Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE FI DE CARRERA

TÍTOL: **PROJECTE DE LA INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA DE BAIXA TENSIÓ I DE LA INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA PER A L'OBTENCIÓ D'AIGUA CALENTA SANITÀRIA I CALEFACCIÓ PER A LA REHABILITACIÓ D'UN EDIFICI DE SIS VIVENDES I UN LOCAL COMERCIAL A LA LOCALITAT DE TORTOSA**

AUTOR: JORDI SANCHEZ FALCÓ

TITULACIÓ: **ENGINYERIA TÈCNICA INDUSTRIAL, ESPECIALITAT DE MECÀNICA**

DIRECTOR: FREDERIC VILÀ MARTÍ

DEPARTAMENT: EXPRESSIÓ GRÀFICA EN L'ENGINYERIA

DATA: 22 DE SETEMBRE DE 2015

TÍTOL: PROJECTE DE LA INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA DE BAIXA TENSIÓ I DE LA INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA PER A L'OBTENCIÓ D'AIGUA CALENTA SANITÀRIA I CALEFACCIÓ PER A LA REHABILITACIÓ D'UN EDIFICI DE SIS VIVENDES I UN LOCAL COMERCIAL A LA LOCALITAT DE TORTOSA

COGNOMS: SÁNCHEZ FALCÓ **NOM: JORDI**

TITULACIÓ: ENGINYERIA TÈCNICA INDUSTRIAL

ESPECIALITAT: MECÀNICA **PLA: ETIM, 95**

DIRECTOR: FREDERIC VILÀ MARTÍ

DEPARTAMENT: EXPRESSIÓ GRÀFICA EN L'ENGINYERIA

QUALIFICACIÓ DEL PFC

TRIBUNAL

PRESIDENT	SECRETARI	VOCAL
PEDRO PONSA ASENSIO	FREDERIC VILÀ MARTÍ	JOSE IGNACIO PERAT BENAVIDES

DATA DE LECTURA: 22 DE SETEMBRE DE 2015

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals: X Sí ☐ No

PROJECTE FI DE CARRERA

RESUM (màxim 50 línies)

El pressent projecte tracta sobre el disseny de la instal·lació elèctrica de baixa tensió i el disseny de la instal·lació solar tèrmica d'un edifici destinat a vivendes, format per sis habitatges i un local comercial a la ciutat de Tortosa.

L'edifici objecte d'aquest projecte situat a la ciutat de Tortosa, és un edifici destinat a vivendes, el qual consta de sis habitatges i un local comercial. Aquest és objecte d'una rehabilitació total, i per tant s'ha de dotar l'edifici amb les instal·lacions necessàries; és a dir, l' instal·lació elèctrica, l' instal·lació d'energia solar tèrmica, l' instal·lació d'aigua, l' instal·lació de telecomunicacions, etc... .

L'objectiu d'aquest projecte és el disseny de la instal·lació elèctrica de baixa tensió i de l' instal·lació d'energia solar tèrmica de l'edifici.

L' instal·lació elèctrica de l'edifici és de baixa tensió amb una previsió de càrrega total de 73,48 kW de potència. El disseny de l' instal·lació comprèn des de l'escomesa o embrancament de l'edifici, fins els circuits interiors de cadascuna de les vivendes i del local comercial. Aquesta instal·lació consta de sis vivendes, un local comercial i serveis comuns.

L' instal·lació d'energia solar tèrmica es tracta d'un sistema de captació d'energia solar tèrmic, el qual ha d'abastir d'Aigua Calenta Sanitària i calefacció a les sis vivendes de l'edifici, juntament amb l'aigua calenta sanitària del local comercial. S'han analitzat les necessitats energètiques d'ACS i calefacció, i un cop finalitzat aquest anàlisi s'ha procedit a realitzar el disseny de l' instal·lació (Sistema de captació, circuit primari i circuit secundari).

Les dues instal·lacions dissenyades en aquest projecte, s'han elaborat seguint els criteris de les seves respectives normatives, com son el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió per al cas de l' instal·lació elèctrica de baixa tensió, com el Reglament en les Instal·lacions Tèrmiques dels Edificis i el document Estalvi Energètic del Codi Tècnic de l'Edificació, per al cas de l' instal·lació d'energia solar tèrmica.

Tant l' instal·lació elèctrica de baixa tensió com l' instal·lació d'energia solar tèrmica, s'han dissenyat i calculat amb programes informàtics especialitzats. L' utilització d'aquests programes s'ha dut a terme per poder fer una comparativa de resultats, així com fer-hi un ús i obtenir experiència amb eines d'ús més habitual dintre el món laboral.

Per últim s'ha realitzat un pressupost per a cada instal·lació, on es mostren en detall els costos de materials i costos en mà d'obra.

Paraules clau (màxim 10

Instal·lacions	Elèctrica de Baixa Tensió	Energia Solar Tèrmica	ACS
Calefacció	Reglament electrotècnic de baixa tensió	Edifici d'habitatges	Reglament de instal·lacions tèrmiques en edificis
Estalvi Energètic	Simulació amb programari		

1. Sumari i Índex

1.1. Sumari

Volum 1 : Memòria

Volum 2 : Annexes

ANNEX A: Plec de condicions tècniques

ANNEX B: Plànols

1 Emplaçament

2 Distribució elèctrica planta baixa

3Esquema de la canalització vertical de les derivacions individuals

4 Esquema unifilar general

5 Esquema unifilar vivendes 1º-1ª i 2º-1ª

6 Esquema unifilar vivendes 1º-2ª i 2º-2ª

7 Esquema unifilar vivendes 3º-1ª

8 Esquema unifilar vivendes 3º-2ª

9Esquema unifilar local comercial

10 Esquema unifilar serveis generals de l'escala

11 Esquema unifilar sub_quadres

12 Distribució elèctrica planta baixa

13 Distribució elèctrica planta entresòl

14 Distribució elèctrica planta primera i segona

15 Distribució elèctrica planta tercera

16 Distribució elèctrica planta quarta

17 Distribució elèctrica planta coberta

18 Xarxa de terres

19 Esquema instal·lació energia solar tèrmica

20 Instal·lació d'energia solar tèrmica planta coberta

21 Instal·lació d'energia solar tèrmica planta quarta

22 Instal·lació d'energia solar tèrmica planta tercera

23 Instal·lació d'energia solar tèrmica planta segona i primera

24 Instal·lació d'energia solar tèrmica planta Entresòl

ANNEX C: Simulacions de les instal·lacions amb programari

Simulació de la instal·lació elèctrica de baixa tensió
Simulació de la instal·lació d'energia solar tèrmica
ANNEX D: Normes
"Documento Básico HE Ahorro de energía".
"Documento Básico HS Salubridad".
Decret pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis.
Llei reguladora del residus.
"Reglamento de Aparatos a Presión".
"Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión".
"Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios".
ANNEX E: Catàlegs
ANNEX F: Monografies ICAEN
Atlas de radiació solar a Catalunya.
Criteri de Qualitat i Disseny, d'Instal·lacions d'Energia Solar per a Aigua Calenta i calefacció.
Energia Solar Tèrmica. Quadern per a Instal·ladors.

1.2. Índex de la memòria

1. SUMARI I ÍNDEX V

1.1. SUMARI V

1.2. ÍNDEX DE LA MEMÒRIA VII

1.3. ÍNDEX DE TAULES, FIGURES I GRÀFICS XIV

1.3.1. Índex de taules XIV

1.3.2. Índex de imatges XVIII

1.3.3. Índex de gràfics XIX

2. INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS 1

2.1. INTRODUCCIÓ 1

2.2. OBJECTIUS DEL PROJECTE 1

3. EDIFICI OBJECTE DEL PROJECTE 3

3.1. SITUACIÓ I EMPLAÇAMENT 3

3.2. DADES CLIMÀTIQUES I ORIENTACIÓ 4

3.3. CARACTERÍSTIQUES DE L'EDIFICI 8

3.3.1. Dimensions i distribució de l'edifici 8

3.3.2. Materials de construcció i tancaments 9

3.3.2.1. Coeficients de conductivitat tèrmica 9

3.3.2.2. Tancaments interiors 10

3.3.2.3. Tancaments exteriors 13

3.3.3. Coberta 17

3.4. FONTS ENERGÈTIQUES I EQUIPAMENTS 18

3.4.1. Producció i distribució d'energia 18

3.4.2. Font primària d'energia utilitzada pels equips 19

4. DISSENY DE LA INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA DE BAIXA TENSIÓ 21

4.1. ABAST DE LA INSTAL·LACIÓ 21

4.1.1. Normes i referències 21

4.2. PREVISIÓ DE CÀRREGUES 22

4.2.1. Previsió de càrregues per a les vivendes 22

4.2.2. Previsió de càrregues per al local comercial *23*

4.2.3. Previsió de càrregues per als serveis comuns *23*

4.2.4. Previsió de càrregues total de l'edifici *24*

4.3. ESCOMESA 25

4.4. ESTACIONS D'ENLLAÇ 26

4.4.1. Caixa General de Protecció (CGP) i Caixa de Seccionament (CS). *27*

4.4.1.1. Resultat dels càlculs de la Caixa General de Protecció i Caixa de seccionament. 29

4.4.2. Línea General d'Alimentació (LGA) *30*

4.4.2.1. Resultats dels càlculs de la línea general d'alimentació 31

4.4.3. Elements per a la ubicació de comptadors *32*

4.4.4. Derivacions Individuals *34*

4.4.4.1. Resultats dels càlculs de les derivacions individuals 36

4.4.5. Dispositius Generals de Comandament i Protecció (DGMP) *37*

4.4.5.1. Resultats dels càlculs dels dispositius de comandament i protecció (DGMP) 38

4.5. LÍNIES, TUBS I CANALITZACIONS ELÈCTRIQUES 38

4.5.1. Sistemes d'instal·lació *39*

4.5.2. Instal·lacions en locals que contenen banyera o dutxa *42*

4.5.3. Línies i equilibrat de càrregues *44*

4.5.4. Conductors *45*

4.6. SISTEMES DE PROTECCIÓ 46

4.6.1. Sobreintensitats *46*

4.6.2. Contactes directes e indirectes *48*

4.6.2.1. Protecció contra contactes directes 48

4.6.2.2. Protecció contra contactes indirectes 50

4.6.3. Sobretensions *51*

4.6.4. Xarxa a terra *53*

4.6.4.1. Unions a terra 54

4.6.4.1.1. Presses de terra 54

4.6.4.1.2. Conductors de terra 54

4.6.4.1.3. Borns de posada a terra 55

4.6.4.1.4. Conductors de protecció 55

4.6.4.2. Conductors d'equipontencialitat 56

4.6.4.3. Resistència de les presses de terra 56

4.6.4.4. Presses de terra independents 57

4.6.4.5. Separació entre les preses de terra i de les masses de les instal·lacions d'utilització i de les masses d'un centre de transformació 57

4.6.4.6. Revisió de les presses de terra 58

4.6.4.7. Resultat dels càlculs de la xarxa de terra 58

4.7. INSTAL·LACIONS INTERIORS 59

4.7.1. Instal·lació interior vivendes 59

4.7.1.1. Descripció de l' instal·lació 62

4.7.1.2. Instal·lació interior vivendes amb grau d'electrificació elevat 62

4.7.1.2.1. Potència a contractar 66

4.7.2. Instal·lació espais comuns 66

4.7.2.1. Enllumenat d'emergència 68

4.7.2.2. Descripció de l' instal·lació 68

4.7.2.3. Potència a contractar 69

4.7.3. Instal·lació local comercial 69

4.7.3.1. Enllumenat d'emergència 70

4.7.3.2. Descripció de l' instal·lació 70

4.7.3.3. Potència a contractar 71

5. DISSENY DE LA INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA PER A L'OBTENCIÓ D'ACS I CALEFACCIÓ 74

5.1. DESCRIPCIÓ, SOLUCIÓ ADOPTADA I FUNCIONAMENT 74

5.1.1. Descripció 74

5.1.2. Solució adoptada 75

5.1.3. Funcionament 76

5.1.4. Normes i referències 78

5.2. ESTUDI DE LA DEMANDA D'ENERGIA SOLAR TÈRMICA 79

5.2.1. Demanda energètica d'ACS 79

5.2.1.1. Resultats del càlculs de la demanda energètica d'ACS 80

5.2.2. Demanda energètica de calefacció 82

5.2.2.1. Carregues degudes a la transmissió de calor dels tancaments 82

5.2.2.2. Càrregues degudes a la renovació de l'aire 82

5.2.2.3. Càrregues degudes a infiltracions de disseny 83

5.2.2.4. Càrregues tèrmiques totals de calefacció 83

5.2.3. Càrregues tèrmiques totals de l'edifici 84

5.3. DIMENSIONAT DE LA INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA 85

5.3.1. Sistema de captació solar tèrmica 85

5.3.1.1. Captador seleccionat 85

5.3.1.2. Dimensionat de la superfície de captació 87

5.3.1.3. Inclinació, orientació i separació dels captadors 87

5.3.1.4. Connexions entre captadors. 90

5.3.1.5. Ubicació i ancoratge dels captadors 92

5.3.2. Sistema d'acumulació 95

5.3.3. Circuits hidràulics 98

5.3.3.1. Canonades o conductes 99

5.3.3.1.1. Aïllament de les canonades 100

5.3.3.2. Fluid caloportador 101

5.3.3.3. Bombes de circulació 105

5.3.3.3.1. Característiques del circulador 105

5.3.3.3.2. Ubicació en l' instal·lació 107

5.3.3.3.3. Normativa i documents de referència 107

5.3.3.4. Vas d'expansió 108

5.3.3.4.1. Ubicació dins del sistema 108

5.3.3.4.2. Normativa i documents de referència 109

5.3.3.5. Vàlvules i accessoris 109

5.3.3.5.1. Vàlvules de pas 109

5.3.3.5.2. Vàlvules de seguretat 110

5.3.3.5.3. Vàlvules de retenció 111

5.3.3.5.4. Vàlvules d'equilibrat 112
5.3.3.5.5. Vàlvules termostàtiques 113
5.3.3.5.6. Vàlvules de zona motoritzada 113
5.3.3.5.7. Filtres 114
5.3.3.5.8. Reguladors de cabal 114
5.3.3.5.9. Buidat i purga 114
5.3.3.6. Intercanviadors de calor 115
5.3.3.7. Sistemes de regulació i control 117
5.3.3.7.1. Termòstat diferencial 117
5.3.3.7.2. Ubicació de les sondes de temperatura 118
5.3.3.7.3. Normativa i documents de referència 119
5.3.3.8. Equips de mesura 119
5.3.3.8.1. Ubicació a la instal·lació 120
5.3.3.8.2. Normativa i documents de referència 120
5.3.4. Energia auxiliar 120
6. CÀLCULS DE LES INSTAL·LACIONS ELÈCTRICA I SOLAR TÈRMICA DEL PROJECTE 123
6.1. CÀLCULS INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA DE BAIXA TENSIÓ 123
6.1.1. Normes a seguir per als càlculs de les seccions dels conductors 123
6.1.2. Formules 123
6.1.3. Procediment de càlculs 127
6.1.4. Càlculs explícits 129
6.1.4.1. Previsió de càrregues 129
6.1.4.2. Caixa General de Protecció 129
6.1.4.3. Línia General d'Alimentació 129
6.1.4.3.1. Resum de resultats de la Línea General d'Alimentació 132
6.1.4.4. Derivacions individuals 132
6.1.4.5. Instal·lació espais Comuns 133
6.1.4.6. Instal·lació Local Comercial 135
6.1.4.7. Instal·lacions Vivendes 136
6.1.4.7.1. Quadre Vivendes 1º-1ª i 2º-1ª 136

6.1.4.7.2. Quadre Vivendes 1º-2ª i 2º-2ª 137
6.1.4.7.3. Quadre Vivenda 3º-1ª 138
6.1.4.7.4. Quadre Vivenda 3º-2ª 139
6.1.4.8. Càlculs curtcircuit 140
6.1.4.8.1. Càlculs curtcircuit de la Línea General d'Alimentació 140
6.1.4.8.2. Càlculs curtcircuit de les derivacions individuals 140
6.1.4.8.3. Càlculs curtcircuit les Instal·lacions dels espais Comuns 141
6.1.4.8.4. Càlculs curtcircuit del local comercial 143
6.1.4.8.5. Càlculs curtcircuit de les vivendes 144
6.1.4.9. Instal·lació posada a terra 148
6.2. CÀLCULS INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA 150
6.2.1. Càlculs demanda d'energia solar tèrmica 150
6.2.1.1. Càlculs demanda energètica d'ACS 150
6.2.1.2. Càlculs demanda energètica de calefacció 152
6.2.1.2.1. Càrregues degudes a la transmissió de calor dels tancaments. 153
6.2.1.2.2. Càrregues degudes a la renovació de l'aire. 155
6.2.1.2.3. Càrregues degudes a infiltracions de disseny. 157
6.2.1.2.4. Càrregues tèrmiques totals de calefacció. 157
6.2.1.3. Càlcul de la demanda energètica total de l'edifici 159
6.2.2. Càlculs del disseny i dimensionat de la instal·lació solar tèrmica 160
6.2.2.1. Fonaments de càlculs 160
6.2.2.2. Predimensionat del sistema de captació i volum d'acumulació 164
6.2.2.3. Energia teòrica disponible 164
6.2.2.4. Estudi de la cobertura solar anual. Mètode F-chard 166
6.2.2.5. Dimensionat dels circuits hidràulics de l' instal·lació d'energia solar tèrmica 170
6.2.2.5.1. Canonades 170
6.2.2.5.2. Bombes de circulació 176
6.2.2.5.3. Vas d'expansió 179
6.2.2.5.4. Intercanviadors de calor 186
7. PRESSUPOST 194
7.1. PRESSUPOST INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA DE BAIXA TENSIÓ 194

7.2. PRESSUPOST INSTAL·LACIÓ D'ENERGIA SOLAR TÈRMICA 202

7.3. RESUM DEL PRESSUPOST DE LES INSTAL·LACIONS DE L'EDIFICI 204

8. CONCLUSIONS 206

8.1. INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA DE BAIXA TENSIÓ 206

8.2. INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA 206

8.2.1. Estalvi energètic i econòmic 207

8.3. ASPECTES MEDIAMBIENTALS 208

8.3.1. Generació de residus i partícules contaminants 208

8.3.1.1. Sistema d'energia Solar Tèrmica 209

8.3.2. Reciclatge dels components de la instal·lació al final de la seva vida útil. 210

9. BIBLIOGRAFIA 213

9.1. LLIBRES 213

9.2. ADRECES D'INTERNET 214

1.3. Índex de taules, figures i gràfics

1.3.1. Índex de taules

Taula 1: Coordenades UTM de la porta principal de l'edifici

Taula 2: Temperatures mitges de la ciutat de Tortosa

Taula 3: Radiació solar global sobre superfícies inclinades (MJ/m2*dia)

Taula 4: Mitja mensual de la temperatura de l'aigua freda de xarxa a les províncies de Catalunya ºC. Energia Solar Tèrmica Quadern pràctic per a l'instal·lador

Taula 5: Distribució i superfícies de l'edifici

Taula 6: Coeficients de conductivitat tèrmica dels materials

Taula 7 : Resistències tèrmiques de convecció en particions interiors

Taula 8 : Coeficient de reducció de temperatura

Taula 9: Tancament paret mitjanera

Taula 10 : Tancament forjat terra primera planta

Taula 11 : Resistències tèrmiques de conducció en superfícies en contacte amb l'aire exterior

Taula 12: Tancament Mur exterior

Taula 13: Tancament coberta

Taula 14: Forjat terrassa

Taula 15: Tancaments finestres i lucernaris

Taula 16: Taula de potències de l'edifici.

Taula 17: Tipus de connexions de servei en funció del sistema d'instal·lació

Taula 18: Seccions mínimes dels conductors

Taula 19: Solució del dimensionat de la LGA.

Taula 20: Dimensions mínimes de la canaleta o conducte d'obra de fàbrica.

Taula 21: Subministres monofàsics. Electrificació bàsica.

Taula 22: Subministres monofàsics. Electrificació elevada.

Taula 23: Longituds, seccions i diàmetres de conductors i tubs de les Derivacions individuals

Taula 24: Elecció de les canalitzacions (ITC-BT-20)

Taula 25: Situació de les canalitzacions

Taula 26: Elecció i instal·lació dels materials elèctrics (ITC-BT-27)

Taula 27: Resum mesures de protecció en diferents casos

Taula 28: Resistència a sobretensions dels equips.

Taula 29: Seccions mínimes convencionals dels conductors de terra

Taula 30: Relació entre les seccions dels conductors de protecció i els de fase

Taula 31: Valors orientatius de la resistivitat en funció del terreny

Taula 32: Característiques elèctriques dels circuits

Taula 33: Punts d'utilització

Taula 34: Característiques dels circuits del habitatges 1º-1ª i 2º-1ª.

Taula 35: Característiques dels circuits del habitatges 1º-2ª i 2º-2ª.

Taula 36: Característiques dels circuits de l'habitatge 3º-1ª.

Taula 38: Característiques dels circuits del quadre dels serveis generals de l'escala.

Taula 39: Característiques dels circuits del sub_quadre de l'ascensor.

Taula 40: Característiques dels circuits del sub_quadre d'energia solar tèrmica.

Taula 41: Característiques dels circuits del local comercial.

Taula 42: Taula de demanda de referència d'aigua calenta sanitària a 60ºC

Taula 43: Nombre de persones per habitatge

Taula 44: Demanda energètica mensual d'ACS

Taula 45: Renovacions mínimes segons CTE.

Taula 46: Càrregues totals de calefacció de l'edifici en funció del mes de l'any

Taula 47: Càrregues totals de l'edifici

Taula48: Característiques tècniques del captador.

Taula 49: Pèrdues límit

Taula 50: Coeficient K per a distància entre captadors

Taula 51: Valors mínims de càrrega estructural.

Taula 52: Requisits mínims que han de complir les estructures de suport.

Taula 53: Referència a esforços causats per la velocitat del vent.

Taula 54: Gruix d'aïllaments per a dipòsits i aparells

Taula 55: Característiques de l'acumulador del circuit secundari.

Taula 56: Gruix dels aïllaments per a canonades interiors en funció de la temperatura de treball i del diàmetre de la canonada.

Taula 57: Gruix dels aïllaments per a canonades exteriors en funció de la temperatura de treball i del diàmetre de la canonada.

Taula 58 : Temperatura mínima històrica capitals de província (Font: IDAE)

Taula 59: Bombes de circulació escollides

Taula 60: Condicions tècniques dels circuladors.

Taula 61: Pressió mínima d'aspiració dels circuladors.

Taula 62: Vasos d'expansió escollits

Taula 63: Criteris dels intercanviadors per als circuits primaris.

Taula 64: Característiques dels intercanviadors dels circuits.

Taula 65: Secció conductors protecció

Taula 66: Taula de potències de l'edifici

Taula 67: Resultats Línea General d'Alimentació

Taula 68: Resultats Derivacions Individuals

Taula 69: Resultats Quadre Espais comuns

Taula 70: Resultats Sub_quadre Ascensor

Taula 71: Resultats Sub_quadre Energia Solar Tèrmica

Taula 72: Resultats Quadre Local Comercial

Taula 73: Resultats Quadres Vivendes 1º-1ª i 2º-1ª

Taula 74: Resultats Quadres Vivendes 1º-2ª i 2º-2ª

Taula 75: Resultats Quadre Vivenda 3º-2ª

Taula 76: Resultats Curtcircuit Línea General d'Alimentació

Taula 77: Resultats Curtcircuit Derivacions Individuals

Taula 77: Resultats Curtcircuit Derivacions Individuals

Taula 78: Resultats Curtcircuit Circuits Espais Generals

Taula 79: Resultats Curtcircuit Circuits Sub_quadre Ascensor

Taula 80: Resultats Curtcircuit Circuits Sub_quadre Energia Solar Tèrmica

Taula 81: Resultats Curtcircuit Circuits Local Comercial

Taula 82: Resultats Curtcircuit Circuits Vivenda 1º-1ª

Taula 83: Resultats Curtcircuit Circuits Vivenda 1º-2ª

Taula 84: Resultats Curtcircuit Circuits Vivenda 2º-1ª

Taula 85: Resultats Curtcircuit Circuits Vivenda 2º-2ª

Taula 86: Resultats Curtcircuit Circuits Vivenda 3º-1ª

Taula 87: Resultats Curtcircuit Circuits Vivenda 3º-2ª

Taula 88: Resum del consum d'ACS diari dels habitatges

Taula 89: Resum del consum d'ACS diari del local comercial

Taula 90: Resum de la demanda d'ACS diària de l'edifici

Taula 91: Demanda energètica mensual d'ACS

Taula 92: Càlcul de càrregues per transmissió de calor

Taula 93: Càrregues tèrmiques mitges diàries en funció del mes per transmissió de calor dels tancaments.

Taula 94: Càlcul de cargues per renovació de l'aire

Taula 95: Càrregues tèrmiques mitges mensuals per renovació de l'aire.

Taula 96: Càrregues diàries i mitjanes mensuals totals de calefacció

Taula 97: Necessitats energètiques de cada sistema i totals de l'edifici.

Taula 98: Radiació solar global diària sobre superfícies inclinades (MJ/m2·dia)

Taula 99: Hores de llum solar a Catalunya

Taula 100: Càlcul paràmetre D1.

Taula 101: Càlcul paràmetre D2.

Taula 102: Cobertura solar mensual d'ACS

Taula 103: Cobertura solar mensual per a ACS i Calefacció.

Taula 104: Resultats dels càlculs de canonades del circuit primari

Taula 105: Resultats dels càlculs de canonades del circuit secundari d'acumulació

Taula 106: Resultats dels càlculs de canonades del circuit secundari de distribució

Taula 107: Característiques intercanviador de plaques del circuit primari

Taula 108: Característiques intercanviadors interiors

Taula 109: Estalvi econòmic mitjà mensual del sistema

Taula 110: Hores de llum solar a Catalunya.

1.3.2. Índex de imatges

Imatge 1: Edifici objecte (software ICC.cat/Vissir3)

Imatge 2: Mapa de les distribucions de les zones climàtiques de Catalunya

Imatge 3: Esquema per a diversos usuaris amb comptadors en forma centralitzada en un lloc

Imatge 4: Detall instal·lació de la Caixa General de Protecció.

Imatge 5: Classificació dels volums amb banyera (ITC-BT-27)

Imatge 6: Classificació dels volums amb dutxa (ITC-BT-27)

Imatge 7: Croquis traçat de la instal·lació elèctrica.

Imatge 8: Representació esquemàtica d'un circuit de posada a terra

Imatge 9: Esquema d'instal·lació d'energia solar tèrmica en edifici plurifamiliar amb bescanviador a cada habitatge.

Imatge 10: Captador SumSol Maxol 2.51 TW

Imatge 11: Principals angles dels captadors

Imatge 12: Distància mínima entre fileres de captadors col·locats horitzontalment

Imatge 13: Connexió en paral·lel dels captadors.

Imatge 14: Diagrama d'ancoratges per a bateries de 2 o més captadors (fins a 10).

Imatge 15: Diferents sistemes d'ancoratge.

Imatge 16: Àbac de càlcul temperatura – densitat propilenglicol (Font: solarweb)

Imatge 17. Àbac de càlcul temperatura - calor específic propilenglicol (Font: solarweb)

Imatge 18: Gràfica de la concentració – temperatura de congelació del propilenglicol (Font: solarweb)

Imatge 19: Vàlvula de pas.

Imatge 20: Vàlvules de seguretat.

Imatge 21: Vàlvula antiretorn.

Imatge 22: Vàlvules d'equilibrat.

Imatge 23: Vàlvula termostàtica.

Imatge 24: Vàlvula motoritzada de dues o tres vies

Imatge 25: Esquema dels trams de canonada amb diferents diàmetres del circuit secundari de distribució

Imatge 26: Corba característica de la bomba Grunfos UPS 25-40 N

Imatge 27: Corba característica de la bomba Grunfos TP 25-90

Imatge 28: Corba característica de la bomba Grunfos UPS 25-120

Imatge 29: Representació esquemàtica simplificada dels fluxos d'energia entre l'espai, l'atmosfera de la Terra i la superfície de la Terra.

1.3.3. Índex de gràfics

Gràfic 1: Temperatures mitges de la ciutat de Tortosa

Gràfica 2: Demanda energètica d'ACS mensual en MJ

Gràfic 3: Necessitats mitges de calefacció

Gràfic4: Necessitats energètiques de l'edifici

Gràfic 5: Demanda i aportació d'energia solar per a l'obtenció d'ACS.

Gràfic 6: Demanda i aportació d'energia solar per a ACS i Calefacció.

Gràfic 7: Estalvi econòmic mensual

2. Introducció i objectius

2.1. Introducció

El Pla d'Energies Renovables a Espanya (PER) 2011-2020 tracta de mantenir el compromís de cobrir amb fonts renovables almenys el 20% del consum total d'energia en 2020.

L'energia solar tèrmica, per la seva senzillesa, és una peça clau dins del desenvolupament de les energies renovables. Contribueix per tant a un model sostenible de proveïment energètic, que pretén reduir l' impacte ambiental que suposa l'ús d'energia i afavorir la independència energètica.

Les instal·lacions solars tèrmiques no aboquen cap tipus de contaminant associat a la seva operació, la seva energia es produeix propera al punt de consum i són fàcils d'instal·lar, per això l'energia solar tèrmica està perfectament en línia amb la sostenibilitat.

A Espanya, l'oficina Espanyola de Canvi Climàtic coordina totes les entitats per reduir l'emissió de gasos d'efecte hivernacle. El Pla de foment de les energies renovables a Espanya reconeix que, a pesar de l'alt potencial existent per a les energies renovables, és necessari impulsar-ne el desenvolupament mitjançant incentius de tipus econòmic, fiscal i normatiu per a assolir aquests objectius. El capítol 7 del Pla està dedicat a proposar una sèrie de mesures amb aquesta finalitat, però no totes s'han executat.

Per dur això a terme hi ha diversos programes de finançament destinats a promoure projectes d'energies renovables i projectes energètics eficients en els àmbits Europeu, Nacional, Regional i Municipal.

2.2. Objectius del projecte

Aquest projecte té com objectiu dissenyar la instal·lació elèctrica de baixa tensió i la instal·lació solar tèrmica per a l'obtenció d'aigua calenta sanitària i calefacció d'un edifici de sis vivendes i un local comercial situat a la localitat de Tortosa. El projecte resultant tindria com a finalitat, en un cas real, l'execució i posada en servei de les instal·lacions i la contractació de la potència elèctrica necessària.

L'edifici objecte d'aquest projecte ha estat sotmès a una rehabilitació completa, ja que aquest es va construir l'any 1910 i no s'hi han fet reformes ni adequacions des de la seva construcció. La rehabilitació de l'edifici ha estat completa, es a dir, s'ha enderrocat totalment l'interior d'aquest, conservant solament la façana, ja que aquest està situat al casc antic de la localitat de Tortosa i es considera façana històrica.

L'objecte del present projecte és el disseny i el càlcul de la instal·lació elèctrica de baixa tensió, juntament amb el disseny i el càlcul de la instal·lació d'energia solar tèrmica per a l'obtenció d'aigua calenta sanitària i calefacció.

La instal·lació elèctrica de l'edifici estarà regida per la normativa actuar de baixa tensió, es a dir pel Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió. Aquesta comprèn la instal·lació interior de cada habitatge, juntament amb la instal·lació de serveis comuns, la instal·lació del local comercial i l'escomesa de l'edifici.

Tot i no ser necessària l'elaboració d'un projecte elèctric de baixa tensió per a la instal·lació d'aquest edifici, ja que la potència total prevista d'aquest és de 73,48 kW, i la ITC-BT-04 del REBT ens indica que "per a edificis destinats principalment a habitatges, locals comercials i oficines, que no tinguin la consideració de locals de concurrència pública, en edificació vertical o horitzontal amb P≤100 kW no es requereix projecte elèctric", s'ha esdevingut la realització d'aquest projecte ja que aquest es tracta d'un projecte amb caràcter lectiu, la metodologia a seguir és la mateixa que en un altre projecte elèctric de baixa tensió amb potència major a 100 kW.

La instal·lació solar tèrmica es dissenya per a abastir d'aigua calenta sanitària a les sis vivendes i el local comercial, a més aquesta instal·lació ha de proporcionar un suport al sistema de calefacció. Aquesta instal·lació serà amb acumulació centralitzada, amb bescanviador de calor en cada habitatge. En el sistema de producció solar centralitzada, tots els habitatges compartiran un únic camp de captadors i sistema d'acumulació, però disposaran per cada habitatge bescanviador de calor i un sistema d'energia de suport que assegurarà en tot moment el abastiment d'aigua calenta sanitària i calefacció de les vivendes.

La instal·lació solar tèrmica engloba l'estudi de les dades climàtiques que influeixen en l'edifici, l'estudi de les necessitats energètiques per abastir d'ACS i calefacció a les sis vivendes i el local comercial.

En el disseny de les diferents instal·lacions s'ha tingut en compte la normativa vigent, així com les Ordenances d'àmbit municipal i les recomanacions de cada àrea.

La proposta s'ha elaborat de manera que es garanteixi el confort global i la qualitat de vida dels ocupants, així com la racionalització energètica de l'edifici.

3. Edifici objecte del projecte

L'edifici objecte del projecte, és un edifici situat al casc antic de la localitat de Tortosa. Aquest és va construir l'any 1910, i actualment s'està executant una rehabilitació total (s'ha enderrocat totalment l'interior d'aquest, les particions horitzontals, els forjats, instal·lacions, etc...) conservant únicament la façana d'aquest per motius de conservació de façana històrica.

En aquesta rehabilitació, la instal·lació elèctrica de baixa tensió i la instal·lació solar tèrmica d'aquest edifici ha de complir la normativa vigent actual. Tot i que la instal·lació elèctrica de baixa tensió de l'edifici no requereix projecte, s'ha d'adaptar igualment al Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió.

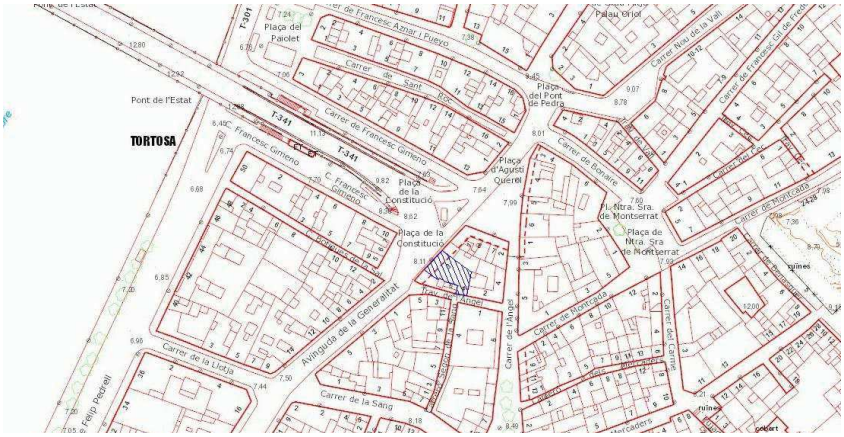
3.1. Situació i emplaçament

L'edifici objecte del projecte està situat a la Plaça Constitució nº 3 de la localitat de Tortosa. Aquest es troba situat en una parcel·la classificada com a Urbana amb referència cadastral 1010202BF9211A0001YS.

Les coordenades UTM (UTM 31 ED 50) de la porta principal d'accés a l'edifici són les següents:

X	290949
Y	4520875
H	8,4 m

Taula 1: Coordenades UTM de la porta principal de l'edifici



Imatge 1: Edifici objecte (software ICC.cat/Vissir3)

3.2. Dades climàtiques i orientació

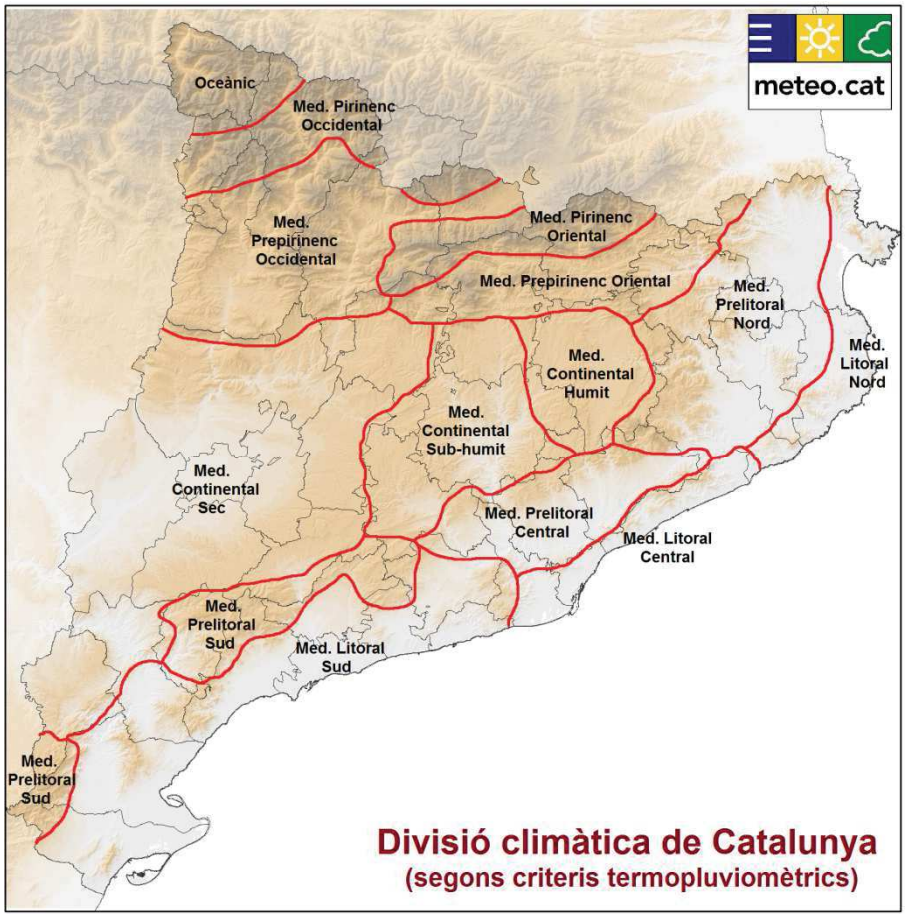
Tal com s'ha esmentat anteriorment, l'edifici està situat a la localitat de Tortosa, província de Tarragona. Aquest està adossat a altres edificis per tres de les seves cares, aquestes cares son la cara nord, la cara est i la cara sud. La façana, que és la única cara que no té edificacions adossades i està orientada al Oest.

