Conexión		Por bornes de caja para cable rígido hasta 10 mm <sup>2</sup>	
Ancho total del aparato		30 mm	30 mm

tipo			
n.º de polos	sensibilidad (mA)	calibre (A)	referencias
1 + N	10	10	19304
	10	10	19305
	30	0	-
	30	10	-
	30	10	-
	30	10	-
	30	20	-
	30	25	-
	30	32	-
	30	40	-
	300	0	-
	300	10	-
300	10	-	
300	20	-	
300	25	-	
300	32	-	
300	40	-	



# protección diferencial multi 9

interruptores diferenciales ID  
UNE-EN 61008



ID clase AC, A, A "st":  
 ■ Vida eléctrica: 20.000 maniobras.  
 ■ Tropicalización: ejecución 2 (95 % de humedad a 55 °C).  
 ■ Mando manual: por maneta.  
 ■ Aptos al seccionamiento con corte plenamente aparente.

ID clase A superinmunitizados "st":  
 Gama particularmente adaptada para asegurar la óptima protección y continuidad de servicio en instalaciones que presentan:  
 ■ Riesgo de disparos intempestivos, provocados por rayos, iluminación fluorescente electrónica, informática, maniobras bruscas en la red, etc.  
 ■ Riesgo de no disparo del dispositivo diferencial convencional en presencia de defecto por cogado,  
 ■ Para uso en sector terciario e industrial.  
 ■ Inmunidad a disparos intempestivos: nivel de inmunidad: 3 kA de cresta según onda periódica 8/20 µs para los instantáneos y 5 kA de cresta según onda periódica 8/20 µs para los selectivos.

clase A **STE**  
 ■ Superinmunitizada Influencias externas. La gama **STE** posee idénticas prestaciones que la gama "st" ante perturbaciones eléctricas y además evita el riesgo de no disparo del diferencial debido a la conexión interna en determinadas aplicaciones expuestas a atmósferas corrosivas tales como:  
 □ Compuestos de dióxido de Ozono.  
 □ Azufre.  
 □ Óxidos de nitrógeno.  
 □ Sal marina.  
 □ Humedad.

características		ID
Tensión de empleo (V CA) a 50/60 Hz.		240 V CA
Calibre In.		25 a 100 A
Temperatura de utilización		Clase AC: -5 °C a +60 °C Clase A y A "st": -25 °C a +60 °C
Resistencia a los cortocircuitos		$I_{sc} = I_{in} = 10 \text{ kA}$ $I_{sc} = I_{in} = 630 \text{ A}$ ( $I_{sc} \leq 63 \text{ A}$ ) $I_{sc} = I_{in} = 10 \cdot I_n$ ( $I_n > 63 \text{ A}$ )
Conexión		Por bornes de caja hasta 35 mm <sup>2</sup> (cable flexible) 50 mm <sup>2</sup> (cable rígido)
Ancho por polo		2 pasos de 9 mm
Indicador rojo de defecto diferencial		

## tipo

n.º de polos	tensión (V CA)	sensib. (mA)	calibre (A)	referencias	clase AC	clase A	clase A "st"	clase A <b>STE</b>					
Instantáneos	240	10	25	23008	-	-	-	-					
				30	25	23000*	23249	23523*	23300				
				30	40	23014*	23253*	23524*	23307				
				30	63	23018*	23258*	23525*	23352				
				30	80	23020*	-	-	-				
				300	25	23011*	23251	-	-				
				300	40	23016*	23255*	-	-				
				300	63	23021*	23261*	-	-				
				300	80	23030*	-	-	-				
				300	100	23034*	-	-	-				
				500	25	23012	-	-	-				
				500	40	23017	-	-	-				
				500	63	23022	-	-	-				
				500	80	23028	-	-	-				
				Selectivos	415	30	25	23036*	-	23526*	23377		
30	40	23042*	23303*					23529*	23379				
30	63	23047*	23308*					23530*	23383				
300	25	23040*	-					-	-				
300	40	23045*	23306*					-	-				
300	63	23046*	23312*					-	-				
300	80	23054*	-					-	-				
300	100	23058	-					-	-				
500	25	23041	-					-	-				
500	40	23048	-					-	-				
500	63	23051	-					-	-				
500	80	23055	-					-	-				
Selectivos	240	300	40					-	-	23361*	23314		
								300	63	23029*	-	23363*	23355
								300	80	23032*	-	23372*	-
				300	100	23035	-	23323	-				
				500	63	23029	-	23375	-				
				500	80	23033	-	-	-				
				Selectivos	415	300	40	23062*	-	23367*	23398		
								300	63	23068*	-	23362*	23401
								300	80	23069*	-	23304*	-
								300	100	23059	-	23342	-
								500	40	23063	-	23405	-
								500	63	23067	-	23407	-
								500	80	23070	-	23409	-

<sup>(\*)</sup> Modelo certificado por AENOR conforme a la norma UNE-EN 61008. Para detalles, ver pág. 3/22.

simbología:  
 Clase AC: detecta fugas de corriente alterna.  
 Clase A: detecta fugas de corriente alterna con componente continua.  
 Selectivo: incorporan retardo medio de 100 ms.

E.2. Taules de dades

E.2.1. Taules de valors per al càlcul del sistema geotèrmic de calefacció segons el catàleg D'UPONOR

Tabla 0 - Pérdidas de carga en accesorios

TIPO DE ACCESORIO	PÉRDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS [m de tubería equivalente] DIÁMETRO EXTERIOR DE LA TUBERÍA WIRSBO-EVALPEX										
	16	17	20	25	32	40	50	63	75	90	110
Manguito de unión	0,00	0,00	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,16	0,21	0,26	0,35
Manguito reducido	0,53	-	0,88	1,14	1,49	1,75	2,28	3,50	4,03	5,25	7,00
Codo	0,88	-	1,10	1,33	1,77	2,31	2,99	3,40	3,52	3,87	5,15
Te	0,26	-	0,35	0,53	0,70	0,88	1,05	1,23	1,40	1,58	1,75
Llave de corte	2,35	-	3,05	3,99	5,06	6,06	7,93	9,64	11,71	15,40	18,90

Tabla 1. Temperaturas interiores de cálculo para instalaciones de calefacción

Temperatura (T) expresada en °C. En instalaciones de calefacción de calidad extra se recomienda aumentar estos valores en 1°C

