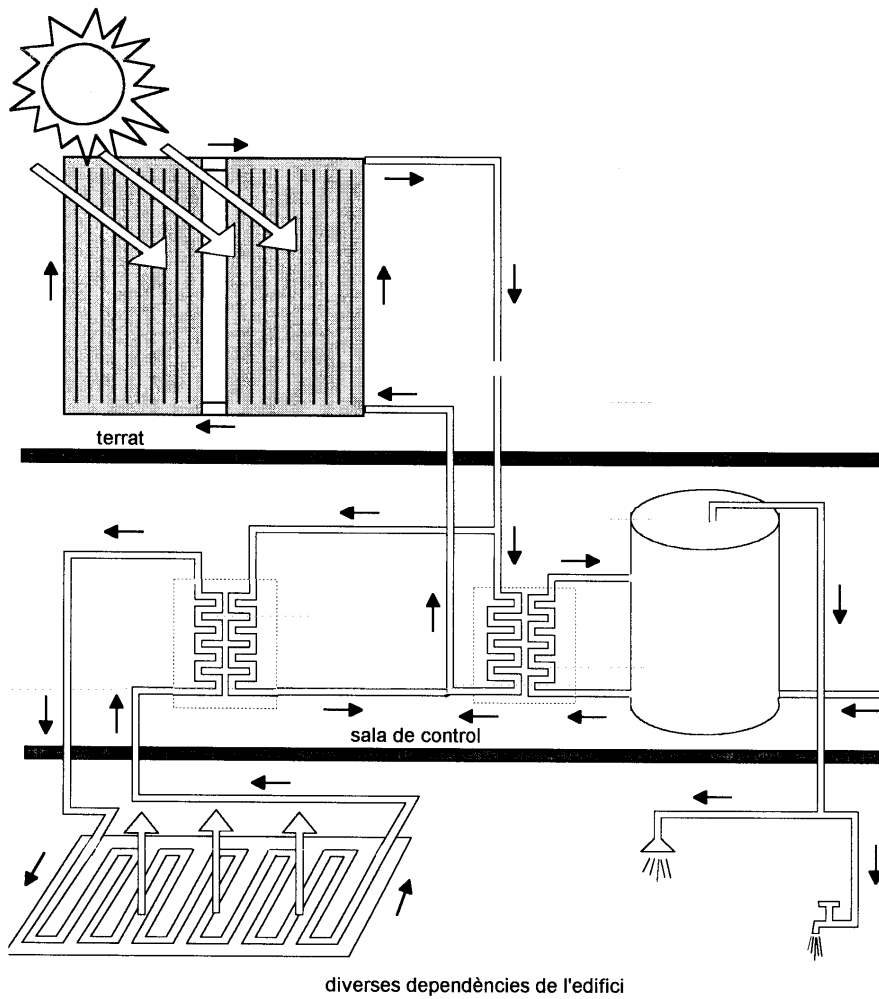


LES INSTAL·LACIONS D'ENERGIA SOLAR AL CAMP D'APRENTATGE CAN SANTOI



QUADERN DE TREBALL



Nom: _____

Data: _____

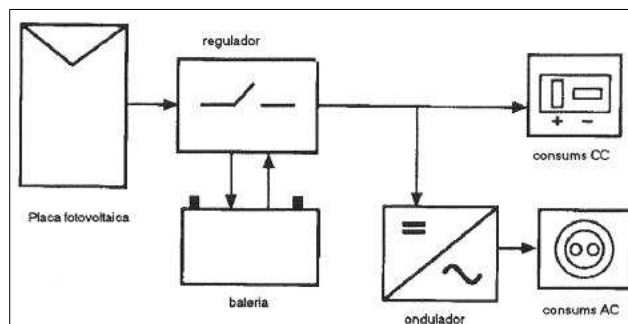
Batxillerat
Cicles
Formatius

L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Els components de la instal·lació fotovoltaica

Els elements principals que componen la instal·lació fotovoltaica són:

- les plaques fotovoltaïques
- els bastiments de les plaques
- el regulador
- les bateries
- l'ondulador



Esquema d'una instal·lació fotovoltaica

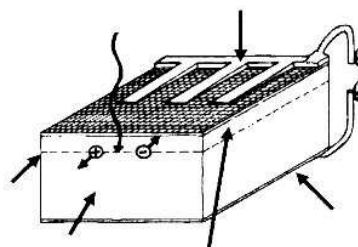
Altres elements importants són: els aparells de protecció (diferencials, fusibles...), el carregador de bateries i el sistema d'adquisició de dades

☞ Indica breument la funció de cada un dels components principals:

Element	Funció
Placa fotovoltaica	
Bastiments	
Regulador	
Bateria	
Ondulador	

Les cèl·lules fotovoltaïques

Les cèl·lules solars fotovoltaïques tenen la propietat de produir l'efecte fotovoltaic. Consisteix en l'aparició d'un moviment d'electrons (electricitat) quan els fotons incideixen sobre els àtoms de silici de la cèl·lula.



☞ Completa l'esquema amb els noms adequats (**radiació lluminosa, capa P, capa N, junció P-N, contacte superior o reixeta, contacte inferior**) i explica breument el funcionament de la cèl·lula solar.