La coberta no té obstacles que li interrompin la llum solar directa, per tant podem afirmar que les dades climàtiques obtingudes del departament meteorològic de Catalunya són les dades reals que afecten directament l'edifici.

A continuació es mostren les dades climàtiques que afecten directament a l'edifici. Aquestes s'han extret del Observatori de l'Ebre, situat a la població de Roquetes. Roquetes és una població que està situada al costat de la ciutat de Tortosa, separada per la carretera C-12.

L'Observatori de l'Ebre està situat a aproximadament 2,5 Km de l'edifici objecte del projecte, per aquest motiu es considera que aquestes dades són les més precises per dur a terme l'estudi.

La següent imatge extreta de MeteoCat ens detalla la zona climàtica a la que pertany l'edifici.



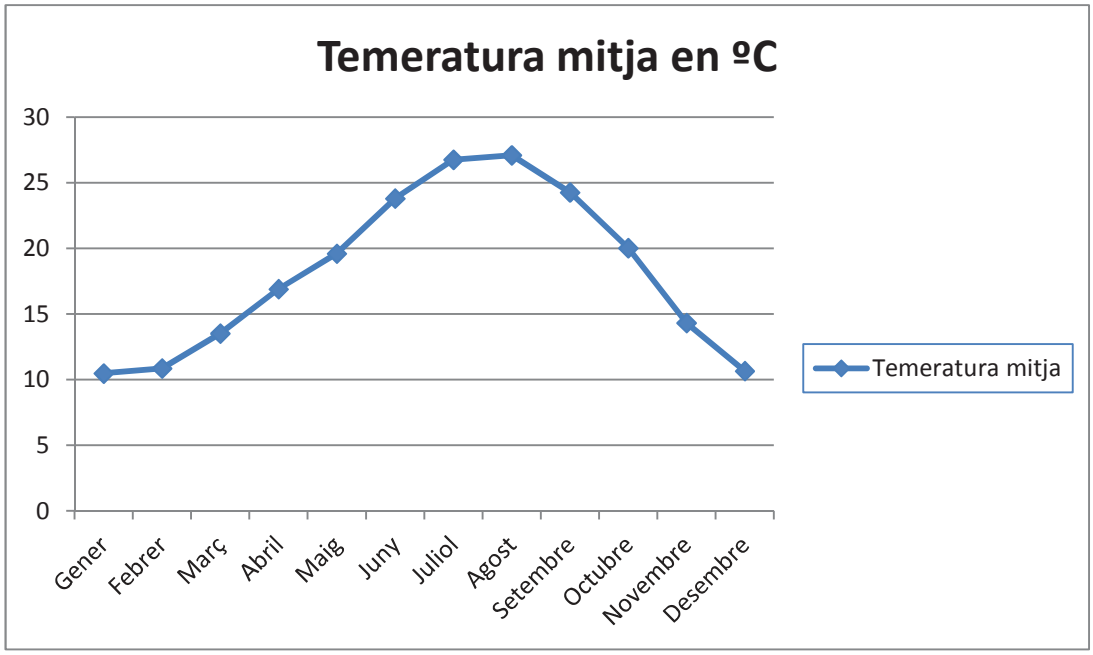
Imatge 2: Mapa de les distribucions de les zones climàtiques de Catalunya

Com es pot comprovar, la ciutat de Tortosa està situada en una zona climàtica classificada com a Zona Mediterrània Litoral Sud, i en el CTE DB HE 4 està classificada com a zona climàtica IV.

La taula següent ens mostra les temperatures mitges de cada més dels cinc últims anys captades per l'Observatori de l'Ebre.

ANY	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Mitja anual
2010	9,2	9,8	12	16,2	19,1	23,5	28,2	26,8	23,3	18	13,4	9,3	17,4
2011	9,7	12,5	13,3	18	20,9	23,7	26,2	27,6	25	20,1	14,8	12,1	18,7
2012	10,5	9,4	14,2	15,8	20,6	25,4	26,4	28,4	23,9	19	13,6	11,5	18,2
2013	11,4	10,9	13,8	15,7	17,9	22,1	26,8	26,2	24,3	21,7	14,3	9,6	17,9
2014	11,6	11,7	14,3	18,8	19,5	24,3	26,2	26,5	24,8	21,3	15,5	10,8	18,7
Mitjana	10,5	10,9	13,5	16,9	19,6	23,8	26,8	27,1	24,3	20	14,3	10,7	18,18

Taula 2: Temperatures mitges de la ciutat de Tortosa



Gràfic 1: Temperatures mitges de la ciutat de Tortosa

Extraiem les dades de radiació solar del "atles de radiació solar a Catalunya" editat per l' institut català de l'energia.

Ens fixarem en les taules de radiació solar global diària de l'estació de Tortosa amb orientació 0º ja que podem orientar els captadors solars cap a qualsevol direcció.

Orientació: 0º													
Inclinació	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Anual
0º	7,29	9,97	13,96	18,35	21,84	23,52	22,90	20,12	16,00	11,62	8,16	6,57	15,05
5º	8,26	10,90	14,79	18,94	22,15	23,68	23,13	20,60	16,78	12,55	9,14	7,56	15,73
10º	9,18	11,76	15,53	19,44	22,33	23,70	23,23	20,97	17,45	13,40	10,08	8,50	16,32
15º	10,05	12,56	16,18	19,82	22,38	23,57	23,18	21,23	18,02	14,17	10,95	9,40	16,81
20º	10,86	13,28	16,73	20,08	22,29	23,30	22,98	21,38	18,48	14,85	11,76	10,24	17,21
25º	11,60	13,92	17,18	20,22	22,13	22,91	22,70	21,41	18,83	15,45	12,49	11,01	17,50
30º	12,27	14,47	17,53	20,24	21,84	22,46	22,32	21,30	19,06	15,94	13,14	11,71	17,70
35º	12,86	14,92	17,76	20,13	21,41	21,86	21,80	21,06	19,17	16,34	13,71	12,33	17,7
40º	13,36	15,29	17,89	19,90	20,86	21,14	21,15	20,70	19,17	16,63	14,19	12,88	17,77
45º	13,78	15,56	17,91	19,55	20,19	20,29	20,37	20,21	19,05	16,82	14,58	13,34	17,65
50º	14,11	15,72	17,81	19,09	19,39	19,32	19,47	19,60	18,81	16,90	14,88	13,71	17,41
55º	14,34	15,79	17,61	18,51	18,48	18,25	18,46	18,87	18,45	16,88	15,07	13,99	17,0
60º	14,48	15,76	17,29	17,82	17,47	17,11	17,36	18,02	17,98	16,75	15,17	14,17	16,62
65º	14,52	15,63	16,87	17,03	16,41	15,95	16,25	17,08	17,41	16,51	15,16	14,27	16,09
70º	14,47	15,39	16,35	16,13	15,29	14,70	15,05	16,04	16,72	16,16	15,06	14,26	15,47
75º	14,32	15,06	15,73	15,15	14,09	13,37	13,77	14,97	15,94	15,72	14,86	14,16	14,76
80º	14,08	14,63	15,01	14,10	12,82	11,98	12,42	13,82	15,07	15,18	14,56	13,97	13,96
85º	13,74	14,11	14,21	13,00	11,48	10,60	11,01	12,59	14,10	14,54	14,17	13,68	13,10
90º	13,32	13,51	13,32	11,83	10,12	9,27	9,69	11,30	13,06	13,82	13,68	13,30	12,18

Taula 3: Radiació solar global sobre superfícies inclinades (MJ/m2*dia)

	gener	febrer	març	abril	maig	juny	juliol	agost	setembre	octubre	novembre	desembre	mitjana
Barcelona	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12
Girona	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10
Lleida	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	8
Tarragona	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10

Taula 4: Mitja mensual de la temperatura de l'aigua freda de xarxa a les províncies de Catalunya ºC. Energia Solar Tèrmica Quadern pràctic per a l'instal·lador

3.3. Característiques de l'edifici

Es tracta d'un edifici construït l'any 1910, de forma aproximadament rectangular, el qual ha sigut rehabilitat totalment, es a dir, s'ha enderrocat totalment l'interior d'aquest incloent-hi particions, forjats, instal·lacions, etc... , i s'ha reconstruït totalment. Aquest s'ha vist implementat amb una planta més, i s'ha dotat a l'edificació de noves instal·lacions com l'ascensor, instal·lació de telecomunicacions, instal·lació solar tèrmica, etc... , les instal·lacions ja existents com la instal·lació elèctrica i la instal·lació d'aigua han sigut substituïdes totalment i han estat adaptades tant a les noves necessitats, com a les normatives actuals pertinents.

L'edifici està adossat a altres edificis per tres de les seves cares, aquestes són la cara Nord, la cara Est i la cara Sud. Està constituït per una planta baixa amb altell que està destinada al vestíbul i a un local comercial, i tres plantes destinades a vivendes. En les dues primeres plantes hi ha dues vivendes en cadascuna, i en la tercera planta hi ha una vivenda i un dúplex. En el següent apartat veurem amb més detall aquestes particions horitzontals.

3.3.1. Dimensions i distribució de l'edifici

L'edifici està construït sobre una superfície de 70 m ², consta de planta baixa amb altell, dues plantes amb dues vivendes cadascuna ,i una tercera planta amb una vivenda i un dúplex que ocupa una quarta planta. La coberta de l'edifici és una coberta plana no transitable. En la següent taula es desglossa amb detall les dimensions i la distribució:

Planta	Pis	Descripció	Superfície (m2)
Planta baixa		Vestíbul	15,46
		Local comercial	46,59
Planta entresol		Local comercial	76,35
Planta primera	1º 1ª	Vivenda	36,74
	1º 2ª	Vivenda	33,07
Planta segona	2º 1ª	Vivenda	36,74
	2º 2ª	Vivenda	33,07
Planta tercera	3º 1ª	Vivenda	53,48
	3º 2ª	Dúplex	92,22
Coberta		No transitable	71,52

Taula 5: Distribució i superfícies de l'edifici

En l'Annex B. Plànols hi han els plànols de les distribucions per planta.

3.3.2. Materials de construcció i tancaments

Els materials de construcció de l'edifici adquireixen importància per al càlcul de la demanda energètica de l'edifici, en especial per al càlcul de pèrdues de calefacció, ja que aquests formen els tancaments de l'edifici i transfereixen el calor d'un costat a l'altre del tancament.

Aquests tancaments estan formats per diversos materials que constitueixen superfícies homogènies de diferents espessors. Cadascun dels materials que formen el tancament tenen un coeficient de conductivitat tèrmica el qual fem servir per determinar el coeficient de conductivitat tèrmica del tancament en conjunt.

3.3.2.1. Coeficients de conductivitat tèrmica

En la taula següent es mostren els diferents coeficients de conductivitat tèrmica dels materials emprats en la construcció de l'edifici.

Material	Conductivitat tèrmica (W/mºK)
Morter de ciment	1,40
Aïllament argiles expandides	0,09
Làmina bituminosa	0,19
Formigó armat	1,63
Llana de roca	0,04
Enlluït morter	1,40
Maó perforat	0,76
Enlluït de guix	0,30
Espuma de poliuretà	0,02
Càmera d'aire	0,28
Super maó	0,49
Plaqueta	1,05
Revoltó de formigó	0,93
Llosa de formigó per a sòl radiant	1,40

Llana de mineral	0,04

Taula 6: Coeficients de conductivitat tèrmica dels materials

3.3.2.2. Tancaments interiors

Es consideren tancaments interiors tots aquells que distribueixen els espais interiors del edifici, es a dir els que formen la distribució interior de l'edifici. Aquests poden separar dos tipus d'estàncies, les estàncies habitables, i les estàncies no habitables.

Es consideren estàncies habitables les estàncies que es consideren ocupades habitualment, com per exemple totes les estàncies interiors de l'habitatge. En el cas que ocupa aquest projecte els interiors dels habitatges es consideren espais habitables.

Els espais no habitables son aquells espais que es consideren de trànsit, o casualment habitables. Aquests espais en el cas que ocupa aquest projecte són els espais comuns (escala comunitària, ascensor), la sala de màquines de l'edifici, i la coberta.

Per al càlcul de les necessitats energètiques causades per les pèrdues per transmissió de calor, solament tindrem en compte els tancaments que separen els espais habitables amb els espais no habitables. Les pèrdues als tancaments entre espais habitables es menyspreen ja que es considera que els dos costats del tancament estan a la mateixa temperatura, per tant no existeixen pèrdues per transmissió de calor.

Per a tancaments entre espais habitables i espais no habitables, la transmitància tèrmica bé donada per l'expressió següent:

$$U = U_P \times b$$

On:

U_P= És la transmitància tèrmica de la partició interior en contacte amb l'espai no habitable.

$b =$ És el coeficient de reducció de temperatura (relacionat amb l'espai no habitable)

Les resistències superficials es mostren en la següent taula:

Posició del tancament i flux de calor	R_{SE}	R_{SI}
Tancaments verticals o > 60º i flux horitzontal	0,13	0,13
Tancament horitzontal o ≤ 60º i flux ascendent	010	0,10
Tancament horitzontal o ≤ 60º i flux descendent	0,17	0,17

Taula 7 : Resistències tèrmiques de convecció en particions interiors

S'ha de calcular la relació entre àrees de la partició interior entre l'espai habitable (Aiu) i no habitable, i entre el no habitable i l'exterior (Aue).

	No aislado$_{ue}$- Aislado$_{iu}$		No aislado$_{ue}$-No aislado$_{iu}$		Aislado$_{ue}$-No aislado$_{iu}$	
A_{iu}/A_{ue}	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0.25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
0.25 ≤0.50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0.50 ≤0.75	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
0.75 ≤1.00	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
1.00 ≤1.25	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
1.25 ≤2.00	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
2.00 ≤2.50	0,86	0,93	0,48	0,66	0,38	0,59
2.50 ≤3.00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3.00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

Taula 8 : Coeficient de reducció de temperatura

Per al cas que ocupa l'edifici objecte del projecte, considerem que les particions interiors no estan aïllades, i els tancaments exteriors si. També es considera que els espais no habitables de l'edifici són espais que corresponen al cas 1 de la taula, es a dir a espais lleugerament ventilats, amb grau d'estanqueïtat 1, 2 o 3.

Per tant com a tancaments interiors tindrem els que formen la separació entre cadascun dels habitatges i els espais comuns, i el que forma el forjat entre el local comercial i els habitatges de la primera planta. Aquest són

- Tancament paret mitjanera:

Resistència / Material	e (m)	λ (W/mºK)	R (m2ºK/W)	U (W/m2ºK)
Rse			0,13	
Enlluït de guix	0,015	0,30	0,05	
Maó perforat	0,140	0,76	0,18	
Camara d'aire	0,030	0,040	1,00	
Súper maó	0,050	0,49	0,10	
Enlluït de guix	0,015	0,30	0,05	
Rsi			0,13	
TOTAL	0,25		1,73	**0,61**

Taula 9: Tancament paret mitjanera

Es calcula el coeficient de reducció de temperatura en funció de les àrees anteriorment descrites. Aquestes àrees són:

- A_{iu}= 80,49 m²
- A_{ue} = 44,55 m²

Per tant:

$$A_{iu}/A_{ue} = 1{,}80$$

El valor b, extret de la taula 8 és b= 0,89. Per tant:

$$U_{PM} = 0{,}61 \times 0{,}89 = 0{,}54\ W/m^2K$$

- Forjat terra primera planta:

Es considera tancament entre espai habitable i espai no habitable al forjat que existeix entre el sostre de l'altell del local comercial, i el terra dels habitatges de la primera planta, ja que en l'espai del local comercial no es coneix si s'utilitzaran sistemes de calefacció per mantenir una temperatura agradable o no. Per tant el considerem com a espai lleugerament ventilat, amb grau d'estanqueïtat 1, 2 o 3.

Resistència / Material	e (m)	λ (W/mºK)	R (m2ºK/W)	U (W/m2ºK)
Rse			0,17	
gres	0,020	1,05	0,02	
Llosa de formigó per a sòl radiant	0,060	1,40	0,04	
làmina bituminosa	0,010	0,19	0,05	
Llana de mineral	0,030	0,04	0,75	
Formigó armat	0,050	1,630	0,03	
Revoltó de formigó	0,300	0,93	0,32	
Enlluït de guix	0,010	0,30	0,03	
Rsi			0,17	
TOTAL	0,48		1,59	**0,63**

Taula 10 : Tancament forjat terra primera planta

Seguidament es calcula el coeficient de reducció de temperatura en funció de les àrees anteriorment descrites. Aquestes àrees són:

- A_{iu} = 70 m2
- A_{ue} = 48,8 m2

Per tant:

$$A_{iu}/A_{ue} = 1{,}43$$

El valor b, extret de la taula 8 és b= 0,89. Per tant:

$$U_{PM} = 0{,}63 \times 0{,}89 = 0{,}56\ W/m^2K$$

3.3.2.3. Tancaments exteriors

Es consideren tancaments exteriors aquells que delimiten els espais interiors de l'edifici amb l'exterior d'aquest. Per al càlcul de transmissió de calor, únicament considerarem la façana oest, ja que és la única que està en contacte amb l'exterior. Les altres cares de l'edifici estan en contacte amb altres edificis, i es considera que els espais dels edificis adjacents són espais habitables i per tant no hi ha transmissió de calor.

Es calcula la transmitància tèrmica del tancament amb la expressió següent:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

On:

$R_T = Resistència\ tèrmica\ total\ del\ tancament\ (m^2 \cdot {}^oK/W)$

La resistència tèrmica total R_T de un component constituït per capes homogènies de diferents materials es pot calcular com:

$$R_T = R_{SE} + R_1 + R_2 + \cdots + R_n + R_{SI}$$

On:

$R_{SE}\ i\ R_{SI}$ = Son les resistències tèrmiques superficials corresponents a l'aire exterior e interior respectivament, d'acord amb la posició del tancament, la direcció del flux, i la situació en l'edifici (m2·ºK / W).

$R_1,\ R_2, \dots, R_n$ = Són les resistències tèrmiques de cadascuna de les capes de diferents materials que formen els tancaments.

La resistència tèrmica de cadascuna de les capes dels diferents materials es pot obtindre mitjançant l'expressió següent:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

On:

e = Espessor de la capa del material (m)

λ = Conductivitat tèrmica del material de la capa (W/mºK)

Posició del tancament i flux de calor	R_{SE}	R_{SI}
Tancaments verticals o > 60º i flux horitzontal	0,04	0,13
Tancament horitzontal o ≤ 60º i flux ascendent	004	0,10
Tancament horitzontal o ≤ 60º i flux descendent	0,04	0,17

Taula 11 : Resistències tèrmiques de conducció en superfícies en contacte amb l'aire exterior

En l'edifici objecte d'aquest projecte existeixen quatre tipus de tancaments exteriors, aquests són:

- Tancament Mur exterior:

Aquest està format per un conjunt de capes homogènies que conformen un tancament amb un espessor de 0,3 m. En la taula 5 es mostra el conjunt de capes que formen el tancament, juntament amb les seves conductivitats tèrmiques, espessors, i el coeficient de transmissió de calor del conjunt del tancament:

Resistència / Material	e (m)	λ (W/mºK)	R (m2ºK/W)	U (W/m2ºK)
Rse			0,04	
Enlluït morter	0,015	1,40	0,01	
Maó perforat	0,140	0,76	0,18	
Espuma de poliuretà	0,030	0,02	1,50	
Càmera d'aire	0,050	0,28	0,18	
Super maó	0,050	0,49	0,10	

Enlluït de guix	0,015	0,30	0,05	
Rsi			0,13	
TOTAL	0,30		2,20	**0,46**

Taula 12: Tancament Mur exterior

- Tancament coberta:

La coberta de l'edifici està formada pel conjunt de capes de diversos materials tal i com s'indica en la taula 6.

Resistència / Material	e (m)	λ (W/mºK)	R (m2ºK/W)	U (W/m2ºK)
Rse			0,04	
Plaqueta	0,020	1,050	0,02	
Morter de ciment	0,010	1,400	0,01	
Aïllament argiles expandides	0,050	0,085	0,59	
Làmina bituminosa	0,010	0,190	0,05	
Formigó armat	0,050	1,630	0,03	
Revoltó de formigó	0,300	0,926	0,32	
Morter de ciment	0,010	1,400	0,01	
Llana de roca	0,040	0,040	1,00	
Super maó	0,030	0,020	1,50	
Enlluït de guix	0,010	0,300	0,03	
Rsi			0,10	
TOTAL	0,53		3,70	**0,27**

Taula 13: Tancament coberta

- Tancament forjat terrassa:

La terrassa està situada al pis 3º-2ª, però per la seva disposició, es considera tancament exterior del pis 3º-1ª. El forjat de la terrassa està format per les capes i espessors que s'indiquen en la taula 7.

Resistència / Material	e (m)	λ (W/mºK)	R (m2ºK/W)	U (W/m2ºK)
Rse			0,04	
Plaqueta	0,020	1,050	0,02	
Morter de ciment	0,010	1,400	0,01	
Aïllament argiles expandides	0,030	0,085	0,35	
Làmina bituminosa	0,010	0,190	0,05	
Formigó armat	0,050	1,630	0,03	
Revoltó de formigó	0,250	0,926	0,27	
Morter de ciment	0,010	1,400	0,01	
Llana de roca	0,040	0,040	1,00	
Super maó	0,030	0,020	1,50	
Enlluït de guix	0,010	0,300	0,03	
Rsi			0,10	
TOTAL	0,46		3,41	**0,29**

Taula 14: Forjat terrassa

- Tancament finestres:

La transmissió tèrmica dels tancaments formats per finestres o lucernaris, es determinarà mitjançant la següent expressió:

$$U_H = (1 - FM)U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m}$$

On:

$U_{H,v}$ = Transmissió tèrmica de la part semitransparent (W/m²ºK)

$U_{H,m}$ = Transmissió tèrmica del marc de la finestra (W/m2ºK)

FM = Fracció ocupada pel marc

Agafem com a valor de transmissió tèrmica dels marcs d'alumini amb trencament de pont tèrmic i doble vidre amb càmera de 6 mm.

$$U_{H,v} = 3\ W/m^{2o}K$$

$$U_{H,m} = 4{,}3\ W/m^{2o}K$$

En la següent taula es poden observar els diferents tipus de finestres i lucernaris que disposa l'edifici, juntament amb els seus coeficients de transmissió de calor.

Tancament	Superfície total (m2)	Superfície semitransparent (m2)	FM	U (W/m2ºK)
Finestra tipus 1	2,42	1,60	0,34	3,44
Finestra tipus 2	5,500	4,50	0,18	3,24
Claraboia	3,300	2,80	0,15	3,20

Taula 15: Tancaments finestres i lucernaris

3.3.3. Coberta

La coberta d'aquest edifici és una coberta plana de 77,5 m ². Aquesta coberta no és transitable i l'accés és mitjançant una claraboia practicable.

En la coberta es pretén instal·lar els compressors de les màquines d'aire condicionat i bomba de calor pertanyents als pisos de la tercera planta, ja que són aquests els únics que estan equipats amb aquestes instal·lacions.

Aquesta coberta està situada a aproximadament a 25,4 m d'alçada, no té cap edifici al voltant amb més alçada que li pugi provocar ombres, per tant, les hores de llum solar directa són les màximes de cada més, ja que no té cap objecte que li pugi interrompre la llum solar.

La seva situació es pot apreciar als plànols de distribució elèctrica adjunts en l'Annex B.

3.4. Fonts energètiques i equipaments

Avui en dia hi ha diferents tipus de fonts energètiques utilitzades per a la generació d'ACS i calefacció. Hi ha fonts energètiques considerades renovables, com pot ser la biomassa i l'energia solar tèrmica i fonts energètiques no renovables com poden ser l'energia elèctrica, el gas natural o gas ciutat, el gasoil de calefacció, etc...

Hem de tenir en compte la viabilitat de cadascuna, ja que s'han de tenir present diferents aspectes com poden ser l'espai necessari per a l' instal·lació, la possibilitat d'instal·lació (ja que el servei de gas natural o gas ciutat no està disponible a tots els llocs), els costos de la instal·lació i del manteniment, i el propi cost del servei o cost de la font d'energia.

En el cas que ocupa l'edifici objecte del projecte, la font energètica o sistema de suport a la producció d'ACS i calefacció serà una caldera mural elèctrica individual per a cada vivenda. També s'instal·larà una caldera per a la producció d'ACS en el local comercial. S'ha escollit l'electricitat com a font d'energia de suport ja que en la distribució de les vivendes, no hi ha galeries ni llocs amb suficient ventilació per a poder instal·lar calderes que funcionin amb gas natural.

S'ha escollit una caldera elèctrica mural mixta per a la producció d'ACS i calefacció de les vivendes de la marca Gabarrón, model CMX 15, i per a la producció d'ACS en el local comercial s'ha escollit una caldera elèctrica de la marca Gabarrón model ACTIVE MULTIFIX GTB-80.

Amb l'elecció d'aquests sistemes, tot i formar part d'un tipus de font energètica cara, s'ha optimitzat l'aprofitament de la instal·lació solar. Amb aquests sistemes podrem regular la temperatura de sortida d'ACS i calefacció.

3.4.1. Producció i distribució d'energia

Tal i com s'ha esmentat anteriorment, la instal·lació solar tèrmica de l'edifici no és centralitzada, això significa que cada vivenda tindrà un bescanviador de calor individual per a generar la seva pròpia aigua calenta sanitària i la seva pròpia calefacció.

A cadascun dels habitatges i al local comercial hi ha d'haver un sistema de suport a la demanda d'ACS i Calefacció que asseguri l'abastiment d'aquests.

La instal·lació solar tèrmica produirà aigua calenta sanitària i calefacció per als sis habitatges de l'edifici, però solament s'abastirà al local comercial amb aigua calenta sanitària.

El sistema de calefacció dels habitatges està format per un sistema de terra radiant, ja que aquest sistema s'ajusta molt bé amb les instal·lacions solars tèrmiques per a calefacció. El terra radiant és un sistema de calefacció que funciona a baixes temperatures (aprox. 45ºC), el que el fa ideal per a que funcioni amb energia solar tèrmica.

3.4.2. Font primària d'energia utilitzada pels equips

Existeixen diferents tipus de fonts primàries d'energia adients per a ser utilitzades amb el fi de produir aigua calenta sanitària i calefacció, com poden ser el gas natural o gas ciutat, la biomassa, el gasoil de calefacció i la electricitat aquests dos últims són menys adients ja encara que la inversió inicial no té un cost elevat, el cost de funcionament d'aquestes fonts energètiques és elevat,r i genera molts de residus i gasos contaminants.

L'edifici té la possibilitat de ser connectat a la xarxa de gas natural de Tortosa, però per la pròpia distribució dels habitatges, resulta molt complicat la instal·lació d'aquesta font d'energia. La causa principal és la falta d'un pati interior, o galeries on es puguin instal·lar les calderes de gas natural. Aquestes no es poden instal·lar en l'interior dels habitatges, a causa que necessiten suficient ventilació. Per tant aquesta font energètica es desestima.

La biomassa es tracta d'una caldera on es cremen paquets de virostes de fusta i materials orgànics per a generar tant aigua calenta sanitària com calefacció. Si la instal·lació solar tèrmica fora centralitzada, tindríem la possibilitat de instal·lar una caldera de biomassa centralitzada per a tot l'edifici, ja que aquesta té un consum baix i la matèria prima és molt econòmica.

Per altra banda la biomassa, està considerada una font d'energia renovable ja que el CO2 que allibera a l'atmosfera, es considera que es igual o inferior al CO2 que les plantes o els arbres que formen els paquets de combustible hagin absorbit de la atmosfera al llarg de la seva vida.

Finalment la propietat decideix que la font primària utilitzada pels equips sigui l'energia elèctrica. Aquesta alimenta a escalfadors elèctrics termodinàmics per a generar tant aigua calenta sanitària com calefacció. Això incrementa el cost de generar aigua calenta sanitària i calefacció ja que s'incrementa el consum elèctric, i aquest es una de les fonts energètiques més cares.

4. Disseny de la instal·lació elèctrica de baixa tensió

4.1. Abast de la instal·lació

El disseny de la instal·lació elèctrica de baixa tensió, comprèn des de l'escomesa de l'edifici, passant per les estacions d'enllaç, fins les instal·lacions interiors tant de les vivendes, com del local comercial, i els espais comuns. Detallant també tots els components d'aquesta com l' identificació de conductors i dels dispositius generals e individuals de comandament i protecció.

4.1.1. Normes i referències

El present projecte recull les característiques dels materials, els càlculs que justifiquen la seva ocupació i la forma d'execució de les obres a realitzar, tot seguint les següents disposicions:

- Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió i Instruccions Tècniques Complementàries (Reial decret 842/2002 de 2 d'Agost de 2002).
- Normes UNE-EN
- Normes UNE
- Normes NBE
- Norma Técnica Particular - Instal·lacions d'enllaç en Baixa Tensió (NTP-IEBT/FECSA ENDESA)
- Reglament sobre escomeses elèctriques i normes d'aplicació (Reial decret 2949/1982, de 15 d'octubre, del Ministeri d'Indústria i Energia)
- Reial decret 1955/2000 de 1 de Desembre, pel qual es regulen les Activitats de Transport, Distribució, Comercialització, Subministrament i Procediments d'Autorització d'Instal·lacions d'Energia Elèctrica.
- Codi Tècnic de l'Edificació (Real decret 314/2006, de 17 de març), concretament en els seus documents:
  - Exigències bàsiques de seguretat en cas d'incendi (SI)
  - Exigències bàsiques de seguretat de salubritat (HS)
  - Exigències bàsiques d'estalvi d'energia (SI)
- Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis i les seves Instruccions Tècniques Complementàries (Real Decret 1751/1998, de 31 de juliol RITE)
- Llei 31/1995, de 8 de novembre, de Prevenció de Riscos Laborals.
- Reial decret 1627/1997 de 24 d'octubre de 1.997, sobre Disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres.
- Reial decret 486/1997 de 14 d'abril de 1997, sobre Disposicions mínimes de seguretat i salut en els llocs de treball.
- Reial decret 485/1997 de 14 d'abril de 1997, sobre Disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball.

- Reial decret 1215/1997 de 18 de juliol de 1997, sobre Disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització pels treballadors dels equips de treball.
- Reial decret 773/1997 de 30 de maig de 1997, sobre Disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la utilització pels treballadors d'equips de protecció individual.

4.2. Previsió de càrregues

Per poder fer el disseny de la instal·lació elèctrica de l'edifici, primer hem de saber quines son les necessitats elèctriques de l'edifici. S'han calculat les necessitats elèctriques d'aquest segons el vigent Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió. Aquest ens indica la potència que cal preveure tant per als habitatges, per als serveis comuns, com per al local comercial, i els coeficients de simultaneïtat de cadascun.

L'empresa subministradora d'energia elèctrica serà FECSA-ENDESA. La tensió de subministres serà de 400 V entre fases i 230 V entre fase i neutre.

4.2.1. Previsió de càrregues per a les vivendes

En el cas dels habitatges, la potència a preveure varia en funció del grau d'electrificació de la vivenda. Aquest pot ser bàsic o elevat depenent de la superfície, la quantitat i el tipus d'aparells elèctrics.

En aquest projecte trobem un sol tipus d'electrificació per a les vivendes, hi trobem sis vivendes amb grau d'electrificació elevat. Aquestes vivendes, tot i no superar els 160 m2, compten amb calefacció elèctrica i per tant han de ser considerades com a vivendes amb electrificació elevada. A més de la calefacció elèctrica, hi ha dues vivendes que compten amb aire condicionat i bomba de calor.

Així doncs, segons la ITC-BT-10 del Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió, per tal de garantir la connexió i utilització segura dels receptors usats, hem de considerar un grau d'electrificació elevat per a sis vivendes amb una previsió de potència mínima de 9.200 W per a cadascuna.

Segons l'empresa subministradora, per a les vivendes amb grau d'electrificació bàsic correspon un IGA (Interruptor General Automàtic) mínim de 25 A, i per a les vivendes amb un grau d'electrificació elevat correspon un IGA mínim de 40 A.

Amb un total de sis vivendes amb un grau d'electrificació elevat, i aplicant el coeficient de simultaneïtat que ens indica el reglament, s'obté:

$$P_H = \frac{\Sigma(n_{ib} \times P_b + n_{ie} \times P_e)}{n} \times C = \frac{\Sigma(6 \times 9.200)}{6} \times 5{,}4 = 49.680\ W$$

On:

P_H = Potència total habitatges

n_{ib} = Número d'habitatges amb grau bàsic

P_b = Potència habitatges bàsics

n_{ie} = Número d'habitatges amb grau elevat

P_e = Potència habitatges elevat

n = Número total d'habitatges

C = Coeficient de simultaneïtat per a sis habitatges

4.2.2. Previsió de càrregues per al local comercial

La càrrega corresponent al local comercial, tal i com ens indica l'article ITC-BT-10 del REBT, és calcula considerant un mínim de 100 W per metre quadrat i planta, amb un mínim per local de 3.450 W a 230 V i el coeficient de simultaneïtat és 1.

$$P_{LC} = S_{LC} \times 100\ W/m^2 = 123\ m^2 \times 100\ W/m^2 = 12.300\ W$$

On:

P_{LC} = Potència local comercial

S_{LC} = Superfície total local comercial en m^2

4.2.3. Previsió de càrregues per als serveis comuns

La càrrega corresponent als serveis comuns o serveis generals, és la suma de la potència prevista en ascensors, aparells elevadors, centrals de calor i fred, grups de pressió, il·luminació de portal, caixa d'escala, espais comuns, etc. És a dir, en tot el servei elèctric general de l'edifici sense aplicar cap factor de reducció per simultaneïtat, per tant el valor del factor de simultaneïtat és 1.

$$P_{TSC} = P_{EC} + P_A + P_{CT} + P_{ES} = 2.000\ W + 6.500\ W + 1.500\ W + 1.500\ W = 11.500\ W$$

On:

P_{EC} = Potència espais comuns

P_A = Potència ascensor

P_{CT} = Potència caixa de telecomunicacions

P_{ES} = Potència sistema d'energia solar tèrmica

P_{TSC} = Potència total serveis comuns

4.2.4. Previsió de càrregues total de l'edifici

La previsió de càrregues de l'edifici és la suma de la càrrega corresponent al conjunt d'habitatges, dels serveis comuns o serveis generals de l'edifici, de la corresponent als locals comercials i dels garatges que en formen part.

Per tant en el aquest cas tenim que:

$$P_{TE} = P_H + P_{LC} + P_{TSC} = 49.680\ W + 12.300\ W + 11.500\ W = 73.480\ W = 73{,}48\ kW$$

On:

P_{TE} = Potència total Edici

P_H = Potència total habitatges

P_{LC} = Potència local comercial

P_{TSC} = Potència total serveis comuns

En la següent taula trobem tota la informació junta de les previsions de potències de l'edifici.

P_H = Potència total habitatges	49.680 W
P_{LC} = Potència local comercial	12.300 W
P_{TSC} = Potència total serveis comuns	11.500 W
P_{TE} = Potència total Edici	73.480 W

Taula 16: Taula de potències de l'edifici.

4.3. Escomesa

L'escomesa o embrancament, és la part de la instal·lació de la xarxa de distribució, que alimenta la caixa o caixes generals de protecció o unitat funcional equivalent (d'ara endavant l'anomenarem CGP).

La norma que regula aquesta part de la instal·lació es troba a l'article ITC-BT-11 del Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió.

Hi ha diferents tipus d'escomeses o connexions de servei depenen del seu traçat, el sistema d'instal·lació i les característiques de la xarxa. En la següent taula es poden veure els diferents tipus i els pertinents sistemes d'instal·lació.

TIPUS	SISTEMA D'INSTAL·LACIÓ
Aèries	Posada sobre façana
	Tensada sobre pal
Subterrànies	Amb entrada i sortida
	En derivació
Mixtes	Aereosubterranea

Taula 17: Tipus de connexions de servei en funció del sistema d'instal·lació

Amb caràcter general, les connexions de servei s'han de fer seguint els traçats més curts, fent connexions quan aquestes siguin necessàries mitjançant sistemes o dispositius apropiats. En tot cas s'han de fer de manera que l'aïllament dels conductors es mantingui fins als elements de connexió de la CGP.

La connexió de servei ha de discórrer per terrenys de domini públic excepte en els casos de connexions de servei aèries o subterrànies, en que hagin estat autoritzades les corresponents servituds de pas.

Cal evitar fer connexions de servei per patis interiors, garatges, jardins privats, vials de conjunts privats tancats, etc...

En general es disposa d'una sola connexió de servei per edifici o finca. Tanmateix, es poden establir connexions de servei independents per a subministraments complementaris que estableix el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió o aquells les característiques especials dels quals (potències elevades, entre altres) així ho aconsellin.

Els conductors o cables han de ser aïllats, de coure o alumini i els materials utilitzats i les condicions d'instal·lació han de complir les prescripcions que estableixen la ITC-BT-06 i la ITC-BT-07 per a xarxes aèries o subterrànies de distribució d'energia elèctrica.

Les seccions dels conductors i el nombre de conductors es calculen tenint en compte els aspectes següents:

- Màxima càrrega prevista d'acord amb la ITC-BT-10.
- Tensió de subministrament.
- Intensitats màximes admissibles per al tipus de conductor i les condicions de la seva instal·lació.
- La caiguda de tensió màxima admissible. Aquesta caiguda de tensió ha de ser la que l'empresa distribuïdora tingui establerta, en el seu repartiment de caigudes de tensió en els elements que constitueixen la xarxa, perquè a la caixa o caixes generals de protecció estigui dins dels límits establerts pel Reglament pel qual es regulen les activitats de transport, distribució, comercialització, subministrament i procediments d'autorització d'instal·lacions d'energia elèctrica.