Local	T	Local	T	Local	T	Local	T
Espacios generales de edificios		- Guardarropa	16	- Retrete	20	- Comedor	18
- Aseo	20	- Habitación común profesores	18	- Sala Rayos X	22	- Dormitorio	15
- Hall de entrada	17	- Pasillo	17	- Sala de estar	21	- Entrada, escalera, pasillo	17
- Hueco escalera	17	- Retrete	17	- Sala de estar para ancianos o impedidos	22	- Gimnasio	15
- Pasillo	17	- Salón actos	17	- Sala de estar (personal de plantilla del hospital)	21	- Habitación común	19
- Retrete	17	- Sala de juegos niños	18			- Sala de reunión	17
Bancos		- Vestuario - ducha	19	Iglesias y capillas	18	- Sala de estudio - biblioteca	19
- Almacén no ocupado	10	Fábricas		Jugados (salas de Juicios)	20	Restaurantes	20
- Caja fuerte	10	- Comedor	18			Salas de baile	18
- Hall general	20	- Oficina	20	Lavanderías	17	Salas de banquetes	20
- Oficina	20	- Retrete	17	Hoteles		Salas de exposición	17
Bares / Cafeterías	18	Sala de trabajo:		- Baño	20	Salas de reuniones	17
Bibliotecas		- Trabajo sentado	19	- Cocina y lavadero	16	Teatros	18
- Almacén de libros	16	- Trabajo ligero	17	- Comedor	20	Tiendas de pinturas	22
- Sala de lectura	20	- Trabajo pesado	16	- Dormitorio	18	Tiendas y salas de exposición	
Cantinas	17	- Fundiciones	15	- Dormitorio - estar	20	- Almacén	15
Colegios		- Vestuario	17	- Habitación general	21	- Local	18
- Aula	18	Galerías de arte	17	- Retrete	18	- Local de prueba de vestidos	21
- Comedor	18	Gimnasios	15	- Sala de baile	20	Viviendas	
- Entrada, escalera, pasillo	17	Hostales y posadas		- Sala de estar	20	- Baño	20
- Gimnasio	15	- Comedor	19	Museos		- Comedor	20
- Laboratorio	18	- Dormitorio	15	Oficinas		- Despensa	10
- Sala de estudio	19	- Dormitorio - estar	19	- Archivo	15	- Dormitorio	15
- Sala de reunión	17	- Habitación común	20	- Oficina general	20	- Dormitorio - estar	20
- Vestuario	17	Hospitales		- Oficina privada	20	- Habitación de servicio	18
Cuarteles		- Baño	20	Patios de deporte		- Retrete y aseo	18
- Comedor	18	- Cocina y lavadero	16	Fabrilones de deporte		- Vestibulo y pasillo	18
- Dormitorio general	15	- Comedor	21	- Comedor	18		
- Sala de estar	19	- Dormitorio (estancia día)	22	- Gimnasio	13		
Escuelas		- Dormitorio (estancia noche)	15	- Piscina	24		
- Aula	18	- Dormitorio (personal del hospital)	15	- Sala de baile	18		
- Botiquín	20	Quirófano	20-32	- Vestuario	22		
- Comedor	17			Residencias			
- Gimnasio	15			- Baño	19		

Tabla 4. Conductividad térmica de los materiales

Materiales	Densidad aparente (Kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica (W/m°C)
<b>ROCAS Y SUELOS NATURALES</b>		
Rocas y terrenos		
- Rocas compactas	2500 - 3000	3,50
- Rocas porosas	1700 - 2500	2,33
- Arena con humedad natural	1700	1,40
- Suelo coherente humedad natural	1800	2,10
Arcilla	2100	0,93
Materiales suelos de relleno desecados al aire, en forjados, ...		
- Arena	1500	0,58
- Grava rodada o de machaqueo	1700	0,81
- Escoria de carbón	1200	0,19
- Cascote de ladrillo	1300	0,41
<b>PASTAS, MORTEROS Y HORMIGONES</b>		
Revestimientos continuos		
- Morteros de cal y bastardo	1600	0,87
- Mortero de cemento	2000	1,40
- Enlucido de yeso	800	0,30
- Enlucido de yeso con perlita	570	0,18
Hormigones normales y ligeros		
- Hormigón armado (normal)	2400	1,63
- Hormigón con áridos ligeros	600	0,17
- Hormigón con áridos ligeros	1000	0,33
- Hormigón con áridos ligeros	1400	0,55
- Hormigón celular con áridos síliceos	600	0,34
- Hormigón celular con áridos síliceos	1000	0,67
- Hormigón celular con áridos síliceos	1400	1,09
- Hormigón celular sin áridos	305	0,09
- Hormigón en masa con grava normal con áridos ligeros	1600	0,73
con áridos ordinarios, sin vibrar	2000	1,16
con áridos ordinarios, vibrado	2400	1,63
- Hormigón en masa con arcilla expandida	500	0,12
- Hormigón en masa con arcilla expandida	1500	0,55
Fábricas de bloques de hormigón incluidas juntas (1)		
- Con ladrillos silicocalcáreos macizos	1600	0,79
- Con ladrillos silicocalcáreos perforados	2500	0,56
- Con bloques huecos de hormigón	1000	0,44
- Con bloques huecos de hormigón	1200	0,49
- Con bloques huecos de hormigón	1400	0,56
- Con bloques de hormigón celular curado vapor	600	0,35
- Con bloques de hormigón celular curado vapor	800	0,41
- Con bloques de hormigón celular curado vapor	1000	0,47
- Con bloques de hormigón celular curado aire	800	0,44
- Con bloques de hormigón celular curado aire	1000	0,56
- Con bloques de hormigón celular curado aire	1200	0,70
Placas o paneles		
- Cartón-yeso	900	0,18
- Hormigón con fibra de madera	450	0,08
- Placas de escayola	800	0,30
<b>LADRILLOS Y PLAQUETAS</b>		
- Fábrica de ladrillo macizo	1800	0,87
- Fábrica de ladrillo perforado	1600	0,76
- Fábrica de ladrillo hueco	1200	0,49
- Plaquetas	2000	1,05

Materiales	Densidad aparente (Kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica (W/m°C)
<b>VIDRIO (2)</b>		
- Vidrio plano para acristalar	2500	0,95
<b>METALES</b>		
- Fundición y acero	7850	58
- Cobre	8900	384
- Bronce	8500	64
- Aluminio	2700	204
<b>MADERA</b>		
- Maderas frondosas	800	0,21
- Maderas de coníferas	600	0,14
- Contrachapado	600	0,14
- Tablero aglomerado de partículas	650	0,08
<b>PLASTICOS Y REVESTIMIENTOS DE SUELOS</b>		
- Linóleo	1200	0,19
- Moquetas, alfombras	1000	0,05
<b>MATERIALES BITUMINOSOS</b>		
- Asfalto	2100	0,19
- Betón	1050	0,17
- Láminas bituminosas	1100	0,19
<b>MATERIALES AISLANTES TERMICOS</b>		
- Arcilla expandida	300	0,085
- Arcilla expandida	450	0,114
- Aglomerado de corcho UNE 5.690	110	0,039
- Espuma elastomérica	60	0,034
- Fibra vidrio		
Tipo I	10 - 18	0,044
Tipo II	19 - 30	0,037
Tipo III	31 - 45	0,034
Tipo IV	46 - 65	0,033
Tipo V	66 - 90	0,033
Tipo VI	91	0,036
- Lana mineral		
Tipo I	30 - 50	0,042
Tipo II	51 - 70	0,040
Tipo III	71 - 90	0,038
Tipo IV	91 - 120	0,038
Tipo V	121 - 150	0,038
- Perlita expandida	130	0,047
- Poliestireno expandido UNE 53.310		
Tipo I	10	0,057
Tipo II	12	0,044
Tipo III	15	0,037
Tipo IV	20	0,034
Tipo V	25	0,033
- Poliestireno extrusionado	33	0,033
- Poliestireno reticulado	30	0,038
- Polisocianurato, espuma de	35	0,026
- Poliuretano conformado, espuma de		
Tipo I	32	0,023
Tipo II	35	0,023
Tipo III	40	0,023
Tipo IV	80	0,040
- Poliuretano aplicado in situ, espuma de		
Tipo I	35	0,023
Tipo II	40	0,023
- Urea formol, espuma de	10 - 12	0,034
- Urea formol, espuma de	12 - 14	0,035
- Vermiculita expandida	120	0,035
- Vidrio celular	160	0,044