El camp fotovoltaic

S'anomena **camp fotovoltaic** al conjunt de plaques fotovoltaiques connectades entre sí amb la finalitat d'aconseguir una tensió i una potència adequades a la instal·lació.

☞ Completa les taules amb les dades que es demanen.

Utilitza la **cinta mètrica**, la **brúixola** i el **clinòmetre**.

DADES DE LES PLAQUES FOTOVOLTAIQUES	
Superfície de la placa	m ²
Azimut solar ¹ (orientació)	º
Inclinació	º
Tensió nominal	V
Intensitat nominal	A
Potència nominal	Wp

DADES DEL CAMP FOTOVOLTAIC	
Nombre de plaques	
Superfície total de captació	
Tipus de connexió entre plaques ²	
Tensió total	V
Intensitat total	A
Potència total	Wp

¹ **Azimut solar:** desviació expressada en graus respecte el Sud (0º) Atenció a la mesura amb la brúixola!. Cal tenir present la declinació magnètica.

² **Connexió entre plaques:** A l'annex 1 hi ha un esquema elèctric que cal que completis a nivell de connexió

☞ La unitat de mesura de potència de les plaques fotovoltaiques és el Wat-pic. Explica el significat d'aquest concepte

☞ Fes un comentari-reflexió sobre l'adequació de l'orientació i la inclinació de les plaques

(consulta el gràfic "Posició relativa del Sol al llarg de l'any"

Orientació:

Inclinació:

Període/s i hora/es de l'any de rendiment òptim:

L'inversor

L'inversor constitueix el nexa d'unió entre els mòduls fotovoltaics de la instal·lació i la xarxa pública de corrent elèctric. Fa les adaptacions necessàries per tal que l'electricitat produïda pel camp fotovoltaic s'adapti als requeriments de la xarxa i s'hi pugui abocar el corrent generat.

Les funcions que assumeix són:

- Conversió del corrent continu que generen els mòduls fotovoltaics en corrent altern.
- Adequació de la tensió dels mòduls a la tensió de la xarxa (230 V).
- Control la freqüència del corrent (50 Hz).
- Emmagatzematge, visualització i bolcat de dades de producció elèctrica.

☞ Completa la taula amb les dades que proporciona la pantalla de l'inversor.

Dades actuals

Data: Hora:

Xarxa	
Potència suministrada	W
Tensió	V
Intensitat del corrent	A
Freqüència	Hz

Camp fotovoltaic	
% de potència alimentada	%
Tensió	V
Intensitat	A

Dades acumulades

	1 dia	1 any	Tèorica en 1 any	Percentatge
Energia subministrada	kWh	kWh	kWh ⁽¹⁾	%
Reducció d'emissions de CO ₂ ⁽²⁾	kg	kg	kg	%

⁽¹⁾ Per a calcular l'energia teòrica et cal conèixer la potència teòrica del camp fotovoltaic (Wp) i el nombre d'hores solars pic mitjanes d'un dia (el càlcul està descrit a l'apartat 2 del tema: "Càlcul del dimensionat d'una instal·lació solar fotovoltaica per a una vivenda")

⁽²⁾ S'estima que per a cada kWh generat hi ha un estalvi de 0,53 kg d'emissions de CO₂ que s'haguessin produït en una planta calòrica de generació d'electricitat.

L'alternativa autònoma: les bateries

Quan es realitza una instal·lació solar fotovoltaica independent de la xarxa elèctrica, ja sigui perquè es troba en una zona rural on no hi arriba electricitat, o bé per estalviar-se l'enrenou burocràtic de donar-se d'alta com a "venedor d'electricitat", cal disposar necessàriament de bateries. La seva funció és la d'acumular energia elèctrica per tal de cedir-la en el moment en què l'energia del sol no es troba disponible.

☞ Comenta breument els avantatges i inconvenients dels dos sistemes: bateries / connexió a la xarxa

Taller: Importància de la inclinació de les plaques fotovoltaïques

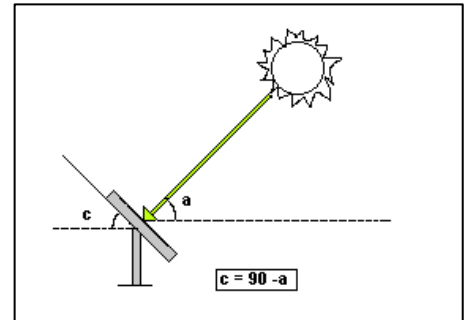
Objectiu: comprovació del rendiment d'una placa fotovoltaïca en funció de la variació de la seva inclinació respecte a la radiació lumínica.

Material necessari

- * placa fotovoltaïca
- * polímetre
- * clinòmetre*
- * pinces de cocodril

Procediment:

1. Amb el clinòmetre determina l'alçada del sol sobre l'horitzó i expressa el resultat en ° (angle a)
2. Per tal d'orientar la placa fotovoltaïca perpendicularment a la radiació solar, calcula l'angle (c) complementari al que t'ha donat el clinòmetre; col·loca la placa orientada al sol i inclina-la amb el resultat obtingut.
3. Connecta la placa al polímetre i pren mesures de la intensitat del corrent i del voltatge que proporciona la placa. Calcula també la potència. Anota els resultats a la taula
4. Varia la inclinació de la placa respecte el valor inicial de 10 en 10 °. Fes-ho de dues maneres: inclinant la placa avall (sumant) i inclinant la placa amunt (restant). Completa les taules.