La xarxa de distribució de l'empresa subministradora que envolta l'edifici és subterrània i per tant l'escomesa de l'edifici haurà de ser subterrània, i amb entrada i sortida.

Aquesta la calcula i l'instal·la l'empresa subministradora, ja que el punt de connexió a la xarxa de distribució el marca aquesta, i per tant no es pot saber la longitud exacta de l'escomesa fins que l'empresa subministradora no realitzi l'estudi pertinent.

4.4. Estacions d'enllaç

Es denominen instal·lacions d'enllaç, aquelles que uneixen la caixa general de protecció o caixes generals de protecció, incloses aquestes, amb les instal·lacions interiors o receptores de l'usuari.

Començaran, per tant, al final de l'embrancament i acabaran als dispositius de comandament i protecció. Aquestes instal·lacions, exceptuant els dispositius generals de comandament i protecció, s'instal·laran i passaran sempre per llocs d'ús comú, seran propietat de l'usuari, que es responsabilitzarà de la seva conservació i manteniment.

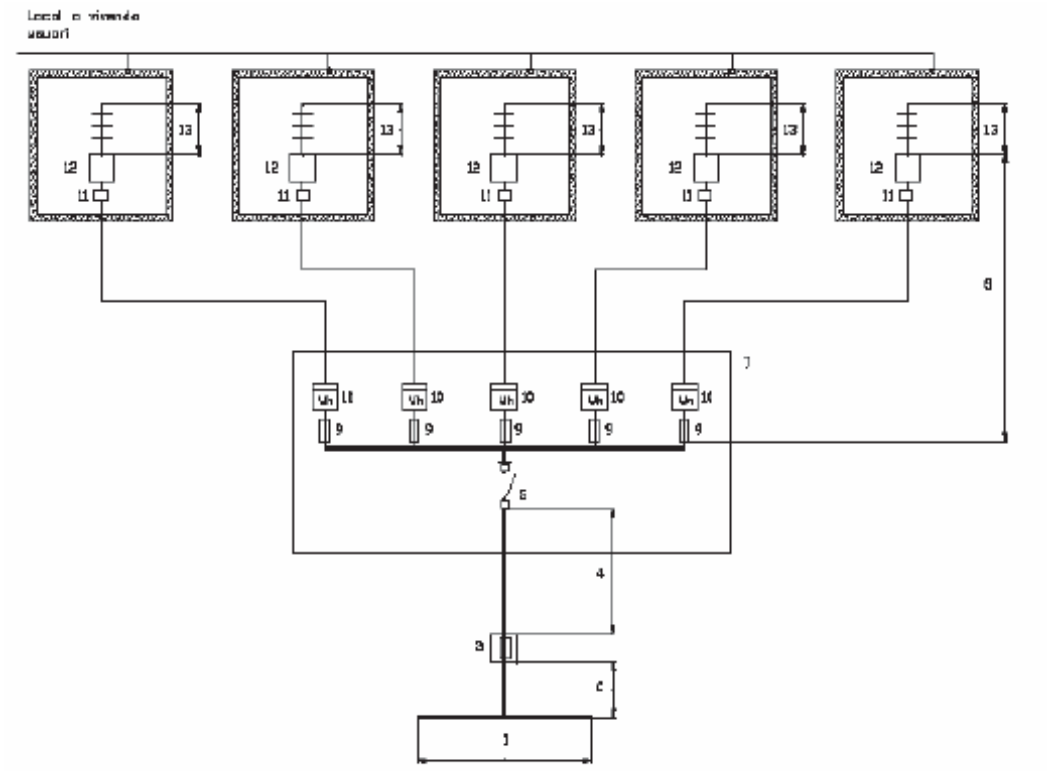
Parts que constitueixen la instal·lació d'enllaç:

- Caixa General de Protecció (CGP)
- Línea General d'Alimentació (LGA)
- Elements per a la Ubicació de Comptadors (CC)
- Derivació individual (DI)
- Caixa per a Interruptor de Control de Potència (ICP)
- Dispositius Generals de Comandament i Protecció (DGMP)

El conjunt de la derivació individual i la instal·lació interior constitueix la instal·lació privada de cada usuari, malgrat que la derivació individual transcorre per llocs d'us comú.

En el Reglament electrotècnic de baixa tensió ens mostra els diferents esquemes que han de seguir les estacions d'enllaç depenen de la col·locació dels comptadors. En aquest cas, hem de seguir l'esquema que s'ha d'utilitzar normalment en conjunts d'edificació vertical o horitzontal, destinats principalment a habitatges, edificis comercials, d'oficines o destinats a una concentració d'indústries.

En la imatge 3 es mostra l'esquema a seguir:



Imatge 3: Esquema per a diversos usuaris amb comptadors en forma centralitzada en un lloc

Llegenda:

1	Xarxa de distribució	8	Derivació individual
2	Embrancament	9	Fusible de seguretat
3	Caixa General d'alimentació	10	Comptador
4	Línea general d'alimentació	11	Caixa per a ICP
5	Interruptor general de maniobra	12	Dispositius generals de comandament i protecció
7	Emplaçament de comptadors	13	Instal·lació interior

4.4.1. Caixa General de Protecció (CGP) i Caixa de Seccionament (CS).

La caixa general de protecció és la que allotja els elements de protecció de les línies generals d'alimentació.

S'han d'instal·lar preferentment sobre les façanes exteriors dels edificis, en llocs d'accés lliure i permanent. La seva situació s'ha de fixar de comú acord entre la propietat i l'empresa subministradora.

Quan la connexió de servei sigui aèria es poden instal·lar en muntatge superficial a una altura sobre el terra compresa entre 3 i 4 m. Quan es tracti d'una zona en què estigui previst el pas de la xarxa aèria a xarxa subterrània, la caixa general de protecció s'ha de situar com si es tractés d'una connexió de servei subterrània.

Quan l'escomesa sigui subterrània s'instal·larà sempre en un nínxol en paret, que s'ha de tancar amb una porta preferentment metàl·lica, amb grau de protecció IK 10 segons UNE-EN 50.102, revestida exteriorment d'acord amb les característiques de l'entorn i ha d'estar protegida contra la corrosió i disposar d'un pany o cadenat normalitzat per l'empresa subministradora. La part inferior de la porta ha d'estar a un mínim de 30 cm del terra.

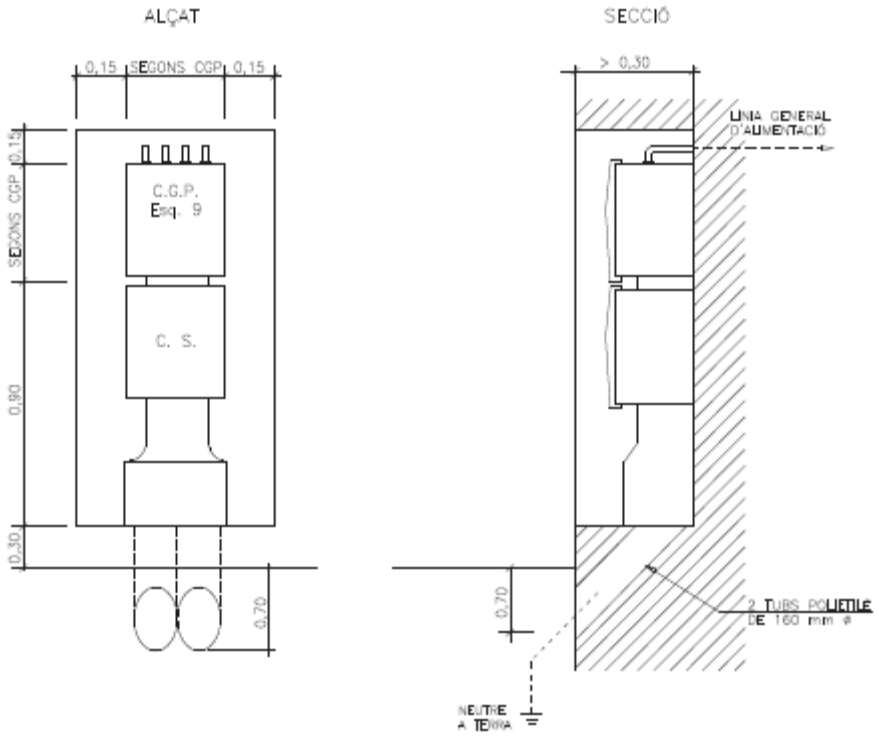
Al nínxol s'hi han de deixar previstos els orificis necessaris per allotjar els conductes per a l'entrada de les connexions de servei subterrànies de la xarxa general, de conformitat amb el que estableix la ITC-BT-21 per a canalitzacions encastades.

Quan la façana afronti amb la via pública, la caixa general de protecció s'ha de situar en el límit entre les propietats públiques i privades.

No s'ha d'allotjar més de dues caixes generals de protecció en l'interior del mateix nínxol, i cal disposar una caixa per cada línia general d'alimentació.

Els usuaris o l'instal·lador electricista autoritzat només tenen accés i poden actuar sobre les connexions amb la línia general d'alimentació, amb la comunicació prèvia a l'empresa subministradora.

Les caixes generals de protecció per utilitzar corresponen a un dels tipus recollits en les especificacions tècniques de l'empresa subministradora que han estat aprovades per l'Administració Pública competent. Dins les caixes s'han d'instal·lar tallacircuits fusibles en tots els conductors de fase o polars, amb poder de tall com a mínim igual al corrent de curtcircuit previst en el punt de la seva instal·lació. El neutre ha d'estar constituït per una connexió amovible situada a l'esquerra de les fases, col·locada la caixa general de protecció en posició de servei, i també ha de disposar d'un born de connexió per a la seva posada a terra, si és procedent



Imatge 4: Detall instal·lació de la Caixa General de Protecció.

L'esquema de caixa general de protecció que ha de ser utilitzada, depèn de les necessitats del subministrament sol·licitat, del tipus de xarxa d'alimentació i l'ha de determinar l'empresa subministradora. En el cas de l'alimentació subterrània, les caixes generals de protecció poden tenir prevista l'entrada i la sortida de la línia de distribució.

Les caixes generals de protecció han de complir tot el que sobre el particular indica la Norma UNE-EN 60.439 -1, han de tenir grau d'inflamabilitat segons s'indica en la norma UNE-EN 60.439 -3, una vegada instal·lades han de tenir un grau de protecció IP43 segons UNE 20.324 i IK 08 segons UNE-EN 50.102 i han de ser precintables .

Les disposicions generals d'aquest tipus de caixa queden recollides en la ITC-BT-13.

4.4.1.1. Resultat dels càlculs de la Caixa General de Protecció i Caixa de seccionament.

Així doncs, tenint en compte tot el citat anteriorment, en el cas que ocupa l'edifici objecte d'aquest projecte s'instal·larà una CGP model CGP-9-160 BUC, amb entrada de cables per la part inferior (Connexió de servei subterrani) i sortida per la part superior segons NTPIEBT (Norma Tècnica Particular de FecsaEndesa).

Aquesta va equipada amb un joc de bases per a curtcircuits previstes per a col·locar fusibles de 160 A com a màxim. Que degut a la potència a contractar és la intensitat màxima de fusible que correspon.

Estarà ubicada en la planta baixa de l'edifici, en la paret que llinda amb la porta d'accés principal d'aquest. La seva situació exacta es pot apreciar en el plànol nº 02.

La caixa de seccionament serà amb la sortida cap a la CGP per la part superior i sortida de la línea de distribució per la part inferior, amb especificació tècnica 6700034.

4.4.2. Línea General d'Alimentació (LGA)

La Línea General d'Alimentació és la que enllaça la caixa general de protecció amb la centralització de comptadors.

Aquestes han d'estar constituïdes per:

- Conductors aïllats a l'interior de tubs encastats.
- Conductors aïllats a l'interior de tubs enterrats.
- Conductors aïllats a l'interior de tubs en muntatge superficial.
- Conductors aïllats a l'interior de canals protectores la tapa de les quals només es pot obrir amb l'ajuda d'un estri.
- Canalitzacions elèctriques prefabricades que han de complir la norma UNE-EN 60.439 -2.
- Conductors aïllats a l'interior de conductes tancats d'obra de fàbrica, projectats i construïts a l'efecte.

En els casos anteriors, els tubs i canals així com la seva instal·lació han de complir el que s'indica a la ITC-BT-21. Les canalitzacions han d'incloure en qualsevol cas el conductor de protecció.

El traçat ha de ser el més curt i rectilini possible, i ha de passar per les zones comuns.

En les instal·lacions de cables aïllats i conductors de protecció a l'interior de tubs enterrats s'ha de complir el que especifica la ITC-BT-07, excepte el que indica aquesta instrucció.

Les unions en els tubs rígids han de ser roscades o embotides, de manera que no es puguin separar. Quant la línia general d'alimentació discorri verticalment per l'interior d'una canaleta o un conducte d'obra adossat al buit de l'escala per llocs d'ús comú, evitant la influència tèrmica d'altres canalitzacions de l'edifici. Aquest conducte ha de complir el que s'indica en la ITC-BT-14.

Els conductors, tres de fase i un de neutre, han de ser de coure o alumini, unipolars i aïllats, i la seva tensió assignada ha de ser de 0,6/1 kV. Aquests s'han d'instal·lar de manera que no redueixi les característiques de seguretat contra incendis de l'edifici i han de ser no propagadors de l' incendi i amb emissió de fums i opacitat reduïda.

La secció mínima dels conductors de la línia general d'alimentació ha de ser de 10 mm2 en coure i 16 mm2 en alumini, han de ser uniformes en tot el seu recorregut, i sense entroncaments.

Per al càlcul de la secció dels cables s'ha tingut en compte tant la màxima caiguda de tensió permesa com la intensitat màxima admissible.

La caiguda de tensió màxima permesa en la línea general d'alimentació serà:

- Per a línies generals d'alimentació destinades a comptadors totalment centralitzats: 0,5 per 100.
- Per a línies generals d'alimentació destinades a centralitzacions parcials de comptadors: 1 per 100.

La intensitat màxima admissible del conductor seleccionat ha de ser superior a la intensitat corresponent a la previsió de càrregues.

El conductor neutre tindrà una secció aproximada del 50 per 100 de la corresponent al conductor de fase, no sent inferior als valors especificats a la taula següent:

Seccions (mm^2)		Diàmetre exterior dels tubs (mm)
FASE	NEUTRE	
10 (Cu)	10	75
16 (Cu)	10	75
16 (Al)	16	75
25	16	110
35	16	110
50	25	125
70	35	140
95	50	140
120	70	160
150	70	160
185	95	180
240	120	200

Taula 18: Seccions mínimes dels conductors

En la taula 7 trobem el diàmetre exterior dels tubs de protecció per a cada diàmetre dels cables.

4.4.2.1. Resultats dels càlculs de la línea general d'alimentació

En aquest apartat veurem el resultat dels càlculs de l'apartat "3.1.4.1 Línia General d'Alimentació".

Per al cas que aplica aquest projecte, la Línia General d'Alimentació estarà formada per conductors de coure segons especificacions anteriors i de tensió assignada 0,6/1kV.

Aquesta discorrerà encastada en el sostre del vestíbul de la planta baixa tal i com es mostra al plànol nº2 i al plànol nº 3 de l'Annex B.

Aquest resultat mostra la solució per al dimensionat de la Línea General d'Alimentació.

Potència (W)	Tensió (V)	Intensitat (A)	Longitud (m)	Secció conductor fase (mm2)	Secció conductor neutre (mm2)	Secció conductor de protecció (mm2)	Diàmetre tub de protecció (mm)
73480	400	132,58	8,5	70	35	35	140

Taula 19: Solució del dimensionat de la LGA.

4.4.3. Elements per a la ubicació de comptadors

Aquest s'ajustaran a les disposicions de l' ITC-BT-16. Els comptadors o equips de mesura i altres dispositius per a la mesura de l'energia elèctrica poden estar ubicats en mòduls (caixes amb tapes precintables), plafons, o armaris. Tots aquests han de constituir conjunts que han de complir les parts 1, 2 i 3 de la norma UNE-EN 60.439.

El grau de protecció mínim que han de complir aquests conjunts, d'acord amb la norma UNE 20.324 i UNE-EN 50.102, respectivament:

- per a instal·lacions de tipus interior: IP40; IK 09
- per a instal·lacions de tipus exterior: IP43; IK 09.

Han de permetre de forma directa la lectura dels comptadors i interruptors horaris, així com la de la resta de dispositius de mesura, quan sigui necessari. Les parts transparents que permeten la lectura directa, han de ser resistents als llamps ultraviolats.

Quan s'utilitzin mòduls o armaris, aquests han de disposar de ventilació interna per a evitar condensacions sense que disminueixi el seu grau de protecció.

Les dimensions dels mòduls, plafons i armaris, han de ser les adequades per al tipus i nombre de comptadors així com de la resta de dispositius necessaris per a la facturació de l'energia, segons el tipus de subministrament que han de tenir.

Cada derivació individual ha de tenir associat al seu origen la seva pròpia protecció composta per fusibles de seguretat, amb independència de les proteccions corresponents a la instal·lació interior de cada subministrament. Aquests fusibles s'han d'instal·lar abans del comptador i s'han de col·locar en cadascun dels fils de fase o polars que van al comptador, han de tenir l'adequada capacitat de tall en funció de la màxima intensitat de curtcircuit que pugui presentar-se en aquest punt i han d'estar precintats per l'empresa distribuïdora.

Els cables han de ser de 6 mm2 de secció, excepte quan s'incompleixin les prescripcions reglamentàries pel que fa a previsió de càrregues i caigudes de tensió que en aquest cas la secció serà més gran. Aquests han de ser d'una tensió assignada de 450/750 V i els conductors de coure. S'han d'identificar segons els colors que prescriu la ITC-MIE-BT-26. Aquests han de ser no propagadors de incendi i amb emissió de fums i opacitat reduïda.

El cablejat també ha de disposar dels conductors necessaris per als circuits de comandament i control. El seu color d'identificació és vermell i amb una secció mínima de 1,5 mm2.

Els comptadors es poden col·locar de dues formes, de forma individual, que és el mètode de col·locació per a un únic subministrament, i de forma concentrada, que és el mètode utilitzat per a edificis destinats a habitatges i locals comercials,edificis comercials i per a edificis destinats a una concentració d'indústries.

Per al cas que ocupa aquest projecte, s'observa que al ser un edifici destinat a habitatges i locals comercials, els comptadors s'han de col·locar de forma concentrada.

Els comptadors es poden col·locar de forma concentrada en locals o en armaris.

Aquests s'han d'instal·lar en locals quan el nombre de comptadors per instal·lar sigui superior a 16, per tant per al ca que ocupa aquest projecte, els comptadors es col·locaran en un armari.

Els armaris on es concentren els comptadors, han de estar destinats únicament i exclusivament a aquesta finalitat, i han de reunir els requisits següents:

- ha d'estar situat a la planta baixa, entresòl de l'edifici, tret quan hi hagin concentracions per plantes, encastat o adossat sobre un parament de la zona comuna de l'entrada tan proper com sigui possible a l'entrada i a la canalització de les derivacions individuals.
- No han de tenir bastidors intermedis que dificultin la instal·lació o lectura dels comptadors i altres dispositius.
- Des de la part més sortint de l'armari fins a la paret oposada s'ha de respectar un passadís de 1,5 m com a mínim.
- Els armaris han de tenir una característica para flames mínima, PF 30.
- Les portes de tancament han de disposar del pany normalitzat de l'empresa subministradora.
- Ha de disposar de ventilació i d'il·luminació suficient i als seus voltants s'ha d'instal·lar un extintor mòbil, d'eficàcia mínima de 21 B. També s'ha de col·locar una presa de corrent amb presa de terra de 16 A per a serveis de manteniment.

Les centralitzacions de comptadors han d'estar concebudes per allotjar els aparells de mesura, comandament, control i protecció de totes i cadascuna de les derivacions individuals que s'alimenten des de la centralització.

La col·locació de la concentració de comptadors s'ha de fer de tal manera que des de la part inferior d'aquesta al terra hi hagi com a mínim una altura de 0,25 m i el quadrant de lectura de l'aparell de mesura situat més alt, no superi els 1,80 m.

Les concentracions estaran formades, elèctricament, per les següents unitats funcionals de mesura:

- *Unitat funcional d'interruptor general de maniobra*. La seva missió és deixar fora de servei, en cas de necessitat, qualsevol concentració de comptadors. És obligatòria per a concentracions de més de dos usuaris. Aquesta unitat s'ha d'instal·lar en un embolcall de doble aïllament independent, que ha de contenir un interruptor de tall unipolars, d'obertura en càrrega i que garanteixi que el neutre no sigui tallat abans que els altres pols.
  Aquesta s'ha d'instal·lar entre la línia general d'alimentació i l'embarrat general de la concentració de comptadors.
  Quan hi hagi més d'una línia general d'alimentació es col·locarà un interruptor per cadascuna d'aquestes. L'interruptor ha de ser, com a mínim, de 160 A per a previsions de càrrega fins a 90 KW, i de 250 A per a les superiors a aquesta, fins a 150 KW.

- *Unitat funcional d'embarrat general i fusibles de seguretat*. Conté l'embarrat general de la concentració i els fusibles de seguretat corresponent a tots els subministraments que hi estiguin connectats. Ha de disposar d'una protecció aïllant que eviti contactes accidentals amb l'embarrat general a l'accedir als fusibles de seguretat.
- *Unitat funcional de mesura*. Conté els comptadors, interruptors horaris i/o dispositius de comandament per a la mesura de l'energia elèctrica.
- *Unitat funcional de comandament (opcional)*. Conté els dispositius de comandament per al canvi de tarifa de cada subministrament.
- *Unitat funcional d'embarrat de protecció i borns de sortida.* Conté l'embarrat de protecció on s'han de connectar els cables de protecció de cada derivació individual així com els borns de sortida de les derivacions individuals. L'embarrat de protecció, ha d'estar senyalitzat amb el símbol normalitzat de posada a terra i connectat a terra.
- *Unitat funcional de telecomunicacions (opcional)*. Conté l'espai per a l'equip de comunicació i adquisició de dades.

En l'esquema unifilar general de l'edifici de l'Annex B Plànols, es pot apreciar amb més detall les unitats corresponents de la centralització de comptadors. L'interruptor general de maniobra té un valor de 160 A degut a la previsió de càrregues que hi ha en l'edifici. La centralització es realitza en el vestíbul dins d'armari, tal com prescriu el projecte arquitectònic, en aquest cas. Aquesta ubicació s'aprecia en els plànols nº02 i el plànol nº03.

4.4.4. Derivacions Individuals

És la part de la instal·lació que, partint de la caixa de protecció i mesura, subministra energia elèctrica a una instal·lació d'usuari. Aquesta s'inicia en l'embarrat general i comprèn els fusibles de seguretat, el conjunt de mesura i els dispositius generals de comandament i protecció. Està regulada per la ITC-BT-15.

Aquestes han d'estar constituïdes per:

- Conductors aïllats a l'interior de tubs encastats.
- Conductors aïllats a l'interior de tubs enterrats.
- Conductors aïllats a l'interior de tubs en muntatge superficial.
- Conductors aïllats a l'interior de canals protectores la tapa de les quals només es pot obrir amb l'ajuda d'un estri.
- Canalitzacions elèctriques prefabricades que han de complir la norma UNE-EN 60.439 -2.
- Conductors aïllats a l'interior de conductes tancats d'obra de fàbrica, projectats i construïts a l'efecte.

En els casos anteriors, els tubs i canals així com la seva instal·lació han de complir el que s'indica a la ITC-BT-21. Les canalitzacions han d'incloure en qualsevol cas el conductor de protecció.

Cada derivació individual ha de ser totalment independent de les derivacions corresponents a altres usuaris i el traçat ha de ser el més curt i rectilini possible, i han de passar per les zones comuns.

Les unions en els tubs rígids han de ser roscades o embotides, de manera que no es puguin separar. Quant les derivacions individuals discorrin verticalment per l'interior d'una canaleta o un conducte d'obra amb resistència al foc RF-120, adossat al buit de l'escala per llocs d'ús comú, i s'ha de disposar com a mínim cada tres plantes d'elements tallafoc, i tapes de registre precintables de la dimensió de la canaleta.

Les dimensions mínimes de la canaleta o conducte d'obra s'han d'ajustar a la taula següent:

DIMENSIONS (m)		
Nombre de derivacions	AMPLADA L (m)	
	Profunditat P =0,15 m una fila	Profunditat P =0,30 m dues files
Fins a 12	0,65	0,50
13 - 24	1,25	0,65
25 - 36	1,85	0,95
36 - 48	2,45	1,35

Taula 20: Dimensions mínimes de la canaleta o conducte d'obra de fàbrica.

L'alçada mínima de les tapes de registre ha de ser de 0,3 m i la part superior ha de quedar instal·lada com a mínim a 0,2 m del sostre.

El nombre de cables que formen les derivacions individuals dependrà de l nombre de fases necessàries per a la utilització dels receptors de la derivació corresponent i segons la seva potència, cada línea duu el seu corresponent conductor neutre i el seu conductor de protecció, a més cada derivació ha de incloure el fil de comandament per possibilitat l'aplicació de diferents tarifes.

La secció mínima dels conductors de les derivacions individuals ha de ser de 6 mm2 en coure per als cables polars, neutre i protecció i 1,5 mm2 per al fil de comandament que ha de ser vermell, i han de ser uniformes en tot el seu recorregut, i sense entroncaments. També han de ser no propagadors d'incendi i amb emissió de fums i opacitat reduïda.

Els tubs tindran una secció nominal que permeti ampliar la secció dels conductors inicialment instal·lats en un 100%.

En les esmentades condicions d'instal·lació, els diàmetres exteriors nominals mínim dels tubs en derivacions individuals seran de 32 mm. Hi haurà un tub de reserva per a cada deu derivacions individuals o fracció, des de les concentracions de comptadors fins als habitatges o locals més allunyats, per a poder atendre fàcilment possibles ampliacions.

El diàmetre del tub es dimensionarà en funció del número de conductors i de la secció del cable a instal·lar. Compliran el que està indicat a la ITC-BT-21.

Per al càlcul de la secció dels conductors es té en compte el següent:

a) La demanda prevista per cada usuari, que ha de ser com a mínim la fixada per la RBT-010 i la intensitat del qual ha d'estar controlada pels dispositius privats de comandament i protecció.

A efectes de les intensitats admissibles per cada secció es té en compte el que indica la ITC-BT-19 i per a cables aïllats en tubs enterrats, el que disposa la ITC-BT-07.

b) La caiguda de tensió màxima admissible ha de ser:

- Per al cas de comptadors concentrats en més d'un lloc:0,5%
- Per al cas de comptadors totalment concentrats: 1 %
- Per al cas de derivacions individuals en subministraments per a un únic usuari en que no hi ha línia general d'alimentació: 1,5 %.

El reglament electrotècnic de baixa tensió adjunta unes taules que per a edificis amb habitatges amb subministrament monofàsic i amb comptadors centralitzats en les que segons la longitud de la derivació individual, i el grau d'electrificació, es calcula la secció del conductor, el diàmetre del tub i la secció de la canal protectora a utilitzar. Aquesta és la següent:

Cable		450/750V		0,6/1kV(3 unipolars)		0,6/1kV (1 tripolar)	
Longitud DI (m)	Secció (mm2)	Ø tub (mm)	S* efectiva canal (mm2)	Ø tub (mm)	S* efectiva canal (mm2)	Ø tub (mm)	S* efectiva canal (mm2)
≤ 14	6	40	236	40	560	40	618
≤ 23	10	40	388	40	744	40	789
≤ 38	16	40	551	40	975	50	1179
≤ 59	25	50	874	50	1283	50	1558
*Secció efectiva mínima del canal o compartiment del canal on s'ubica la Derivació individual							

Taula 21: Subministres monofàsics. Electrificació bàsica.

Cable		450/750V		0,6/1kV(3 unipolars)		0,6/1kV (1 tripolar)	
Longitud DI (m)	Secció (mm2)	Ø tub (mm)	S* efectiva canal (mm2)	Ø tub (mm)	S* efectiva canal (mm2)	Ø tub (mm)	S* efectiva canal (mm2)
≤ 8	6	40	236	40	560	40	618
≤ 14	10	40	388	40	744	40	789
≤ 23	16	40	551	40	975	50	1.179
≤ 37	25	50	874	50	1.283	50	1.558
≤ 52	35	50	1.150	50	1.581	63	2.005
*Secció efectiva mínima del canal o compartiment del canal on s'ubica la Derivació individual							

Taula 22: Subministres monofàsics. Electrificació elevada.

4.4.4.1. Resultats dels càlculs de les derivacions individuals

En aquest apartat veurem el resultat dels càlculs de l'apartat "3.1.4.4 Derivacions individuals". Aquest resultat mostra la solució per al dimensionat d'aquestes.

Per tant, els diàmetres del conductor i dels tubs protectors de cadascuna de les derivacions individuals dels habitatges han de ser els següents:

Habitatge	Tensió (V)	Longitud DI (m)	Grau d'electrificació	Secció conductors actius (mm2)	Secció cond. protecció (mm2)	Ø tub (mm)	Fusibles seguretat en centralització (A)
DI Vivenda 1º-1ª	230	14,8	Elevat (9.200W)	16	16	40	40
DI Vivenda 1º-2ª	230	14,9	Elevat (9.200W)	16	16	40	40
DI Vivenda 2º-1ª	230	17,5	Elevat (9.200W)	16	16	40	40
DI Vivenda 2º-2ª	230	17,7	Elevat (9.200W)	16	16	40	40
DI Vivenda 3º-1ª	230	20,8	Elevat (9.200W)	16	16	40	40
DI Vivenda 3º-2ª	230	23	Elevat (9.200W)	25	16	50	40
Local comercial	230	6	12.300	25	16	50	80
Serveis Generals	400	5	11.500	6	6	32	25

Taula 23: Longituds, seccions i diàmetres de conductors i tubs de les Derivacions individuals

4.4.5. Dispositius Generals de Comandament i Protecció (DGMP)

Els dispositius generals de comandament i protecció s'han de situar tant prop com sigui possible del punt d'entrada de la derivació individual al local o habitatge de l'usuari. En habitatges i en locals comercials i industrials en que sigui procedent, s'ha de col·locar una caixa per a l'interruptor de control de potència, immediatament abans dels altres dispositius, en compartiment independent i precintable. Aquesta caixa es pot col·locar en el mateix quadre on es col·loquin els dispositius generals de comandament i protecció.

En habitatges, s'ha de preveure la situació dels dispositius generals de comandament i protecció al costat de la porta d'entrada i no es poden col·locar en dormitoris, banys, lavabos, etc.

Els dispositius individuals de comandament i protecció de cadascun dels circuits, que són l'origen de la instal·lació interior, es poden instal·lar en quadres separats i en altres llocs.

En locals d'ús comú o de pública concurrència s'han de prendre les precaucions necessàries perquè els dispositius de comandament i protecció no siguin accessibles al públic en general.

L'alçada a la qual s'han de situar els dispositius generals i individuals de comandament i protecció dels circuits, mesurada des del nivell del terra, ha d'estar compresa entre 1,4 i 2 m, per a habitatges. En locals comercials, l'alçada mínima ha de ser de 1 m des del nivell del terra.

La posició de servei dels dispositius generals i individuals de comandament i protecció ha de ser vertical, i s'han d'ubicar a l'interior d'un o diversos quadres de distribució de on han de partir els circuits interiors.

Els embolcalls dels quadres s'han d'ajustar a les normes UNE 20.451 i UNE-EN 60.439 -3, amb un grau de protecció mínim IP 30 d'acord amb la UNE 20.324 i IK07 d'acord amb la UNE-EN 50.102. L'embolcall per a l'interruptor de control de potència ha de ser precintable i les seves dimensions han d'estar d'acord amb el tipus de subministrament i tarifa a aplicar. Les seves característiques i tipus han de correspondre a un model oficialment aprovat.

Els dispositius generals i individuals de comandament i protecció seran, com a mínim:

- Un interruptor general automàtic de tall unipolar, que permeti l'accionament manual i que estigui dotat d'elements de protecció contra sobrecàrrega i curtcircuits. Aquest interruptor ha de ser independent de l'interruptor de control de potència, i ha de tenir el poder de tall suficient per a la intensitat de curtcircuit que es pugui produir al punt d'instal·lació, de 4.500 A com a mínim.
- Un interruptor diferencial general, destinat a la protecció contra contactes indirectes de tots els circuits; tret que la protecció contra indirectes s'efectuï mitjançant altres dispositius d'acord amb la ITC-BT-24.
- Dispositius de tall unipolar, destinats a la protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits de cada un dels circuits interiors de l'habitatge o local. Aquests han d'estar dimensionats d'acord amb els corrents admissibles dels conductors que protegeixen.
- Dispositius de protecció contra sobretensions, segons la ITC-BT-23, si és necessari.

El quadre ha de preveure la instal·lació dels mecanismes de control necessaris per l'exigència d'aplicar diferents tarifes.

En el cas de l'edifici objecte d'aquest projecte, hi ha un quadre proper a l'entrada a l'interior de cadascuna de les vivendes, un quadre per al local comercial situat al costat de l'entrada d'aquest a l'interior del local comercial, i un quadre per als serveis comuns situat a l'interior de l'armari de comptadors de l'edifici.

4.4.5.1. Resultats dels càlculs dels dispositius de comandament i protecció (DGMP)

Els resultats dels càlculs i els dimensionats dels dispositius de comandament i protecció es mostren en l'apartat 4.7. Instal·lacions interiors, ja que cadascun d'aquest dispositius pertany a una línia determinada d'un quadre o sub_quadre que pot pertànyer a una vivenda, al local comercial o a un quadre o sub_quadre dels serveis generals

4.5. Línies, tubs i canalitzacions elèctriques

Depenen de les característiques i situació de cadascuna de les instal·lacions, s'han d'aplicar les prescripcions que apareixen en el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió. Aquestes prescripcions són les següents:

- Instal·lacions interiors de vivendes: ITC-BT-25, 26 i 27.
- Locals de pública concurrència: ITC-BT-28.
- Locals amb risc d'incendi o explosió: ITC-BT-29.
- Locals de característiques especials: ITC-BT-30.

4.5.1. Sistemes d'instal·lació

Els circuits poden trobar-se en el mateix tub o en la mateixa canalització si tots els conductors estan aïllats per a la tensió assignada més elevada.

En cas de proximitat de canalitzacions elèctriques amb unes no elèctriques, es disposaran de manera que entre les superfícies exteriors de les dues, es mantingui una distància mínima de 3 cm. Si hi ha proximitat amb conductes de calefacció, d'aire calent, vapor o fum, les canalitzacions elèctriques s'establiran de manera que no puguin arribar a una temperatura perillosa i, per tant, es mantindran separades per una distància convenient o per mitjà de pantalles calorífugues.

Les canalitzacions elèctriques no s'han de situar per sota d'altres canalitzacions que puguin donar lloc a condensacions, tals com les destinades a conducció de vapor, d'aigua, de gas, etc., tret que es prenguin les disposicions necessàries per a protegir les canalitzacions elèctriques contra els efectes d'aquestes condensacions.

Les canalitzacions haurien d'estar amatents de manera que facilitin la seva maniobra, inspecció i accés a les seves connexions. Les canalitzacions elèctriques s'establiran de manera que mitjançant la convenient identificació dels seus circuits i elements, es pugui procedir en tot moment a reparacions, transformacions, etc.

En tota la longitud dels passos de canalitzacions a través d'elements de la construcció, tals com murs, envans i sostres, no es disposaran entroncaments o derivacions de cables, estant protegides contra les deterioracions mecàniques, les accions químiques i els efectes de la humitat.

Les cobertes, tapes o embolcalls, comandaments i polsadors de maniobra d'aparells tals com mecanismes, interruptors, bases, reguladors, etc, instal·lats en els locals humits o mullats, seran de material aïllant.

Els sistemes d'instal·lació de les canalitzacions en funció dels tipus de conductors o cables han d'estar d'acord amb el que s'indica a la taula 11, i en funció de la seva situació han de complir el que s'indica en la taula 12.