Tabla 5. Resistencias térmicas superficiales [ $m^2 \cdot C/W$ ]

Posición del cerramiento Sentido de transmisión de calor	Situación del cerramiento					
	De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, deván o cámara de aire		
	1/hi	1/he	1/hi+1/he	1/hi	1/he	1/hi+1/he
Cerramiento vertical o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ Transmisión de calor horizontal	0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
Cerramiento horizontal o con pendiente sobre la horizontal $<60^\circ$ Transmisión de calor ascendente	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
Cerramiento horizontal Transmisión de calor descendente	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Tabla 6. Suplemento por interrupción de servicio ( $Z_L$ )

$Z_L$  en función del tipo de cerramiento, tipo de calefacción (lujo, reducida o normal) y la clase de servicio

Tipo de cerramiento	Lujo			Normal			Reducida		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Muros de hormigón o piedra	0,20	0,40	0,60	0,15	0,30	0,40	0,10	0,20	0,30
Muros de ladrillo macizo	0,15	0,30	0,45	0,06	0,20	0,30	0,08	0,15	0,25
Muros de ladrillo hueco	0,10	0,20	0,30	0	0,15	0,20	0,05	0,10	0,15
Hormigón poroso / tabiques	0,05	0,10	0,15	0,04	0,08	0,10	0,03	0,05	0,08
Muros con cámara de aire	0,04	0,08	0,12	0,04	0,08	0,10	0,02	0,04	0,06
Muros con aislamiento	0,02	0,04	0,06	0,02	0,04	0,06	0	0,02	0,04
Ventanas, puertas, paredes delgadas, cubiertas y techos	0	0	0	0	0	0	0	0	0

I: Servicio sin interrupción; marcha reducida por la noche  
 II: Interrupción del funcionamiento de 9 a 11 horas al día  
 III: Interrupción de 12 a 15 horas al día o más

Tabla 7. Suplemento por orientación ( $Z_o$ )

Orientación	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE
$Z_o$	- 0,050	- 0,025	0	0,025	0,050	0,025	0	- 0,025

Tabla 8 - Ganancias Internas de calor Q; por ocupación [W]

Ocupante	Actividad			
	Reposo	Moderada	Fuerte	Trabajo pesado
Varón adulto	114	174	290	590
Mujer adulta	97	148	247	493
Niño	86	131	218	435

Tabla 9 - Poderes caloríficos Inferiores (P.C.I.) de combustibles

Combustible	P.C.I.
Madera	2.700 Kcal/Kg
Carbón vegetal	6.500 Kcal/Kg
Gasóleo C	8.550 Kcal/litro
Fuel-oil	9.000 Kcal/litro
Gas-oil	10.000 Kcal/litro
Gas butano	11.860 Kcal/Kg
Gas propano	12.000 Kcal/Kg
Gas ciudad	4.200 Kcal/Kg
Energía eléctrica	860 Kcal/KWh

• **Conversió d'unitats segons catàleg UPONOR**

**Tabla 10 - Conversión de unidades de energía**

Julio	Kilocaloria	Kilowatio hora	British Thermal Unit	Tonelada equivalente de carbón	Tonelada equivalente de petróleo	Termia
J	Kcal	KW/h	BTU	tec	tep	th
1	0,239x10 <sup>3</sup>	0,277x10 <sup>-4</sup>	0,948x10 <sup>-2</sup>	34,14x10 <sup>-2</sup>	34,14x10 <sup>-2</sup>	2,39x10 <sup>-7</sup>
4,184x10 <sup>1</sup>	1	1,162x10 <sup>-2</sup>	3,968	0,143x10 <sup>-4</sup>	1x10 <sup>-7</sup>	1x10 <sup>-2</sup>
3,6x10 <sup>6</sup>	860	1	3,414x10 <sup>3</sup>	1,229x10 <sup>-4</sup>	8,604x10 <sup>-4</sup>	0,860
1,054x10 <sup>4</sup>	0,252	0,293x10 <sup>4</sup>	1	3,6x10 <sup>-4</sup>	2,52x10 <sup>-4</sup>	2,52x10 <sup>-4</sup>
2,93x10 <sup>3</sup>	7x10 <sup>6</sup>	8,135x10 <sup>4</sup>	2,77x10 <sup>7</sup>	1	0,7	7x10 <sup>6</sup>
4,184x10 <sup>3</sup>	1x10 <sup>7</sup>	1,162x10 <sup>4</sup>	3,97x10 <sup>7</sup>	1,429	1	1x10 <sup>4</sup>
4,184x10 <sup>4</sup>	1x10 <sup>7</sup>	1,162	3,97x10 <sup>7</sup>	1,429x10 <sup>-4</sup>	1x10 <sup>-4</sup>	1

**Tabla 11 - Conversión de unidades de potencia**

Kilowatio	Kilocaloria/hora	Btu/hora	Horse Power	Caballo vapor	Tonelada de refrigeración
KW	Kcal/h	Btu/h	hp	CV	ton
1	859,84523	3412,1416	1,3410221	1,3596216	0,2943494
1,163x10 <sup>-1</sup>	1	3,9683207	1,5596x10 <sup>-2</sup>	1,5812x10 <sup>-1</sup>	3,3070x10 <sup>-2</sup>
2,9307x10 <sup>-1</sup>	0,2519958	1	3,930x10 <sup>-1</sup>	3,9847x10 <sup>-1</sup>	8,3335x10 <sup>-4</sup>
0,7456999	641,18648	2544,4336	1	1,0138697	0,2120393
0,7354988	632,41509	2509,6259	0,9863201	1	0,2091386
3,5168	3023,9037	11999,820	4,7161065	4,7815173	1

**Tabla 12 - Conversión de unidades de presión**

Kilopascal	Atmósfera técnica	Milimetro de columna de Hg	Metros de columna de agua	Libras por pulgada <sup>2</sup>	bar
KN/m <sup>2</sup> KPa	Kgf/cm <sup>2</sup> at	mmHg	mH <sub>2</sub> O	Lbf/in <sup>2</sup> psi	bar
1	0,0101972	75006278	0,1019745	0,1450377	0,01
98,0665	1	735,560217	10,00028	14,2233433	0,980665
0,1333222	1,3595x10 <sup>-2</sup>	1	0,0135955	0,0193367	1,3332x10 <sup>-2</sup>
9,8063754	0,0999972	73,5539622	1	1,4222945	0,0980638
6,8947573	0,0703070	51,7150013	0,7030893	1	0,0689476
100	1,0197162	750,062679	10,1674477	14,5037738	1