Resultats:

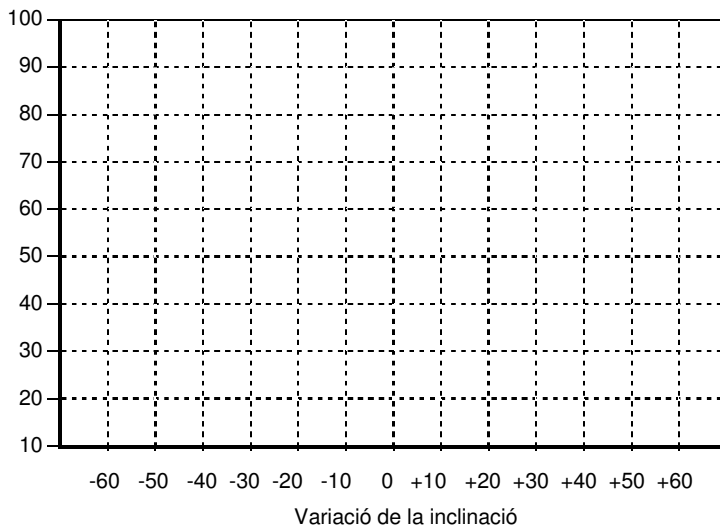
Data: _____ Hora: _____ Temps atmosfèric: _____

Alçada del sol respecte l'horitzó: _____ ° Inclinació inicial de la placa fotovoltaïca: _____ °

Δ Incl.	Inclinació (°)	Intensitat (A)	Voltatge (V)	Potència (W)	Rendiment (%)
0					
+ 10					
+ 20					
+ 30					
+ 40					
+ 50					
+ 60					

Δ Incl.	Inclinació (°)	Intensitat (A)	Voltatge (V)	Potència (W)	Rendiment (%)
0					
- 10					
- 20					
- 30					
- 40					
- 50					
- 60					

Gràfic:



Conclusions:

* Correcció segons el clima:

- a) Clima especialment dolent (força dies núvols o plujosos al llarg de l'any): disminuir el valor HS en un 20%.
- b) Clima ni bo ni dolent (pluges poc freqüents; alguns dies ennuvolats): mantenir el valor d'HS
- c) Clima favorable (molt pocs dies plujosos o coberts al llarg de l'any): augmentar el valor d'HS en un 20 %

Resultat:

Nombre d'hores solars pic:	h
----------------------------	---

3. Càlcul de la energia total proporcionada per una placa fotovoltaica en un dia

Multiplicarem el nombre d'hores solars pic (HS) per la potència nominal de la placa fotovoltaica (Pn)

$$E = HS \cdot Pn$$

Resultat:

Energia proporcionada per una placa en un dia:	W·h
--	-----

4. Càlcul del nombre de plaques fotovoltaiques necessàries en funció dels consums estimats

$$\text{Nombre de plaques} = \text{Consum total diari} / \text{Energia proporcionada per una placa}$$

Resultat:

Nombre de plaques fotovolta. necessàries:	
---	--

5. Càlcul de la capacitat total dels acumuladors

Cal multiplicar el consum diari estimat pel nombre de dies consecutius que es prevegi amb assolellament mínim (dies plujosos o totalment coberts). El resultat s'expressa en ampers hora (A·h).

$$C = (\text{Consum total diari} \cdot \text{nombre de dies sense assolellament}) / \text{Voltatge}$$

Resultat:

Capacitat total dels acumuladors:	A·h
-----------------------------------	-----

6. Resum de les característiques de la instal·lació fotovoltaica

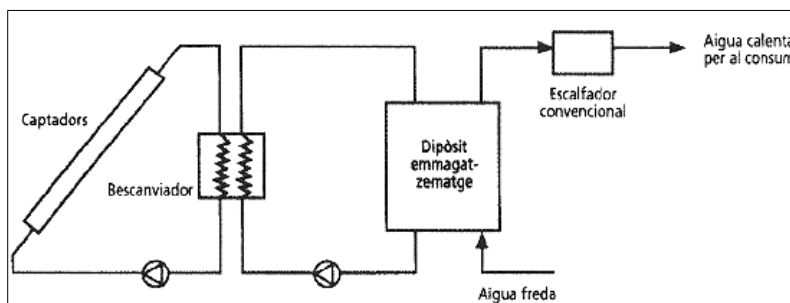
--

L'ENERGIA SOLAR TÈRMICA

Els components de la instal·lació tèrmica

Els elements principals que componen la instal·lació tèrmica són:

- els col·lectors (captadors) solars
- els bastiments dels col·lectors
- els bescanviadors de calor
- l'acumulador



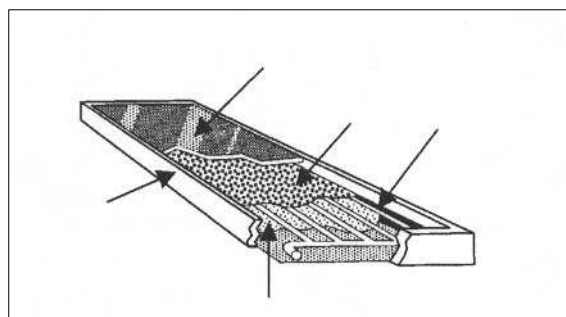
Altres components importants són: el grup de pressurització i d'ompliment automàtic, el vas d'expansió, l'acumulador auxiliar, les bombes d'impulsió, les canonades, les vàlvules....