Conductors i cables		Sistemes d'instal·lació							
		Sense fixació	Fixació directa	Tubs	Canals i moldures	Conductes de secció no circular	Safates d'escala Safates suports	Sobre aïladors	Amb fiador
Conductors nus		-	-	-	-	-	-	+	-
Conductors aïllats		-	-	+	*	+	-	+	-
Cables amb coberta	Multi-polars	+	+	+	+	+	+	0	+
	Uni-polars	0	+	+	+	+	+	0	+

+ : Admès
- : No admès
0 : No aplicable o no utilitzat a la pràctica
* : S'admeten conductors aïllats si la tapa només pot obrir-se amb una eina o amb una acció manual important i la canal és IP 4X o IP 2XD

Taula 24: Elecció de les canalitzacions (ITC-BT-20)

Situacions		Sistemes d'instal·lació							
		Sense fixació	Fixació directa	Tubs	Canals i moldures	Conductes de secció no circular	Safates d'escala Safates suports	Sobre aïladors	Amb fiador
Buits de la construcció	accessibles	+	+	+	+	+	+	-	0
	no accessibles	+	0	+	0	+	0	-	-
Canal d'obra		+	+	+	+	+	+	-	-
Enterrats		+	0	+	-	+	0	-	-
Encastats en estructures		+	+	+	+	+	0	-	-
En muntatge superficial		-	+	+	+	+	+	+	-
Aeri		-	-	(*)	+	-	+	+	+

+ : Admès
- : No admès
0 : No aplicable o no utilitzat a la pràctica
(*) : No s'utilitzen a la pràctica excepte en instal·lacions curtes i destinades a l'alimentació de màquines o elements de mobilitat restringida

Taula 25: Situació de les canalitzacions

Segons la instal·lació dels conductors s'han de complir les següents prescripcions indicades en la ITC-BT-20 del Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió. La instal·lació d'aquests conductors pot ser:

- *Conductors aïllats sota tubs protectors:* Els cables utilitzats han de ser de tensió assignada no inferior a 450/750 V i els tubs han de complir el que s'estableix a la ITC-BT-21.
- *Conductors aïllats fixats directament sobre les parets:* Aquestes instal·lacions es realitzaran amb cables de tensions assignades no inferiors a 0,6/1 KV, armats, proveïts d'aïllament i coberta. Per a l'execució de les canalitzacions es tindran en compte les següents prescripcions:

- Es fixaran sobre les parets per mitjà de brides, abraçadores, o collarets de manera que no perjudiquin les cobertes dels mateixos.
- Amb la finalitat de que els cables no siguin susceptibles de doblegar-se per efecte del seu propi pes, els punts de fixació dels mateixos estaran suficientment pròxims. La distància entre dos punts de fixació successius, no excedirà de 0,40 metres.
- Quan els cables hagin de disposar de protecció mecànica pel lloc i condicions d'instal·lació que s'efectuï la mateixa, s'utilitzaran cables armats. En cas de no utilitzar aquests cables, s'establirà una protecció mecànica complementària sobre els mateixos.
- S'evitarà corbar els cables amb un radi massa petit i excepte prescripció en contra fixada en la Norma UNE corresponent al cable utilitzat, aquest radi no serà inferior a 10 vegades el diàmetre exterior del cable.
- Els encreuaments dels cables amb canalitzacions no elèctriques es podran efectuar per la part anterior o posterior a aquestes, deixant una distància mínima de 3 cm entre la superfície exterior de la canalització no elèctrica i la coberta dels cables quan l'encreuament s'efectuï per la part anterior d'aquella.
- Els extrems dels cables seran estancs quan les característiques dels locals o emplaçaments així ho exigeixin, utilitzant per aquesta fi, caixes o altres dispositius adequats. L'estanqueïtat podrà quedar assegurada amb l'ajuda de premsaestopes.
- Els entroncaments i connexions es faran per mitjà de caixes o dispositius equivalents proveïts de tapes desmuntables que assegurin alhora la continuïtat de la protecció mecànica establerta, l'aïllament i la inaccessibilitat de les connexions i permetent la seva verificació en cas necessari.

- *Conductors enterrats aïllats:* Les condicions per a aquestes canalitzacions, en les quals els conductors aïllats han d'anar sota tub llevat que tinguin coberta i una tensió de 0,6/1kV, s'han d'establir d'acord amb la ITC-BT-07 i la ITC-BT-21.
- *Conductors aïllats directament encastats en estructures:* Per a aquestes canalitzacions són necessaris conductors aïllats amb coberta. La temperatura mínima i màxima d'instal·lació i servei ha de ser de -5ºC i 90ºC.
- *Conductors aeris:* Els conductors aeris no coberts han de complir la ITC-BT-06.
- *Conductors aïllats a l'interior de buits de la construcció:* Els cables utilitzats seran de tensió assignada no inferior a 450/750 V, amb coberta de protecció.

  Els cables o tubs podran instal·lar-se directament en els buits de la construcció totalment construïts amb materials incombustibles de resistència al foc RF-120 com a mínim.

  Els buits en la construcció admissibles per a aquestes canalitzacions podran estar disposats en murs, parets, bigues, forjats o sostres, adoptant la forma de conductes continus o bé estaran compresos entre dues superfícies paral·leles com en el cas de falsos sostres o murs amb càmeres d'aire.

  La secció dels buits serà, com a mínim, igual a quatre vegades la secció dels cables o tubs, i la seva dimensió més petita no serà inferior a dues vegades el diàmetre exterior de major secció d'aquests, amb un mínim de 20 mil·límetres.

  Les parets que separin un buit que contingui canalitzacions elèctriques dels locals immediats, tindran suficient solidesa per a protegir aquestes contra accions previsibles.

  S'evitaran, en la mesura del possible, les asprors en l'interior dels buits i els canvis d'adreça dels mateixos en un nombre elevat o de petit radi de curvatura. La canalització podrà ser reconeguda i conservada sense que sigui necessària la destrucció parcial de les parets, sostres, etc., o els seus guarnits i decoracions.

  Els entroncaments i derivacions dels cables seran accessibles, disposant-se per a ells les caixes de derivació adequades. S'evitarà que puguin produir-se infiltracions, fugides o condensacions d'aigua que

puguin penetrar en l'interior del buit, prestant especial atenció a la impermeabilitat dels seus murs exteriors, així com a la proximitat de canonades de conducció de líquids, penetració d'aigua a l'efectuar la neteja de sòls, possibilitat d'acumulació d'aquella en parts baixes del buit, etc.

- *Conductors aïllats sota canals protectores:* La canal protectora és un material d'instal·lació constituït per un perfil de parets perforades o no, destinat a allotjar conductors o cables i tancat per una tapa desmuntable. Els cables utilitzats seran de tensió assignada no inferior a 450/750 V.
  Les canals protectores tindran un grau de protecció IP4X i estaran classificades com "canals amb tapa d'accés que només poden obrir-se amb eines". En el seu interior es podran col·locar mecanismes tals com interruptors, preses de corrent, dispositius de comandament i control, etc, sempre que es fixin d'acord amb les instruccions del fabricant. També es podran realitzar entroncaments de conductors en el seu interior i connexions als mecanismes.
  Les canals protectores per a aplicacions no ordinàries haurien de tenir unes característiques mínimes de resistència al xoc, de temperatura mínima i màxima d'instal·lació i servei, de resistència a la penetració d'objectes sòlids i de resistència a la penetració d'aigua, adequades a les condicions de l'emplaçament al que es destina; així mateix les canals seran no propagadores de la flama. Aquestes característiques seran conformes a les normes de la sèrie UNE-EN 50.085.
  El traçat de les canalitzacions es farà seguint preferentment línies verticals i horitzontals o paral·leles a les arestes de les parets que limiten al local on s'efectua la instal·lació.
  Les canals amb conductivitat elèctrica s'han de connectar a la xarxa de terra, la seva continuïtat elèctrica quedarà convenientment assegurada. La tapa de les canals quedarà sempre accessible.

4.5.2. Instal·lacions en locals que contenen banyera o dutxa

Les prescripcions objecte de l'ITC-BT-27 "Locals que contenen una banyera o dutxa" són aplicables a les instal·lacions interiors de vivendes, així com en la mesura que pugui afectar-les, a les de locals comercials, d'oficines i a les de qualsevol altre local que contingui un banyera o dutxa o dutxa prefabricada o una banyera d'hidromassatge o aparell d'ús anàleg.

Per a les instal·lacions d'aquests locals es tindrà en compte els quatre volums 0,1,2 i 3 que es defineixen a continuació.

- ***Volum 0:*** Comprèn l'interior de la banyera o dutxa. En un lloc que contingui una dutxa sense plat, el volum 0 està limitat per el terra i per un pla horitzontal situat a 0,05m per sobre del terra. En aquest cas:
  a. Si el difusor de la dutxa pot desplaçar-se durant l'ús, el volum 0 està limitat per el pla generatriu vertical situat a un radi de 1,2m al voltant de la presa d'aigua de la paret o el pla vertical que tanca l'àrea prevista per ser ocupada per la persona que es dutxa.
  b. Si el difusor de la dutxa és fix, el volum 0 està limitat pel pla generatriu vertical situat a un radi de 0,6m al voltant del difusor.

- ***Volum 1:*** Està limitat per:
  a. El pla horitzontal superior al volum 0 i el pla horitzontal situat a 2,25m per sobre el terra.
  b. El pla vertical al voltant de la banyera o dutxa i que inclou l'espai per sota dels mateixos; o
     - Per una dutxa sense plat amb un difusor que pot desplaçar-se durant el seu us, el volum 1 està limitat per el pla generatriu vertical situat a un radi de 1,2m de la presa d'aigua de la paret o el pla vertical que tanca l'àrea prevista per ser ocupada per la persona que es dutxa.

- Per una dutxa sense plat i amb un difusor fix, el volum 1 està limitat per la superfície generatriu vertical situada a un radi de 0,6m al voltant del difusor.

- ***Volum 2:*** Està limitat per:
  a. El pla vertical exterior al volum 1 i el pla vertical paral·lel situat a uns distància de 0,6m.
  b. El terra i el pla horitzontal situat a 2,25m per sobre el terra.
- ***Volum 3*:** Està limitat per:
  a. El pla vertical límit exterior al volum 2 i el pla vertical paral·lel situat a una distància d'aquest de 2,4m.
  b. El terra i el pla horitzontal situat a 2,25m per sobre del terra.

La taula 26 i les imatges 5 i 6, esquematitzen amb més claredat aquesta classificació de volums.

Per garantir la seguretat, quan s'utilitza MBTS (molt baixa tensió de seguretat), la protecció contra contactes directes ha d'estar proporcionada per:

- barreres o embolcalls amb un grau de protecció mínim IP2X O IPXXB, segons UNE 20.324.
- aïllament capaç de suportar una tensió d'assaig de 500V en valor eficaç en alterna durant 1 minut.

Una connexió equipotencial local suplementària ha d'unir el conductor de protecció associat amb les parts conductores accessibles dels equips classe I en els volums 1,2, i 3 incloses les preses de corrent i les següents parts conductores externes dels volums 0,1,2, i 3:

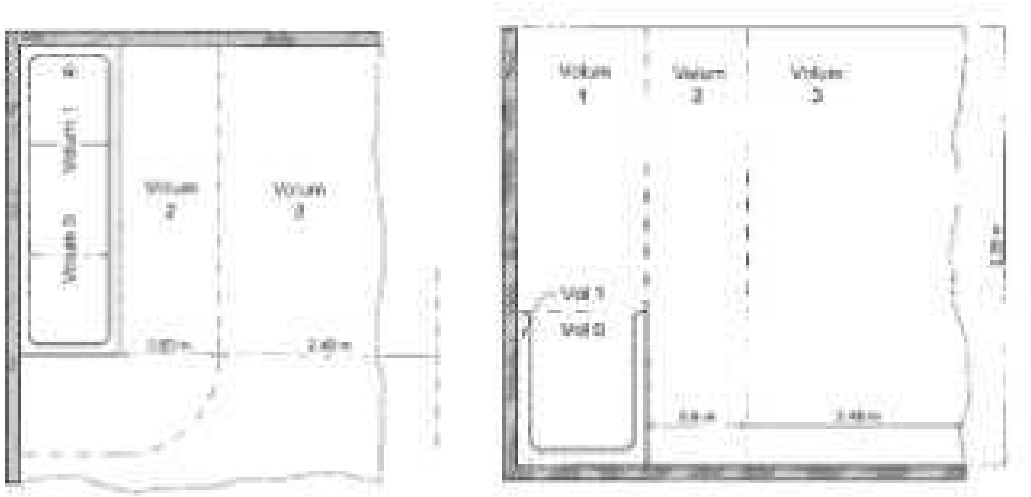
- Canalitzacions metàl·liques dels serveis de subministres i desguàs (per exemple aigua, gas).
- Canalitzacions metàl·liques de calefaccions centralitzades i sistemes d'aire condicionat.
- Parts metàl·liques accessibles de l'estructura de l'edifici. Els marcs metàl·lics de portes, finestres i similars no es consideren parts accessibles.

Taula 1.

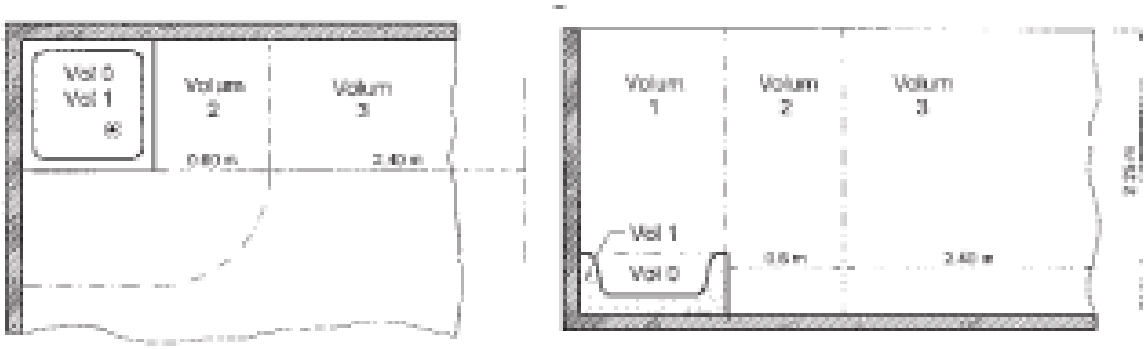
	Grau de protecció	Cablatge	Mecanismes[(2)]	Altres aparells fixos[(3)]
Volum 0	IPX7	Limitat al necessari per alimentar els aparells elèctrics fixos situats en aquest volum.	No permesa	Aparells que només poden estar instal·lats al volum 0 i han de ser adequats a les condicions d'aquest volum
Volum 1	IPX4 IPX2, per sobre del nivell més alt d'un difusor fix. IPX5, en equip elèctric de banyeres d'hidromassatge i als banys comuns on es puguin produir raigs d'aigua durant la neteja[(1)].	Limitat al necessari per alimentar els aparells elèctrics fixos situats als volums 0 i 1	No permesa, amb l'excepció d'interruptors de circuits MBTS alimentats a una tensió nominal de 12 V de valor eficaç en alterna o de 30 V en contínu; la font d'alimentació instal·lada està fora dels volums 0, 1 i 2.	Aparells alimentats a MBTS no superior a 12 V CA o 30 V CC. Escalfadors d'aigua, bombes de dutxa i equip elèctric per a banyeres d'hidromassatge que compleixin la norma aplicable, si la seva alimentació està protegida addicionalment amb un dispositiu de protecció de corrent diferencial de valor no superior als 30 mA, d'acord amb la Norma UNE 20.460 -4-41.
Volum 2	IPX4 IPX2, per sobre del nivell més alt d'un difusor fix. IPX5, als banys comuns on es puguin produir raigs d'aigua durant la neteja[(1)].	Limitat al necessari per alimentar els aparells elèctrics fixos situats als volums 0, 1 i 2, i la part del volum 3 situat per sota de la banyera o dutxa.	No permesa, amb l'excepció d'interruptors o bases de circuits MBTS la font d'alimentació dels quals estigui instal·lada fora dels volums 0, 1 i 2. També es permet instal·lar blocs d'alimentació de màquines d'afaitar que compleixin la UNE-EN 60.742 o UNE-EN 61558-2-5	Tots els permesos per al volum 1. Llums, ventiladors, calefactors, i unitats mòbils per a banyeres d'hidromassatge que compleixin la norma aplicable, si la seva alimentació està protegida addicionalment amb un dispositiu de protecció de corrent diferencial de valor no superior als 30 mA, d'acord amb la Norma UNE 20.460 -4-41.
Volum 3	IPX5, als banys comuns, quan es puguin produir raigs d'aigua durant la neteja.	Limitat al necessari per alimentar els aparells elèctrics fixos situats als volums 0, 1, 2 i 3.	Es permeten les bases només si estan protegides per un transformador d'aïllament; o bé per MBTS; o per un interruptor automàtic de l'alimentació amb un dispositiu de protecció per corrent diferencial de valor no superior als 30 mA, tots d'acord amb els requisits de la Norma UNE 20.460 -4-41.	Es permeten els aparells només si estan protegits per un transformador d'aïllament; o bé per MBTS; o per un dispositiu de protecció de corrent diferencial de valor no superior als 30 mA, tots d'acord amb els requisits de la Norma UNE 20.460 -4-41.

(1) Els banys comuns comprenen els banys que hi ha en escoles, fàbriques, centres esportius, etc. i inclouen tots els que fa servir el públic en general.
(2) Els cordons aïllants d'interruptors de tirador estan permesos als volums 1 i 2, sempre que compleixin els requisits de la Norma UNE-EN 60.669 -1.
(3) Els calefactors sota terra es poden instal·lar sota qualsevol volum sempre que sota d'aquests volums estiguin coberts per una malla metàl·lica posada a terra o per una coberta metàl·lica connectada a una connexió equipotencial local suplementària d'acord amb l'apartat 2.2.

Taula 26: Classificació dels volums del REBT.



Imatge 5: Classificació dels volums amb banyera (ITC-BT-27)



Imatge 6: Classificació dels volums amb dutxa (ITC-BT-27)

4.5.3. Línies i equilibrat de càrregues

Les instal·lacions es subdividiran de manera que les pertorbacions originades per avaries que puguin produir-se en un punt d'elles, afectin solament a certes parts de la instal·lació, per exemple a un sector de l'edifici, a una planta, a un sol local, etc., per això els dispositius de protecció de cada circuit estaran adequadament coordinats i seran selectius amb els dispositius generals de protecció que els precedeixin.

Tota instal·lació es dividirà en diversos circuits, segons les necessitats, a fi de:

- evitar les interrupcions innecessàries de tot el circuit i limitar les conseqüències d'una fallada.
- facilitar les verificacions, assajos i manteniments.
- evitar els riscos que podrien resultar de la fallada d'un sol circuit que pogués dividir-se, com per exemple, si només hi ha un circuit d'enllumenat.

Es procurarà distribuir la càrrega de manera equilibrada per tota la instal·lació i equilibrar també la càrrega entre cadascuna de les fases.

4.5.4. Conductors

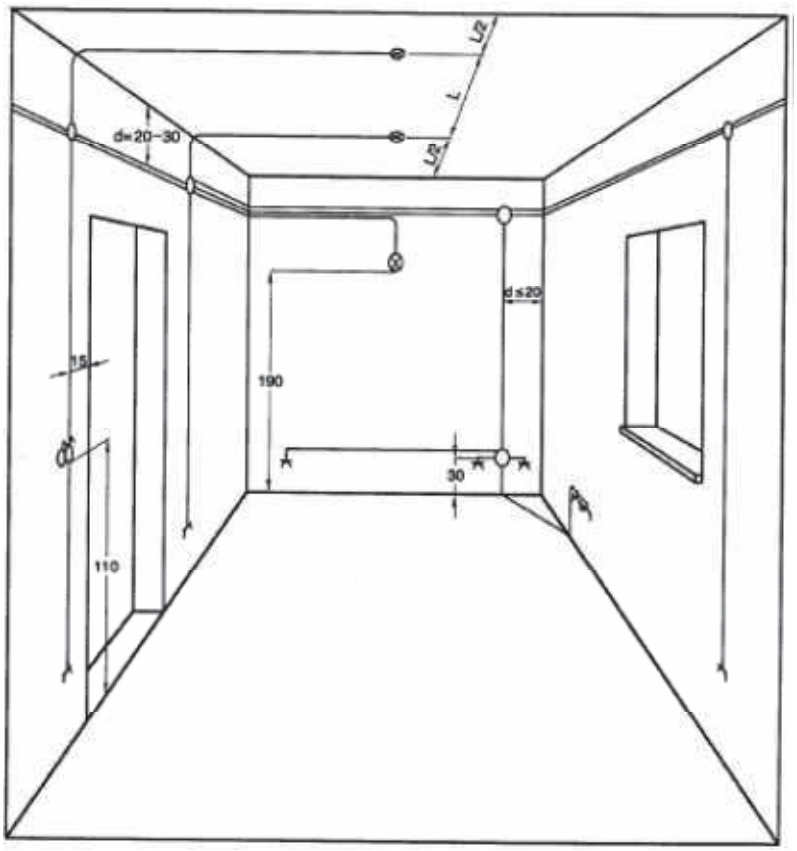
Els conductors i cables que s'emprin en les instal·lacions seran de coure o alumini i seran sempre aïllats. La tensió assignada no serà inferior a 450/750 V. La secció dels conductors a utilitzar es determinarà de manera que la caiguda de tensió entre l'origen de la instal·lació interior i qualsevol punt d'utilització sigui menor del 3 % per a enllumenat i del 5 % per els altres usos.

El valor de la caiguda de tensió podrà compensar-se entre la de la instal·lació interior (3-5 %) i la de la derivació individual (1,5 %), de manera que la caiguda de tensió total sigui inferior a la suma dels valors límits especificats per a ambdues (4,5-6,5 %). Per a instal·lacions que s'alimentin directament en alta tensió, mitjançant un transformador propi, es considerarà que la instal·lació interior de baixa tensió té el seu origen a la sortida del transformador, sent també en aquest cas les caigudes de tensió màximes admissibles del 4,5 % per a enllumenat i del 6,5 % per els altres usos.

En instal·lacions interiors, per a tenir en compte les corrents harmòniques degudes a càrregues no lineals i possibles desequilibris, excepte justificació per càlcul, la secció del conductor neutre serà com a mínim igual a la de les fases. No s'utilitzarà un mateix conductor neutre per a diversos circuits.

Les intensitats màximes admissibles, es regiran en la seva totalitat per l'indicat en la Norma UNE 20.460- 5-523 i el seu annex Nacional.

Exemple de traçat de la instal·lació elèctrica encastada veure Imatge 7:



Imatge 7: Croquis traçat de la instal·lació elèctrica.

Els conductors de la instal·lació han de ser fàcilment identificables, especialment pel que fa al conductor neutre i al conductor de protecció. Aquesta identificació es realitzarà pels colors que presentin els seus aïllaments. Quan existeixi conductor neutre en la instal·lació o es prevegi per a un conductor de fase la seva passada posterior a conductor neutre, s'identificaran aquests pel color blau clar. Al conductor de protecció se l'identificarà pel color verd i groc. Tots els conductors de fase, o si s'escau, aquells per als quals no es prevegi la seva passada posterior a neutre, s'identificaran pels colors marró, negre o gris.

4.6. Sistemes de protecció

4.6.1. Sobreintensitats

Qualsevol circuit ha d'estar protegir contra els efectes de les sobreintensitats que s'hi puguin presentar, i per això la interrupció d'aquest s'ha de fer en un temps convenient o ha d'estar dimensionat per a les sobreintensitats previsibles.

Les sobreintensitats poden estar causades per:

- Sobrecàrregues causades pels aparells d'utilització o defectes d'aïllament de gran impedància.
- Curtcircuits.
- Descàrregues elèctriques atmosfèriques.
  a) Protecció contra sobrecàrregues. El límit d'intensitat de corrent admissible en un conductor ha de quedar en tot cas garantida pel dispositiu de protecció utilitzat. El dispositiu de protecció pot estar constituït per un interruptor automàtic de tall unipolar amb corba tèrmica de tall, o per tallacircuits fusibles calibrats de característiques de funcionament adequades.
  b) Protecció contra curtcircuits. A l'origen de tot circuit s'estableix un dispositiu de protecció contra curtcircuits la capacitat de tall del qual ha d'estar d'acord amb la intensitat de curtcircuit que es pugui presentar en el punt de la seva connexió. S'admet, això no obstant, que quan es tracti de circuits derivats d'un principal, cada un d'aquests circuits derivats disposi de protecció contra sobrecàrregues, mentre que un sol dispositiu general pugui assegurar la protecció contra curtcircuits per a tots els circuits derivats. S'admeten com a dispositius de protecció contra curtcircuits els fusibles calibrats de característiques de funcionament adequades i els interruptors automàtics amb sistema de tall unipolar.

La norma UNE 20-460 -4-43 recull a l'articulat tots els aspectes requerits per als dispositius de protecció als seus apartats:

432 – Naturalesa dels dispositius de protecció.
433 – Protecció contra els corrents de sobrecàrrega.
434 – Protecció contra els corrents de curtcircuit.
435 – Coordinació entre la protecció contra les sobrecàrregues i la protecció contra els curtcircuits.
435 – Limitació de les sobreintensitats per les característiques d'alimentació.

La norma UNE 20.460 -4-473 defineix l'aplicació de les mesures de protecció exposades en la norma UNE 20.460 - 4-43 segons sigui a causa de sobrecàrregues o curtcircuit, assenyalant en cada cas el seu emplaçament o omissió, resumint els diferents casos a la taula 9.

Circuits	3 F + N								3 F			F + N		2 F	
	$S_N \geq S_F$				$S_N < S_F$										
Esquemes	F	F	F	N	F	F	F	N	F	F	F	F	N	F	F
TN – C	P	P	P	-	P	P	P	- (1)	P	P	P	P	-	P	P
TN – S	P	P	P	-	P	P	P	P (3)(5)	P	P	P	P	-	P	P
TT	P	P	P	-	P	P	P	P (3)(5)	P	P	P (2)(4)	P	-	P	P (2)
IT	P	P	P	P (3)(6)	P	P	P	P (3)(6)	P	P	P	P	P (6)(3)	P	P (2)

Taula 27: Resum mesures de protecció en diferents casos

On :

P: Significa que s'ha de preveure un dispositiu de protecció sobre el conductor corresponent.

SN: Secció del conductor de neutre.

SF: Secció del conductor de fase.

1) Admissible si el conductor de neutre està protegit contra els curtcircuits pel dispositiu de protecció dels conductors de fase i la intensitat màxima en el conductor en servei normal és netament inferior al valor d'intensitat admissible en aquest conductor.
2) Excepte quan hi hagi protecció diferencial.
3) El tall i la connexió del conductor de neutre ha de ser tal que el conductor no sigui tallat abans que els conductors de fase i que es connecti alhora o abans que els conductors de fase.
4) En l'esquema TT sobre els circuits alimentats entre fases i en els quals el conductor de neutre no és distribuït, la detecció de sobreintensitat pot no estar prevista sobre un dels conductors de fase, si hi ha sobre el mateix circuit aigües amunt una protecció diferencial que talli tots els conductors de fase i si no hi ha distribució del conductor neutre a partir d'un punt neutre artificial als circuits situats aigües avall del dispositiu de protecció diferencial.
5) Tret que el conductor de neutre estigui protegit contra els curtcircuits pel dispositiu de protecció dels conductors de fase i la intensitat màxima que recorre el conductor neutre en servei normal sigui netament inferior al valor d'intensitat admissible en aquest conductor.
6) Excepte si el conductor neutre està efectivament protegit contra els curtcircuits o si, hi ha aigües amunt una protecció diferencial el corrent diferencial-residual nominal de la qual sigui com a màxim igual a 0,15 vegades el corrent admissible al conductor neutre corresponent. Aquest dispositiu ha de tallar tots els conductors actius del circuit corresponent, inclòs el conductor neutre.

4.6.2. Contactes directes e indirectes

En la ITC-BT-24 del Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió es descriuen les mesures destinades a assegurar la protecció de les persones i els animals domèstics contra els xocs elèctrics.

4.6.2.1. Protecció contra contactes directes

Aquesta protecció consisteix a prendre les mesures destinades a protegir les persones contra els perills que poden derivar d'un contacte amb les parts actives dels materials elèctrics.

Llevat que s'indiqui el contrari, els mitjans que s'han d'utilitzar els exposa la norma UNE 20.460-4-41, que són habitualment:

- **Protecció per aïllament de les parts actives.**

Les parts actives han d'estar recobertes d'un aïllament que només pot ser eliminat destruint-lo. Les pintures, vernissos, les laques i productes similars no es consideren aïllaments suficients.

- **Protecció per mitjà de barreres o embolcalls.**

Les parts actives han d'estar situades en l'interior dels embolcalls o darrere de barreres que posseeixin, com a mínim, el grau de protecció IP XXB, segons UNE 20.324. Si es necessiten obertures majors per a la reparació de peces o per al bon funcionament dels equips, s'han d'adoptar precaucions apropiades per a impedir que les persones o animals domèstics toquin les parts actives i s'ha de garantir que les persones siguin conscients del fet que les parts actives no han de ser tocades voluntàriament.

Les superfícies superiors de les barreres o embolcalls horitzontals que són fàcilment accessibles, han de respondre com a mínim al grau de protecció IP4X o IP XXD.

Les barreres o embolcalls han de fixar-se de manera segura i ser d'una robustesa i durabilitat suficients per a mantenir els graus de protecció exigits, amb una separació suficient de les parts actives en les condicions normals de servei, tenint en compte les influències externes.

- **Protecció per mitjà d'obstacles.**

Aquesta mesura no garanteix una protecció completa i la seva aplicació es limita, a la pràctica, als locals de servei elèctric només accessibles al personal autoritzat.

Els obstacles han d'impedir bé un acostament físic intencionat a les parts actives, o bé, els contactes no intencionats amb les parts actives en el cas d'intervencions en equips sota tensió durant el servei.

- **Protecció per posada fora d'abast per allunyament.**

Aquesta mesura no garanteix una protecció completa i la seva aplicació es limita, a la pràctica, als locals de servei elèctric només accessibles al personal autoritzat.

La posada fora d'abast per allunyament està destinada només a impedir els contactes fortuïts amb es parts actives.

- **Protecció complementària per dispositius de corrent diferencial residual.**

Aquesta mesura de protecció està destinada només a complementar altres mesures de protecció contra els contactes directes.

L' ús de dispositius de corrent diferencial-residual, amb un valor de corrent diferencial assignada de funcionament inferior o igual a 30 mA, es reconeix com mesura de protecció complementària en cas d'error d'una altra mesura de protecció contra els contactes directes o en cas d'imprudència dels usuaris.

4.6.2.2. Protecció contra contactes indirectes

Aquesta protecció s'aconsegueix mitjançant l'aplicació d'algunes de les mesures següents:

- **Protecció per tall automàtic de l'alimentació**

El tall automàtic de l'alimentació després de l'aparició d'un error està destinat a impedir que una tensió de contacte de valor suficient es mantingui durant un temps tal que pot donar com a resultat un risc.

La tensió límit convencional és igual a 50 V, valor eficaç en corrent altern, en condicions normals. En certes condicions es poden especificar valors menys elevats, com per exemple 24 V per a les instal·lacions d'enllumenat públic.

Totes les masses dels equips elèctrics protegits per un mateix dispositiu de protecció, han de ser interconnectades i unides per un conductor de protecció a una mateixa presa de terra. El punt neutre de cada generador o transformador ha de posar-se a terra.

Es complirà la següent condició:

$$R_a \times I_a \leq U$$

On:

Ra: és la suma de les resistències de la presa de terra i dels conductors de protecció de masses.

Ia: és el corrent que assegura el funcionament automàtic del dispositiu de protecció. Quan el dispositiu de protecció és un dispositiu de corrent diferencial-residual és el corrent diferencial-residual assignada.

U: és la tensió de contacte límit convencional (50 o 24V).

- **Protecció per ús d'equips de la classe 2 o per aïllament.**

S'assegura aquesta protecció per l' utilització d'equips amb aïllament doble o reforçat, per conjunts d'aparellatge construïts en fàbrica amb un aïllament equivalent, amb aïllaments suplementaris i amb aïllaments reforçats.

- **Protecció per als locals o emplaçaments no conductora.**

Aquesta mesura de protecció està destinada a impedir, en cas d'error de l'aïllament principal de les parts actives, el contacte simultani amb parts que podes ser posades a diferents tensions. Les masses han d'estar disposades de manera que en condicions normals les persones contacte simultani, o bé amb dues masses, o una massa i qualsevol element conductor si aquest poden estar a diferents tensions.

- **Protecció mitjançant connexions equipotencials locals no connectades a terra.**

Els conductors d'equipotencialitat han de connectar totes les masses i tots els elements conductors que siguin accessibles. Aquesta no ha d'estar connectada a terra, ni directament ni a través de masses o elements conductors.

- **Protecció per separació elèctrica.**

El circuit s'alimenta a través d'una font de separació, es a dir, un transformador d'aïllament, o una font que asseguri un grau de seguretat equivalent al transformador d'aïllament anterior.

4.6.3. Sobretensions

Aquesta instrucció conté les indicacions a considerar per a quan la protecció contra sobretensions està prescrita o recomanada en les línies d'alimentació principal de 230/400 V en corrent altern, i no s'hi preveuen altres casos com per exemple, la protecció de senyals de mesura, control i telecomunicació.

Les sobretensions es classifiquen en quatre categories que ens permeten distingir els diversos graus de tensió suportada a les sobretensions a cadascuna de les parts de la instal·lació, equips i receptors. Amb una adequada selecció de la categoria s'aconsegueix l'aïllament necessari en el conjunt de la instal·lació.

Les categories indiquen els valors de tensió suportada a l'ona de xoc de sobretensió que han de tenir els equips, determinant al seu torn el valor límit màxim de tensió residual que han de permetre els diferents dispositius de protecció de cada zona per a evitar el possible dany dels equips esmentats.

Aquestes categories són les següents:

- Categoria 1: S'aplica als equips molt sensibles a les sobretensions i que estan destinats a ser connectats a la instal·lació elèctrica fixa. En aquest cas, les mesures de protecció es prenen fora dels equips a protegir, ja sigui en la instal·lació fixa o entre la instal·lació fixa i els equips, a fi de limitar les sobretensions a un nivell específic. Exemple: ordinadors, equips electrònics molt sensibles, etc.
- Categoria 2: S'aplica als equips destinats a connectar-se a una instal·lació elèctrica fixa. Exemple: electrodomèstics, eines portàtils i altres equips similars.
- Categoria 3: S'aplica als equips i materials que formen part de la instal·lació elèctrica fixa i a altres equips per als quals es requereix un alt nivell de fiabilitat. Exemple: armaris de distribució, embarrats, aparellatge (interruptors, seccionadors, preses de corrent...), canalitzacions i els seus accessoris (cables, caixa de derivació,...), motors amb connexió elèctrica fixa (ascensors, màquines industrials,...).
- Categoria 4: S'aplica als equips i materials que es connecten en l'origen o molt pròxims a l'origen de la instal·lació, aigües amunt del quadre de distribució. Exemple: comptadors d'energia, aparells de mesura, equips principals de protecció contra sobreintensitats, etc.

Es poden presentar dues situacions diferents:

- Situació natural: Quan es preveu un baix risc de sobretensions en una instal·lació (perquè està alimentada per una xarxa subterrània en la seva totalitat), es considera suficient la resistència a les sobretensions dels equips que s'indica a la taula 10 i no es requereix cap protecció suplementària contra les sobretensions transitòries.

- Situació controlada: Quan una instal·lació s'alimenta per una línia aèria amb conductors nus o aïllats, o la inclou, es considera necessària una protecció contra sobretensions d'origen atmosfèric a l'origen de la instal·lació.

El nivell de sobretensions es pot controlar mitjançant dispositius de protecció contra les sobretensions col·locats en les línies aèries (sempre que estiguin prou pròxims a l'origen de la instal·lació) o a la instal·lació elèctrica de l'edifici.

També es considera situació controlada aquella situació natural en que és convenient incloure dispositius de protecció per a una major seguretat (continuïtat de servei, valor econòmic dels equips, pèrdues irreparables, etc.).

Els dispositius de protecció contra sobretensions d'origen atmosfèric s'han de seleccionar de manera que el seu nivell de protecció sigui inferior a la tensió suportada a impuls de la categoria dels equips i materials que es preveu que es vagin a instal·lar.

En xarxes TT o IT, els descarregadors s'han de connectar entre cadascun dels conductors, incloent el neutre o compensador i la terra de la instal·lació.

TENSIÓ NOMINAL DE LA INSTAL·LACIÓ		TENSIÓ SUPORTADA A IMPULSOS 1,2/50 (kV)			
SISTEMES TRIFÀSICS	SISTEMES MONOFÀSICS	CATEGORIA IV	CATEGORIA III	CATEGORIA II	CATEGORIA I
230/400	230	6	4	2,5	1,5
400/690	--	8	6	4	2,5
1000	--				

Taula 28: Resistència a sobretensions dels equips.

Els equips i materials s'han d'escollir de manera que la seva tensió suportada a impulsos no sigui inferior a la tensió suportada prescrita en la taula 10, segons la seva categoria.

Els equips i materials que tinguin una tensió suportada a impulsos inferior a la indicada en la taula 10, es poden utilitzar, en:

- situació natural, quan el risc sigui acceptable.
- situació controlada, si la protecció contra les sobretensions és adequada.

4.6.4. Xarxa a terra

Les posades a terra s'estableixen principalment per tal de limitar la tensió que, pel que fa a terra, puguin presentar en un moment donat les masses metàl·liques, assegurar l'actuació de les proteccions i eliminar o disminuir el risc que suposa una avaria en els materials elèctrics utilitzats.

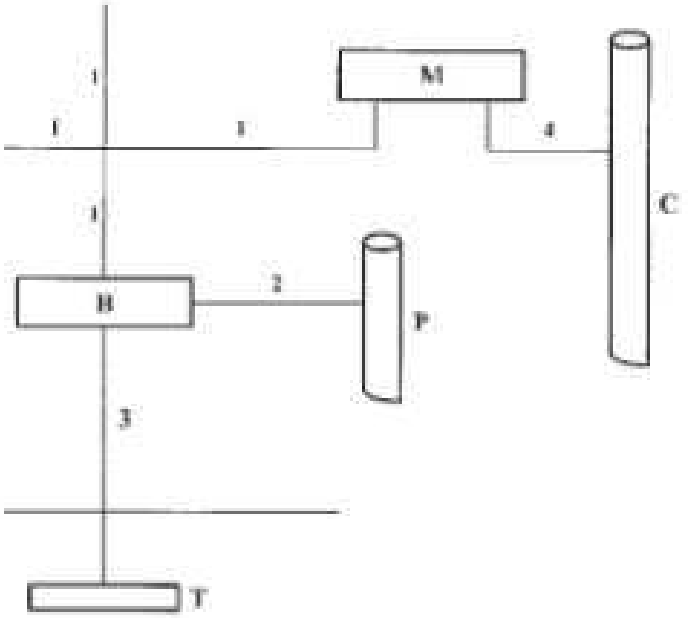
La posada o connexió a terra és la l'enllaç elèctric directe, sense fusibles ni protecció alguna, d'una part del circuit elèctric o d'una part conductora no pertanyent al mateix, mitjançant una presa de terra amb un elèctrode o grup d'elèctrodes enterrats.

Mitjançant la instal·lació de posada a terra s'haurà d'aconseguir que en el conjunt d'instal·lacions, edificis i superfície pròxima del terreny no apareguin diferències de potencial perilloses i que, al mateix temps, permeti el pas a terra dels corrents de defecte o les de descàrrega d'origen atmosfèric.

L'elecció i instal·lació dels materials que assegurin la posada a terra han de ser tals que:

- El valor de la resistència de posada a terra estigui conforme amb les normes de protecció i de funcionament de la instal·lació i es mantingui d'aquesta manera al llarg del temps.
- Els corrents de defecte a terra i els corrents de fugida puguin circular sense perill, particularment des del punt de vista de sol·licitacions tèrmiques, mecàniques i elèctriques.
- La solidesa o la protecció mecànica quedi assegurada amb independència de les condicions aportades d'influències externes.
- Contemplin els possibles riscos deguts a electròlisis que poguessin afectar a altres parts metàl·liques.