**E.2.2. Dades climatològiques municipi de Perafita**

ANY (a)	MES (m)	T (°C)	TMAX (°C)	TMIN (°C)	VV (m/s)	PLUJA (l)	RGACUM (KWh/m <sup>2</sup> )	RNACUM (KWh/m <sup>2</sup> )	PLUJA (d)	GELADA (d)
1996	1	5,6	8,9	2,6	1,5	169,8	136,8	49,1	29,0	3,0
1996	2	3,2	8,3	-1,2	1,6	13,8	308,0	120,7	8,0	18,0
1996	3	6,3	11,5	1,8	1,5	31,0	395,2	193,2	21,0	8,0
1996	4	9,7	15,0	5,0	1,6	88,8	506,6	257,5	21,0	3,0
1996	5	12,7	18,9	6,8	1,4	75,8	726,0	406,5	18,0	0,0
1996	6	17,2	23,8	11,1	1,3	78,2	718,5	432,7	17,0	0,0
1996	7	19,4	26,3	13,5	1,4	80,0	711,1	385,5	14,0	0,0
1996	8	18,8	24,8	13,8	1,2	83,4	621,3	344,4	22,0	0,0
1996	9	13,7	19,2	9,0	1,1	175,8	440,6	188,9	23,0	0,0
1996	10	11,2	16,8	6,9	0,9	115,4	342,8	155,6	21,0	0,0
1996	11	6,8	11,2	3,0	1,1	200,8	178,4	73,2	19,0	9,0
1996	12	5,4	9,0	2,6	1,4	127,8	139,2	54,6	20,0	7,0
1997	1	4,8	8,8	2,0	1,6	122,4	158,3	67,5	23,0	8,0
1997	2	7,0	13,0	2,3	1,2	10,6	320,3	135,3	14,0	4,0
1997	3	10,6	17,5	4,7	1,4	0,4	549,0	231,5	2,0	0,0
1997	4	11,1	17,4	5,1	1,6	36,6	609,6	285,8	13,0	2,0
1997	5	14,5	20,8	8,5	1,7	19,4	703,5	351,3	12,0	1,0
1997	6	17,0	22,8	11,8	1,6	108,0	658,7	358,2	15,0	0,0
1997	7	19,0	25,8	13,1	1,3	65,2	742,2	413,9	15,0	0,0
1997	8	20,4	26,9	15,0	1,2	110,6	626,8	327,7	20,0	0,0
1997	9	17,6	24,3	12,5	1,2	62,0	511,6	254,4	19,0	0,0
1997	10	14,2	20,4	9,2	1,1	17,2	377,7	160,1	16,0	1,0
1997	11	7,6	12,1	4,1	1,0	68,8	193,4	77,0	22,0	2,0
1997	12	4,3	8,8	0,6	1,1	118,2	162,4	41,7	20,0	13,0
1998	1	4,5	9,3	1,0	1,4	26,0	196,8	58,6	18,0	11,0
1998	2	7,4	14,0	2,1	1,3	8,6	337,2	134,2	8,0	7,0
1998	3	9,0	15,5	3,5	1,5	3,8	485,4	212,5	5,0	7,0
1998	4	8,1	14,1	2,5	2,2	63,0	549,1	265,3	16,0	8,0
1998	5	13,5	19,5	8,0	1,5	78,2	640,8	321,1	15,0	0,0
1998	6	18,3	25,0	12,3	1,6	70,4	744,9	402,1	10,0	0,0
1998	7	21,6	29,5	14,4	1,6	1,6	815,8	407,6	4,0	0,0
1998	8	20,5	27,8	14,8	1,3	116,8	648,8	366,6	14,0	0,0
1998	9	16,5	23,2	10,8	1,5	42,4	485,4	207,2	13,0	0,0
1998	10	11,3	17,5	6,4	1,1	42,4	388,1	175,2	13,0	0,0
1998	11	5,6	11,3	1,3	1,2	14,8	252,7	103,4	18,0	10,0
1998	12	4,2	9,4	0,4	1,3	45,6	181,7	55,0	12,0	16,0
1999	1	4,0	8,9	0,3	1,3	94,8	222,2	81,0	18,0	12,0
1999	2	3,7	10,0	-1,1	1,5	5,8	320,1	124,1	5,0	18,0
1999	3	7,9	14,1	2,5	1,8	10,0	459,6	203,4	13,0	6,0
1999	4	9,9	16,3	4,5	1,9	51,4	596,4	288,6	13,0	2,0
1999	5	15,8	21,9	10,3	1,8	77,4	699,3	359,8	12,0	0,0
1999	6	17,8	24,5	12,0	1,5	71,4	715,1	399,8	13,0	0,0
1999	7	20,6	28,1	14,8	1,5	67,8	700,8	396,3	12,0	0,0
1999	8	21,3	28,3	15,8	1,6	33,6	657,5	375,7	14,0	0,0
1999	9	17,1	23,2	12,2	1,5	148,2	480,7	223,1	15,0	0,0
1999	10	12,9	18,5	8,4	1,2	100,2	344,6	145,8	14,0	0,0
1999	11	4,9	10,3	0,5	1,2	81,4	246,7	99,3	19,0	14,0
1999	12	3,6	8,6	-0,4	1,4	13,0	198,5	65,0	14,0	18,0
2000	1	2,4	8,1	-1,6	1,1	6,2	237,9	88,2	18,0	23,0