☞ Indica breument la funció de cada un dels components principals:

Element	Funció
Col·lector solar	
Bastiments	
Bescanviador de calor	
Acumulador	
Vas d'expansió	
Acumulador auxiliar	

El col·lector solar

L'obtenció de calor mitjançant l'energia procedent del sol es basa en la captació de la banda infrarroja de l'espectre electromagnètic de la radiació solar. El calor captat és transmès per un fluid tèrmic (normalment aire o aigua) cap al consum directament o bé s'emmagatzema per a un ús posterior, que és el més habitual.



☞ Completa l'esquema amb els noms adequats (vidre, superfície absorbent, circuit de fluid tèrmic, aïllant, carcassa)

☞ Explica breument els fenòmens físics més importants que es donen en un col·lector solar:

* Efecte hivernacle:

* Efecte cos negre:

☞ Indica quins valors ideals de **reflexió, transmissió, i absorció** d'energia han de presentar els components d'un col·lector solar per tal que sigui el màxim d'eficient possible (expressa els valors en percentatges, de manera que la suma dels tres paràmetres sigui 100 %)

Component	Reflexió	Transmissió	Absorció	Material adequat
Coberta				
Absorbent				
Aïllant				

El camp tèrmic

☞ Completa la taula amb les dades que es demanen.

Utilitza la **cinta mètrica**, la **brúixola** i el **clinòmetre**.

DADES DELS COL·LECTORS SOLARS	
Superfície de la placa	m ²
Azimut solar ¹ (orientació)	º
Inclinació	º
Coberta	
Absorbent	
Aïllant	
Fluid tèrmic	

DADES DEL CAMP TÈRMIC	
Nombre de plaques	
Superfície total de captació	m ²
Tipus de connexió entre col·lectors ²	

¹ **Azimut solar:** desviació expressada en graus respecte el Sud (0º) Atenció a la mesura amb la brúixola!. Cal tenir present la declinació magnètica: actualment 6º a l'oest (valor que caldrà sumar per compensar la desviació).

² A l'annex 3 ("**Connexió dels col·lectors solars**"), repassa de color blau les canonades d'entrada de fluid (fred) i de color vermell les canonades de sortida de fluid (calent). Assenyala-hi també els purgadors automàtics, el vas d'expansió i les vàlvules d'aïllament d'esfera

La sala de control tèrmica

En aquesta sala es controla i distribueix el subministre d'aigua calenta sanitària i d'aigua calenta per a la calefacció de terra radiant. El dimensionat de la instal·lació solar tèrmica no abasta els dos sistemes simultàniament (la superfície total dels col·lectors hauria de ser enorme per tal de donar resposta a les necessitats de calefacció a l'hivern). Cal doncs una prioritació en un sistema o altre. El suport energètic complementari està basat en la combustió de gas i també en un escalfador elèctric (termos) estàndard.

☞ Localitza els diferents components del llistat i completa la taula. Guia't pels alçats de les tres parets de les pàgines següents.

Component	Paret	Num. assignat
Bescanviador aigua calenta sanitària		
Bescanviador calefacció		
Acumulador solar (1.000 l)		
Acumulador auxiliar (300 l)		
Grup d'ompliment automàtic		
Caldera de gas		
Bomba d'impulsió del circuit primari		
Bomba de recirculació de l'acumulador solar		
Bombes d'impulsió d'aigua calenta per a calefacció de terra radiant		
Vàlvula motoritzada de 3 vies mescladora automàtica d'ACS per a ús directe		
Vàlvula motoritzada de 4 vies de mescla d'aigua procedent del bescanviador de calefacció i d'aigua escalfada per la caldera de gas		

Taller d'experimentació

A) Col·lectors solars

Objectiu: comprovació de l'increment de la temperatura en col·lectors solars, amb introducció de variables en el seu disseny.

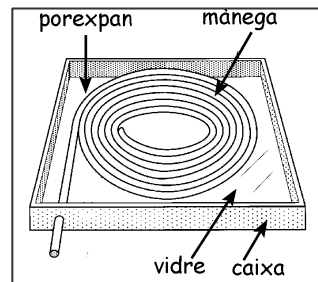
Material per a construir el col·lector:

- caixa de fusta de 50 cm x 50 cm (1)
- planxes de poliestirè expandit (4)
- vidre de 50 cm x 50 cm (1)
- mànega de goma de color negre (1)

altres: arandelas, taps de tancament

Altres materials:

- paper d'alumini
- tisores
- proveta
- ...