En la figura 8 s'indiquen les parts típiques d'una instal·lació de posada a terra.



Imatge 8: Representació esquemàtica d'un circuit de posada a terra

Llegenda:

1: Conductor de protecció.
2: Conductor d'unió equipotencial principal.
3: Conductor de terra o línia d'enllaç amb l'elèctrode de posada a terra.
4: Conductor d'equipotencialitat suplementària.
B: Born principal de terra.
M: Massa.
C: Element conductor.
P: Canalització metàl·lica principal d'aigua.
T: Presa de terra.

4.6.4.1. Unions a terra

4.6.4.1.1. Presses de terra

Per a la presa de terra es poden utilitzar elèctrodes formats per:

- barres, tubs;
- platines, conductors nus;
- plaques;
- anells o malles metàl·liques constituïts pels elements anteriors o les seves combinacions;
- armadures de formigó enterrades; amb excepció de les armadures pretensades;
- altres estructures enterrades que es demostri que són apropiades.

Els conductors de coure utilitzats com elèctrodes han de ser de construcció i resistència elèctrica segons la classe 2 de la norma UNE 21.022.

El tipus i la profunditat de soterrament de les preses de terra han de ser tals que la possible pèrdua d'humitat del sòl, la presència del gel o altres efectes climàtics, no augmentin la resistència de la presa de terra per sobre del valor previst. La profunditat mai serà inferior a 0,50m.

4.6.4.1.2. Conductors de terra

La secció dels conductors de terra, quan estiguin enterrats, haurien d'estar d'acord amb els valors indicats en la taula següent. La secció no serà inferior a la mínima exigida per els conductors de protecció.

TIPUS	Protegit mecànicament	No protegit mecànicament
Protegit contra la corrosió*	Segons apartat 3.4	16 mm2 Coure 16 mm2 Acer galvanitzat
No protegit contra la corrosió	25 mm2 Coure 50 mm2 Ferro	
*La protecció contra la corrosió es pot obtenir mitjançant un embolcall		

Taula 29: Seccions mínimes convencionals dels conductors de terra

Durant l'execució de les unions entre conductors de terra i elèctrodes de terra ha d'extremar-se la cura perquè resultin elèctricament correctes. Ha de cuidar-se, especialment, que les connexions, no danyin ni als conductors ni als elèctrodes de terra.

4.6.4.1.3. Borns de posada a terra

En tota instal·lació de posada a terra s'ha de preveure un born principal de terra, al que s'han d'unir els conductors següents:

- Els conductors de terra.
- Els conductors de protecció.
- Els conductors d'unió equipotencial principal.
- Els conductors de posada a terra funcional, si són necessaris.

S'ha de preveure sobre els conductors de terra i en lloc accessible un dispositiu que permeti mesurar la resistència de la presa de terra corresponent. Aquest dispositiu pot estar combinat amb el born principal de terra, ha de ser desmuntable necessàriament per mitjà d'un útil, ha de ser mecànicament segur i ha d'assegurar la continuïtat elèctrica.

4.6.4.1.4. Conductors de protecció

Els conductors de protecció serveixen per a unir elèctricament les masses d'una instal·lació amb el born de terra, amb la finalitat d'assegurar la protecció contra contactes indirectes.

Els conductors de protecció tindran una secció mínima igual a la fixada en la taula següent:

Secció dels conductors de fase de la instal·lació S (mm2)	Secció mínima dels conductors de protecció Sp (mm2)
S≤16	Sp = S
16<S≤35	Sp = 16
S>35	Sp = S/2

Taula 30: Relació entre les seccions dels conductors de protecció i els de fase

En tots els casos, els conductors de protecció que no formen part de la canalització d'alimentació seran de coure amb una secció, com a mínim de:

- 2,5 mm2, si els conductors de protecció disposen d'una protecció mecànica.
- 4 mm2, si els conductors de protecció no disposen d'una protecció mecànica.

Com conductors de protecció es poden utilitzar:

- conductors en els cables multi conductors, o
- conductors aïllats o nus que tinguin un embolcall comú amb els conductors actius, o
- conductors separats nus o aïllats.

Cap aparell ha d'estar intercalat al conductor de protecció. Les masses dels equips a unir amb els conductors de protecció no han d'estar connectades en sèrie en un circuit de protecció.

4.6.4.2. Conductors d'equipontencialitat

El conductor principal d'equipotencialitat ha de tenir una secció no inferior a la meitat de la del conductor de protecció de secció major de la instal·lació, amb un mínim de 6 mm2. Tanmateix, la seva secció pot ser reduïda a 2,5 mm2 si és de coure.

La unió d'equipotencialitat suplementària pot estar assegurada, bé per elements conductors no desmuntables, com ara estructures metàl·liques no desmuntables, bé per conductors suplementaris, o per combinació dels dos.

4.6.4.3. Resistència de les presses de terra

El valor de resistència de terra serà tal que qualsevol massa no pugui donar lloc a tensions de contacte superiors a:

- 24 V en local o emplaçament conductor
- 50 V en els altres casos.

Si les condicions de la instal·lació són tals que poden donar lloc a tensions de contacte superiors als valors assenyalats anteriorment, s'assegurarà la ràpida eliminació de la falta mitjançant dispositius de tall adequats al corrent de servei.

La resistència d'un elèctrode depèn de les seves dimensions, de la seva forma i de la resistivitat del terreny en el qual s'estableix. Aquesta resistivitat varia freqüentment d'un punt a altre del terreny, i varia també amb la profunditat.

La següent taula ens mostra els valors orientatius de la resistivitat en funció del terreny:

Naturalesa terreny	Resistivitat en ohm·m
Terrenys pantanosos	d'algunes unitats a 30
Llim	20 a 100
Humus	10 a 150
Torba humida	5 a 100
Argila plàstica	50
Margues i argiles compactes	100 a 200
Margues del Juràssic	30 a 40
Sorra argilenca	50 a 500
Sorra silícia	200 a 3.000
Terra pedregós cobert de gespa	300 a 5.00
Terra pedregós nu	1500 a 3.000
Calcàries toves	100 a 300
Calcàries compactes	1.000 a 5.000
Calcàries clivellades	500 a 1.000
Pissarres	50 a 300
Roca de mica i quars	800
Granits i gres procedent d'alteració	1.500 a 10.000
Granit i gres molt alterat	100 a 600

Taula 31: Valors orientatius de la resistivitat en funció del terreny

4.6.4.4. Presses de terra independents

Es considerarà independent una presa de terra respecte a una altra, quan una de les preses de terra no assoleixi, respecte a un punt de potencial zero, una tensió superior a 50 V quan per l'altra circula la màxima corrent de defecte a terra previst.

4.6.4.5. Separació entre les preses de terra i de les masses de les instal·lacions d'utilització i de les masses d'un centre de transformació

Es verificarà que les masses posades a terra en una instal·lació d'utilització, així com els conductors de protecció associats a aquestes masses o als relés de protecció de massa, no estan unides a la presa de terra de les masses d'un centre de transformació, per a evitar que durant l'evacuació d'un defecte a terra en el centre de transformació, les masses de la instal·lació d'utilització puguin quedar sotmeses a tensions de contacte perilloses. Si no es fa el control d'independència indicant anteriorment (50 V), entre la posada a terra de les masses de les instal·lacions d'utilització respecte a la posada a terra de protecció o masses del centre de transformació, es considerarà que les preses de terra són elèctricament independents quan es compleixin totes i cadascuna de les condicions següents:

a) No existeixi canalització metàl·lica conductora (coberta metàl·lica de cable no aïllada especialment, canalització d'aigua, gas, etc.) que uneixi la zona de terres del centre de transformació amb la zona on es troben els aparells d'utilització.

b) La distància entre les preses de terra del centre de transformació i les preses de terra o altres elements conductors enterrats en els locals d'utilització és almenys igual a 15 metres per a terrens en que la seva resistivitat no sigui elevada (<100 ohms.m). Quan el terreny sigui molt mal conductor, la distància haurà de ser calculada.

c) El centre de transformació està situat en un recinte aïllat dels locals d'utilització, o bé, si està contigu als locals d'utilització o en l'interior dels mateixos, està establert de tal manera que els seus elements metàl·lics no estan units elèctricament als elements metàl·lics constructius dels locals d'utilització.

Només es podran unir la posada a terra de la instal·lació d'utilització (edifici) i la posada a terra de protecció (masses) del centre de transformació, si el valor de la resistència de posada a terra única és prou baixa perquè es compleixi que en el cas d'evacuar el màxim valor previst del corrent de defecte a terra (Id) en el centre de transformació, el valor de la tensió de defecte (Vd = Id x Rt) sigui menor que la tensió de contacte màxima aplicada.

4.6.4.6. Revisió de les presses de terra

Per la importància que ofereix, des del punt de vista de la seguretat qualsevol instal·lació de presa de terra, ha d'estar obligatòriament comprovada pel director de l'Obra o Instal·lador Autoritzat en el moment de donar d'alta la instal·lació per a la seva engegada o en funcionament.

Personal tècnicament competent ha d'efectuar la comprovació de la instal·lació de posada a terra, almenys anualment, en l'època en la qual el terreny estigui mes sec. Per a això, es mesurarà la resistència de terra, i es repararan amb caràcter urgent els defectes que es trobin.

Als llocs que el terreny no sigui favorable a la bona conservació dels elèctrodes, aquests i els conductors d'enllaç entre ells fins al punt de posada a terra, es posaran al descobert per al seu examen, almenys una vegada cada cinc anys.

4.6.4.7. Resultat dels càlculs de la xarxa de terra

La xarxa a terra estarà composta per un conductor de cable nu de 35mm² de secció que recorrerà el perímetre de l'edifici, amb una longitud de 30 m juntament amb tres piques de coure enterrades de 14 mm2 de secció i una longitud de 2 metres.

4.7. Instal·lacions interiors

4.7.1. Instal·lació interior vivendes

Segons el grau d'electrificació, tal i com hem vist en l'apartat "2.3.1.2.1 Previsió de càrregues per a les vivendes", observem que hi ha solament habitatges amb grau d'electrificació elevat.

La instal·lació elèctrica dels habitatges ha de constar dels següents circuits, i han d'estar protegits cada un d'aquests per un interruptor automàtic de tall unipolar amb accionament manual i dispositius de protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits amb una intensitat assignada segons la seva aplicació i indicada en l'apartat 3 de la ITC-BT-25.

Per a habitatges d'electrificació bàsica tenim els següents circuits:

- C_1 Circuit de distribució interna, destinat a alimentar els punts d'il·luminació.
- C_2 Circuit de distribució interna, destinat a preses de corrent d'ús general o frigorífic.
- C_3 Circuit de distribució interna, destinat a alimentar la cuina i el forn.
- C_4 Circuit de distribució interna, destinat a alimentar la rentadora, el rentaplats i el termos elèctric.
- C_5 Circuit de distribució interna, destinat a alimentar preses de corrent dels banys així com les bases auxiliars de la cuina.

Per a habitatges d'electrificació elevada, a més dels circuits anteriors dels habitatges d'electrificació bàsica tenim també els següents circuits:

- C_6 Circuït addicional del tipus C1, per cada 30 punts de llum.
- C_7 Circuït addicional del tipus C2, per cada 20 preses de corrent d'ús general o si la superfície útil de la vivenda és més gran que 160m2.
- C_8 Circuït de distribució interna, destinat a la instal·lació de calefacció elèctrica, quan existeix previsió d'aquesta.
- C_9 Circuït de distribució interna, destinat a la instal·lació d'aire condicionat, quan existeix previsió d'aquest.
- C_{10} Circuït de distribució interna, destinat a la instal·lació de assecadora independent.
- C_{11} Circuït de distribució interna, destinat a la alimentació del sistema de automatització, gestió tècnica de la energia i de seguretat.
- C_{12} Circuïts addicionals de qualsevol dels tipus C3 o C4, quan es prevegin, o circuït addicional del tipus C5, quan el número de preses de corrent excedeixi de 6.

També s'ha de preveure la instal·lació com a mínim, d'un interruptor diferencial de les característiques que s'indica a l'apartat 2.1 de la ITC-BT-25 per cada cinc circuïts instal·lats.

La ITC-BT-25 del Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió, estableix les característiques mínimes previstes pels circuïts de les vivendes, la potència prevista per cada presa d'utilització, el factor de simultaneïtat i d'utilització, el tipus de preses, l'interruptor automàtic necessari, el màxim nombre de punts d'utilització, la secció mínima dels conductors i el diàmetre mínim del tub.

La secció a més a més estarà condicionada a que la caiguda de tensió sigui com a màxim del 3%.

Aquesta caiguda de tensió es calcularà per una intensitat de funcionament del circuït igual a la intensitat nominal del interruptor automàtic d'aquest circuït i per una distància corresponent a la del punt més allunyat del origen de la instal·lació interior.

El valor de la caiguda de tensió podrà compensar-se entre la de la instal·lació interior i la de les derivacions individuals. Tot seguit veiem la Taula 1 de l'ITC-BT-25 que correspon amb la Taula 21.

Circuit d'utilització	Potència prevista per presa (W)	Factor simultaneïtat Fs	Factor utilització Fu	Tipus de presa (7)	Interruptor automàtic (A)	Màxim nre. de punts d'utilització o preses per circuit	Conductors secció mínima mm² (5)	Tub o conducte Diàmetre mm (3)
C_1 Il·luminació	200	0,75	0,5	Punt de llum(10)	10	30	1,5	16
C_2 Preses d'ús general	3.450	0,2	0,25	Base 16 A 2p+T	16	20	2,5	20
C_3 Cuina i forn	5.400	0,5	0,75	Basi 25 A 2p+T	25	2	6	25
C_4 Rentadora, rentaplats i termos elèctric	3.450	0,66	0,75	Base 16 A 2p+T combinades amb fusibles o interruptors automàtics de 16 A (6)	20	3	4 (9)	20
C_5 Bany, cuina	3.450	0,4	0,5	Base 16 A 2p+T	16	6	2,5	20
C_6 Calefacció	(8)	---	---	---	25	---	6	25
C_7 Aire condicionat	(8)	---	---	---	25	---	6	25
C_{10} Assecadora	3.450	1	0,75	Base 16 A 2p+T	16	1	2,5	20
C_{11} Automatització	(8)	---	---	---	10	---	1,5	16

(1) La tensió considerada és de 230 V entre fase i neutre.
(2) La potència màxima permissible per circuit és de 5.750 W.
(3) Diàmetres externs segons ITC-BT 19.
(4) La potència màxima permissible per circuit és de 2.300 W.
(5) Aquest valor correspon a una instal·lació de dos conductors i terra amb aïllament de PVC sota tub encastat en obra, segons la taula 1 de la ITC-BT-19. Altres seccions poden ser requerides per a altres tipus de cable o condicions d'instal·lació.
(6) En aquest circuit exclusivament cada presa individual es pot connectar mitjançant un conductor de secció 2,5 mm² que surti d'una caixa de derivació del circuit de 4 mm².
(7) Les bases de presa de corrent de 16 A 2p+T són fixes del tipus que indica la figura C2a i les de 25 A 2p+T són del tipus indicat a la figura E3D 25-3 A, ambdues de la norma UNE 20315.
(8) Els fusibles o interruptors automàtics no són necessaris si es disposa de circuits independents per a cada aparell, amb interruptor automàtic de 16 A a cada circuit. El desdoblament del circuit amb aquesta finalitat no suposa el pas a electrificació elevada ni la necessitat de disposar d'un diferencial addicional.
(9) El punt de llum inclou conductor de protecció.

Taula 32: Característiques elèctriques dels circuits

En la ITC-BT-25 trobem una taula que ens indica els punts d'utilització mínims en cada estança de l'habitatge.

Estança	Circuit	Mecanisme	Nre. mínim	Superf./Longitud
Accés	C_1	botó timbre	1	
Vestibul	C_1	Punt de llum Interruptor 10 A	1 1	— —
	C_2	Base 16 A 2p+T	1	—
Sala d'estar o saló	C_1	Punt de llum Interruptor 10 A	1 1	fins a 10 m² (dos si S > 10 m²) un per cada punt de llum
	C_2	Base 16 A 2p+T	3 (1)	una per cada 6 m², arrodonit a l'enter superior
	C_3	Presa de calefacció	1	fins a 10 m² (dos si S > 10 m²)
	C_4	Presa d'aire condicionat	1	fins a 10 m² (dos si S > 10 m²)
Dormitoris	C_1	Punts de llum Interruptor 10 A	1 1	fins a 10 m² (dos si S > 10 m²) un per cada punt de llum
	C_2	Base 16 A 2p+T	3 (1)	una per cada 6 m², arrodonit a l'enter superior
	C_3	Presa de calefacció	1	—
	C_4	Presa d'aire condicionat	1	—
Banys	C_1	Punts de llum Interruptor 10 A	1 1	— —
	C_2	Base 16 A 2p+T	1	—
	C_3	Presa de calefacció	1	—
Passadissos o distribuïdors	C_1	Punts de llum Interruptor/Commutador 10 A	1 1	un cada 5 m de longitud un a cada accés
	C_2	Base 16 A 2 p + T	1	fins a 5 m (dos si L > 5 m)
	C_3	Presa de calefacció	1	—
Cuina	C_1	Punts de llum Interruptor 10 A	1 1	fins a 10 m² (dos si S > 10 m²) un per cada punt de llum
	C_2	Base 16 A 2 p + T	2	extractor i frigorífic
	C_3	Base 25 A 2 p + T	1	cuinaform
	C_4	Base 16 A 2 p + T	3	rentadora, rentaplats i termos
	C_5	Base 16 A 2 p + T	3 (2)	a sobre del pla de treball
	C_6	Presa de calefacció	1	—
	C_7	Base 16 A 2 p + T	1	Assecadora
Terrasses i vestidors	C_1	Punts de llum Interruptor 10 A	1 1	fins a 10 m² (dos si S > 10 m²) un per cada punt de llum
Garatges unifamiliars i altres	C_1	Punts de llum Interruptor 10 A	1 1	fins a 10 m² (dos si S > 10 m²) un per cada punt de llum
	C_2	Base 16 A 2 p + T	1	fins a 10 m² (dos si S > 10 m²)

Taula 33: Punts d'utilització

(1) On es prevegi la instal·lació d'una presa per al receptor de TV, la base corresponent ha de ser múltiple, i en aquest cas es considera com una sola base als efectes del nombre de punts d'utilització de la taula 14.

(2) Es col·loquen fora d'un volum delimitat pels plànols verticals situats a 0,5 m de la pica i dels fogons de cocció o cuina.

Considerant aquesta informació, i sabent que l'edifici objecte consta de 6 vivendes o habitatges d'electrificació elevada, ja es pot dur a terme la distribució elèctrica de cadascun del habitatges. Aquesta distribució es pot veure al plànols nº 14, nº 15 i nº 16 de l'annex B Plànols".

4.7.1.1. Descripció de l' instal·lació

La instal·lació interior de les vivendes es realitzarà amb conductors flexibles sota tub corrugat flexible, encastats en obra o en muntatge superficial per sobre el fals sostre. Els circuïts estaran formats per dos cables unipolars més el conductor de protecció, que tindrà la mateixa secció que els altres i tots de tensió assignada 450/750V o superior. S'ha de connectar el conductor de protecció a totes les masses metàl·liques dels receptors quan les seves instal·lacions o permetin. Totes les bases de corrent disposaran de presa a terra.

Els conductors de la instal·lació hauran de ser fàcilment identificables, en particular el neutre i el conductor de protecció. Aquesta identificació es realitzarà pels colors dels seus aïllaments. El neutre portarà coberta de color blau clar mentre que el conductor de protecció serà de color verd i groc. Els conductors de fases podran ser marrons o negres.

Entre canalitzacions elèctriques i no elèctriques es mantindrà una distància igual o superior a 3 cm. No es col·locaran conduccions elèctriques per sota de canalitzacions que puguin condensar, en cas que no sigui possible es protegiran adequadament.

Els tubs tant els encastats com en superfície s'han d'instal·lar seguint línies verticals i horitzontals o paral·leles a les arestes. La unió entre aquests assegurarà la continuïtat de la protecció. Els tubs en muntatge superficial es fixaran amb brides o abraçadores cada 0,50 m. com a màxim i sempre que sigui possible s'han d'instal·lar a una alçada igual o superior a 2,50 m. Alhora d'encastar els tubs en obra, la profunditat del forat haurà de permetre un recobriment d'1 cm. per sobre el tub. No s'instal·laran tubs entre el forjat i el paviment.

La caiguda de tensió entre l'origen de la instal·lació interior i qualsevol punt de la instal·lació serà menor del 3%. Aquesta podrà compensar-se entre la instal·lació interior i les derivacions individuals, sense superar el 4% tal i com es pot comprovar als càlculs dels circuits en l'apartat 3.1.4.7 Quadres Vivendes).

El quadre general de comandament i protecció dels habitatges s'instal·larà d'acord amb el que s'indica a l'apartat 2.3.3.5 i contindrà tots els dispositius que figuren als esquemes unifilars dels habitatges que es poden veure en els plànols nº5, plànol nº6, plànol nº7 i plànol nº8.

L'instal·lador fixarà de forma permanent sobre el quadre una placa amb caràcters indelebles en la que s'indiqui el seu nom o marca comercial, data en la qual s'ha realitzat la instal·lació i la intensitat assignada a l'interruptor general automàtic corresponent a cada habitatge.

Als banys els mecanismes i aparells d'enllumenat s'instal·laran a una distancia superior a 0,6 m. del pla vertical que limita amb la banyera o dutxa. A la cuina s'instal·laran preses d'endolls a sobre el pla de treball a una distància mínima de 0,5 m. de l'aigüera i dels fogons.

4.7.1.2. Instal·lació interior vivendes amb grau d'electrificació elevat

El Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió vigent estipula que serà d'electrificació elevada quan es compleixi alguna de les següents condicions:

- superfície útil vivenda superior a 160m2.
- si està prevista la instal·lació d'aire condicionat.

- si està prevista la instal·lació de calefacció elèctrica.
- si està prevista la instal·lació de sistemes d'automatització.
- si està prevista la instal·lació d'una assecadora.
- si el número de punts d'utilització de l'enllumenat és superior a 30.
- si el número de punts d'utilització de preses de corrent d'ús general és superior a 20.
- si el número de punts d'utilització de preses de corrent dels bany i auxiliars de cuina és superior 6.
- en el cas de vivendes amb una previsió important d'aparells electrodomèstics que obligui a instal·lar més d'un circuït dels considerats bàsics.

En l'edifici objecte d'aquest projecte, tindran un grau d'electrificació elevada tots els habitatges. A més els habitatges que formen la tercera planta, l'habitatge 3º-1ª i l'habitatge 3º-2ª, es preveu la instal·lació d'aire condicionat.

Les taules següents ens mostren les característiques dels circuits que conformen cadascuna de les distribucions dels habitatges amb grau d'electrificació elevada. L'interruptor General de Maniobra (IGA) d'aquests quadres ha de ser un interruptor bipolar de 40A, i s'ha de situar en l'interior de cada vivenda, al quadre elèctric d'aquesta.

Circuit	P. prevista per punt (W)	Tipus de receptor o punt d'útil.	Punts d'utilització	Punts màxims REBT	Longitud circuit (m)	Long. Màx. segons REBT (m)	Secció conductors (mm2)	Ø tub protector (mm)	Protecció tèrmica (A)	Protecció diferencial (A);(mA)
Agrupació 1		-		-	0,3	-	6	-		40;30
C1 Il·luminació	200	Punt de llum	12	30	22	30	1,5	16	10	-
C2 Presses d'ús general i frigorífic	3.450	Base 16 A 2p + T	13	20	25	31	2,5	20	16	-
C3 Cuina i Forn	4.050	Base 16 A 2p + T	2	2	6,65	47	6	25	25	-
Agrupació 2					0,3		6			40;30
C4 Rentadora	3.450	Base 16 A 2p + T	2	3	7,5	28	2,5	20	16	-
C5 Bany i presses aux. cuina	3.450	Base 16 A 2p + T	6	6	11,5	28	2,5	20	20	-
C8 Calefacció elèctrica	3.000	Base 16 A 2p + T	1	1	7,5	28	6	25	25	-

Taula 34: Característiques dels circuits del habitatges 1º-1ª i 2º-1ª.

Circuit	P. prevista per punt (W)	Tipus de receptor o punt d'útil.	Punts d'utilització	Punts màxims REBT	Longitud circuit (m)	Long. Màx. segons REBT (m)	Secció conductors (mm2)	Ø tub protector (mm)	Protecció tèrmica (A)	Protecció diferencial (A);(mA)
Agrupació 1				-	0,3		6	-		40;30
C1 Il·luminació	200	Punt de llum	13	30	25	30	1,5	16	10	-
C2 Presses d'ús general i frigorífic	3.450	Base 16 A 2p + T	15	20	23	31	2,5	20	16	-
C3 Cuina i Forn	5.400	Base 16 A 2p + T	2	2	6,8	47	6	25	25	-
Agrupació 2					0,3		6			40;30
C4 Rentadora	3.450	Base 16 A 2p + T	2	3	7,8	28	2,5	20	16	-
C5 Bany i presses aux. cuina	3.450	Base 16 A 2p + T	6	6	11	28	2,5	20	20	-
C8 Calefacció elèctrica	3.000	Base 16 A 2p + T	1	1	7,8	28	6	25	25	-

Taula 35: Característiques dels circuits del habitatges 1º-2ª i 2º-2ª.

Circuit	P. prevista per punt (W)	Tipus de receptor o punt d'útil.	Punts d'utilització	Punts màxims REBT	Longitud circuit (m)	Long. Màx. segons REBT (m)	Secció conductors (mm2)	Ø tub protector (mm)	Protecció tèrmica (A)	Protecció diferencial (A);(mA)
Agrupació 1					0,3		6			40;30
C1 Il·luminació	200	Punt de llum	22	30	18	30	1,5	16	10	-
C2 Presses d'ús general i frigorífic	3.450	Base 16 A 2p + T	20	20	16,7	31	2,5	20	16	-
C3 Cuina i Forn	5.400	Base 16 A 2p + T	2	2	12,4	47	6	25	25	-
Agrupació 2					0,3		6			40;30

C4 Rentadora	3.450	Base 16 A 2p + T	2	3	12,4	28	4	20	20	-
C5 Bany i presses aux. cuina	3.450	Base 16 A 2p + T	6	6	16,7	28	2,5	20	20	-
C8 Calefacció elèctrica	3.000	Base 16 A 2p + T	1	1	12,4	28	2,5	20	16	-
C9 Aire condicionat	5.750	-	1	1	12	47	6	25	25	-

Taula 36: Característiques dels circuits de l'habitatge 3º-1ª.

Circuit	P. prevista per punt (W)	Tipus de receptor o punt d'útil.	Punts d'utilització	Punts màxims REBT	Longitud circuit (m)	Long. Màx. segons REBT (m)	Secció conductors (mm2)	Ø tub protector (mm)	Protecció tèrmica (A)	Protecció diferencial (A);(mA)
Agrupació 1					0,3		6			40;30
C1 Il·luminació	200	Punt de llum	26	30	23	30	1,5	16	10	-
C2 Presses d'ús general i frigorífic	3.450	Base 16 A 2p + T	16	20	16	31	2,5	20	16	-
C2' Presses d'ús general	3.450	Base 16 A 2p + T	16	20	18	31	2,5	20	16	-
C3 Cuina i Forn	5.400	Base 16 A 2p + T	2	2	8,5	47	6	25	25	-
Agrupació 2					0,3		6			40;30
C4 Rentadora	3.450	Base 16 A 2p + T	3	3	8,5	28	4	20	25	-
C5 Bany i presses aux. cuina	3.450	Base 16 A 2p + T	6	6	12	28	2,5	20	20	-
C8 Calefacció elèctrica	3.000	Base 16 A 2p + T	1	1	8,5	28	2,5	20	25	-
C9 Aire condicionat	5.750	-	1	1	10	47	6	25	25	-

Taula 37: Característiques dels circuits de l'habitatge 3º-2ª.

4.7.1.2.1. Potència a contractar

Per a poder conèixer la potència a contractar primer hem de conèixer la potència prevista en cada habitatge. Tenim 6 habitatges amb grau d'electrificació elevada, amb una previsió de 9.200 W per vivenda.

La companyia subministradora Fecsa-Endesa, presenta el bloc de contractació (fulls de NTP.-IEBT). L'interruptor General Automàtic de cadascuna d'aquestes serà de 40 A en tots els casos.

4.7.2. Instal·lació espais comuns

La instal·lació d'espais comuns ha de constar de l' instal·lació d'enllumenat de l'escala, l'enllumenat del vestíbul, l'enllumenat permanent de l'ascensor, l'enllumenat d'emergència, maquinària ascensor, sistema d'energia solar tèrmica, telecomunicacions, etc..

Totes aquestes instal·lacions estarà agrupades en un quadre principal dels Serveis Generals on hi haurà dues agrupacions, una línia de presses amb consum en ruta per a les Telecomunicacions i dos sub:

- Quadre serveis generals de l'escala.
- Sub-Quadre sala de màquines de l'ascensor.
- Sub-Quadre sistema d'energia solar tèrmica.

Les taules següents ens mostren les característiques dels circuits que conformen cadascuna de les distribucions de les instal·lacions dels espais comuns. L'interruptor General de Maniobra (IGA) d'aquest quadre ha de ser un interruptor tetrapolar de 25A.

Circuit	Tensió (V)	Previsió de potència (W)	Longitud (m)	Secció del conductor (mm2)	Ø tub protector (mm)	Protecció tèrmica (A)	Protecció diferencial (A);(mA)
AGRUPACIÓ 1			0,3	2,5	-	20	25;30
ENLLUM. VESTÍBUL	230	1.450	18	1,5	16	10	
ENLLUM. ESCALA	230	1.450	18	1,5	16	10	
ENLLUM. EMERGÈNCIA	230	250	18	1,5	16	10	
AGRUPACIÓ 2			0,3	6	-		25;30
ENLLUM. COMPTADORS	230	200	1	6	25	10	
ENLLUM. PERMANENT ASC.	230	90	14,25	1,5	16	10	
PRESSES MANT.	230	3.450	5	4	25	16	
PORTER AUT.	230	200	7	2,5	20	16	
AGRUPACIÓ 3			0,3	2,5	-		25;30
PRESSES TELECOMUNICACIONS	230	1.500	37,9	2,5	20	10	
AGRUPACIÓ 4			0,3	4	-		
SUBQUADRE ASCENSOR	400	9.185	18	4	25	20	25;30
AGRUPACIÓ 5			0,3	4	-		25;30

SUBQUADRE E. SOLAR TÈRMICA	230	4.990	25	2,5	20	20	

Taula 38: Característiques dels circuits del quadre dels serveis generals de l'escala.

Circuit	Tensió (V)	Previsió de potència (W)	Longitud (m)	Secció del conductor (mm2)	Ø tub protector (mm)	Protecció tèrmica (A)	Protecció diferencial (A);(mA)
F.E.M. ASCENSOR	400	8.125	2	2,5	10	16	25;30
AGRUPACIÓ 1			0,3	1,5		10	25;30
ENLLUM. CABINA ASCENSOR	230	150	18	1,5	16	10	-
ENLLUM. ROSARI ASCENSOR	230	500	18	1,5	16	10	-
ENLLUM. QUADRE ASC.	230	200	1	1,5	16	10	-
PRESSES MANT.	230	3.450	2	2,5	20	16	-

Taula 39: Característiques dels circuits del sub-quadre de l'ascensor.

Circuit	Tensió (V)	Previsió de potència (W)	Longitud (m)	Secció del conductor (mm2)	Ø tub protector (mm)	Protecció tèrmica (A)	Protecció diferencial (A);(mA)
Agrupació 1			0,3	4		20	25;30
BOMBA C. PRIMARI	230	250	3	2,5	20	16	25;30
BOMBA C. SECUNDARI ACUMULACIÓ	230	250	3	2,5	20	16	25;30
BOMBA C. SECUNDARI DISTRIBUCIÓ	230	250	3	2,5	20	16	25;30
CENTRALETA SISTEMA SOLAR	230	250	2	2,5	20	16	-
PRESSES MANT.	230	3.450	3	2,5	20	16	-

Taula 40: Característiques dels circuits del sub-quadre d'energia solar tèrmica.

4.7.2.1. Enllumenat d'emergència

L' instal·lació d'enllumenat d'emergència de l'edifici es connectarà en cas de tall del subministrament elèctric. Cada lluminària d'emergència comptarà amb una font d'alimentació pròpia que la farà funcionar com a mínim durant 1 hora.

S'han situat lluminàries d'emergència a tots els vestíbuls de cada planta, als canvis de direcció de les escales i davant dels quadres elèctrics dels serveis comuns. D'aquesta manera assegurem que es proporcionarà una il·luminació mínima d'1 lux com a mínim al nivell del paviment durant tot el recorregut d'evacuació.

La seva situació es pot apreciar als plànols de distribució elèctrica adjunts en l'Annex B Plànols.

4.7.2.2. Descripció de l' instal·lació

La instal·lació interior dels espais comuns, es realitzarà amb conductors flexibles sota tub corrugat flexible, encastats en obra o en muntatge superficial sobre el fals sostre. Els circuïts estaran formats per dos cables unipolars més el conductor de protecció, que tindrà la mateixa secció que els altres i tots de tensió assignada 450/750V o superior. S'ha de connectar el conductor de protecció a totes les masses metàl·liques dels receptors quan les seves instal·lacions o permetin. S'instal·larà una presa de corrent de 16A amb de presa de terra a l'armari de centralització de comptadors per a les operacions de neteja i manteniment.

Els conductors de la instal·lació hauran de ser fàcilment identificables, en particular el neutre i el conductor de protecció. Aquesta identificació es realitzarà pels colors dels seus aïllaments. El neutre portarà coberta de color blau clar mentre que el conductor de protecció serà de color verd i groc. Els conductors de fases podran ser marrons, negres o grisos.

Entre canalitzacions elèctriques i no elèctriques es mantindrà una distància igual o superior a 3 cm. No es col·locaran conduccions elèctriques per sota de canalitzacions que puguin condensar, en cas que no sigui possible es protegiran adequadament.

Els tubs tant els encastats com en superfície s'han d'instal·lar seguint línies verticals i horitzontals o paral·leles a les arestes. La unió entre aquests assegurarà la continuïtat de la protecció. Els tubs en muntatge superficial es fixaran amb brides cada 0,50 m. com a màxim i sempre que sigui possible s'han d'instal·lar a una alçada igual o superior a 2,50 m. Alhora d'encastar els tubs en obra, la profunditat del forat haurà de permetre un recobriment d'1 cm. per sobre el tub. No s'instal·laran tubs entre el forjat i el paviment.

La caiguda de tensió entre l'origen de la instal·lació interior i qualsevol punt de la instal·lació serà menor del 3%. Aquesta podrà compensar-se entre la instal·lació interior i les derivacions individuals, sense superar el 4% tal i com es pot comprovar als càlculs dels circuits en l'apartat "3.1.4.5 Instal·lació espais comuns").

Els quadres generals de comandament i protecció dels serveis comuns, el sub_quadre de l'energia solar tèrmica i el sub_quadre de l'ascensor, s'instal·laran d'acord amb el que s'indica a l'apartat 4.4.5 i contindrà tots els esquemes unifilars de les instal·lacions, que es poden veure en els plànols 15, 16 i 17.

A les sales de màquines del serveis, els mecanismes i preses s'instal·laran a una distancia superior a 0,5 m del pla vertical que limita amb la presa d'aigua.

4.7.2.3. Potència a contractar

En la ITC-BT-10 del Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió s'indica que el factor de simultaneïtat i utilització que cal aplicar als serveis comuns és igual a 1. Per tant la potència demandada coincideix amb la potència instal·lada:

- Potència instal·lada serveis general escala: 3.500 W
- Potència instal·lada subquadre de màquines del ascensor: 6.500 W
- Potència instal·lada subquadre de Energia Solar Tèrmica: 1.500 W

Escollirem la potència a contractar buscant el bloc de contractació normalitzat per la companyia subministradora que més se'ns acosti a la potència consumida.

4.7.3. Instal·lació local comercial

La instal·lació del local comercial constarà únicament de la instal·lació d'enllumenat provisional, de l'enllumenat i les preses del bany, i de l'enllumenat d'emergència.

La instal·lació del local comercial ha de ser la mínima ja que com no es coneix el tipus de activitat que es desenvoluparà en aquest, no es pot saber les necessitats que haurà de complir la instal·lació final.

La taula següent ens mostra les característiques dels circuits que conformen cadascuna de les distribucions de les instal·lacions del local comercial. Aquest quadre estarà sobre dimensionat per que pugui servir un cop s'hagi decidit l'activitat a realitzar en el local comercial, i les necessitats de l' instal·lació elèctrica. L'interruptor General de Maniobra (IGA) d'aquest quadre ha de ser un interruptor bipolar de 100A amb regulació a 75A.

Circuit	Tensió (V)	Previsió de potència (W)	Longitud (m)	Secció del conductor (mm2)	Ø tub protector (mm)	Protecció tèrmica (A)	Protecció diferencial (A);(mA)
Agrupació 1			0,3	1,5		20	25;30
Il·luminació Planta Baixa	230	500	10	1,5	16	10	
Il·luminació Planta Altell	230	500	15	1,5	16	10	
Il·luminació d'emergència	230	150	12	1,5	16	10	
Il·luminació Aparador	230	500	8	1,5	16	10	
Agrupació 2			0,3	2,5		63	63;30
Porter automàtic	230	200	8	2,5	16	16	

Presses Generals	230	3.450	20	2,5	20	16	
Bany	230	3.450	6	4	20	16	
Termo elèctric	230	3.450	6	4	20	16	

Taula 41: Característiques dels circuits del local comercial.