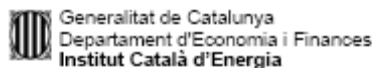
2000	2	7,3	13,5	2,4	1,3	1,2	336,2	137,3	6,0	4,0
2000	3	8,4	14,8	3,0	1,6	30,8	464,3	195,2	12,0	6,0
2000	4	9,2	14,7	4,1	1,9	77,8	563,8	283,8	18,0	2,0
2000	5	15,1	21,2	10,2	1,5	104,8	649,3	349,9	17,0	0,0
2000	6	18,3	25,3	12,4	1,4	51,0	736,9	410,9	9,0	0,0
2000	7	19,7	27,7	13,6	1,6	19,0	755,0	417,8	7,0	0,0
2000	8	21,7	29,9	15,0	1,6	33,0	685,3	361,0	9,0	0,0
2000	9	17,6	25,0	12,1	1,4	131,8	535,9	265,1	15,0	0,0
2000	10	11,6	16,7	7,7	1,3	68,6	314,4	119,1	22,0	0,0
2000	11	5,8	10,6	1,6	1,4	34,4	216,9	51,3	19,0	10,0
2000	12	5,5	9,7	2,3	1,3	111,0	154,4	37,0	23,0	7,0
2001	1	4,6	9,1	1,0	1,5	57,4	193,1	77,8	18,0	11,0
2001	2	5,0	10,9	0,3	1,6	26,0	333,3	141,8	9,0	13,0
2001	3	10,0	15,8	4,9	2,0	60,0	477,4	218,7	14,0	2,0
2001	4	9,7	16,4	3,9	1,8	9,4	559,8	266,1	7,0	3,0
2001	5	14,7	21,1	9,3	1,5	52,8	591,7	311,8	15,0	0,0
2001	6	19,7	27,6	12,9	1,5	13,4	813,1	431,6	4,0	0,0
2001	7	20,6	28,0	14,5	1,5	72,8	746,2	405,0	9,0	0,0
2001	8	22,1	30,2	16,2	1,5	64,0	721,2	396,5	8,0	0,0
2001	9	15,7	22,3	10,7	1,3	50,0	535,3	312,6	15,0	0,0
2001	10	15,0	21,1	10,5	1,3	70,6	378,3	159,8	16,0	0,0
2001	11	5,8	11,1	1,8	1,5	44,4	221,2	41,9	18,0	9,0
2001	12	1,4	6,8	-2,4	1,1	12,0	213,5	29,0	6,0	22,0
2002	1	4,1	9,7	0,3	1,1	14,8	227,6	20,5	12,0	14,0
2002	2	6,0	12,2	1,2	1,3	16,2	330,4	87,4	9,0	8,0
2002	3	8,8	14,6	3,9	1,7	22,4	447,4	158,5	12,0	2,0
2002	4	10,5	15,9	6,0	1,9	88,8	516,3	203,4	15,0	0,0
2002	5	12,5	18,1	7,3	1,8	117,0	653,1	338,5	19,0	0,0
2002	6	18,9	26,0	12,7	1,3	102,2	771,2	401,7	8,0	0,0
2002	7	20,0	27,0	14,4	1,5	34,8	716,8	365,7	6,0	0,0
2002	8	18,4	25,3	13,2	1,4	105,8	606,3	321,1	18,0	0,0
2002	9	15,6	21,7	11,0	1,2	101,6	493,8	266,3	18,0	0,0
2002	10	12,5	17,9	8,4	1,2	65,0	362,2	185,8	17,0	0,0
2002	11	7,7	12,6	3,8	1,2	58,6	225,8	108,5	20,0	1,0
2002	12	5,1	8,9	2,0	1,1	44,0	150,7	68,6	15,0	7,0
2003	1	2,7	7,7	-1,2	1,4	26,6	230,3	109,1	13,0	20,0
2003	2	2,9	7,3	-0,5	1,7	62,8	225,1	99,9	15,0	16,0
2003	3	8,9	14,9	3,6	1,6	2,2	513,1	257,3	7,0	2,0
2003	4	10,6	16,7	4,9	2,1	1,6	592,4	272,3	6,0	2,0
2003	5	15,3	22,0	9,4	1,6	54,2	684,7	341,1	9,0	0,0
2003	6	22,2	30,4	15,4	1,4	34,2	775,1	389,7	10,0	0,0
2003	7	22,6	30,4	16,1	1,7	28,8	819,1	412,4	7,0	0,0
2003	8	24,2	32,3	17,5	1,6	37,2	724,3	344,2	4,0	0,0
2003	9	16,6	22,6	12,2	1,4	116,6	473,7	220,3	14,0	0,0
2003	10	10,8	15,1	7,0	1,8	125,8	300,5	138,4	18,0	2,0
2003	11	8,7	13,6	5,1	1,2	36,4	216,1	94,3	15,0	3,0
2003	12	4,1	8,9	0,5	1,2	78,6	185,1	76,0	19,0	13,0
2004	1	4,1	9,2	0,4	1,4	6,6	217,7	84,6	9,0	15,0
2004	2	4,9	10,5	0,7	1,3	57,2	285,9	118,3	16,0	13,0
2004	3	6,1	12,0	1,5	1,8	65,2	434,3	196,3	15,0	15,0
2004	4	8,6	13,9	4,2	1,9	113,2	524,2	259,3	18,0	4,0
2004	5	12,1	18,1	7,1	1,7	82,8	627,1	321,2	18,0	0,0
2004	6	18,9	25,9	12,8	1,4	58,6	766,5	400,5	9,0	0,0

2004	7	19,9	27,0	13,7	1,4	91,8	795,5	415,1	11,0	0,0
2004	8	20,5	27,4	15,1	1,4	61,2	699,4	371,7	12,0	0,0
2004	9	17,8	24,0	12,9	1,3	49,4	509,0	264,7	14,0	0,0
2004	10	13,8	19,9	9,0	1,4	22,8	370,9	178,8	17,0	0,0
2004	11	6,1	12,4	1,9	1,0	10,8	244,0	108,1	12,0	7,0
2004	12	4,6	9,4	1,1	1,5	51,8	182,5	79,9	17,0	12,0
2005	1	2,1	8,5	-2,3	1,3	2,4	266,4	112,5	9,0	20,0
2005	2	1,4	7,5	-3,3	1,7	17,6	333,0	162,4	11,0	23,0
2005	3	6,9	14,1	1,5	1,1	22,0	529,9	248,9	10,0	12,0
2005	4	10,5	17,2	4,5	1,2	8,2	623,0	309,0	7,0	2,0
2005	5	16,3	23,7	9,9	0,7	37,0	592,3	308,8	9,0	0,0
2005	6	-0,1	26,6	-12,7	0,7	49,6	438,2	231,7	11,0	11,0
2005	7	21,5	29,4	15,2	0,7	82,8	804,7	438,1	10,0	0,0
2005	8	19,4	26,6	13,7	0,6	97,0	637,8	324,1	13,0	0,0
2005	9	16,4	22,7	11,1	0,6	176,8	531,1	251,2	16,0	0,0
2005	10	13,2	18,2	9,5	0,6	116,6	314,4	142,8	22,0	0,0
2005	11	6,4	11,1	2,6	0,8	21,4	203,3	69,0	12,0	8,0
2005	12	0,8	6,3	-2,7	0,5	30,6	197,4	50,4	13,0	27,0
2006	1	2,2	7,0	-2,6	0,9	118,0	150,1	47,4	17,0	19,0
2006	2	3,6	9,3	-0,6	0,8	8,8	313,6	123,5	8,0	18,0
2006	3	8,0	13,9	3,0	1,3	23,8	478,9	200,6	11,0	6,0
2006	4	11,1	17,7	5,6	0,8	70,2	603,0	273,2	12,0	1,0
2006	5	15,7	22,7	9,6	0,9	38,6	781,3	388,3	8,0	0,0
2006	6	19,9	27,9	12,8	0,8	8,2	794,6	385,3	5,0	0,0
2006	7	23,3	32,1	16,7	0,7	41,8	789,7	403,0	13,0	0,0
2006	8	18,8	26,1	13,3	0,7	47,4	683,2	357,7	12,0	0,0
2006	9	17,8	24,1	13,4	0,6	76,0	484,0	264,2	17,0	0,0
2006	10	14,8	20,2	10,7	0,9	34,6	365,3	172,8	12,0	0,0
2006	11	9,4	14,4	5,3	0,5	12,4	216,1	88,1	18,0	0,0
2006	12	5,0	10,0	0,8	0,9	25,2	211,3	65,1	15,0	14,0
2007	1	4,8	10,3	0,8	0,5	13,0	244,1	82,7	13,0	11,0
2007	2	6,2	11,7	1,6	0,6	32,0	274,4	99,5	14,0	5,0
2007	3	6,9	13,0	1,5	1,1	37,6	466,0	187,9	9,0	8,0
2007	4	11,8	17,1	7,3	1,6	102,2	486,0	232,3	18,0	0,0
2007	5	14,5	21,0	8,1	1,0	68,4	705,6	356,0	13,0	0,0
2007	6	18,0	25,1	12,0	0,9	64,8	776,2	402,1	10,0	0,0
2007	7	20,8	28,7	14,2	0,7	6,4	831,3	410,8	4,0	0,0
2007	8	19,6	26,6	14,3	0,8	51,8	637,3	343,1	13,0	0,0
2007	9	17,0	23,8	11,6	0,7	28,2	541,4	290,1	8,0	0,0
<b>2007</b>	10	12,8	19,0	8,3	0,7	68,8	408,8	170,1	14,0	0,0