Procediment

Munteu els col·lectors amb les variacions de disseny que cregueu interessants. Anoteu les dades:

Data: _____

Hora inici: _____

Hora fi: _____

	Variables de disseny	Volum d'aigua	Temp. inicial	Temp. final	Quantitat d'energia absorbida (1)
Col·lector 1					
Col·lector 2					
Col·lector 3					

(1) Per calcular la quantitat d'energia absorbida podeu utilitzar l'equació: $Q = ce \cdot m \cdot (Tf - Ti)$

on ce: calor específica de l'aigua; m: massa de l'aigua; Tf: temperatura final; Ti: temperatura inicial

Conclusions:

B) Forn solar

Objectiu: Comprovació de l'increment de temperatura en un forn solar senzill

Descripció tècnica del forn solar (materials i funció, àrea de captació, àrea de concentració, factor de concentració...)

Anoteu les temperatures assolides al llarg d'un cert temps Data : _____ Hora inici: _____ Hora fi: _____

Temps	0 min									
Temp.										

Conclusions:

Càlcul del dimensionat d'una instal·lació d'energia solar tèrmica per a l'obtenció d'aigua calenta sanitària d'una vivenda.

Utilitzarem un mètode força senzill basat en l'estimació de l'índex solar, que és un paràmetre basat en dades climàtiques de l'indret on es vol fer la instal·lació. També tindrem en compte el consum d'aigua que es preveu realitzar. L'objectiu serà, doncs, establir els m² de col·lectors solars necessaris i el volum total de l'acumulador d'aigua.

Cal aclarir que amb aquest dimensionat es cobreixen les necessitats d'ACS en un 70 o 80 %, de terme mig anual; a l'estiu hi haurà excedents d'aigua calenta i a l'hivern caldrà donar un sistema de suport energètic extern

1. Determinació de l'índex solar (IS)

Cal escollir el valor (poden ser valors intermedis) que s'adequa més al lloc on es preveu realitzar la instal·lació per a cada un dels criteris climàtics que apareixen.

					Valor assignat
Tipus de vent predominant	Fort	Moderat	Fluix	Menyspreable o nul	
Valors parcials	0	0,5	1	1,5	

Assolellament anual mitjà	Molt escàs pluges i núvols freq.	Força nuvolositat	Nuvolositat variable	Escassetat de núvols	Cel serè	
Valors parcials	0	2	4	7	12	

Temperatura ambient mitjana	Molt freda	Freda	Temperada	Calorosa	Molt calorosa	
Valors parcials	0	1	1,5	2	3	

Temperatura mitjana de l'aigua de xarxa	Freda	Normal	Temperada	
	0	1	2	

Total ÍNDEX SOLAR	
--------------------------	--

2. Càlcul del nombre de col·lectors solars necessaris

Apliquem una senzilla equació:

$$\text{Nombre de col·lectors} = (10 / IS) \cdot n / S$$

on:

S: superfície del col·lector que s'utilitzarà (m²)

IS: índex solar

n: nombre de persones que en faran ús

Nombre de col·lectors necessaris (amb especificació de la superfície unitària)	
---	--

3. Càlcul de la capacitat de l'acumulador d'aigua calenta

Per determinar-lo ens basarem en el consum mitjà diari per persona i els dies que volem disposar d'aigua calenta sense sol (màxim dos o tres dies; si són més, el dimensionat dels col·lectors resulta insuficient).

$$V = Q \cdot n \cdot d$$

on:

V: volum de l'acumulador (l)

Q: consum diari d'aigua per persona (l)

- consum baix: 30 l
- consum mig: 50 l
- consum elevat: 70 l

n: nombre de persones que en faran ús

d: nombre de dies d'autonomia

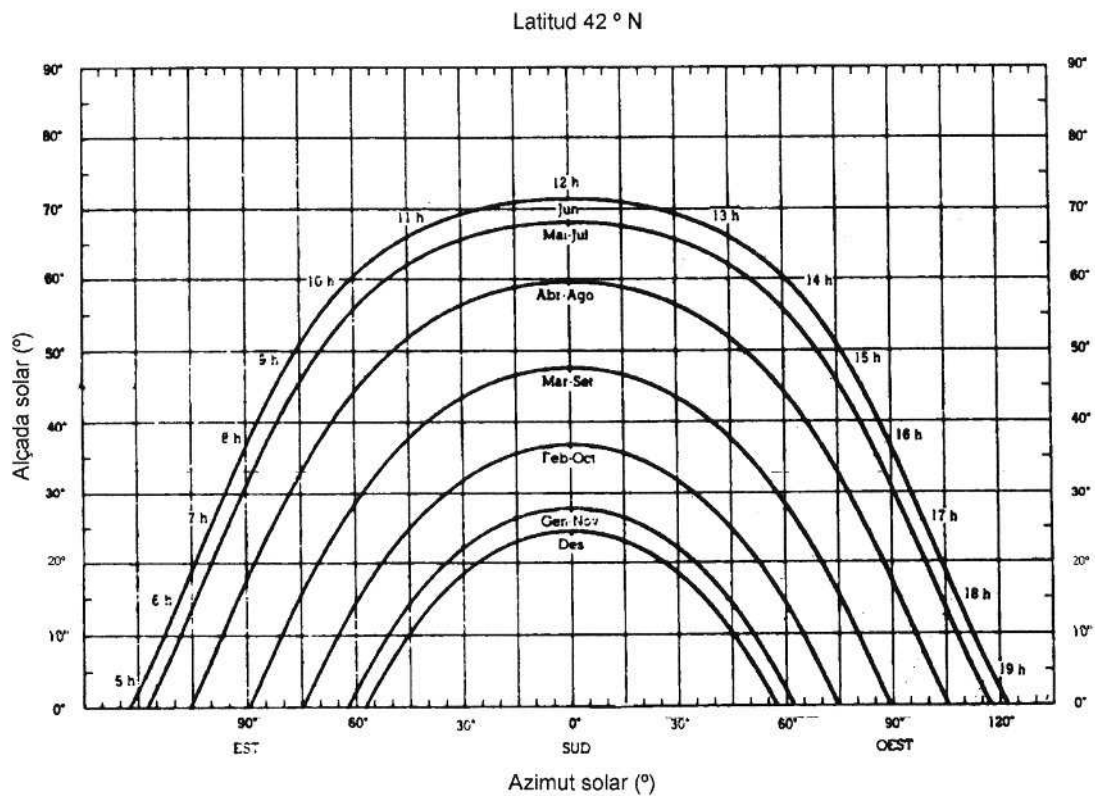
Volum de l'acumulador	
-----------------------	--