4.7.3.1. Enllumenat d'emergència

El local comercial comptarà amb una instal·lació d'enllumenat d'emergència que es connectarà en cas de tall del subministrament elèctric. Cada lluminària d'emergència comptarà amb una font d'alimentació pròpia que la farà funcionar com a mínim durant 1 hora.

S'han situat lluminàries d'emergència al bany (sobre la porta), a la part superior del principi i final de l'escala, i al canvi de direcció d'aquesta, i sobre la porta principal d'accés al local comercial. D'aquesta manera assegurem que es proporcionarà una il·luminació mínima d'1 lux com a mínim al nivell del paviment durant tot el recorregut d'evacuació.

La seva situació es pot apreciar als plànols de distribució elèctrica adjunts en l'Annex B.

4.7.3.2. Descripció de l' instal·lació

La instal·lació interior del local comercial es realitzarà amb conductors flexibles sota tub corrugat flexible, seguin les prescripcions generals de l'apartat 1.4.4, encastats en obra o en muntatge superficial per sobre el fals sostre. Els circuïts estaran formats per dos cables unipolars més el conductor de protecció, que tindrà la mateixa secció que els altres i tots de tensió assignada 450/750V o superior. S'ha de connectar el conductor de protecció a totes les masses metàl·liques dels receptors quan les seves instal·lacions o permetin. Totes les bases de corrent disposaran de presa a terra.

Els conductors de la instal·lació hauran de ser fàcilment identificables, en particular el neutre i el conductor de protecció. Aquesta identificació es realitzarà pels colors dels seus aïllaments. El neutre portarà coberta de color blau clar mentre que el conductor de protecció serà de color verd i groc. Els conductors de fases podran ser marrons o negres.

Entre canalitzacions elèctriques i no elèctriques es mantindrà una distància igual o superior a 3 cm. No es col·locaran conduccions elèctriques per sota de canalitzacions que puguin condensar, en cas que no sigui possible es protegiran adequadament.

Els tubs tant els encastats com en superfície s'han d'instal·lar seguint línies verticals i horitzontals o paral·leles a les arestes. La unió entre aquests assegurarà la continuïtat de la protecció. Els tubs en muntatge superficial es fixaran amb brides o abraçadores cada 0,50 m. com a màxim i sempre que sigui possible s'han d'instal·lar a una alçada igual o superior a 2,50 m. Alhora d'encastar els tubs en obra, la profunditat del forat haurà de permetre un recobriment d'1 cm. per sobre el tub. No s'instal·laran tubs entre el forjat i el paviment.

La caiguda de tensió entre l'origen de la instal·lació interior i qualsevol punt de la instal·lació serà menor del 3%.

El quadre general de comandament i protecció del local comercial s'instal·larà d'acord amb el que s'indica a l'apartat 4.4.5. i contindrà tots els dispositius que figuren als esquemes unifilars del local, que es pot veure en els plànol 18. L'instal·lador fixarà de forma permanent sobre el quadre una placa amb caràcters indelebles en la que s'indiqui el seu nom o marca comercial, data en la qual s'ha realitzat la instal·lació i la intensitat assignada a l'interruptor general automàtic.

Al bany, els mecanismes i aparells d'enllumenat s'instal·laran a una distancia superior a 0,6 m. del pla vertical que limita amb la banyera o dutxa.

4.7.3.3. Potència a contractar

Com ja hem dit, la potència a contractar no es coneix ja que no coneixem ni l'activitat que en un futur es durà a terme al local, ni les seves necessitats. Per aquest motiu s'ha calculat la previsió de càrregues tal i com s'indica a la ITC-BT-10 del Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió.

La potència prevista per al local comercial és 12.300 W

5. Disseny de la instal·lació solar tèrmica per a l'obtenció d'ACS i calefacció

5.1. Descripció, solució adoptada i funcionament

5.1.1. Descripció

Una instal·lació solar tèrmica està constituïda per un conjunt de components encarregats de realitzar les funcions de captar la radiació solar , transformar- la directament en energia tèrmica cedint-la a un fluid de treball i , finalment emmagatzemar aquesta energia tèrmica de forma eficient, bé en el mateix fluid de treball dels captadors , o bé transferir-la a un altre , per poder utilitzar-la després en els punts de consum . Aquest sistema es complementa amb una producció d'energia tèrmica per sistema convencional auxiliar que pot o no estar integrada dins de la mateixa instal·lació.

Els sistemes que conformen la instal·lació solar tèrmica per a aigua calenta són els següents:

a. un sistema de captació format pels captadors solars, encarregat de transformar la radiació solar incident en energia tèrmica de manera que s'escalfa el fluid de treball que circula per ells;
b. un sistema d'acumulació constituït per un o diversos dipòsits que emmagatzemen l'aigua calenta fins que es precisa el seu ús;
c. un circuit hidràulic constituït per canonades, bombes, vàlvules, etc., que s'encarrega de establir el moviment del fluid calent fins al sistema d'acumulació;
d. un sistema d'intercanvi que realitza la transferència d'energia tèrmica captada des del circuit de captadors, o circuit primari, a l'aigua calenta que es consumeix;
e. sistema de regulació i control que s'encarrega d'una banda d'assegurar el correcte funcionament de l'equip per proporcionar la màxima energia solar tèrmica possible i, per un altre, actua com a protecció enfront de l'acció de múltiples factors com sobreescalfaments del sistema, riscos de congelacions, etc;
f. addicionalment, es disposa d'un equip d'energia convencional auxiliar que s'utilitza per complementar la contribució solar subministrant l'energia necessària per cobrir la demanda prevista, garantint la continuïtat del subministrament d'aigua calenta en els casos d'escassa radiació solar o demanda superior al previst.

L'objectiu bàsic del sistema solar és subministrar a l'usuari una instal·lació solar que :

a. optimitzi l'estalvi energètic global de la instal·lació en combinació amb la resta d'equips tèrmics de l'edifici ;
b. garanteixi una durabilitat i qualitat suficients ;
c. garanteixi un ús segur de la instal·lació.

Les instal·lacions es realitzaran amb un circuit primari i un circuit secundari independents , amb producte químic anticongelant , evitant qualsevol tipus de barreja dels diferents fluids que poden operar en la instal·lació.

Les instal·lacions que compten amb més de 10 m2 de captació corresponent a un sol circuit primari, aquest serà de circulació forçada.

Si la instal·lació ha de permetre que l'aigua arribi a una temperatura de 60 ° C, no s'admetrà la presència de components d'acer galvanitzat.

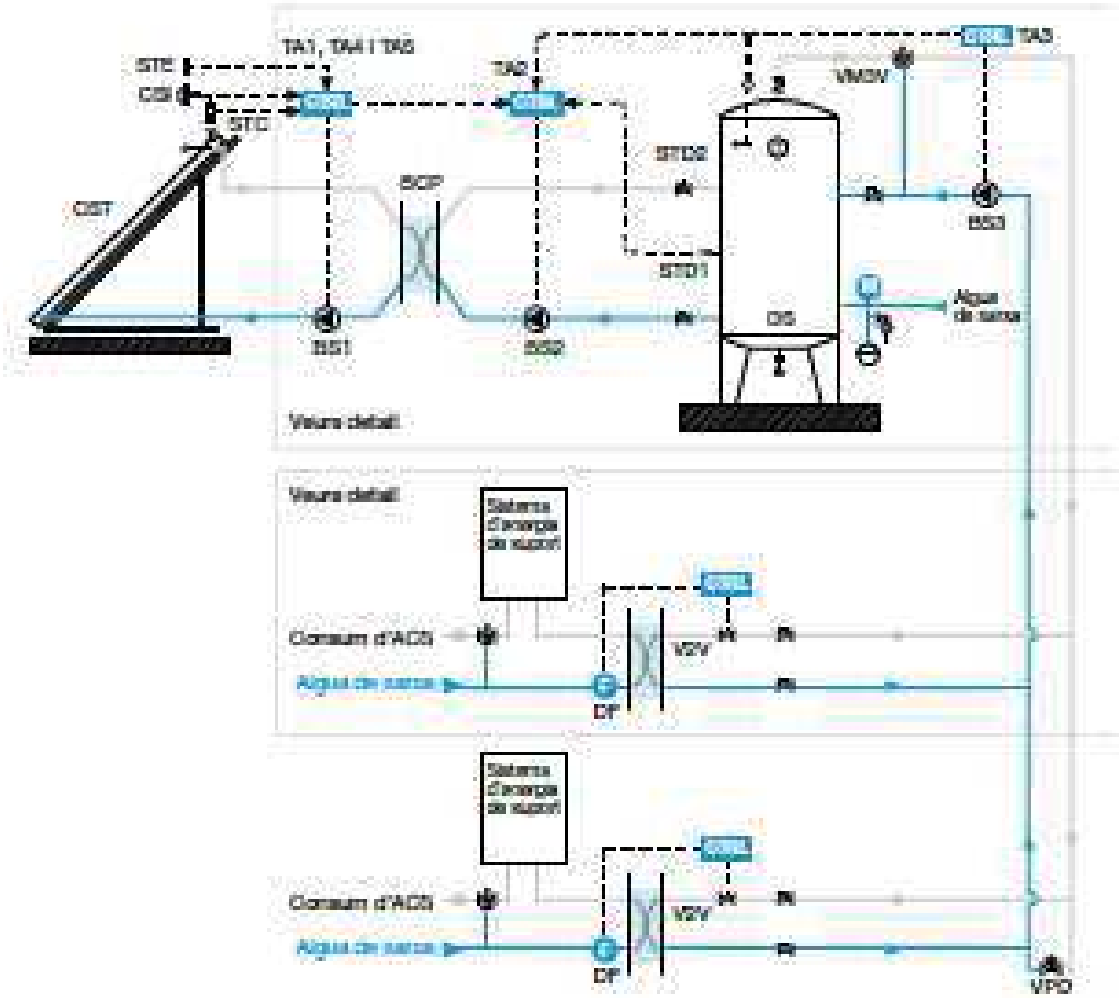
5.1.2. Solució adoptada

En l'edifici objecte d'aquest projecte s'ha decidit dissenyar un sistema d'instal·lació solar amb acumulació centralitzada amb bescanviador de calor en cada habitatge.

En aquesta tipologia, tots els habitatges disposaran d'un camp de captadors i acumulació comuna, però es distribuirà l'energia solar mitjançant bescanviadors de calor per a cada habitatge. El control dels diferents bescanviadors de calor dels habitatges de la instal·lació es realitzarà mitjançant vàlvules de dues vies a cada bescanviador.

En cada habitatge hi haurà un sistema de suport, es a dir una caldera mural mixta elèctrica que garantirà l'abastiment d'Aigua Calenta Sanitària i calefacció quan el sistema d'Energia Solar Tèrmica no pugui abastir el consum d'aquests.

En la següent imatge es mostra un esquema de la instal·lació. Vegeu la imatge 9.



Imatge 9: Esquema d'instal·lació d'energia solar tèrmica en edifici plurifamiliar amb bescanviador a cada habitatge.

5.1.3. Funcionament

El funcionament d'aquest sistema és el següent:

En funció del senyal d'una cèl·lula solar amb control d'irradiància (CSI), la bomba de circulació solar del circuit de captació o circuit primari (BS1) s'activarà i/o s'aturarà en funció del senyal d'una cèl·lula solar amb control d'irradiància (CSI) i del termòstat absolut amb sonda de temperatura de captadors (TA1 i STC), per tal de conduir el fluid caloportador escalfat als captadors solars tèrmics (CST) fins al bescanviador de calor principal (BCP).

La bomba de circulació solar del circuit de captació (BS1) s'activarà i/o s'aturarà en funció del senyal d'una cèl·lula solar amb control d'irradiància (CSI) i del termòstat absolut amb sonda de temperatura de captadors

(TA1 i STC), per tal de conduir el fluid caloportador escalfat als captadors solars tèrmics (CST) fins al bescanviador de calor principal (BCP).

El fluid del circuit primari solar transmet la seva escalfor al fluid del circuit d'acumulació a través del bescanviador de calor (BCP). El sistema de control del circuit d'acumulació (TD i TA2) s'encarrega de regular la transferència de calor actuant sobre la bomba de circulació del circuit d'acumulació (BS2).

Aquesta s'activa en funció del salt tèrmic entre la sonda de temperatura de captadors (STC) i la sonda de temperatura de la part mitjana del dipòsit (STD1) i sempre que la temperatura d'acumulació (STD2) estigui per sota d'un màxim permès (90ºC).

La circulació del fluid de l'acumulador (DS) cap als circuits dels habitatges es realitza mitjançant la bomba electrònica de cabal variable de recirculació solar del circuit de distribució (BS3), sempre i quan el control (TA3) determini que l'acumulador disposa de prou temperatura de servei (70ºC). El retorn del circuit d'habitatges entra per la part baixa de l'acumulador solar (DS) alhora que es fa re circular per una vàlvula mescladora de tres vies (VM3V) per tal de regular i limitar la temperatura d'impulsió que cal distribuir als habitatges (70ºC), així com evitar pèrdues tèrmiques significatives.

Un cop el fluid es troba a l'entrada dels diferents circuits de cada habitatge, quan un fluxòstat (detector de flux) ubicat a la canonada d'aigua freda de consum d'entrada a cada intercanviador (DF) detecta consums d'ACS, el control del DF actua sobre la vàlvula de dues vies (V2V), deixant pas directe al bescanviador de calor i aportant escalfor a l'aigua de consum per després tornar el fluid al retorn a captadors. Mentre que quan s'atura el consum d'ACS, la vàlvula de dues vies talla la circulació del fluid a tot el ramal de l'habitatge.

Per a abastir el sistema de calefacció, es tractarà cadascun del punts de consum d'aquest com si es tractés d'un punt de servei d'ACS, per tant cada vivenda constarà de dos bescanviadors de calor, un per a ACS i l'altre per a calefacció, dos detectors de flux, i dos vàlvules de dues vies per tallar la circulació en cadascun dels sistemes.

En aquesta tipologia és necessari realitzar una recirculació amb una vàlvula de pressió diferencial (VPD) per tal que la bomba (BS3) pugui impulsar el fluid per si els diferents circuits dels dipòsits estiguessin tancats i, d'aquesta manera, poder mantenir l'aigua a una certa temperatura reduint la inèrcia tèrmica del circuit.

La calefacció d'un habitatge presenta peculiaritats que fan que, tot i que resulta possible tècnicament, requereix una anàlisi més complexa. En primer lloc, cal destacar l'estacionalitat del consum (hivern); d'altra banda, la gran demanda puntual que es pot necessitar (puntes de consum) i, finalment, el sistema emissor utilitzat per escalfar les cambres.

L'estacionalitat de la demanda pot provocar una utilització anual baixa del sistema solar, ja que només funcionarà a ple rendiment els mesos d'hivern: de 2 a 3 mesos a la franja costanera i fins a 8 mesos a la Catalunya central i als Pirineus. Aquesta característica es pot minimitzar dimensionant la instal·lació per tal de cobrir només una petita part de la calefacció (15-25%) i, durant la resta de l'any, dedicant el sistema a produir aigua calenta sanitària. La resta de necessitats per a calefacció les proporciona el sistema convencional de suport. Una instal·lació encara més ben adaptada seria la que combinés calefacció al hivern amb escalfament del vas d'una piscina a l'estiu i la producció d'ACS durant tot l'any. Un equip amb aquestes prestacions podria arribar a cobrir el 60% de tot el consum energètic per a ús tèrmic d'un edifici (habitatge, hotel, hospital, etc.).

Pel que fa a les puntes de consum, l'equip solar es dimensiona sempre tenint en compte unes necessitats energètiques mitjanes, de manera que es cobreixen els dèficits puntuals amb una aportació superior del sistema convencional de suport.

Com que els captadors solars plans -la tecnologia que es fa servir a la majoria d'instal·lacions solars per a calefacció- treballen a temperatures baixes, és important que el disseny del sistema d'emissors de calor de l'edifici estigui pensat per a transmetre l'escalfor a aquest rang de temperatura. En aquests casos els sistemes més emprats són:

- Terra radiant. Principalment emprat en obra nova i en rehabilitacions integrals on calgui substituir o modificar els paviments.
- Radiadors sobre dimensionats. Molt adients per a espais de serveis amb passadissos amplis, escales, etc.
- Convectors forçats fan-coil. Ideals per a espais d'ús intermitent, com ara les oficines.

D'altra banda, a fi de millorar l'aportació solar a l'edifici cal tenir en compte alguns criteris:

- Disseny arquitectònic de l'edifici adaptat a la zona geogràfica. Això implica tenir en compte els aspectes següents: la ubicació, l'entorn, la forma de l'edifici, la pell i el detall de les superfícies, la caracterització de l'interior, etc.
- Aïllament de l'exterior i sistema de ventilació.

Si un projecte preveu aprofitar al màxim els recursos climàtics de la zona i utilitza un sistema solar de baixa temperatura com a sistema de suport auxiliar a la calefacció, la utilització de captadors solars pot cobrir una part molt important del consum energètic: entre el 25% i el 40% de la demanda global.

5.1.4. Normes i referències

Normatives de les instal·lacions de subministrament d'aigua.

- *Código Técnico de la Edificación* (HS), apartat "Salubridad", secció "Suministro de agua".
- *Normas Tecnológicas de la Edificación* NTE-IFC (per a aigua calenta).

Normatives per a les instal·lacions de producció i subministrament d'aigua calenta i calefacció.

- *Reglamento de Instalaciones Térmicas* RITE.
- Decret de la Generalitat de Catalunya 352/2004, de 27 de juliol, pel qual s'estableixen les condicions higièniques sanitàries per a prevenir i controlar la legionel·losi.
- Normas Básicas de Instalaciones de Gas, Instalaciones petrolíferas, etc.
- REBT *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.*

Normatives per a les instal·lacions d'energia solar Tèrmica.

- *Código Técnico de la Edificación (*HE*),* apartat "Ahorro de Energia", en que s'estableix la contribució mínima d'energia solar tèrmica en la producció d'ACS en edificis nous i les bases reglamentàries per a instal·lar sistemes solars tèrmics en edificis.

- Decret d'ecoeficiència de la Generalitat de Catalunya, pel qual s'estableixen les condicions i obligatorietats per la sostenibilitat i respecte pel medi, en la construcció de nous edificis a Catalunya.

Complementàriament, és necessari conèixer i aplicar l'ordenança solar o normatives urbanístiques específiques del municipi on s'executi la instal·lació. En el cas que afecta aquest projecte, en la localitat de Tortosa no existeix cap normativa, ni hi ha cap ordenança que sigui d'aplicació en el camp de la instal·lació solar Tèrmica.

5.2. Estudi de la demanda d'energia solar tèrmica

En aquest apartat ens centrarem en el càlcul de la demanda energètica total de l'edifici, tant la demanda de calefacció com per l'Aigua Calenta Sanitària, per tal de fer el posterior dimensionat dels elements a instal·lar.

5.2.1. *Demanda energètica d'ACS*

Segons el decret 21/2006, del 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis, per calcular la demanda energètica d'ACS d'un edifici, primer s'ha de saber la tipologia de d'aquest per poder saber el consum diari de litres d'ACS.

L'edifici objecte està destinat a habitatges i locals comercials. Per aquest motiu, s'ha de calcular el consum de litres d'Aigua Calenta Sanitària complint amb el que s'indica en la taula següent:

Criteris de demanda	litres ACS/dia a 60°C
Habitatges	28 litres/persona
Hospitals, clíniques	55 litres/persona
Ambulatoris i centres de salut	40 litres/persona
Hotels de 5 estrelles	70 litres/persona
Hotels de 4 estrelles	55 litres/persona
Hotels de 3 estrelles	40 litres/persona
Hotels de 1 i 2 estrelles	35 litres/persona
Pensions/hostals	28 litres/persona
Residències (gent gran, estudiants)	40 litres/persona
Albergs	25 litres/persona
Centres escolars amb dutxes	20 litres/persona
Centres escolars sense dutxes	4 litres/persona
Centres de l'Administració pública, bancs i oficines	2 litres/persona
Vestuaris/dutxes col·lectives (piscines, poliesportius, gimnasos)	20 litres/persona

Taula 42: Taula de demanda de referència d'aigua calenta sanitària a 60ºC

En la taula anterior s'indica el consum de litres d'ACS per dia depenen de la tipologia d'aquest, per tant ja que es un edifici destinat a habitatges, hem de tenir en compte que hi haurà un consum de 28 litres per persona i dia.

Un cop fet això, cal saber quantes persones hi ha en l'edifici. En la taula següent (taula 43) trobem la quantitat de persones que hi haurà per cada habitatge.

Nombre d'habitacions	Un únic espai	1 H	2 H	3 H	4 H	5 H	6 H	7 H	igual o més de 8 H
Nombre de persones	1,5	2	3	4	6	7	8	9	1,3 x n

Taula 43: Nombre de persones per habitatge

Finalment hem de preveure que en el local comercial també hi haurà un consum d'ACs, per tant s'ha de tenir en compte aquest consum equivalent. Per a això utilitzem l'expressió següent, la qual calcula el consum equivalent relacionant la superfície del local amb una estimació de les necessitats energètiques d'aquest. Aquesta expressió és la següent:

$$\text{Consum equivalent d'ACS} = \frac{S_{Local} \times 0{,}25 \cdot 10^6}{C_P \times (60 - T_{af})}$$

Un cop calculat el consum en litres d'aigua calenta sanitària de l'edifici, es troba la demanda energètica d'ACS. Aquesta varia cada més depenent de les temperatures de l'aigua de la xarxa de distribució de cada més. Aquests càlculs es troben en l'apartat 6.2 Càlculs de la instal·lació d'Energia Solar Tèrmica.

5.2.1.1. Resultats del càlculs de la demanda energètica d'ACS

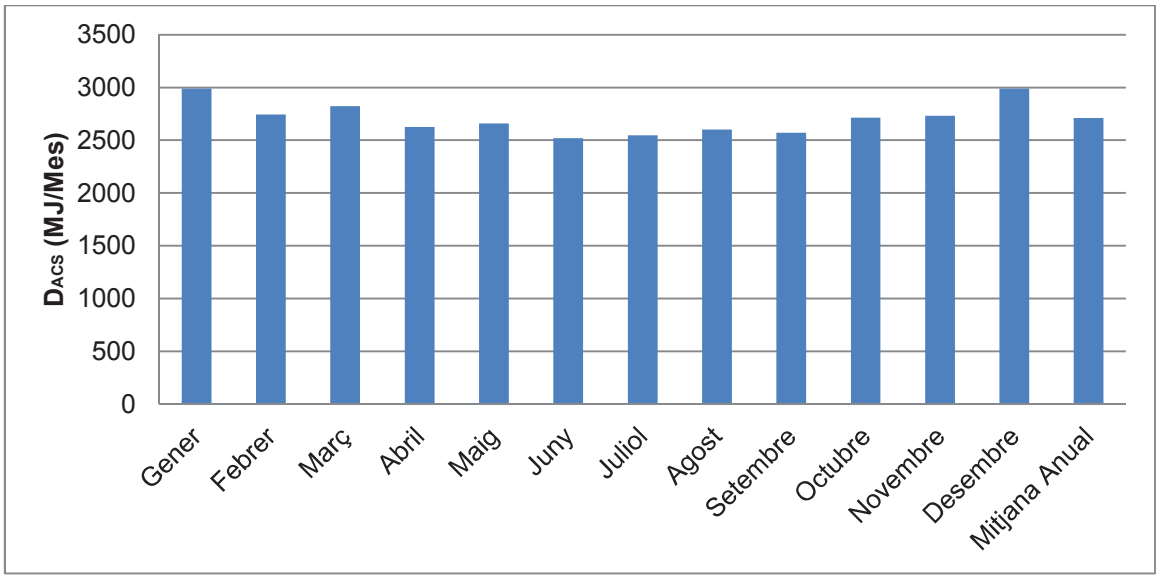
La següent taula mostra els resultats obtinguts en el punt "6.2.1.1. Càlculs demanda energètica d'ACS".

Mes	nº dies del mes	Tref (60ºC)	Taf (ºC)	QACS(Tref) diari (L)	QACS(Tref) mensual (L)	DACS mensual (MJ/mes)
Gener	31	60	6	427,30	13246,30	2989,95
Febrer	29	60	7	427,30	12391,70	2745,26
Març	31	60	9	427,30	13246,30	2823,85

Abril	30	60	11	427,30	12819,00	2625,59
Maig	31	60	12	427,30	13246,30	2657,74
Juny	30	60	13	427,30	12819,00	2518,42
Juliol	31	60	14	427,30	13246,30	2547,00
Agost	31	60	13	427,30	13246,30	2602,37
Setembre	30	60	12	427,30	12819,00	2572,00
Octubre	31	60	11	427,30	13246,30	2713,11
Novembre	30	60	9	427,30	12819,00	2732,75
Desembre	31	60	6	427,30	13246,30	2989,95
Mitjana		60	10		13032,65	2709,83

Taula 44: Demanda energètica mensual d'ACS

En la gràfica 2 s'ha representat la demanda energètica en MJ/mes en funció del mes, així com la mitja anual.



Gràfica 2: Demanda energètica d'ACS mensual en MJ

La demanda energètica anual per a la producció d'ACS és el resultat de sumar totes les demandes mensuals. La demanda anual de l'edifici objecte per la producció de ACS, és de 32.518 MJ/any.

5.2.2. Demanda energètica de calefacció

Per a calcular la demanda energètica de calefacció, s'ha de tenir en compte que aquests càlculs únicament afecten als habitatges, ja que són aquests els que disposen de sistemes de calefacció que afectin al sistema solar tèrmic. El local comercial no disposa d'instal·lació de calefacció. En el cas que aquesta fos necessària, s'ha deixat prevista una pre-instal·lació d'aire condicionat amb bomba de calor.

5.2.2.1. Carregues degudes a la transmissió de calor dels tancaments

Per calcular la demanda energètica de calefacció, hem de considerar les pèrdues energètiques de les vivendes causades pel criteri de construcció de l'edifici i els materials emprats en aquest. Aquest mètode es basa en el coneixement de la carga tèrmica de transmissió que representa les pèrdues de calor degut a la diferència de temperatures entre l'interior i l'exterior dels diferents tancaments de l'edifici.

Aquesta pèrdua energètica es calcula mitjançant l'expressió següent:

$$Q_{transm} = U \times A \times \Delta T$$

On:

Q_{transm} = Carga per transmissió (W)
U = Coeficient global de transmissió de calor del tancament (W/m²K)
A = Superfície del tancament (m²)
ΔT = Salt tèrmic entre l'interior i l'exterior (ºC)

En l'apartat "6.2.1.2.1 Càrregues degudes a la transmissió de calor dels tancaments" es mostren els càlculs de les càrregues tèrmiques per transmissió de calor dels tancaments per a una temperatura exterior de 5,2 ºC.

5.2.2.2. Càrregues degudes a la renovació de l'aire

Per mantenir la qualitat de l'aire en l'interior de les vivendes, és necessari la renovació de l'aire ambiental d'aquestes. En les vivendes, això succeeix de forma natural quant l' inquilí o propietari de cadascuna d'aquestes obre alguna finestra o porta per a que es ventili l'habitatge.

El caudal d'aire introduït en la vivenda és el mateix que el caudal d'aire extret, i per a cadascuna de les estàncies de la vivenda el DTE en l'apartat HS-3 ens indica els caudals d'aire de ventilació mínims que s'han

de produir, per poder mantenir una bona qualitat de l'aire en l'interior de l'habitatge. Aquests caudals són els que s'indiquen en la taula següent:

Estància	Renovacions (renov/h)
Cuina	1
Sala d'estar i menjador	0,75
Dormitori	0,75
Banys	2
Altres zones	0,75

Taula 45: Renovacions mínimes segons CTE.

En l'apartat "6.2.1.2.2 Càrregues degudes a la renovació de l'aire" es mostren els càlculs de les càrregues tèrmiques per renovació de l'aire per a una temperatura exterior de 5,2 ºC.

5.2.2.3. Càrregues degudes a infiltracions de disseny

Les càrregues degudes a infiltracions de disseny es poden considerar nul·les ja que es considera que els habitatges es troben a sobrepressió respecte l'exterior, per tant les infiltracions de l'aire exterior són menyspreables.

5.2.2.4. Càrregues tèrmiques totals de calefacció

La càrrega tèrmica total de l'edifici objecte, es la resultant de la suma de les càrregues degudes a la transmissió de calor dels tancaments, les càrregues degudes a la renovació de l'aire i les càrregues per infiltracions de disseny.

Per tant, la càrrega tèrmica total de calefacció de l'edifici és la suma de les càrregues degudes a la transmissió de calor dels tancaments i a les degudes a la renovació de l'aire, ja que considerem nul·les les càrregues per infiltracions de disseny.

La següent taula ens mostra el resultat del càlcul fet en l'apartat "6.2.1.2.4 Càrregues tèrmiques totals de calefacció". Aquestes són les càrregues tèrmiques totals de calefacció de l'edifici en funció del més de l'any. S'obté la càrrega tèrmica per a cada més en funció de la temperatura mitja de cadascun.

Més	Qtrans (W)	Qv (W)	Q Total (W)
Gener	2403,28	1999,10	4402,37
Febrer	2311,72	2056,65	4368,38
Març	1716,63	1747,64	3464,27
Abril	938,42	1795,69	2734,11
Maig	320,44	1716,33	2036,76
Juny	0,00	0,00	0,00
Juliol	0,00	0,00	0,00
Agost	0,00	0,00	0,00
Setembre	0,00	0,00	0,00
Octubre	228,88	2364,52	2593,40
Novembre	1533,52	1788,04	3321,56
Desembre	2357,50	2088,36	4445,86

Taula 46: Càrregues totals de calefacció de l'edifici en funció del mes de l'any

Com s'observa a la taula, la major demanda energètica de calefacció es en els mesos de gener i desembre, minorant ràpidament fins a ser nul·la els mesos d'estiu.

5.2.3. Càrregues tèrmiques totals de l'edifici

En aquest apartat es mostra la demanda mensual total d'energia, es a dir, la suma de les necessitats energètiques d'ACS i calefacció prèviament calculades.

Més	Q Total calefacció (W)	Q Total ACS (W)	Q Totals ACS + Calefacció
Gener	4402,37	1116,32	5518,70
Febrer	4368,38	1134,78	5503,16

Març	3464,27	1054,30	4518,57
Abril	2734,11	1012,96	3747,07
Maig	2036,76	992,29	3029,05
Juny	0,00	971,61	971,61
Juliol	0,00	950,94	950,94
Agost	0,00	971,61	971,61
Setembre	0,00	992,29	992,29
Octubre	2593,40	1012,96	3606,36
Novembre	3321,56	1054,30	4375,86
Desembre	4445,86	1116,32	5562,18

Taula 47: Càrregues totals de l'edifici

5.3. Dimensionat de la instal·lació solar tèrmica

Un cop coneixem la demanda energètica de l'edifici, podem procedir a fer el disseny i el dimensionat de la instal·lació solar Tèrmica.

Els càlculs relacionats amb el disseny i dimensionat de la instal·lació solar tèrmica es troben en l'apartat "6.2.2 Càlculs del disseny i dimensionat de la instal·lació solar tèrmica ".. En cadascun dels apartats de la instal·lació solar tèrmica hi ha un punt on es mostren els resultats d'aquest apartat.

5.3.1. Sistema de captació solar *tèrmica*

El sistema de captació estarà format per un conjunt de captadors solars tèrmics connectats en paral·lel entre ells. Aquests són els encarregats de rebre l'energia del sol en forma de calor i traspassar-la al circuit primari.

5.3.1.1. Captador seleccionat

Un cop comprovades les especificacions, s'ha seleccionat el captador model Maxol 2.51 TW de la casa SumSol. Les característiques tècniques d'aquest captador es mostren en la taula següent:

Marca	SumSol
Model	Maxol 2.51 TW
Superfície total	2,42 m2
Superfície de captació	2,23 m2
Dimensions totals	1.988 x 1.218 x 91
Pressió màxima de treball	10 bars
Capacitat de fluid	1,27 l
Rendiment en l'origen	72,5%
Coeficient de pèrdua K1	3,461
Coeficient de pèrdua K2	0,011
Caudal nominal	50 l/m2
Captadors en línea	Màxim 7
Connexions	Tub de coure Ø 18 mm
Temperatura d'estancament	203 ºC
Pes	44 kg

Taula48: Característiques tècniques del captador.

Imatge 10: Captador SumSol Maxol 2.51 TW

5.3.1.2. Dimensionat de la superfície de captació

En l'apartat "6.2.2.2 Predimensionat del sistema de captació i volum d'acumulació", es mostren els càlculs realitzats per a determinar la superfície de captació necessària per poder abastir la demanda energètica de aigua calenta sanitària i calefacció de l'edifici. Aquests càlculs s'han fet utilitzant el mètode F-Chart.

A l'hora de dimensionar la superfície de captació, hem de tenir cura de protegir la instal·lació de sobreescalfaments. En l'apartat 2.2.2 del CTE DB HE-04, s'indiquen les condicions i mesures per a garantir un correcte funcionament de l' instal·lació. Aquestes mesures també ens ajudaran a millorar la vida útil de la instal·lació.

Les condicions i mesures que s'indiquen en el CTE DB HE-04 són les següents:

1) El dimensionat de la instal·lació es realitzarà tenint en compte que en ningun mes de l'any la energia produïda podrà superar el 110% de la demanda energètica, i en no més de tres mesos el 100%.
2) En cas que en algun mes de l'any la contribució solar pugues superar el 100% de la demanda energètica, s'adoptaran alguna de les següents mesures:
   a. Dotar a l instal·lació de la possibilitat de dissipar aquests excedents.
   b. Tapar parcialment la superfície de captació.
   c. Buidat parcial de la superfície de captació. Això permet evitar el sobreescalfament, però no es aconsellable ja que s'haurà de reposar aquest fluid en les èpoques en que no hi hagi excedent d'energia.
   d. Desviar els excedents energètics a altres aplicacions existents.
   e. Sistemes de buidat i emplenat automàtic de la superfície de captació.
      i. Si existeix la possibilitat d'evaporació del fluid de transferència de calor baix condicions d'estancament, el dimensionat del vas d'expansió ha de ser capaç de albergar el volum del medi de transferència de connexió de captadors més un 10 %.
      ii. Les instal·lacions han d'incorporar un sistema de emplenat manual o automàtic que permeti emplenar el circuit i mantenir-lo pressuritzat.

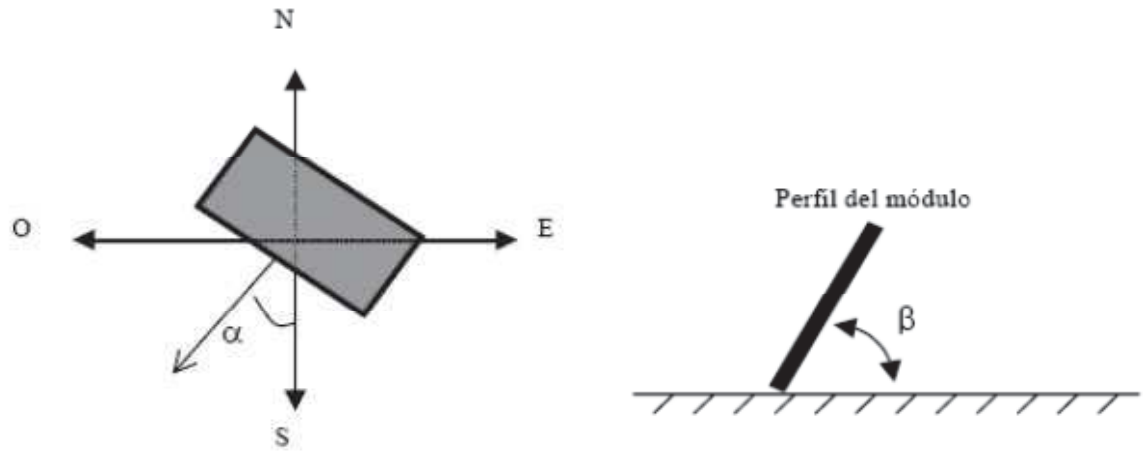
En el cas que ocupa aquest projecte, s'ha dimensionat la superfície de captació amb una bateria de 5 captadors connectats en paral·lel, formant una superfície útil de captació de 11,15 m2.

5.3.1.3. Inclinació, orientació i separació dels captadors

Per poder determinar la orientació i la inclinació dels captadors, primer s'ha de conèixer que representa cadascun d'aquests valors, i com influeixen en el rendiment del sistema.

- **Angle d'inclinació:** Es representa amb la lletra **β**, i es defineix com l'angle que forma la superfície dels mòduls o superfície de captació amb el pla horitzontal. El seu valor és 0 per a mòduls horitzontals, i 90 per a mòduls verticals.

- **Angle de azimut :** Es representa amb la lletra **α**, i es defineix com l'angle entre la projecció sobre el pla horitzontal de la normal a la superfície del mòdul i el meridià del lloc. Els valors típics són 0º per a mòduls orientats al sud, -90º per a mòduls orientats al est, i +90º per a mòduls orientats al oest.



Imatge 11: Principals angles dels captadors

Segons quins valors de α i β tinguem, es poden produir pèrdues. Aquestes pèrdues s'expressen com a percentatge de la radiació solar que incidiria sobre la superfície de captació orientada al sud, amb la inclinació optima i sense ombres.

Les pèrdues màximes admissibles extretes del CTE DB HE-04 són les que s'indiquen a la següent taula:

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición de captadores	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica de captadores	40 %	20 %	50 %

Taula 49: Pèrdues límit

Com es pot veure en la taula 54, les pèrdues màximes admissibles per orientació e inclinació són del 10 %, ja que es tracta d'un cas general.

Tenint en compte que la orientació òptima de la superfície de captació és el sud, i que tenim la possibilitat d'orientar la nostra superfície de captació cap a qualsevol direcció, elegirem en el nostre cas la orientació sud, es a dir, α = 0º.

A continuació, s'elegirà una inclinació òptima. Depenen del període d'utilització es prendran els següents valors:

a. Demanda constant anual: la latitud geogràfica.
b. Demanda preferent en hivern: la latitud geogràfica + 10º.
c. Demanda preferent en estiu: la latitud geogràfica – 10º.