Taula 1. Taula de dades climatològiques de la estació meteorològica del Mas la Tria de Perafita.

## E.2.3.Tarifes de l'energia

## • Tarifa oficial Gas Natural del març del 2008



## Full informatiu dels preus de l'energia

[http://www.gencat.cat/economia/ambits/energia\\_mines/energia/preus/index.html](http://www.gencat.cat/economia/ambits/energia_mines/energia/preus/index.html)

núm 379, 18 de març de 2008

Edita: Àrea de Planificació Energètica

## Tarifes integrals del gas natural

(MERCAT REGULAT)

Consum	terme fix (euro / client i mes)	terme variable (euro / kWh)
<b>Pressió &lt;= 4 bar</b>		
T.1 <= 5.000 kWh / any	2,56	0,051929
T.2 > 5.000 i <= 50.000 kWh / any	5,72	0,044290
T.3 > 50.000 i <= 100.000 kWh / any	44,17	0,034872
T.4 > 100.000 kWh / any	66,77	0,032196

Aquestes tarifes tenen caràcter transitori i seran aplicables per les companyies distribuïdores fins al 30 de juny de 2008 inclos. A partir de l'1 de juliol de 2008 s'aplicarà la tarifa d'últim recurs.

Ordre ITC/3861/2006 (BOE núm. 312, de 29 de desembre de 2007.)

NOTA: Aquests preus no inclouen impostos.

Calendari previst d'aplicació del subministrament d'últim recurs

(Disposició transitòria cinquena de la Llei 12/2007, de 2 de juliol, per la qual es modifica la Llei 34/1998, de 7 d'octubre, del Sector d'Hidrocarburs (BOE núm. 158, de 3 de juliol de 2007.)

Només podran acollir-se a la tarifa d'últim recurs els consumidors següents:

A partir de l'1 de juliol de 2008

Connectats a gasoductes amb un pressió <= 4 bar  
Consum anual < 3 GWh

A partir de l'1 de juliol de 2009

Connectats a gasoductes amb un pressió <= 4 bar  
Consum anual < 2 GWh

A partir de l'1 de juliol de 2010

Connectats a gasoductes amb un pressió <= 4 bar  
Consum anual < 1 GWh

## Preus màxims dels gasos líquids del petroli (GLP)

<b>Gasos líquids del petroli envasats i a dojo</b>	
	(euro / kg)
Envasats càrregues >= 8 kg i < 20 kg (butà o propà) (1)	0,892820
A dojo per a usuaris finals (propà)	liberalitzat
Per a automoció	liberalitzat
Subministrament a empreses d'envasos populars	liberalitzat
<b>Gasos líquids del petroli per canalització a usuaris finals (propà)</b>	
Terme fix	(euro / mes) 1,286166
Terme variable	(euro / kg) 0,866916
<b>A dojo a empreses distribuïdores de GLP per canalització (propà)</b>	(euro / kg) 0,748227

(1) Resolució de 10 de desembre de 2007, de la Direcció General de Política Energètica i Mines (BOE núm. 313, de 31 de desembre de 2007) en vigor a partir de l'1 de gener de 2008.

Restat: Resolució de 13 de març de 2008, de la Direcció General de Política Energètica i Mines (BOE núm. 66, de 17 de març de 2008) en vigor a partir del 18 de març de 2008.

NOTA: Aquests preus no inclouen els impostos especials ni IVA.

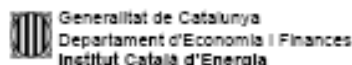
El GLP per a usos diferents als carburants està exempt de l'impost especial d'hidrocarburs (RDL 15/1998, 1 d'octubre). L'IVA a aplicar és del 16%.

Preu amb impostos de la bombona de butà de 12,5 kg: 12,94 euros

## Gas Natural Líquat (MERCAT LLIURE)

Els preus dels subministraments de gas natural líquid (GNL) efectuats a partir de plantes terminals de recepció, emmagatzematge i regasificació de gas natural líquid pel subministrament a consumidors finals van quedar liberalitzats en data 16 de febrer de 2002 com a conseqüència de l'entrada en vigor de l'Ordre ECO/302/2002, de 15 de febrer.

• Tarifa combustibles Fòssils març del 2008



Full informatiu dels preus de l'energia

[http://www.gencat.cat/economia/ambits/energia\\_mina/energia/preus/index.html](http://www.gencat.cat/economia/ambits/energia_mina/energia/preus/index.html)

núm 378, 18 de març de 2008

Edita: Àrea de Planificació Energètica

Preus dels combustibles líquids (Espanya)

Gasolines (cont.euro/)	
L.C. 95 (1)	110,75
Gasolis (cont.euro/)	
Gasol automotó (A) (1)	106,85
Gasol calefacció (C) (2)	79,55
Fuelolis (cont.euro/Tm)	
Fuel 1 (= 1% sobte) (2)	472,35

(1) Preus mitjana de referència de gener de 2008. Font: Informe mensual de Precios de Combustibles y Combustibles del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Gener 2008. Aquests preus inclouen el corresponent impost especial d'hidrocarburs, els trams estatal i autonòmic de l'impost sobre vendes minoristes i IVA.

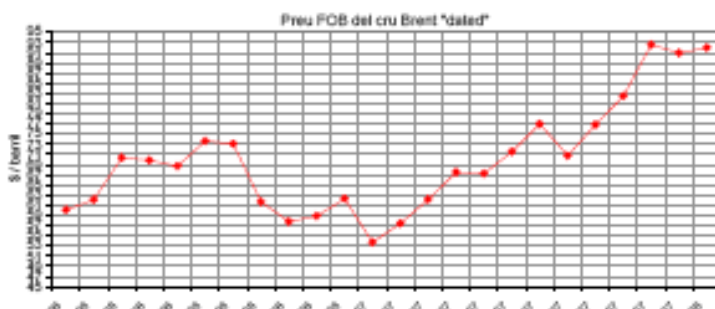
(2) Calculats a partir dels preus de referència, abans d'impostos, en data 10 de març de 2008, del Bulletin Petroler, de la Comissió Europea, Núm 1300, als quals se'ls hi ha aplicat el corresponent impost especial d'hidrocarburs, el tram estatal de l'impost sobre vendes minoristes i IVA.