4. Resum de les característiques de la instal·lació d'energia solar tèrmica per a l'obtenció d'ACS

--

LA RADIACIÓ SOLAR

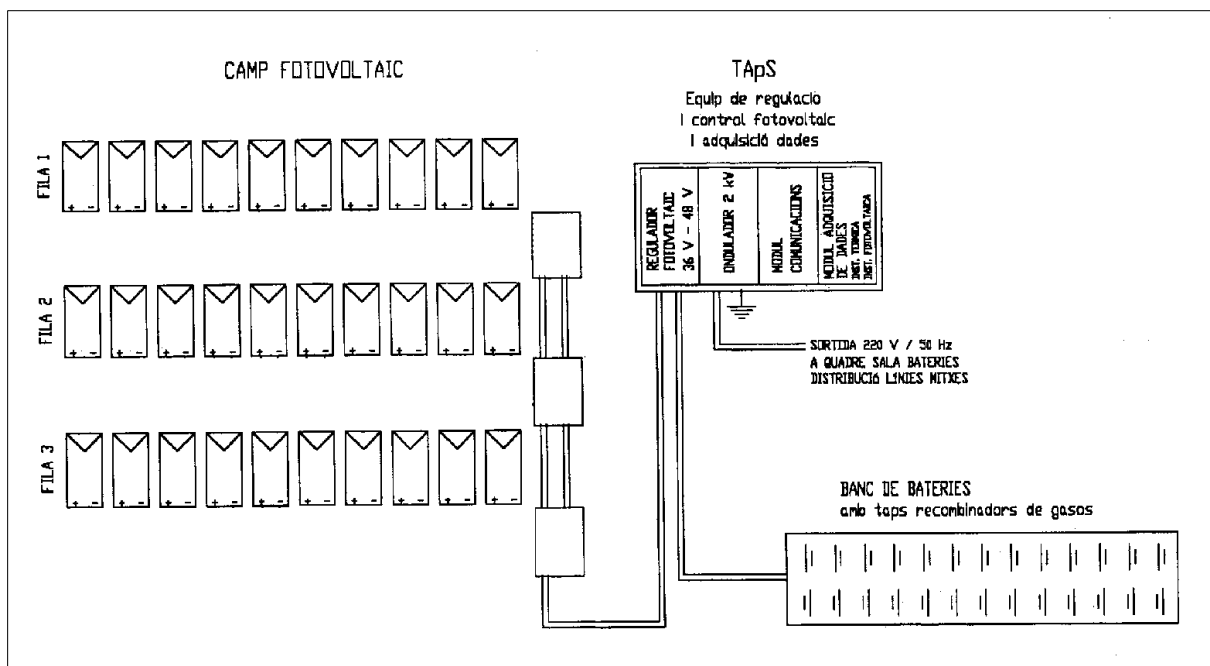
POSICIÓ RELATIVA DEL SOL AL LLARG DE L'ANY