La latitud de la població de Tortosa, on esta situada la instal·lació solar tèrmica, és de 40,8º. Per tant, la inclinació de la superfície de captació serà de 50º, ja que és durant els mesos d'hivern quan hi ha més demanda energètica.

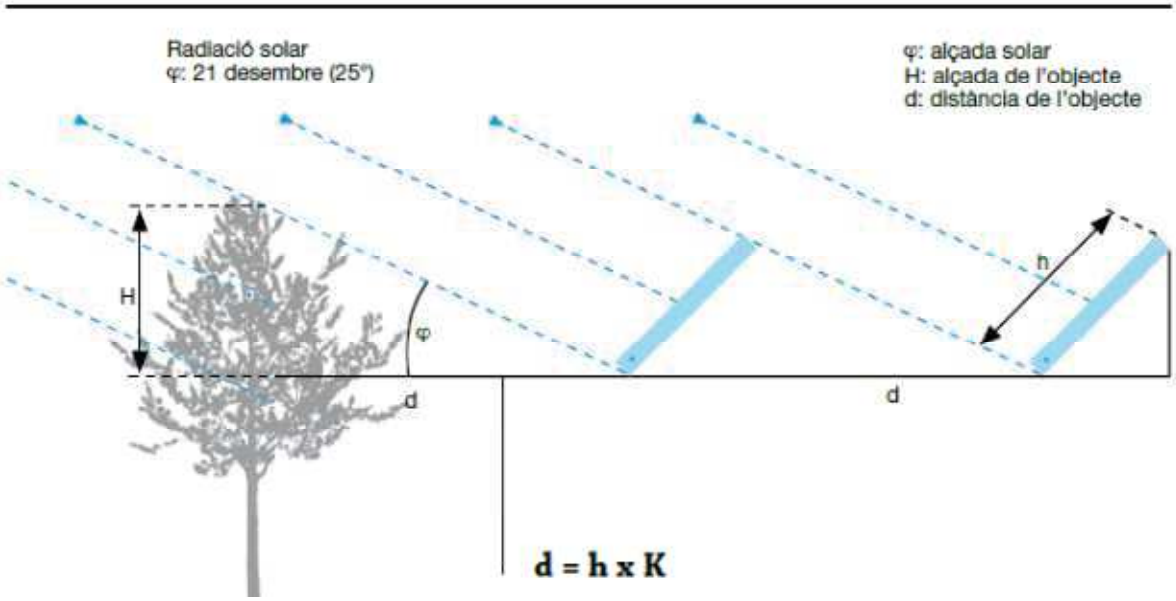
Per tant la superfície de captació de la instal·lació ha de tenir la següent inclinació i orientació:

- **Inclinació β: 50º**
- **Orientació α: 0º**

No existeixen elements externs a l' instal·lació que puguin provocar ombres sobre els captadors. Solament hem de tenir en compte la distància entre les fileres de captadors, ja que són els captadors els únics elements que poden produir ombres a altres captadors. No obstant, com es mostra en apartats posteriors únicament tenim una filera de captadors, per tant el càlcul de la distància mínima entre captadors no es un factor que faci falta.

Tot i aquet fet, duem a terme el càlcul de la distància entre captadors amb un fi únicament demostratiu.

L'operació d'establir la distància entre les bases dels captadors queda reduïda a la simple multiplicació de la longitud del captador (h) pel coeficient (K) que correspongui en funció de la inclinació de captadors utilitzada.



Imatge 12: Distància mínima entre fileres de captadors col·locats horitzontalment

$$d = K \times h$$

On:

- d : és la distància entre la part posterior d'una filera i la part davantera de la següent.
- K : és un factor adimensional que té una relació directa amb la inclinació dels captadors.
- h : és la longitud del captador.

Inclinació	20º	25º	30º	35º	40º	45º	50º	55º
Coeficient K	1,88	2,06	2,24	2,39	2,53	2,64	2,74	2,82

Taula 50: Coeficient K per a distància entre captadors

La distància mínima entre files de captadors en el cas que ocupa aquesta instal·lació serà:

- **d = 5448 mm**

5.3.1.4. Connexions entre captadors.

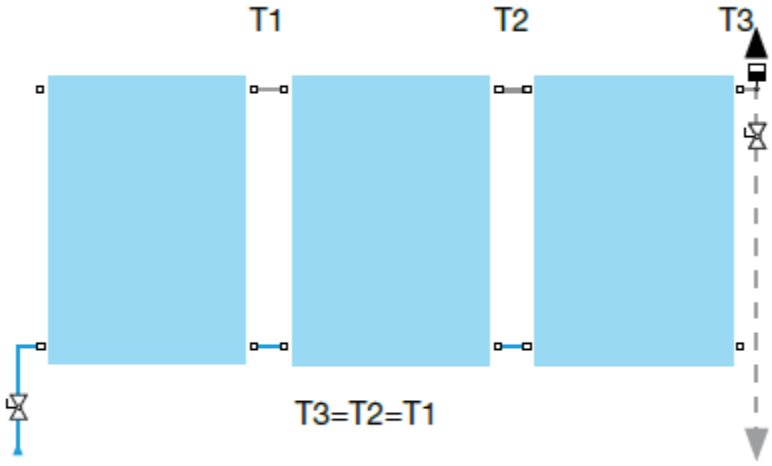
El sistema de captació s'ha dissenyat amb un únic conjunt, es a dir que el sistema de captació estarà constituït per una filera de cinc captadors connectats entre ells en paral·lel.

En la connexió en paral·lel, tant la sortida com l'entrada dels captadors estan connectades a punts d'entrada i sortida comuns a la resta de captadors.

Amb aquesta configuració, la temperatura del fluid d'entrada és la mateixa a tots els captadors i passa el mateix amb les temperatures de sortida, de manera que a la sortida de la bateria o al grup de captadors obtenim la temperatura com si treballéssim amb el salt tèrmic d'un sol captador.

Per tant, tots els captadors treballen en el mateix punt de la corba de rendiment. Aquesta connexió és la més habitual a les instal·lacions solars tèrmiques de baixa temperatura.

Hidràulicament, aquesta configuració ens presenta un cabal total del grup, que equival a la suma dels cabals parcials de cada captador, mentre que la pèrdua de càrrega del grup, serà l'equivalent a la d'un sol captador.



Imatge 13: Connexió en paral·lel dels captadors

El camp de captadors solars tèrmics són, per definició, un circuit hidràulic que transmet l'escalfor rebuda del Sol al fluid termòfor. Un aspecte important a les instal·lacions són els sistemes de connexió entre els diversos captadors, el camp solar i les canonades que transporten i distribueixen el fluid termòfor fins al punt de consum o d'intercanvi de calor.

Les connexions entre captadors depenen en gran mesura del fabricant, ja que en el mercat hi ha una gran varietat d'acabats i de terminals de connexió entre captadors.

Per complir la normativa actual (RITE i CTE), cada bancada o bateria de captadors ha d'incorporar els elements hidràulics següents:

- Vàlvules de tall a l'entrada i la sortida de cada bateria que permeti aïllar la bateria de la resta de la instal·lació.
- Vàlvula de seguretat per bateria de captadors ja que, com en qualsevol màquina que genera calor, s'ha de protegir de sobrepressions degudes al sobreescalfament.
- Aïllament tèrmic de les canonades; cal protegir l'aïllament exposat a la intempèrie amb algun tipus de revestiment o pintura asfàltica.
- Purgador d'aire automàtic o manual, a la sortida de cada bateria de captadors. Cada purgador disposarà d'un vas des airejador de com a mínim 100 cm3.

En la selecció d'aquests elements, caldrà considerar que els captadors solars poden passar, en qüestió de pocs minuts, de treballar a temperatures properes a l'ambient fins a temperatures d'estancament o d'equilibri, per exemple, en el cas d'aturada de la bomba per avaria o per disseny del sistema en arribar a temperatures elevades a l'acumulador.

5.3.1.5. Ubicació i ancoratge dels captadors

El sistema de captació es situa en la coberta de l'edifici. La situació i orientació d'aquests es detalla en el plànol nº 20 de l'annex B plànols, on hi ha un plànol en planta de la distribució de la coberta.

La coberta és una coberta plana no transitable, el Ministeri d'Obres Públiques, en el document (NBE AE88, "Acciones en la edificación") detalla els valors mínims determinats per llei en noves edificacions que podrem fer servir únicament en construccions executades a partir de la dècada dels noranta, aplicable en aquest cas, ja que l'edifici objecte d'aquest projecte ha estat rehabilitat completament, incloent-hi forjats, estructura i coberta. En la següent taula podem veure els valors mínims de càrrega estructural del diferents tipus de coberta.

Tipus	Kg/m²
Coberta inclinada amb forjat de fusta	100 Kg/m²
Coberta inclinada amb forjat de formigó	100 – 200 Kg/m²
Coberta plana no transitable	100 - 300 Kg/m²
Coberta plana transitable	500 Kg/m²

Taula 51: Valors mínims de càrrega estructural.

Per tant, per al cas que ens ocupa, tenim una resistència estructural de entre 100 i 300 Kg/m2. El pes total del conjunt de captació és de 220 Kg, repartit per una superfície de 12,1 m2, el que suposa aproximadament una càrrega de 18,18 Kg/m2.

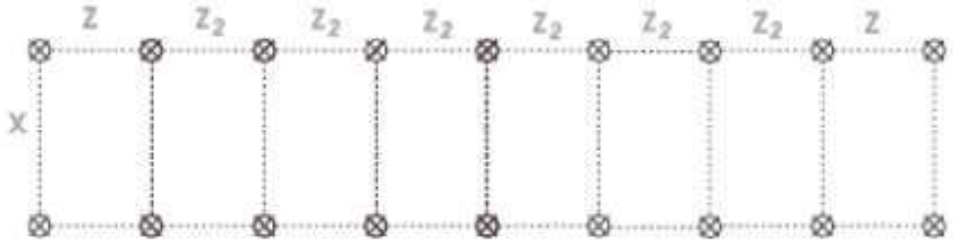
L'estructura de suport serà l'element mecànic que han de suportar els captadors i complir, com a mínim, els requisits següents:

Característica	Descripció
Resistència mecànica	L'estructura de suport ha de ser capaç de suportar esforços mecànics de com a mínim 2000 N
Robustesa	Les estructures de suport han d'estar fabricades amb materials resistents a la intempèrie i que no els calgui manteniment
Caragolam i accessoris robusts	Els elements de caragolam i accessoris han de ser resistents a esforços mecànics superiors a 2500 N, inoxidables i han d'estar complementats amb volanderes sintètiques que evitin possibles deterioraments per defectes galvànics entre metalls
Rapidesa de muntatge	El muntatge d'una estructura ha de ser fàcil i àgil
Adaptable	Les estructures han de permetre diverses possibilitats de subjecció
Cost reduït	L'estructura de suport ha de tenir un cost adequat per captador

Taula 52: Requisits mínims que han de complir les estructures de suport.

La majoria dels fabricants disposen de suports adequats per als seus captadors i que es poden adaptar a diverses cobertes. La casa SumSol, disposa d'estructures de suport per a bateries de captadors de fins a 10 captadors, amb inclinació 50º, per tant escollirem aquesta estructura de suport.

La figura següent ens mostra les dimensions de l'estructura de suport escollida:



Imatge 14: Diagrama d'ancoratges per a bateries de 2 o més captadors (fins a 10).

Sent per a una inclinació de 50º:

X= 1.330 mm
Z= 1.180 mm
Z2= 1.313 mm

Es poden utilitzar molts materials per a les estructures de suport, entre els quals hi ha l'acer inoxidable, l'alumini, el ferro galvanitzat -amb una capa protectora de com a mínim 80 microns-, la fusta tractada, etc. Però els cargols hauran de ser d'acer inoxidable, complint la norma MV-106. En cas que l'estructura sigui galvanitzada, s'admetran cargols galvanitzats, exceptuant la subjecció dels mòduls a l'estructura, que seran d'acer inoxidable.

En el sistema d'unió de les estructures cal tenir en compte el problema dels parells galvànics que sorgeix quan dos metalls de diferent potencial elèctric es posen en contacte; se soluciona usant aïllants (volanderes de materials no metàl·lics) que evitin el contacte físic entre el marc del captador i l'estructura de suport.

El sistema d'ancoratge pot ser una de les parts més delicades a l'hora d'executar una instal·lació; d'una banda, han de ser força robusts per a poder suportar la força del vent, essencialment el del nord i, d'altra banda, cal instal·lar-los de manera molt acurada, atès el risc de produir desperfectes en una part sensible de l'edificació, la coberta.

Per això no són recomanables els sistemes d'ancoratge en què sigui necessari perforar la coberta. De tota manera, en cas que no es pugui evitar fer servir aquests sistemes, caldrà omplir els forats amb silicona, espuma de poliuretà, pintura impermeabilitzant o similar i, un cop ancorada l'estructura, s'haurà de segellar i impermeabilitzar cadascun dels ancoratges. Tot i així, es corre el risc d'humitats a la coberta, degut, o no, al muntatge dels captadors solars.

L'opció més segura es basa en la utilització de peces de formigó prefabricat per a l'ancoratge; aquestes peces donen estabilitat a l'estructura, simplement pel pes que tenen i això farà que no calgui perforar la coberta. En la figura següent es pot veure els diferents tipus de sistemes d'ancoratge.

Imatge 15: Diferents sistemes d'ancoratge.

El tipus d'ancoratge per a un suport de captadors dependrà del format de la base que disposem, en una coberta, un terrat, una façana o sobre un tub. També dependrà de les forces que hi actuïn com a conseqüència de la pressió del vent a què es trobi sotmès.

Per tal d'avaluar la força que pot actuar sobre cadascun dels captadors, fem servir la taula següent que fa referència a la força exercida per un vent de 190 km/h (màxim estipulat a Catalunya) sobre 1 m2 en funció de la inclinació que tinguin.

Per a conèixer l'esforç mecànic màxim a què pot estar sotmesa una estructura en funció de la velocitat del vent, haurem de multiplicar la superfície del captador pel valor que s'indica a la taula següent, en funció de la inclinació de captadors seleccionada.

Inclinació	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°
Força del vent (N/m²)	193	294	413	542	681	829	969	1108
Contrapès necessari (kg/m²)	20	30	42	55	69	84	98	113
* amb una velocitat del vent de 190 km/h equivalent a una força de 1.653 N/m²								

Taula 53: Referència a esforços causats per la velocitat del vent.

Per tant, en el cas que ocupa aquest projecte, amb una superfície de captació de 12,1 m2 i una inclinació de 50º, hem de tenir un contrapès de 1.186 Kg repartit entre tots els suports del camp de captació.

Ja que la ciutat de Tortosa està sotmesa a forts vents, s'ha decidit utilitzar 6 contrapesos de formigó per al sistema d'ancoratge, cadascun d'ells amb un pes mínim de 198 Kg.

Els criteris i normes que s'han de complir en el disseny i muntatge de les estructures de suport són els següents:

- Les estructures de suport han de ser capaces de resistir, com a mínim, 25 anys d'exposició a la intempèrie sense corrosió o fatiga apreciables.
- L'estructura de suport s'haurà de calcular per a suportar càrregues extremes degudes a factors climatològics adversos, com el vent, la neu, etc. D'acord amb el CTE, Apartat SE - AE "Seguridad estructural" - "Acciones en la edificación".
- El disseny i la construcció de l'estructura i del sistema de fixació dels captadors permetrà les dilatacions tèrmiques necessàries, sense transmetre càrregues que afectin la integritat dels captadors o la coberta, seguint les indicacions del fabricant.
- L'estructura i els marcs metàl·lics dels captadors es connectaran a una presa de terra, ajustant-se al Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (MI.BT 039).

5.3.2. Sistema *d'acumulació*

L'acumulador és l'element de la instal·lació on s'emmagatzema l'energia solar tèrmica produïda al llarg de tot el dia en forma d'augment de la temperatura d'un fluid, bàsicament aigua.

Aquest element es dimensionarà, sobretot, en funció de la demanda estimada d'aigua calenta diària i no tant per la potència instantània del generador solar (captadors solars), ja que la demanda d'aigua calenta i la producció solar no coincidiran en el temps.

Per tal de minimitzar les pèrdues tèrmiques en l'acumulació, l'acumulador solar estarà constituït, preferentment, per un sol dipòsit, que serà de configuració vertical i estarà ubicat en zones interiors.

El volum d'acumulació es podrà fraccionar en dos o més dipòsits, que es connectaran, preferentment, en sèrie invertida al circuit de consum o en paral·lel amb els circuits primaris i secundaris equilibrats.

Un acumulador solar tèrmic, majoritàriament, és un dipòsit fabricat en acer al carboni o acer inoxidable i dotat d'una sèrie de boques de connexió. La superfície exterior ha d'estar coberta d'un aïllament tèrmic per a evitar les pèrdues de la calor cap a l'exterior.

A més, aquest, serà un dels elements sensibles de la instal·lació i, alhora, determinarà en gran mesura la vida útil del conjunt. La qualitat de l'aigua i la temperatura de treball seran els factors que en condicionaran la durabilitat.

En aquest sentit, cal remarcar que la millor manera de mantenir un acumulador en bones condicions és incorporant la utilització dels sistemes de protecció catòdica i efectuar el manteniment preventiu per tal de minimitzar els processos corrosius a què es veu sotmès l'acumulador.

Els acumuladors en el mercat són molt diversos: la posició en què van muntats, el material de construcció, així com la incorporació o no d'elements d'intercanvi de calor són els principals paràmetres a considerar a l'hora de seleccionar un acumulador.

L'acumulador en posició vertical és l'opció més recomanable ja que afavoreix l'estratificació de l'aigua, de manera que s'acumula la més calenta a la part superior i la més freda a la part inferior del dipòsit. Això permet donar un subministrament instantani d'aigua a temperatura de servei sense que tot el dipòsit estigui a aquesta temperatura.

L'estratificació vertical també permet l'aportació de calor de suport amb fonts energètiques convencionals a la part alta de l'acumulador sense generar interferència o pèrdua de rendiment greu en l'equip solar. De tota manera, aquesta és una solució explícitament prohibida pel CTE.

Tenint en compte l'ús permanent de la instal·lació, és aconsellable seleccionar un acumulador amb un volum aproximadament igual a la càrrega de consum, ja que majors volums d'acumulació no proporcionen augments significatius en el rendiment, i volums menors provoquen temperatures superiors a la desitjada, sobretot en els mesos d'estiu.

El acumulador ha de estar equipat amb una adequada estratificació per aconseguir un major rendiment del camp de captació, i una millor utilització de l'energia auxiliar.

Amb el fi d'aprofitar al màxim l'energia i evitar la pèrdua de l'estratificació dels acumuladors, les presses o connexions d'aquests hauran d'estar en els següents punts:

- Entrada d'aigua calenta dels intercanviadors: Entre el 50% i 75% de la altura del propi acumulador.
- Sortida de l'aigua cap als intercanviadors: Per la part inferior del propi acumulador.
- Sortida de l'aigua calenta per al consum de cada sistema: Per la part superior del propi acumulador.

Els acumuladors, com a aparells que pertanyen a una instal·lació tèrmica, han de complir la normativa vigent.

Cal esmentar que al tractar-se d'un sistema d'Energia Solar Tèrmica amb acumulació centralitzada i bescanviador de calor en cada habitatge, no cal complir amb les exigències del Decret 352/2004, pel qual s'estableixen els criteris higiènics i sanitaris per a prevenir i controlar la legionel·losi, ja que l'aigua d'aquest sistema no entra en contacte amb l'Aigua Calenta Sanitaria.

Segons la normativa vigent actual, el quocient entre el volum d'acumulació i l'àrea del camp de captadors, ha d'estar entre:

$$50 < V/A < 180$$

On:

V = Volum d'acumulació (l).
A = Àrea de captació (m2)

El volum d'acumulació ha de complir les condicions imposades per el RITE ITE 10.1.3.2 i el CTE HE 04. Aquests indiquen que per a instal·lacions amb consum d'ACS constant al llarg de l'any el volum ha de ser:

$$0{,}8M \leq V \leq M.$$

On:

V = Volum d'acumulació (l).

M = Consum mitjà diari dels mesos d'estiu (l/dia)

En l'apartat càlculs es mostra el dimensionat de l'acumulador i el compliment d'aquestes normes, però s'ha de tenir en compte que aquests càlculs són únicament per al dimensionat del volum d'acumulació per a l'obtenció d'ACS, i no contemplen el dimensionat per a l'obtenció de suport per a calefacció. Per aquest motiu aquests càlculs solament ens mostren una aproximació del dimensionat de la instal·lació.

L'aïllament tèrmic de l'acumulador té per objectiu evitar la pèrdua d'escalfor atesa la diferència de temperatures que hi ha entre l'aigua acumulada, 45-70ºC, i la temperatura ambient de la sala de màquines, que sol ser de 10-12ºC, perquè es tracta d'un espai no climatitzat: les galeries, els patis de veïns, els garatges, les golfes, etc.

Tal com passa amb les canonades, el RITE- IT 1.2.4.2.1.2. marca uns gruixos mínims d'aïllament per als acumuladors i dipòsits de la instal·lació emprant com a estàndard un material amb conductivitat tèrmica λref. = 0,040 W/m.K a 10ºC.

Aquests valors els expressa amb relació al diàmetre exterior d'una canonada de 140 mm segons les taules de referència. Els valors indicats en la norma es mostren a la taula 54. en funció de la ubicació de l'acumulador (interior o exterior).

Ubicació de l'acumulador	Temperatura màxima del fluid		
	40°C.....60°C	>60°.....100°C	>100°C...180°C
Interiors	35	40	50
Exteriors	45	50	60

Taula 54: Gruix d'aïllaments per a dipòsits i aparells

S'ha elegit distribuir el sistema d'acumulació amb un sol dipòsit, per a l'obtenció d'ACS i per al suport de calefacció.

L'acumulador elegit per al sistema és de la marca Heatsun model Max 2000 de 2.000 l de capacitat, i les seves principals característiques són:

Fabricant	Heatsun
Model	Max 2000
Capacitat	**2.000 L**
Aïllament	estàndard amb espuma de poliuretà de 50 mm d'espessor i coeficient de conductivitat tèrmica de 0,038 W/mºK.
Diàmetre boca d'inspecció	diàmetre interior DN400.
Temperatura màx de treball	95ºC
Pressió de disseny / proba	8 bars /12 bars

Taula 55: Característiques de l'acumulador del circuit secundari.

En l'Annex E, es troben les característiques tècniques de l'acumulador.

5.3.3. Circuits hidràulics

Per al bon funcionament d'una instal·lació d'energia solar tèrmica es fonamental dissenyar adequadament la xarxa hidràulica, pel que és necessari que la connexió dels diferents element es realitzi correctament, que el sistema hidràulic estigui equilibrat i que les canonades i demés elements estiguin calculats de manera que es cobreixin les necessitats de la instal·lació.

Els elements principals que formen una instal·lació tèrmica estan units entre sí per una sèrie de conductes amb la finalitat de fer arribar els fluids que transporten i, en conseqüència, la seva energia.

A més dels conductes, hi ha una sèrie d'elements que també tenen la seva importància a l'hora de garantir un correcte funcionament de la instal·lació o per a proporcionar condicions de seguretat adequades. Tots aquests elements formen el que es denomina xarxes hidràuliques.

Els elements integrants de la xarxa hidràulica són principalment:

- Conductes o canonades i els seus corresponents aïllaments.
- Fluid caloportador.
- Bombes de circulació
- Vasos d'expansió.
- Vàlvules diverses.
- Altres elements com: purgadors, termòmetres, etc.

Podem diferenciar dos tipus de circuits hidràulics en una instal·lació d'energia solar tèrmica, aquests són:

- El circuit primari, és l'encarregat de transportar el calor absorbit en el camp de fins el dipòsit acumulador del circuit secundari, aquest anirà des dels captadors solars situats a la coberta fins els acumuladors situats a la sala de màquines de l'edifici. Aquesta està situada a la tercera planta, ja que al ser un edifici situat al casc antic de la ciutat de Tortosa, i per tant tot i que està sotmès a una rehabilitació total, no disposa d'una superfície en planta suficient com per a ubicar aquesta sala en la planta baixa. Tot i això, el forjat on està situada la sala de màquines està calculat i dimensionat per a suportar els pesos dels components del sistema solar, com per exemple l'acumulador.
  Aquest circuit estarà format per dues canonades (anada i tornada del fluid) des de la coberta, connectades a la bateria de captadors, fins a la sala de màquines de l'edifici. Allà es connectaran a un intercanviador de plaques extern, on s'intercanviarà el calor cap a un circuit secundari.
  En el circuit primari, dintre de la sala de màquines hi haurà també un vas d'expansió, una bomba de recirculació, i un conjunt de vàlvules i termòstats encarregats de regular la circulació del fluid caloportador.

- El circuit secundari s'ocupa de rebre el calor del circuit primari i dur-lo fins als punts de consum, que en aquest cas serà fins als bescanviadors de calor de cada habitatge. A partir d'aquests bescanviadors

de calor, es considera distribució interna de les vivendes, es a dir circuit terciari (el circuit terciari no entra dintre de l'estudi d'aquest projecte).
En la instal·lació que ens ocupa tindrem dos circuits secundaris, un circuit secundari d'acumulació, i l'altre de distribució. Els dos sistemes es dissenyaran partint de zero, ja que actualment i degut a la rehabilitació total de l'edifici objecte, no existeix cap instal·lació i per tant no ens hem d'adaptar ni ajustar a cap instal·lació.
Aquests dos sistemes estan constituïts gairebé pels mateixos elements, tret del vas d'expansió que és comú ambdo. Al tractar-se de dos circuits tancats, el dipòsit d'acumulació no ha de complir amb la normativa UNE 100.030 contra la legionel·la.

En els pròxims apartats, s'explica quina ha estat la metodologia de càlcul i raonaments emprats per a dissenyar i escollir els diferents components de les xarxes hidràuliques que conformen la instal·lació.

5.3.3.1. Canonades o conductes

Els conductes o canonades són pròpiament els elements d'unió dels elements integrants de la instal·lació tèrmica. Els materials utilitzats són diferents en funció de les condicions de funcionament, facilitat de muntatge i posterior manteniment. El CTE en el seu apartat HE 4 punt 3.4.5 especifica que per a una instal·lació solar tèrmica es poden utilitzar els següents:

- Circuït primari: coure o acer inoxidable.
- Circuït secundari: coure, acer inoxidable o materials plàstics que suportin la temperatura màxima del circuït que els hi sigui d'aplicació i estigui autoritzada la seva utilització per companyies de subministrament d'aigua potable.

El CTE HE 4 també estableix en el seu punt 3.3.5.2 [2], que el sistema de canonades i els seus materials han de ser tals que no existeixi la possibilitat de formació d'obturacions o dipòsits de calç per a les condicions de treball. També especifica que amb l'objectiu d'evitar pèrdues tèrmiques, la longitud de les canonades haurà de ser tant curta com sigui possible i evitar al màxim colzes i pèrdues de càrrega en general. El trams horitzontals hauran de tenir sempre un pendent mínim del 1% en el sentit de la circulació.

Pel cas concret de l'edifici objecte d'aquest projecte, s'escull el coure tant pel circuït primari com pel secundari, davant de l'acer inoxidable i els materials plàstics. Els conductes de coure són més fàcils de modelar que els d'acer inoxidable a l'hora de realitzar el traçat de la instal·lació. En aquest sentit, els materials plàstics tenen avantatges davant el coure i també són més econòmics, però aquests presenten més sensibilitat als efectes d'excés de temperatura.

A les canonades del circuit primari s'utilitzaran unions roscades, soldades o embridades amb protecció exterior.

Per a establir el diàmetre d'una canonada cal tenir presents les magnituds següents:

- Cabal d'aigua que circula per la canonada.
- Pèrdua de càrrega que s'infringeix.

- Velocitat lineal del fluid.

Aquestes magnituds estan relacionades entre si a partir del diàmetre de la canonada, ja que si augmentem el diàmetre, disminueixen la velocitat i les pèrdues de càrrega. En canvi, si augmentem el cabal, les pèrdues també augmenten.

El diàmetre adequat d'una canonada es calcula amb expressions matemàtiques complexes com les de Darcy, Weisbach o Flamant que utilitzen paràmetres com el coeficient de fricció del material, el tipus de flux (número de Reynolds), la viscositat del fluid, etc.

A la pràctica, l'instal·lador pot obtenir taules o gràfics (àbacs) per a aconseguir el valor de la pèrdua de càrrega d'una canonada de manera directa (es defineix el mètode al capítol de dimensionament d'instal·lacions).

En l'apartat " 6.2.2.5.1 Canonades" es mostren els càlculs i procediments a seguir per al dimensionat de les canonades del circuit primari i secundari.

5.3.3.1.1. Aïllament de les canonades

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) en la seva instrucció complementària IT 1.2.4.2.1 d'aïllament tèrmic de xarxes i canonades, especifica que tots els conductes i accessoris, així com els equips, aparells i dipòsits de les instal·lacions tèrmiques disposaran d'un aïllament tèrmic quan continguin fluids amb:

a. Temperatura menor que la de l'ambient del local per el que discorren.
b. Temperatura major a 40ºC quan estan instal·lats en locals no calefactats, entre els que s'han de considerar passadissos, galeries, aparcaments, sales de màquines, fals sostres i terres tècnics.

Per tant, serà necessari recobrir els tubs de coure d'un material aïllant per a evitar el màxim possibles les pèrdues per convecció que es puguin produir, pel que no es deixaran zones visibles de tubs o accessoris, quedant únicament al descobert els elements que siguin necessaris per al bon funcionament i operació dels components.

A més a més, tant el RITE com el CTE [2] especifiquen que l'aïllament dels trams que es troben a la intempèrie, hauran de portar una protecció externa que asseguri la durabilitat davant les accions climatològiques. Estan admesos els revestiments amb pintures asfàltiques, polièsters reforçats amb fibra de vidre i pintures acríliques.

L'aïllament de les canonades s'extreu de les taules següents:

Diàmetre exterior de la canonada (mm)	Temperatura màxima del fluid		
	De 40ºC.....60ºC	> 60º.....100ºC	> 100ºC...180ºC
D ≤ 35	25	25	30
35 < D ≤ 60	30	30	40
60 < D ≤ 90	30	30	40
90 < D ≤ 140	30	40	50
140 < D	35	40	50

Taula 56: Gruix dels aïllaments per a canonades interiors en funció de la temperatura de treball i del diàmetre de la canonada.

Diàmetre exterior de la canonada (mm)	Temperatura màxima del fluid		
	De 40ºC.....60ºC	> 60º.....100ºC	> 100ºC...180ºC
D ≤ 35	35	35	40
35 < D ≤ 60	40	40	50
60 < D ≤ 90	40	40	50
90 < D ≤140	40	50	60
140 < D	45	50	60

Taula 57: Gruix dels aïllaments per a canonades exteriors en funció de la temperatura de treball i del diàmetre de la canonada.

Per tant, per al cas concret de la instal·lació que ens ocupa, els gruixos d'aïllament seran:

- Canonades del circuit primari: de 30mm per a tubs interiors i 40mm per a tubs exteriors (temperatura màxima amb impulsió de 120ºC).
- Canonades del circuit secundari: de 25mm per a tubs interiors i 35mm per a tubs exteriors (temperatura màxima amb impulsió de 100ºC).

5.3.3.2. Fluid caloportador

El fluid caloportador està constituït pel líquid que circula a través del captador. La seva funció és l'intercanvi d'energia de l'aigua al bescanviador de plaques. Aquest fluid pot ser de diferents tipus, depenent del lloc a on s'instal·li el captador solar (aigua, etilenglicol o propilenglicol).

El CTE estableix en el seu apartat HE 4 3.2.2.1 que el fluid portador es seleccionarà d'acord amb les especificacions del fabricant dels panells solars. Es poden utilitzar com a fluids del circuït primari aigua de la xarxa, aigua desmineralitzada o aigua amb additius, segons les Pàg.8 Annex B – Xarxa hidràulica

característiques climatològiques de la zona a on estigui emplaçada la instal·lació i de la qualitat de l'aigua utilitzada.

També s'ha de tenir en compte la temperatura mínima que pot suportar el sistema. Totes les parts del circuït que estiguin exposades a les condicions climatològiques de la zona, han de poder suportar la temperatura especificada sense que es provoquin danys permanents en aquest. Per aquest motiu, qualsevol component que hagi de ser instal·lat en un recinte on la temperatura pugui disminuir per sota dels 0ºC, haurà d'estar protegit contra les gelades.

La instal·lació haurà d'estar protegida, amb un producte químic no tòxic. El seu calor específic no serà inferior a 3kJ/kg K a 5ºC per sota de la mínima històrica registrada amb la finalitat de no produir danys en el circuït primari dels captadors. Addicionalment, aquest producte químic haurà de mantenir totes les seves propietats físiques i químiques dins de l' interval mínim i màxim de temperatura permesa per tots els components i materials de la instal·lació.

Es considerarà la temperatura mínima històrica de Tortosa la que correspon a la Mínima històrica de Tarragona, tabulada en l'Annex D article Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, tal i com es mostra a la Taula 58

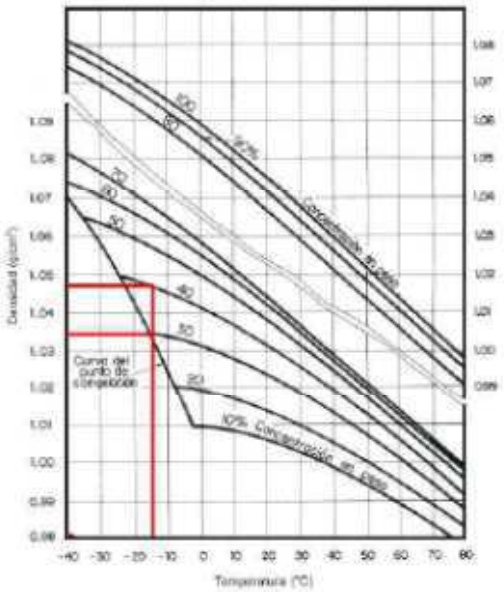
PROVINCIA	ALTITUD (m) (de la capital)	LATITUD (°) (de la capital)	LONGITUD (°) (de la capital)	TEMP. MÍNIMA HISTÓRICA (°C)
41 STA. CRUZ DE TENERIFE	37	28,5	16,2 W	+3
42 SEGOVIA	1002	41,0	4,1 W	-17
43 SEVILLA	30	37,4	6,0 W	-6
44 SORIA	1063	41,8	2,5 W	-16
45 TARRAGONA	60	41,1	1,2 E	-7
46 TERUEL	915	40,4	1,1 W	-14
47 TOLEDO	540	39,9	4,0 W	-9
48 VALENCIA	10	39,5	0,4 W	-8
49 VALLADOLID	694	41,7	4,7 W	-16

Taula 58 : Temperatura mínima històrica capitals de província (Font: IDAE)

Com es pot veure, la temperatura mínima històrica és de -7ºC, per tant, la instal·lació haurà de suportar temperatures d' almenys -12ºC.

El fluid caloportador admissible pel fabricant del model de captador solar escollit (SumSol Maxol -2.51TW) és aigua més propilenglicol. El propilenglicol és un producte no tòxic i per tant, apte per a la seva utilització en energia solar tèrmica.

S'ha de determinar quina proporció d'aquest anticongelant és la idònia per a la instal·lació d'estudi. A la imatge 16 es pot veure que per a temperatures ambients de -15ºC (es recorda que com a mínim a de suportar -12ºC), en principi, són compatibles proporcions del 30-40% de concentració en pes.



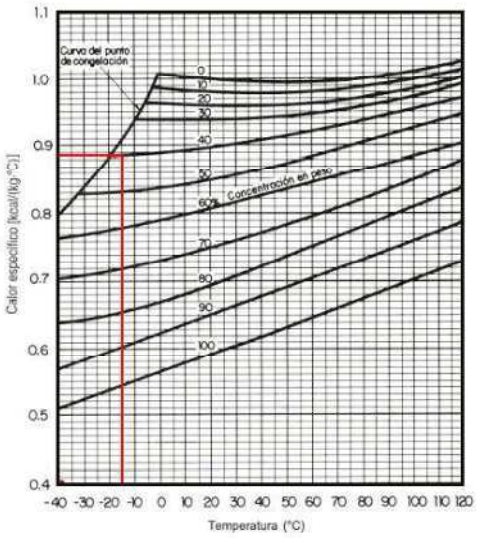
Imatge 16: Àbac de càlcul temperatura – densitat propilenglicol (Font: solarweb)

Per a acabar de determinar quin dels dos percentatges és més òptim, amb l'ajuda de l'àbac de càlcul de la imatge 16, es pot veure que per a una temperatura de -15ºC la concentració en pes del 40% té un calor específic de aproximadament 0,89 kcal/kgºC, mentre que amb una concentració en pes del 30% d'anticongelant ja s'ha superat el punt de congelació.

El calor específic de la barreja aigua-propilenglicol (60/40), és:

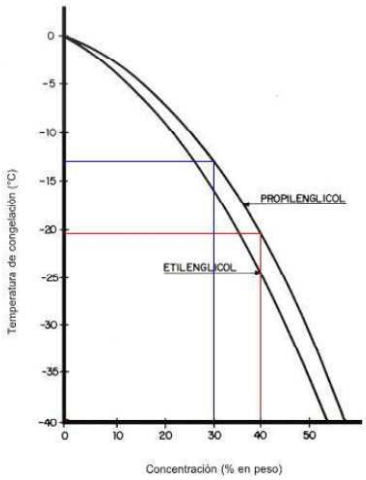
$$0{,}89\frac{kcal}{kg^{\circ}C}\times\frac{1^{\circ}C}{1^{\circ}K}\times\frac{1kJ}{0{,}24kcal}=3{,}7\frac{kJ}{kg^{\circ}K}>3\frac{kJ}{kg^{\circ}K}\ a\ (-15^{\circ}C)$$

Per tant compleix amb el CTE.



Imatge 17. Àbac de càlcul temperatura - calor específic propilenglicol (Font: solarweb)

La imatge 18 mostra la temperatura de congelació del propilenglicol respecte a la seva concentració barrejat amb aigua.