Preus dels combustibles líquids (Catalunya)

Gasolines (cont.euro/)	
L.C. 95 (1)	111,3
Gasolis (cont.euro/)	
Gasol automotó (A) (1)	108,3

(1) Preus mitjana de referència de gener de 2008. Font: Informe mensual de Precios de Combustibles y Combustibles del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Gener 2008. Aquests preus inclouen l'impost especial d'hidrocarburs, els trams estatal i autonòmic de l'impost sobre vendes minoristes i IVA.

Cotització mitjana del cru Brent als mercats internacionals



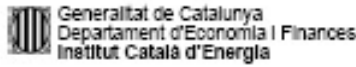
Preu FOB	Feb.05	Mar.05	Abr.05	Mai.05	Jun.05	Jul.05	Ag.05	Sep.05	Oct.05	Nov.05	Des.05	Gen.06
Brent (\$ / barril)	55,1	62,1	70,4	69,8	66,7	73,7	73,1	61,7	57,6	58,9	62,3	53,7
	Feb.07	Mar.07	Abr.07	Mai.07	Jun.07	Jul.07	Ag.07	Sep.07	Oct.07	Nov.07	Des.07	Gen.08
	57,4	62,2	67,5	67,2	71,5	77,0	70,7	76,9	82,5	92,6	91,0	(*)

Preu FOB = Free On Board (cost, sense assegurança ni nòrt.)  
 Font: Informe mensual de Precios de Combustibles y Combustibles del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Gener 2008.  
 (\*) Dada no facilitada a l'informe mensual del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Altres cotitzacions en els mercats internacionals

Cotització a futur del cru WTI (Maig'08) (de referència a U.S.A.)	17/03/2008	194,23 \$/barril
Font: NYMEX (NEW YORK EXCHANGE) ( <a href="http://www2.barchart.com/nymex.asp?section=energies">www2.barchart.com/nymex.asp?section=energies</a> )		
Cotització a futur del cru Brent (Maig'08)	17/03/2008	101,75 \$/barril
Font: ICE (INTERCONTINENTAL EXCHANGE, INC.) ( <a href="http://www.ice.com/marketsdata/settlements/prices/getDailySettlementsResults.do">www.ice.com/marketsdata/settlements/prices/getDailySettlementsResults.do</a> )		
Cotització a futur del gas natural - HENRY HUB (Maig'08) (de referència a U.S.A.)	17/03/2008	3,197 \$/MMBTU
Font: NYMEX (NEW YORK EXCHANGE) ( <a href="http://www2.barchart.com/nymex.asp?section=energies">www2.barchart.com/nymex.asp?section=energies</a> )		

• Tarifa oficial electricitat març del 2008



Full informatiu dels preus de l'energia

http://www.gencat.cat/economia/ambts/energia\_mines/energia/preus/index.html  
 Edita: Àrea de Planificació Energètica

núm 378, 18 de març de 2008

Tarifes bàsiques  
 elèctriques  
 (MERCAT REGULAT)

	Definició	terme potència (euro / kW/mes)	terme energia (euro / kWh)
<b>Baixa tensió</b>			
1.0 (1)	Potència <= 1 kW	0,291980	0,065630
2.0.1 (1)	General, potència > 1 kW i <= 2,5 kW	1,621373	0,092111
2.0.2 (1)	General, potència > 2,5 kW i <= 5 kW	1,634669	0,092634
2.0.3 (1)	General, potència > 5 kW i <= 10 kW	1,642385	0,093303
2.0 nocturna (2)	General, potència <= 15 kW, nocturna	1,752513	Punta: 0,102279 - Vall: 0,046361
3.0.1 (1)	General, potència > 10 kW i <= 15 kW	1,752513	0,099562
3.0.2 (3)	General, potència > 15 kW	1,985449	0,095576
R.0 (4)	Recs agrícoles	0,420542	0,097596
<b>Alta tensió. Tarifes generals (4)</b>			
<b>Curta utilització</b>			
1.1	General <= 36 kV	2,391462	0,062403
1.2	General > 36 kV i <= 72,5 kV	2,391503	0,077374
1.3	General > 72,5 kV i <= 145 kV	2,585189	0,075092
1.4	General > 145 kV	2,124066	0,072575
<b>Mijana utilització</b>			
2.1	General <= 36 kV	4,944361	0,075525
2.2	General > 36 kV i <= 72,5 kV	4,075666	0,070707
2.3	General > 72,5 kV i <= 145 kV	4,522111	0,069652
2.4	General > 145 kV	4,405947	0,066440
<b>Larga utilització</b>			
3.1	General <= 36 kV	13,192136	0,062631
3.2	General > 36 kV i <= 72,5 kV	12,335805	0,059158
3.3	General > 72,5 kV i <= 145 kV	11,957785	0,056976
3.4	General > 145 kV	11,595193	0,055324
<b>Alta tensió. Recs agrícoles</b>			
R.1 (4)	> 1 kV i <= 36 kV	0,647756	0,088891
R.2 (4)	> 36 kV i <= 72,5 kV	0,615364	0,063706
R.3 (4)	> 72,5 kV	0,582961	0,060889
<b>Alta Tensió, G.4 (Grans consumidors)</b>			
	Potència > 100.000 kW (1 sol punt) Utilització anual > 6.000 hores Utilització mensual > 22 hores diàries de la potència contractada Tensió nominal > 145 kV	12,567050	0,014396
<b>Alta tensió. Venda a distribuïdors</b>			
D.1	<= 36 kV	2,638657	0,055896
D.2	> 36 kV i <= 72,5 kV	2,490768	0,053239
D.3	> 72,5 kV i <= 145 kV	2,428496	0,051372
D.4	> 145 kV	2,350562	0,049971

(1) Quan no s'apliqui el complement per discriminació horària determinat a l'apartat següent, i el consum promig diari sigui superior a l'equivalent a 1.100 kWh en un bimestre (lectures reals de comptador), s'aplicarà un recàrrec de 0,0134 euro/kWh a l'excés consumit.

A aquestes tarifes, quan se'ls apliqui el complement per discriminació horària de dos períodes, s'aplicaran directament els següents preus a l'energia consumida en cadascun dels períodes horaris:

		terme energia punta (euro / kWh)	terme energia vall (euro / kWh)
1.0	Potència <= 1 kW	0,088500	0,034783
2.0.1	General, potència > 1 kW i <= 2,5 kW	0,124349	0,048819
2.0.2	General, potència > 2,5 kW i <= 5 kW	0,125326	0,049202
2.0.3	General, potència > 5 kW i <= 10 kW	0,125959	0,049451
3.0.1	General, potència > 10 kW i <= 15 kW	0,134408	0,052767

(2) A partir de l'1 de juliol de 2008 desaparirà la tarifa 2.0 amb discriminació horària nocturna. Poden continuar aprofitant a aquesta tarifa fins a la data esmentada aquells subministraments que a l'1 de juliol de 2007 ja estiguessin aprofitant a aquesta tarifa.