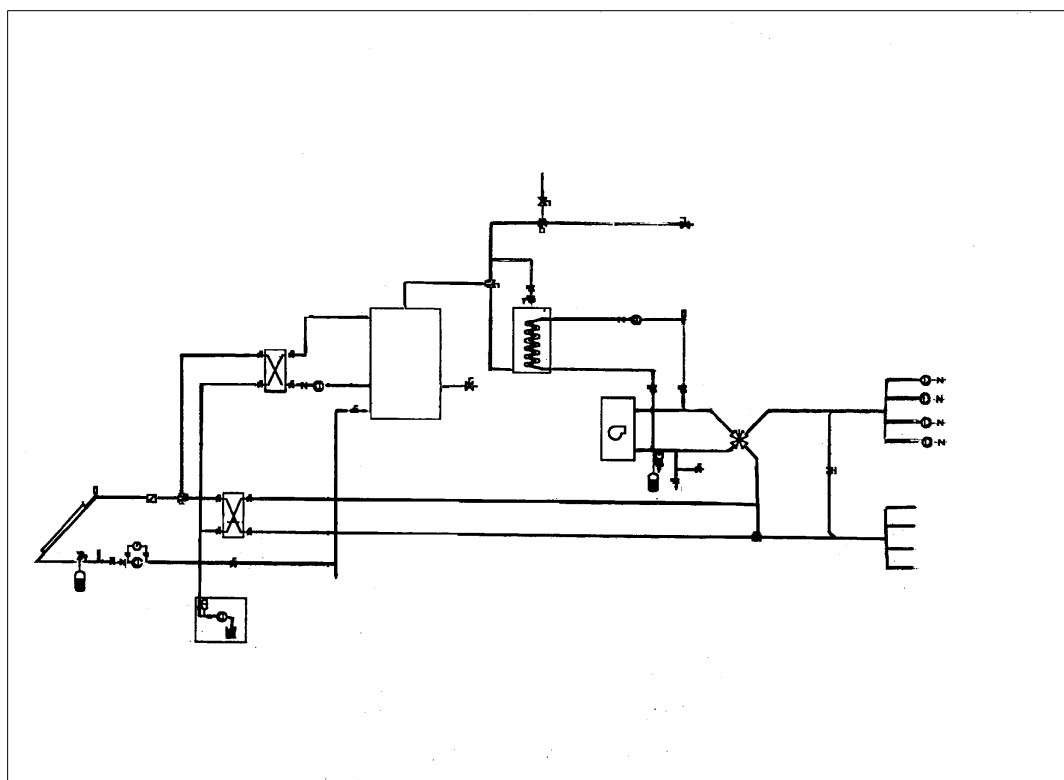
LATITUDS A CATALUNYA



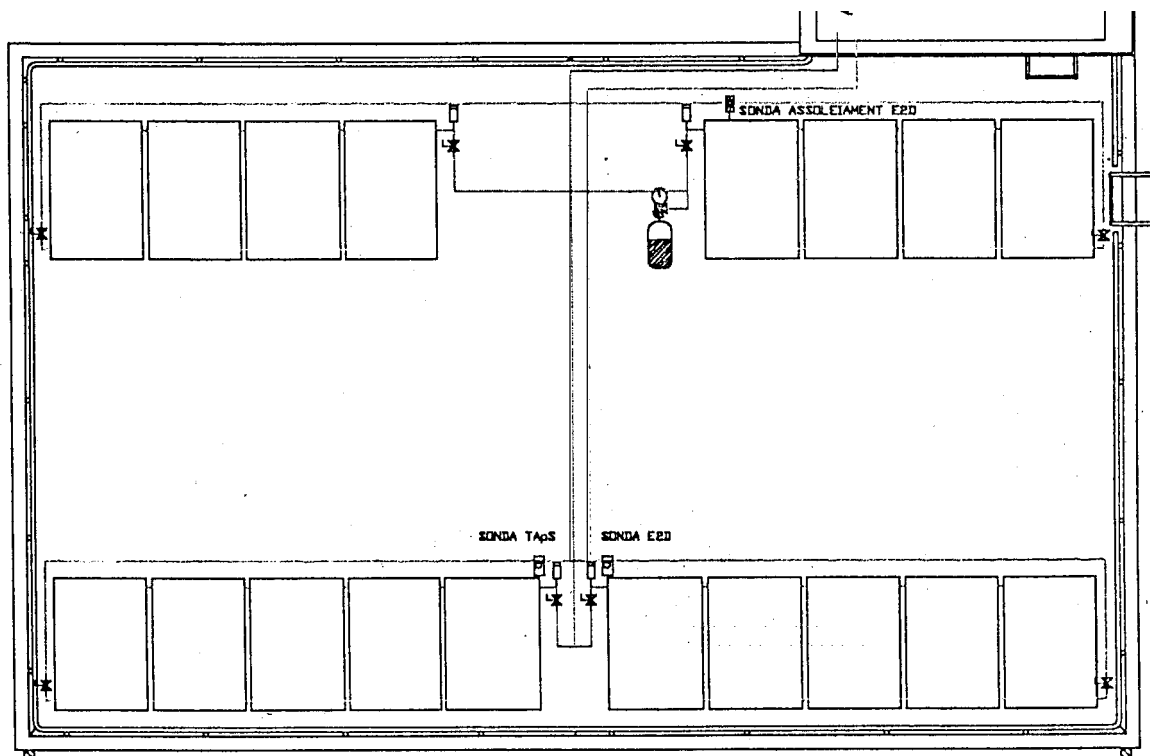
ANEX 1. ESQUEMA DE LA INSTAL·LACIÓ SOLAR FOTOVOLTAICA



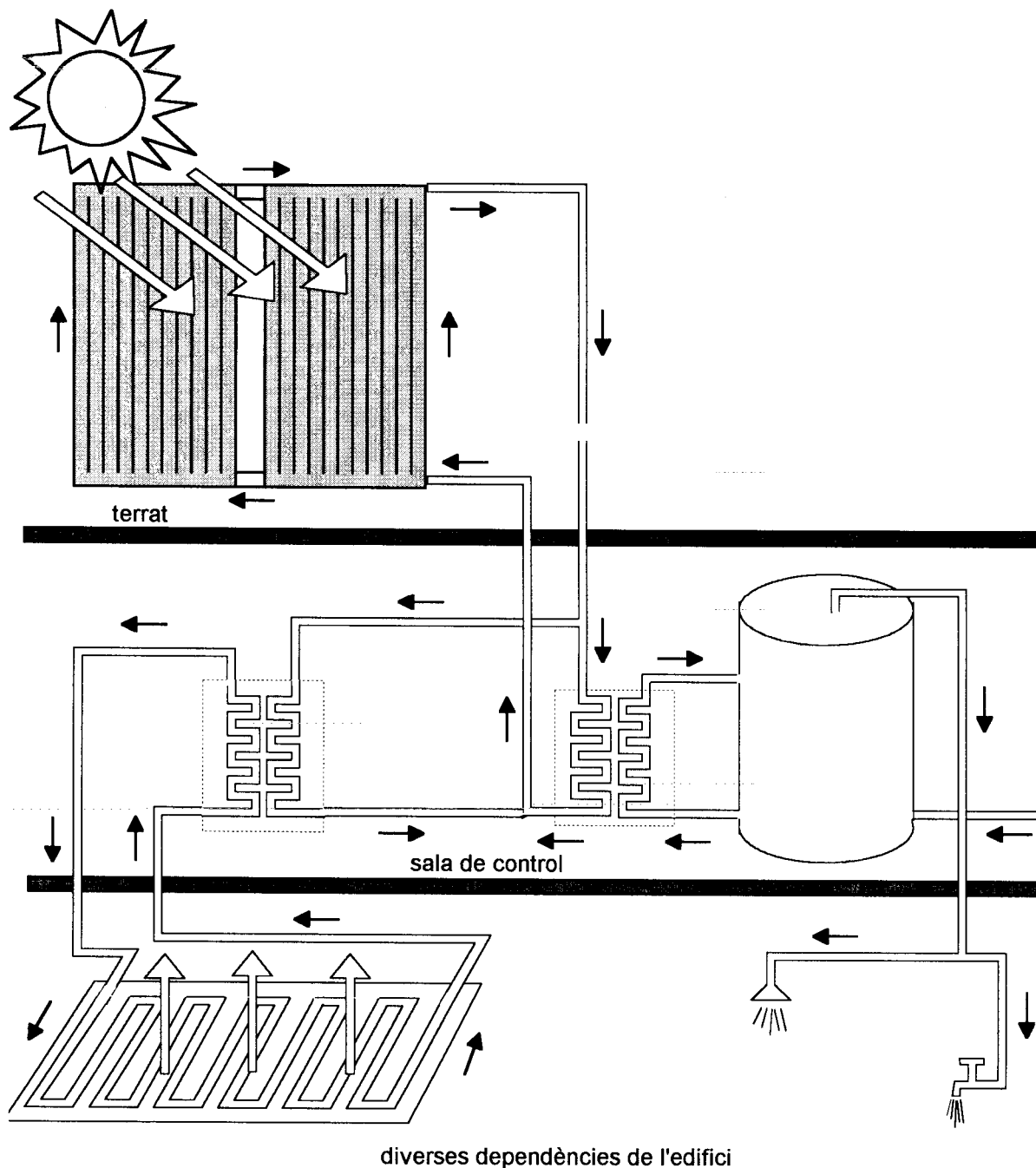
ANEX 2: ESQUEMA DE LA INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA



ANEX 3: CONNEXIÓ DELS COL·LECTORS SOLARS



ANEX 4: ESQUEMA SIMPLIFICAT DEL SISTEMA TÈRMIC



Bibliografia

- LLORACH, EMILI I ALTRES: *D'Helios a Mazda*. CIRIT Generalitat de Catalunya. 1991. 44 pàg.
- ORTEGA, M: *Energías renovables*. Ed. Paraninfo. 2000. 330 pàg.
- GARCIA, JJ: *Cálculo de la energía solar*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. 1983. 290 pàg.
- SERRASOLSES, J I ALTRES: *Manual de l'usuari d'instal·lacions fotovoltaiques autònomes*. Seba. 2002. 167 pàg.
- ROBERT, P: *Práctica de la energía solar*. Ed CEAC. 1986. 168 pàg.
- DIVERSOS AUTORS: *La energía solar. Aplicaciones prácticas*. CENSOLAR. 1999. 149 pàg.
- ESCOBAR, JJ I ALTRES: *Tecnologies avançades en l'estalvi i eficiència energètica. Les energies renovables a Catalunya*. Dep Indústria. Generalitat de Catalunya. 1997. 120 pàg.
- COLMENAR, A I ALTRES: *Biblioteca multimedia de las energías renovables*. PROGNSA. 1998. CD ROM i llibret de 92 pàg.

Material didàctic elaborat per:

Carles Castillo i Valero
Francesc Alegret i Hernández
Francesc Domingo i Rigol
Miquel Márquez i Puerta

Il·lustracions:

Tots els dibuixos han estat elaborats per membres del Camp d'Aprenentatge Can Santoi o adaptats de la bibliografia precedent.

Material editat per a ús exclusivament docent. Se'n poden fer còpies sempre i quan sigui per aquesta finalitat i n'estigui informat el Camp d'Aprenentatge Can Santoi.

<http://serveiseducatiu.xtec.cat/cda-cansantoi/>
cda-cansantoi@xtec.cat



Edita:



Generalitat de Catalunya
Departament d'Educació
Camp d'Aprenentatge Can Santoi



Edició: febrer 2008
Versió: 2.0
Codi: ES3