(3) A partir de l'1 de juliol de 2007 s'ha suprimit la tarifa 4.0 que queda incorporada dins de la tarifa general 3.0.2 per potències superiors a 15 kW.

(4) Les tarifes de recs agrícoles es poden aplicar fins a l'1 de juliol de 2008.

A partir de l'1 de juliol de 2008 també es suprimeixen les tarifes generals d'alta tensió i la tarifa horària de potència.

Ordre ITC/3860/2007 (BOE núm. 312, de 29 de desembre de 2007.)

Tarifes elèctriques integrals definides a l'ordre de 12 de gener de 1995 i modificacions posteriors.

NOTA: Aquests preus no inclouen l'impost sobre l'electricitat ni l'IVA.



**EPS**

Escola Politècnica  
Superior

## **Projecte/Treball Fi de Carrera**

**Estudi:** Enginyeria Industrial. Pla 1994

**Títol:** Projecte d'instal·lacions sostenibles d'una masia rural aïllada

**Document:** ANNEX F ESTUDI BÀSIC DE SEGURETAT I SALUT

**Alumne:** Antoni Casanovas Iborra

**Director/Tutor:** Josep Maria Corretger

**Departament:** Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

**Àrea:** MMT

**Convocatòria** (mes/any): Setembre 2008





<b>F.1. ESTUDI BÀSIC DE SEGURETAT I SALUT .....</b>	<b>2</b>
F.1.2. DESIGNACIÓ DE COORDINADOR/S EN MATÈRIA DE SEGURETAT .....	2
F.1.3. PLA DE SEGURETAT I SALUT .....	3
F.1.4. CONCLUSIÓ .....	6

## **F.1. Estudi Bàsic de Seguretat i Salut**

- **Promotor.**

Obra: Instal·lacions en una masia annexa al mas Vilaseca de Sant Bartomeu del Grau amb aprofitament d'energia solar fotovoltaica, energia geotèrmica i depuració d'aigües residuals.

Tipus d'obra/instal·lació: Instal·lacions generals

Data prevista inici d'obra: 02.09.2008

Duració treballs: 38 dies aproximadament

Nombre treballadors: 2-6

Promotor: Antoni Casanovas Iborra

Localització: Mas Vilaseca s/n

Població: Sant Bartomeu del Grau, Barcelona

### **F.1.2. Designació de coordinador/s en matèria de seguretat**

Nombre projectistes 1

Previsió nombre empreses instal·ladores 4

Necessitat designació coordinador seguretat No

- Fase elaboració projecte No

- Fase d'execució de l'obra No

### **F.1.3. Pla de Seguretat i Salut**

Aplicant aquest estudi bàsic, el contractista elaborarà un pla de seguretat i salut, d'acord amb l'article 7 de RD 1627/1997.

- **Generalitats**

Per al desenvolupament de les activitats amb tota normalitat per part del personal encarregat, s'aplicaran totes les mesures pertinents segons les disposicions emmarcades en el Reial Decret 1627/97 i les de l'Ordenança General d'Higiene i Seguretat en el Treball, en funció del risc específic dels treballs necessaris a realitzar.

- **Serveis d'higiene i caseta d'obra**

Cal indicar que el personal encarregat dels treballs, podrà utilitzar els mateixos serveis de la planta o local existents. Aquests serveis s'estimen suficients i sobrants per al personal esmentat o en tot cas caldrà la instal·lació de provisionals si es dona el cas.

Es considera convenient per treballs on caldrà executar obres que es precisa d'oficina i magatzem, la instal·lació de mòdul prefabricat, a on es guardarà la farmaciola i un extintor de pols seca.

- **Serveis sanitaris d'urgència**

El personal encarregat dels treballs, podrà utilitzar els mateixos serveis sanitaris d'urgència existents a la planta o local (clínica en funcionament atesa per ATS) si és el cas.

En el cas que fos necessària una intervenció mèdica, els dispensaris mèdics més propers són:

Consultori de Sant Bartomeu del Grau, Edifici Polivalent, s/n 93.888.90.00

Hospital General de Vic, C/ Francesc Pla "El Vigatà" ,1, 93.889.11.11

Telèfon Ambulància: 061

- **Medi ambient**

Residus líquids: No es preveuen en aquest projecte.

Residus sòlids: L'activitat que ocupa no preveu cap producció de residus sòlids que puguin afectar a la Sanitat Ambiental. Les deixalles sòlides seran del tipus normal de l'activitat, com papers, cartrons, etc. que seran retirats per els serveis municipals de recollides de deixalles.

Retalls d'acer: Les peces obtingudes del tall de canalitzacions i accessoris d'acer, seran reutilitzats utilitzats directa o indirectament per fabricants que puguin utilitzar aquest tipus de material, essent retirats per empreses autoritzades per l'Administració.

Diversos: Les restes d'aïllament del dipòsits i canalitzacions aïllades, restes d'elements metàl·lics, plàstics i similars pertanyen al capítol de Residus Banals, i com a tal, seran tractats i eliminats en instal·lacions autoritzades.

En funció del seu transport, pertanyen al grup 1 "Residus assignats a municipals i altres fàcilment inflamables".

Aquesta aplicació implica que el transport tindrà autorització administrativa.

- **Mesures contra incendis**

Mitjans fixes: Hidrant, i mànegues accessibles des de cada punt on s'executen les obres, segons el cas.

Mitjans mòbils: Extintors ubicats en els punts on es realitzin els treballs.

- **Prevenió dels riscos professionals**

Proteccions del cap:

- Casc per a totes les persones que participin a l'obra.

- Ulleres contra els impactes i pols.

- Màscares per protegir-se de la pols.

- Pantalles contra projeccions de partícules

- Protectors auditius.

Proteccions dels cos:

- Roba de treball.

- Vestit d'aigua

Proteccions extremitats superiors:

- Guants de goma fins per paletes i operaris de ciment o derivats.

- Guants de cuir i antitall per l'ús sobre els materials i objectes.

- Guants dielèctrics per la utilització a baixa tensió.

Proteccions extremitats inferiors:

- Botes d'aigua.

- Botes de seguretat de la classe III.

**•Proteccions col·lectives**

Senyalització

- Prohibit el pas de tota persona aliena a l'obra.
  
- Senyal d'obligatorietat en l'ús del casc, ulleres, màscara, protectors auditius, botes i guants.
  
- Senyal informativa del lloc on està situada la farmaciola.
  
- Els perímetres de rases d'excavació, es senyalitzaran amb una malla de polietilè de 90 cm d'alçada o tanques metàl·liques de protecció.

#### **F.1.4.Conclusió**

El present annex F estableix les condicions bàsiques de seguretat i de salut que s'aplicaran al present projecte, no obstant el Peticionari es compromet a fer totes les modificacions que creguin oportunes els Organismes de l'Administració.

L'Autor Antoni Casanovas

Girona, 02 de Setembre de 2008