Imatge 18: Gràfica de la concentració – temperatura de congelació del propilenglicol (Font: solarweb)

Tal i com es pot veure en blau, per una concentració del 30% la temperatura de congelació del propilenglicol és d'uns -13ºC, mentre que per a una concentració del 40% (vermell) aquesta temperatura disminueix al voltant dels -20ºC.

Així doncs, la mescla d'anticongelant seleccionada per al circuït primari de l' instal·lació de en l'edifici objecte d'aquest projecte situat a la ciutat de Tortosa, és aigua amb propilenglicol amb una proporció de 60/40.

5.3.3.3. Bombes de circulació

El circulador o bomba de recirculació és l'element de la instal·lació solar tèrmica encarregat de moure el fluid del circuit primari, o d'altres circuits tancats de la instal·lació, com ara: el circuit entre acumulador i bescanviador exterior, els anells de recirculació d'ACS, els circuits de calefacció, etc.

En el cas particular del circuit primari solar, l'objectiu de forçar aquesta circulació és transportar la calor des dels captadors solars fins al bescanviador, compensant les pèrdues de càrrega (resistència al moviment del fluid) dels diferents accessoris que formen el circuit: les canonades, les vàlvules, les derivacions, els captadors i el bescanviador.

En el circuit secundari tenim dos circuladors, els podem diferenciar com circulador d'acumulació, que s'encarrega de fer circular l'aigua per el intercanviador de calor del circuit primari i l'acumulador, i circulador de distribució, que transportarà el calor emmagatzemat en el acumulador fins els intercanviadors de cada habitatge, i el retornarà al dipòsit d'acumulació.

Els circuladors elegits per als diferents circuits són els següents:

Circuit	**Circuit primari**	**Circuit Secundari d'acumulació**	**Circuit Secundari de distribució**
Model	Grunfos UPS 25-40 N	Grunfos TP 25-90	Grunfos TP 25-90

Taula 59: Bombes de circulació escollides

Els càlculs que s'han dut a terme per a l'elecció d'aquestes bombes de circulació es pot veure en l'apartat "6.2.2.5.2 Bombes de circulació".

5.3.3.3.1. Característiques del circulador

El circulador està constituït per dues parts diferenciades:

- Un cos hidràulic, fabricat amb diferents materials (ferro fos, bronze, acer inoxidable) que alberga el rodet impulsor.
- Un motor elèctric, fixat al cos hidràulic amb cargols, que acciona el rodet impulsor.

Totes dues parts formen un conjunt compacte equipat amb les corresponents connexions elèctriques del motor i d'unió hidràulica a la canonada mitjançant accessoris roscats o brides planes.

Quan la bomba comença a funcionar, el fluid del circuit banya el rotor o eix del motor i els coixinets provoquen que es refrigeri i lubrifiqui. És per això que a aquests circuladors o bombes se'ls anomena de rotor humit. Tenen una vida útil molt llarga i pràcticament sense manteniment.

El material de fabricació del cos hidràulic dels circuladors defineix l'aplicació que tenen en funció del fluid que transporten. D'aquesta manera, també es pot distingir els tipus de materials en funció de l'aplicació.

- **Circuits tancats.** El ferro fos és el material més emprat en la fabricació del cos hidràulic dels circuladors destinats a aquests circuits ja que resulta més econòmic que d'altres materials. El líquid que hi circula és sempre el mateix, generalment aigua amb additius anticalcaris i anticongelants. A més, aquest fluid no és per al consum i, per tant, no ha de mantenir inalterables les característiques de l'aigua.

- **Circuits oberts**. El bronze i l'acer inoxidable són els materials més emprats en circuits oberts. El líquid que hi circula és l'aigua de consum i, per tant, les sals que hi porta dissoltes produeixen problemes de calcificació i corrosió a certs materials com, per exemple, el ferro fos. A més, com que ha d'estar en contacte amb l'aigua de consum, el material de construcció del rodet ha de mantenir inalterables les característiques de l'aigua.

Una característica important que tenen els circuladors és la possibilitat de seleccionar diferents rangs de cabal mitjançant un selector de velocitat que porten incorporat a la capsa de connexions del motor. Generalment, aquests selectors disposen de 3 o 4 posicions, en funció del fabricant, i això permet adaptar la bomba a diferents règims de cabal en funció de les pèrdues de càrrega del circuit.

En general, les condicions tècniques que han de complir els circuladors són a la taula següent:

Temperatura màxima de treball	110°C
Pressió màxima del circuit	10 Kg/cm²

Taula 60: Condicions tècniques dels circuladors.

Un aspecte important a tenir en compte per al bon funcionament del circulador és comprovar que la pressió a la boca d'aspiració pren uns valors superiors als mínims recomanats pel fabricant per tal d'evitar sorolls de cavitació i/o danys als coixinets.

A títol orientatiu presentem una relació de les pressions mínimes d'aspiració amb les temperatures de treball. Vegeu la taula 61.

Pressions mínimes d'aspiració dels circuladors		
Temperatura del líquid	t< 85°C	95°C
Pressió d'aspiració	0,5 mca 0,049 bars	2,8 mca 0,27 bars

Taula 61: Pressió mínima d'aspiració dels circuladors.

A les instal·lacions solars de més de 50 m2, caldrà muntar dues bombes idèntiques i que funcionin alternativament.

Els circuladors amb regulació electrònica disposen d'un variador de velocitat electrònic, incorporat a la caixa de connexions del motor, que permet que variï la velocitat i aconsegueixi adaptar el cabal de la bomba a un circuit amb pèrdues de càrrega o de transport energètic variable.

Generalment, a les instal·lacions solars tèrmiques, el circuit primari solar té unes pèrdues de càrrega fixes i, per tant, aquesta tipologia de bombes seria interessant per a adaptar el cabal a la radiació disponible. Ara bé, el cost que tenen fa que no siguin gaire freqüents.

En canvi, aquest tipus de bombes, seran imprescindibles per a optimitzar el rendiment energètic del circuit de recirculació a les instal·lacions solars amb acumulació centralitzada per a habitatges plurifamiliars. Aquestes instal·lacions presenten força variabilitat en la demanda d'energia al llarg del dia i el fet de poder adaptar el flux d'energia en funció de la demanda, farà reduir les pèrdues tèrmiques del sistema.

5.3.3.3.2. Ubicació en l' instal·lació

En general, i a títol de recomanació, la bomba es col·locarà a la línia de retorn, de bescanviador a captadors, per a evitar l'escalfament excessiu del fluid de la sortida de captadors. En tot cas, si es decidís un altre lloc d'ubicació caldrà tenir en compte els límits de temperatura que pot admetre l'aparell i el compliment de les pressions mínimes necessàries perquè funcioni correctament.

A les instal·lacions solars amb acumulació centralitzada, el circulador s'ubica a la sala de màquines o acumuladors, juntament amb la resta d'equips i elements. Si es donés la situació que la sala de màquines estigués amb desnivell per sobre del camp de captadors solars, es tindrà cura de comprovar que la pressió de funcionament de la bomba sigui la mínima que demana el fabricant.

Quan s'instal·la una bomba de circulació resulta recomanable equipar-la amb un manòmetre de pressió diferencial. Això permet comprovar les pressions manomètriques a les boques d'aspiració i impulsió de la bomba, a més d'obtenir el valor de pèrdua de càrrega real en el circuit primari comandat pel circulador.

Per tal de poder realitzar una reparació o canvi de la bomba sense necessitat de buidar tot el circuit primari, caldrà col·locar dues vàlvules de tall a les connexions hidràuliques de l'aparell.

5.3.3.3.3. Normativa i documents de referència

A continuació es fa referència a diferents fonts d'informació sobre els circuladors aplicats en instal·lacions solars tèrmiques.

Normativa: Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios, RITE i les instruccions tècniques complementàries corresponents, i el CTE, capítol HE4.

5.3.3.4. Vas d'expansió

El vas d'expansió és un dels elements que garanteixen el correcte funcionament de la instal·lació.

Es tracta bàsicament d'un dipòsit que contraresta les variacions de volum i pressió que es produeixen en un circuit tancat quan el fluid augmenta o disminueix de temperatura. Quan el fluid que circula pel circuit tancat augmenta de temperatura, es dilata, augmenta de volum i omple el vas d'expansió. Quan la temperatura descendeix, el fluid es contrau i surt del vas d'expansió per tornar al circuit. La capacitat necessària del vas d'expansió depèn de la capacitat total del circuit, de la temperatura de l'aigua i de la pressió a la qual es treballa.

El vas d'expansió és un petit dipòsit estanc, normalment d'acer. A l'interior conté una membrana que el divideix en dues parts: una que està connectada hidràulicament al circuit tancat de la instal·lació i, l'altra, que conté un gas, normalment nitrogen.

Aquest sistema permet que, en les dilatacions del fluid del circuit, la membrana es deformi comprimint el gas i permetent que es mantingui constant la pressió del circuit tancat i, per tant, no es malmetin les canonades ni els elements de la instal·lació.

Quan el fluid es refreda, el gas retorna al volum inicial i empeny el fluid fora del vas per tornar a ocupar les canonades del circuit.

Els vasos d'expansió escollits per als diferents circuits són els següents:

Circuit	**Circuit primari**	**Circuit Secundari**
Model	5 SMF de la casa Salvador Escoda	220 SMR de la casa Salvador Escoda
Volum (l)	5 l	200 l

Taula 62: Vasos d'expansió escollits

5.3.3.4.1. Ubicació dins del sistema

Quan funciona per vasos comunicants, cal col·locar el vas d'expansió obert a la part més alta de tot el circuit.

El vas d'expansió tancat es pot situar a la part de la instal·lació que sigui més fàcil, ja sigui per manca d'espai o per accessibilitat. De tota manera, hi ha dos aspectes a tenir en compte:

1. És aconsellable posar el vas d'expansió a la zona d'aspiració de la bomba per a evitar depressions en el si del circuit.

2. En una instal·lació amb molta diferència de cota entre captadors i sala de màquines, és millor que el vas d'expansió se situï a la part més alta del circuit evitant que hagi de suportar pressions elevades que obliguen a sobre dimensionar el vas.

5.3.3.4.2. Normativa i documents de referència

La normativa que cal consultar és la "Instrucció Tècnica" 1.3.4.2.4. del RITE, que fa referència a les normes:

- UNE 100.155: on es determina el càlcul del volum d'expansió i les pressions de treball.

5.3.3.5. Vàlvules i accessoris

Les vàlvules i accessoris són elements intercalats en la xarxa hidràulica per a regular i interrompre el pas de l'aigua en l' instal·lació.

Segons l'aparta 3.4.6 de la secció HE 4 del CTE , l'elecció d'aquestes es realitzarà d'acord amb les funcions que desenvolupin i les condicions de funcionament (pressió i temperatura), segons els següents criteris:

- Per aïllament: vàlvules d'esfera.
- Per a l'equilibrat de circuïts: vàlvules de seient.
- Per al buidat: vàlvules d'esfera.
- Per a l' omplert: vàlvules d'esfera.
- Per a la purga d'aire: vàlvules d'esfera.
- Per a seguretat: vàlvula de ressort.
- Per a la retenció: vàlvules de disc de doble comporta, o vàlvules de clapeta.

5.3.3.5.1. Vàlvules de pas

S'utilitzen per a interrompre total o parcialment el pas d'un fluid pels conductes hidràulics i poder separar una part de la instal·lació.

En el cas de l' instal·lació objecte, es col·locaran vàlvules d'esfera (imatge 19) a tots els ramals que van i tornen de planta, abans i després de cada intercanviador de plaques i abans i després de la bomba del secundari per a poder aïllar-los de la resta del circuït en el cas que sigui necessari.

Imatge 19: Vàlvula de pas.

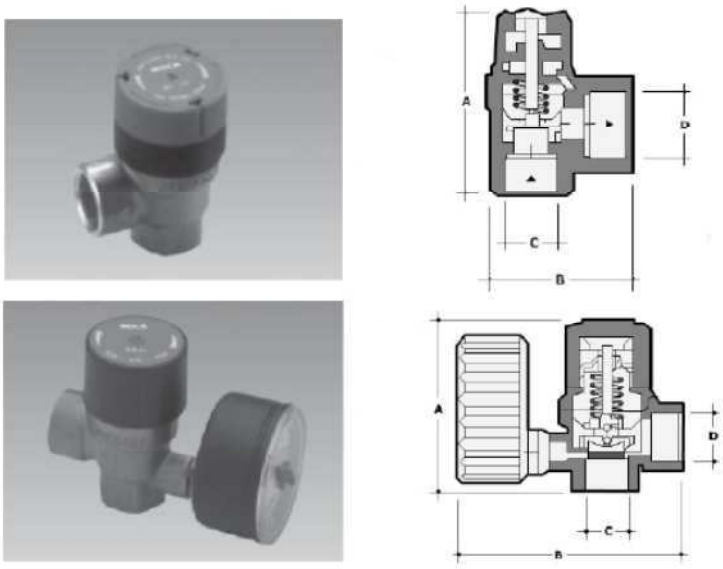
Aquest tipus de vàlvules interrompen el pas total o parcial, introduint una pèrdua de càrrega per a regular el cabal i equilibrar la instal·lació. Tenen un element obturador, una bola d'acer inoxidable, que s'alberga en un orifici que té el mateix diàmetre que el conducte on s'instal·la, pel que presenta una molt baixa pèrdua de càrrega quan no estan tancades.

5.3.3.5.2. Vàlvules de seguretat

Serveixen per a limitar la pressió i protegir els components de la instal·lació. La legislació exigeix la seva col·locació en tots els circuïts sotmesos a pressió i canvis de temperatura.

Tenen una rosca que serveix per a tarar la pressió de "tir" de la vàlvula que permet alliberar el fluid. Han de poder derivar la potència màxima del captador o grup de captadors, inclús en forma de vapor, de manera que en cap cas sobrepassi la màxima pressió de treball del captador o del sistema.

En el seu interior hi ha una molla que quan la pressió actua sobre ella, és vençuda i deixa lliure la sortida del fluid (imatge 20) Mitjançant la variació de la força de venciment d'aquesta molla es realitza el tarat de la vàlvula. Per a protegir a tots els elements integrats de la xarxa, aquesta vàlvula ha de estar tarada a una pressió inferior a la de l'element que presenti la menor pressió de treball.



Imatge 20: Vàlvules de seguretat.

Es situa una vàlvula d'aquest tipus a la part alta de la instal·lació, abans del vas d'expansió tant en el circuit primari com en el secundari per a protegir els circuïts.

5.3.3.5.3. Vàlvules de retenció

Les vàlvules de retenció o antiretorn s'utilitzen per a assegurar que un fluid només circuli en un sentit dins de la xarxa hidràulica. Per a aconseguir-ho, aquestes vàlvules tenen al seu interior amb una clapeta, empeses per una molla, i que permeten el pas del fluid en una sola direcció. Quan el fluid arriba a la vàlvula en el sentit adequat, la pressió venç la molla. Quan la circulació del fluid cessa o és en sentit contrari, la molla empeny la clapeta tancant el pas del fluid.

Imatge 21: Vàlvula antiretorn.

El CTE en el seu apartat 3.2.2.5 del HE 4, especifica que per a evitar fluxos inversos és aconsellable la utilització d'aquest tipus de vàlvules. Es situa una vàlvula antiretorn a la part alta dels circuïts, després de la bomba per a protegir-la d'aquest tipus de flux.

5.3.3.5.4. Vàlvules d'equilibrat

Les vàlvules d'equilibrat s'utilitzen per a afegir en un circuït hidràulic una pèrdua de càrrega regulable amb la finalitat de buscar un equilibrat correcte.

Són reguladors automàtics que ajusten i mantenen constants els cabals en un ampli camp de treball.

Aquests reguladors basen el seu funcionament en uns cartutxos d'acer inoxidable, amb una camisa fixa i un èmbol mòbil. Aquest èmbol llisca dins de la camisa fent que la secció de pas del fluid sigui variable. La pressió d'oposició al fluid s'aconsegueix mitjançant una molla calibrada d'acer inoxidable.

Aquestes vàlvules modifiquen de manera automàtica les seves pèrdues de càrrega, amb la finalitat de mantenir constants els cabal que circulen per elles, sempre que es treballi entre els límits mínim i màxim de la seva pressió diferencial.

Imatge 22: Vàlvules d'equilibrat.

EL CTE HE 4 en el seu apartat 3.3.5. indica que s'ha de concebre inicialment un circuït hidràulic de per sí equilibrat. Si no fos possible, el flux ha de ser controlat per vàlvules d'equilibrat.

En el cas concret de l' instal·lació, tant la impulsió com el retorn tenen la mateixa longitud, pel que el circuït és equilibrat i no es considera necessari instal·lar aquest tipus de vàlvula.

5.3.3.5.5. Vàlvules termostàtiques

Donat que a les instal·lacions solars es pot arribar a temperatures elevades i que també s'han de realitzar les oportunes labors de tractament anti legionel·la, la ACS acumulada pot sobrepassar les temperatures adequades per al seu ús, podent produir cremades als usuaris.

El CTE HE 4 en el seu apartat 3.2.2.3.2 [4] indica que en sistemes de ACS on la temperatura de l'aigua calenta en els punts de consum pugui excedir de 60ºC ha d'instal·lar-se un sistema automàtic de mescla que limiti la temperatura de subministrament a 60ºC, encara que a la part solar es puguin assolir temperatures superiors. Aquest sistema haurà de ser capaç de suportar la màxima temperatura possible d'extracció del sistema solar.

Per tant, es posaran vàlvules de tres vies termostàtiques a la sortida de les calderes per a assolir aquest objectiu.

Imatge 23: Vàlvula termostàtica.

5.3.3.5.6. Vàlvules de zona motoritzada

Aquesta vàlvula té la missió de desviar el fluid principal a dues zones diferents del circuit hidràulic i està formada per un cos hidràulic de dues o tres vies i un motor elèctric.

El cos hidràulic, que generalment està fabricat amb llautó, té incorporat internament una excèntrica que actua com a element de tall d'una de les vies. L'excèntrica és accionada per un motor elèctric.

El motor rep l'ordre d'actuació que prové d'un sistema de control situat a la zona que es vol controlar i actua sobre el mecanisme hidràulic. Vegeu la imatge 24.

Imatge 24: Vàlvula motoritzada de dues o tres vies

Cal considerar:

1. Sempre que sigui possible, cal instal·lar els elements de maniobra del circuit solar a la zona més freda del circuit amb l'objectiu d'allargar-ne la vida útil.
2. Els elements de valvuleria que, per la seva construcció o funcionament, provoquin una important pèrdua de càrrega en el circuit primari, se situaran a la zona d'impulsió de la bomba circuladora.

5.3.3.5.7. Filtres

El RITE en la seva IT 1.3.4.2.8 [15] especifica que cada circuït hidràulic es protegirà mitjançant un filtre amb una llum de 1mm, com a màxim, i es dimensionarà amb una velocitat de pas, a filtre net, menor o igual que la velocitat del fluid a les canonades contigües.

Els elements filtrants es deixaran permanentment en el seu lloc.

5.3.3.5.8. Reguladors de cabal

A cada una de les derivacions a vivenda s'instal·larà un regulador de cabal per a assegurar la correcta distribució de fluid caloportador a cada un dels bescanviadors.

5.3.3.5.9. Buidat i purga

El RITE en la seva IT 1.3.4.2.8 estableix que totes les xarxes de canonades s'han de dissenyar de manera que puguin buidar-se total o parcialment.

Per al buidat parcial, es preveu un dipòsit després de la vàlvula de seguretat i abans del vas d'expansió, que recull el fluid del primari per a poder-lo tornar a introduir en el cas que sigui necessari.

El buidat total és realitzarà pel punt accessible més baix. Per aquest motiu, a la planta baixa en l'entrada cap al local comercial, hi ha un anell amb una vàlvula de buidat destinada a tal fi.

Per altra banda tant el CTE en el seu punt 3.3.5.5 del seu apartat HE 4 com el RITE estableixen que en els punts alts del circuït, concretament a la sortida de les bateries de captadors, i en tots aquells punts a on pugui haver-hi aire acumulat, es col·locaran sistemes de purga constituïts per ampolletes de des-aire i purgador manual o automàtic. El volum útil de l'ampolleta serà superior a 100 cm3.

Els purgadors s'encarreguen d'evacuar els gasos i separar-los del fluid per a la seva posterior evacuació.

La presència d'aire en els circuïts hidràulics és perjudicial per les instal·lacions, ja que té com a conseqüència l'acumulació d'aire de difícil eliminació, dificultat de circulació del fluid, cavitació a les bombes, presència de sorolls, disminució del rendiment en els grups tèrmics i intercanviadors de calor, corrosió,...etc.

Per a evitar aquests efectes no desitjats, s'instal·len en els punts alts del circuït aquests purgadors que expulsen l'aire acumulat.

Aquests purgadors estan formats per un mecanisme format per un flotador i una vàlvula, que actuen automàticament al decréixer el nivell de fluid quant aquest arrossega aire, essent expulsat a través de la vàlvula.

Així doncs i de forma esquemàtica, el circuït hidràulic amb tots els seus components quedarà determinat segons l'esquema que es mostra en l'apartat ANNEX B Plànols.

5.3.3.6. Intercanviadors de calor

El sistema d'intercanviador és l'encarregat de traspassar l'energia que han obtingut els captadors solars, i enviar-la al sistema d'acumulació o circuit secundari. La solució elegida per al intercanvi d'energia entre el circuit primari i el secundari és la de un intercanviador de plaques extern que uneix el dos circuits.

En cap cas en el sistema de intercanvi s'han de mesclar el fluid caloportador amb l'aigua del circuit secundari.

Els intercanviadors presenten l'inconvenient de la pèrdua de rendiment del sistema, degut a la diferència entre els líquids dels dos circuits primari i secundari, per la qual cosa els col·lectors han de funcionar a una temperatura superior a la del fluid secundari. Aquest fet eleva el cost de l' instal·lació i aquest element ha d'estar sotmès a la normativa vigent.

Els dos paràmetres que millor caracteritzen a un intercanviador són el rendiment i la eficiència d'aquest.

El rendiment és el quocient entre la energia que entra en l' intercanviador i la que transfereix al circuit secundari, aquesta pèrdua no ha de ser superior al 5%. La eficiència es defineix com la relació entre l'energia calorífica intercanviada en la unitat de temps i la màxima que teòricament podria intercanviar.

A les instal·lacions solars tèrmiques, el bescanviador s'haurà de calcular amb els paràmetres corresponents al sistema solar. Això implica que els salts tèrmics seran més baixos i les temperatures de funcionament en circuit primari, més baixes que en un sistema amb caldera.

A la taula 63 es mostren unes condicions típiques de disseny d'un bescanviador de calor per a sistemes solars amb un acumulador. El fabricant del bescanviador haurà de proposar o seleccionar el model més adaptat a aquestes condicions. El salt tèrmic del circuit primari és representatiu de dos captadors en sèrie amb una

irradiància entorn de 850-900 W/m2. El cabal del circuit primari dependrà de la superfície de captació i de la seva connexió hidràulica (paral·lel o sèrie) i és un paràmetre que es pot conèixer amb un càlcul inicial.

Circuit primari	Circuit secundari
Temperatura entrada primari Tep: 56ºC	Temperatura entrada secundari Tes: 30ºC
Temperatura sortida primari Tsp: 36ºC	Temperatura sortida secundari Tss: 50ºC
Cabal circuit primari: Cp Segons superficie de captació	Cabal circuit secundari Cs Segons fabricant

Taula 63: Criteris dels intercanviadors per als circuits primaris i secundaris.

Si el disseny és correcte la eficiència de l 'intercanviador mai ha de ser inferior a 0,7. Com a més petita sigui la eficiència del intercanviador, major haurà de ser la temperatura d'entrada en els captadors, fent que disminueixi el rendiment d'aquests, i per tant de l' instal·lació.

Per tant, a l'hora de definir completament els bescanviadors a emprar en un projecte caldrà que el projectista o fabricant de l'equip determini correctament el tipus de bescanviador, així com les especificacions mínimes següents:

- Pressió màxima que pot suportar.
- Cabal i pèrdua de càrrega al circuit primari.
- Cabal i pèrdua de càrrega al circuit secundari.
- Potència de bescanvi per a les condicions nominals de funcionament de la instal·lació.
- Salt tèrmic al primari per a les condicions nominals de disseny.
- Salt tèrmic al secundari per a les condicions nominals de disseny.

Per a l'elecció del intercanviador s'ha de tenir amb compte que:

1. Qualsevol bescanviador no condicionarà la temperatura de treball dels captadors solars.

2. El CTE-HE4 estableix unes limitacions en la potència i la superfície dels bescanviadors: La potència mínima d'un bescanviador situat en una instal·lació solar no serà inferior a 500 W/m2.

$$P \geq 500 \times A$$

   On:

   P = Potència mínima del intercanviador, en W
   A = Area de captadors, en m2

3. Els bescanviadors incorporats a l'acumulador presentaran una superfície útil d'intercanvi superior al 15% de la superfície de captadors.

Tal i com s'ha esmentat anteriorment, utilitzarem un intercanviador de plaques extern al sistema d'acumulació, ja que aquests proporcionen un major rendiment en l' intercanvi així com una major eficiència. A més, per a aquest tipus de sistemes són els intercanviadors més adequats degut al seu baix cost i espai reduït.

En el disseny del circuit primari tindrem dos intercanviadors de calor, un per al sistema d'acumulació d'ACS i l'altre per al sistema d'acumulació de calefacció-

Els càlculs duts a terme per a l'elecció d'aquests intercanviadors es mostren en l'apartat "6.2.2.5.4 Intercanviadors de calor".

Les característiques dels intercanviadors elegits per al circuit primari i el circuit secundari són les següents:

	Circuit Primari	Circuit Secundari per a ACS	Circuit secundari per a Calefacció
Model	MS IP 602	MS IP 601	MS IP 601
Número de plaques	26	14	14
Caudal primari (l/h)	2.900	1.338	1.338
Caudal secundari (l/h)	1.405	648	648
Pèrdua de càrrega en primari (c.m.a)	2,55	1,99	1,99
Pèrdua de càrrega en secundari (c.m.a)	0,83	0,72	0,72
P(kW)	65	30	30
Salt tèrmic al primari	90-70	90-70	90-70
Salt tèrmic al secundari	15-55	15-55	15-55
Pressió màxima (bars)	30	30	30
Pes (kg)	5,3	1,5	1,5
Quantitat	1	7	6

Taula 64: Característiques dels intercanviadors dels circuits.

5.3.3.7. Sistemes de regulació i control

5.3.3.7.1. Termòstat diferencial

A les instal·lacions forçades, l'element encarregat de transportar l'energia tèrmica produïda als captadors cap a l'acumulador és la bomba d'impulsió o circulador. Ara bé, la bomba necessita un element de control que li doni l'ordre de posada en marxa quan hi hagi prou energia als captadors perquè es pugui emmagatzemar al dipòsit i l'ordre d'aturada al circulador quan el dipòsit arribi a la temperatura programada o no hi hagi prou radiació solar per continuar escalfant el sistema.

Aquest element de control s'anomena "termòstat diferencial", d'ara endavant TD. Sovint, el sistema és més complex ja que pot arribar a controlar diferents utilitzacions i/o usuaris, activar sistemes de suport, adquirir dades, etc.; aleshores, l'anomenem "control solar".

El principi de funcionament del TD es basa en comparar dues mesures de temperatura, amb l'ajut de dues sondes situades a la sortida dels captadors, a la part baixa del dipòsit i al circuit d'ACS i calefacció. Aquestes mesures es comparen al TD i quan la diferència és igual o superior a un valor prefixat, l'aparell dóna l'ordre de posada en marxa a la bomba. L'aturada de la bomba es produirà quan la diferència de temperatures mesurades se situï en un valor igual o menor que el prefixat a l'aparell perquè s'aturi.

Cal tenir en compte que, a efectes d'evitar continues commutacions, els termòstats diferencials presenten un cicle d'histèresi, similar al dels termòstats d'ambient emprats en calefacció. Si tenim prefixada la posada en marxa quan la diferència de temperatures sigui de 7ºC, prefixarem que l'aturada no es produeixi fins que la diferència sigui de 2ºC.

Tot i que aquests valors són els més usuals en el cicle de funcionament de la instal·lació, l'instal·lador els podrà variar segons convingui ja que l'aparell disposa d'aquesta opció de manipulació.

Una funció que incorporarà el TD serà la "funció anti gel", que permet evitar els problemes de glaçada dels captadors quan la temperatura ambient arriba a valors de risc. Quan la sonda de captadors detecta aquesta temperatura de risc, envia senyal al TD i aquest posa en marxa la bomba perquè faci re circular aigua del dipòsit solar i escalfi els captadors per a evitar la congelació i trencament de la graella de tubs de l'absorbidor.

Cal tenir en compte que la circulació de fluid pels captadors a temperatures baixes produeix grans pèrdues d'energia i que, per tant, és important ajustar bé aquesta funció.

El sistema de control elegit és el model DeltaSol BX de la casa RESOL, aquest consta de regulador universal amb control de velocitat per a 25 sistemes solars tèrmics, amb 1 o 2 camps de captadors i 1 o dos depòsits acumuladors.

5.3.3.7.2. Ubicació de les sondes de temperatura

El TD disposa de dues sondes de temperatura per tal de mesurar i establir el diferencial de temperatura, a la part més calenta i la més freda del circuit solar. Per això, la ubicació de les sondes de temperatura a la instal·lació és clau i cal tenir-la en compte perquè la instal·lació funcioni correctament.

- Sonda de captadors. És l'encarregada de mesurar la temperatura de l'aigua a la sortida del captador o bateria de captadors. Aquest mesurament s'envia al TD.
  Per aconseguir que el mesurament de temperatura sigui fiable en el temps, és important que la sonda estigui ubicada dins del tub de sortida del captador (immersió). Això es realitza col·locant una beina amb l'accessori roscat corresponent que permeti aquesta ubicació.
  Com que les sondes són resistències que varien amb la temperatura, del tipus PTC o NTC, és important tenir en compte la distància que hi ha des del punt de col·locació de les sondes fins al TD. El valor que hagi mesurat el TD serà correcte quan es descompta el valor resistiu del cable de connexió.
  La majoria dels equips tenen l'opció de fer aquesta correcció a partir d'un menú de programació de l'instal·lador. En cas contrari, el fabricant de l'equip ens assessorarà sobre la manera més adequada de corregir la variació de la lectura provocada per l'excessiva longitud del cable fins l'aparell.
- Sonda de dipòsit. Aquesta sonda té les mateixes característiques que la sonda de captadors; de fet, són dues sondes igual i aplicarem els mateixos criteris de muntatge que en el cas dels captadors (correcció de la lectura en funció de la distància, forma de col·locació, etc.).

El lloc d'ubicació d'aquesta sonda serà al circuit primari, a la sortida del bescanviador, o bé al circuit secundari (ACS), a la part baixa del dipòsit. Cal tenir en compte que si ubiquem la sonda a la part intermèdia del dipòsit o a la part superior d'aquest, correm el risc que el termòstat diferencial aturi la bomba abans que tot el dipòsit s'hagi escalfat, i el sistema perdi eficiència.

Cal destacar també la importància de comprovar que les connexions dels cables de sondes són correctes tant en ordre com en execució, així com qualsevol altre component elèctric de la instal·lació, perquè la informació arribi correctament a l'equip de control.

5.3.3.7.3. Normativa i documents de referència

La normativa relacionada amb els termòstats diferencials i el seu muntatge és:

- Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió i les instruccions tècniques corresponents.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios, RITE.
- Código Técnico de la Edificación, capítol HE 4.

5.3.3.8. Equips de mesura

La mesura del consum energètic és de suma importància a l'hora de comparar el funcionament de les instal·lacions executades amb les previsions de disseny. Aquests valors s'obtenen amb un aparell anomenat "comptador de calories". És obligatori muntar-lo en instal·lacions superiors a 20 m2 de captadors solars tèrmics, tal com es descriu al CTE (HE4, Apartat 3.3.8.).

L'element està format per un comptador volumètric o cabalímetre d'aigua calenta equipat amb dues sondes de temperatura i una unitat d'adquisició i processament de dades.

El comptador volumètric s'encarrega de mesurar el volum d'aigua que circula per la canonada i l'hi envia aquesta informació al processador. Les dues sondes de temperatura, situades una a la línia d'aigua calenta i l'altra a la freda, funcionen de la mateixa manera. El processador calcula l'energia a partir d'aquestes dades i la presenta en pantalla, generalment expressada en kWh.

A continuació s'expressa el càlcul que realitzen els mesuradors per a avaluar el consum:

$$Q = V \cdot \delta \cdot ce \cdot \Delta t$$

On:

Q, és la quantitat de calor necessària expressada en kcal.
V, és el volum diari de consum expressat en litres.
δ, és la densitat de l'aigua (1kg/l com a valor de referència).

ce, és la calor específica de l'aigua (1 kcal/kgºC).
Δt, és l'increment de temperatura expressat en ºC.

A partir dels requisits tècnics del CTE a les instal·lacions solars de més de 20 m2 de captadors solars, és obligatori instal·lar-hi un comptador que mesuri i enregistri les dades esmentades anteriorment. La connexió de l'aparell depèn del tipus de circuit hidràulic que es vulgui mesurar, però, com a criteri bàsic, una de les sondes anirà muntada a la canonada per on circula el fluid més fred i, l'altra, es col·locarà a la canonada per on circula el fluid més calent.

Es recomana col·locar un filtre a la boca d'alimentació del comptador per tal de protegir-lo de l'erosió per partícules en suspensió al fluid, sobretot si està col·locat en la línia d'aigua de xarxa.

En el cas que ocupa la instal·lació, no és obligatori l'ús d'equips de mesura, ja que tant el circuit primari com el secundari són circuits tancats, i no es generen costos els quals variïn en funció del consum energètic de cada habitatge, no s'instal·laran aquests equips.

5.3.3.8.1. Ubicació a la instal·lació

La posició del comptador d'energia aportada per la instal·lació solar presenta dues opcions o possibilitats:

1. L'equip muntat en el circuit secundari avalua l'energia solar generada a partir de l'acumulació al dipòsit solar. Aquesta opció ens permet mesurar l'energia realment aportada a l'usuari i, alhora, és la configuració que exigeix el CTE (HE4, Apartat 3.3.8.).
2. L'equip muntat en el circuit primari mesura l'energia tèrmica que aporten els captadors solars sense tenir en compte si hi ha consum d'ACS o no. Aquesta opció ens permet mesurar amb més exactitud la producció solar, tot i que una part d'aquesta energia no s'arribarà a consumir degut a les pèrdues tèrmiques de l'acumulador i/o circuit secundari.

Per a avaluar el rendiment energètic d'una instal·lació solar completa, caldria realitzar mesures en el circuit solar, primari o secundari i mesurar alhora l'energia total consumida pels dos circuits. Això ens permetrà comprovar les aportacions solars vers les estimacions de càlcul i ajustar el mètode de disseny utilitzat.

5.3.3.8.2. Normativa i documents de referència

La normativa aplicable és:

- Código Técnico de la Edificación, Capítol HE4.

5.3.4. Energia *auxiliar*

Per a garantir la continuïtat del servei a les instal·lacions d'energia solar, és indispensable disposar d'un sistema convencional que actuarà com a font auxiliar de producció de calor.

Tal com s'indica al CTE, en cap cas es pot ubicar l'equip auxiliar a l'acumulador solar, perquè això reduiria significativament el rendiment de la instal·lació solar.

Així doncs, les instal·lacions solars actuaran com a sistemes de preescalfament de l'aigua calenta sanitària i s'acoblaran majoritàriament en sèrie amb l'equip auxiliar. Hi ha dues tipologies bàsiques d'equips auxiliars per a produir aigua calenta sanitària:

Sistemes amb acumulació:

- Termos elèctrics.
- Calderes amb acumulació.

Els sistemes de producció d'aigua calenta sanitària amb acumulació estan formats per un acumulador que emmagatzema l'aigua sanitària, escalfada mitjançant una resistència elèctrica o un bescanviador de calor.

A les instal·lacions amb energia solar, aquest acumulador s'alimenta directament de l'aigua prees calfada pel sistema solar, amb una configuració sèrie entre l'acumulador solar i l'auxiliar.

Aquesta configuració permetrà que el sistema solar treballi independentment de la temperatura de l'acumulador auxiliar. Per això, en el cas de les recirculacions de l'aigua calenta sanitària, cal tenir en compte que el retorn de la recirculació sempre s'ha de fer a l'acumulador auxiliar per tal d'evitar l'escalfament de l'acumulador solar amb la recirculació de l'aigua calenta sanitària.

En aplicacions amb una alta estacionalitat d'utilització es podrà muntar un sistema de recirculació entre l'acumulador solar i l'auxiliar amb l'objectiu d'optimitzar la instal·lació solar en els moments de poca o nul·la demanda d'aigua calenta. En aquest cas, caldrà disposar d'un sistema de control dedicat que garanteixi que, en cap moment, es produeixi un traspàs de calor del dipòsit auxiliar cap al dipòsit solar.

Sistemes instantanis:

- Calderes.
- Escalfadors instantanis.

Els sistemes instantanis de producció d'aigua calenta sanitària queden restringits principalment a l'àmbit domèstic. Per a l'acoblament en sèrie amb l'acumulador solar caldrà que aquests equips incorporin un sistema de regulació de temperatura amb flama modulant que detecti la temperatura de preescalfament solar i que, sobre aquesta base, actuï.

En cas que l'equip instantani de producció d'aigua calenta sanitària no disposi d'un sistema automàtic de regulació de temperatura, la connexió amb l'acumulador solar serà del tipus bypass. Tal com mostra la figura, el subministrament d'aigua calenta sanitària es fa alternativament des de l'equip auxiliar o l'acumulador solar,

en funció de la temperatura d'acumulació d'aquest últim. La maniobra del sistema es farà amb una vàlvula de zona de tres vies comandada per un termòstat situat a la part superior del dipòsit solar.

Cal considerar:

1. El CTE prohibeix la utilització de sistemes auxiliars de suport al circuit primari dels captadors solars.
2. El sistema auxiliar amb acumulació o en línia sempre disposarà d'un termòstat de control sobre la temperatura de preparació que, en condicions normals de funcionament, permetrà complir la legislació vigent referent a la prevenció i control de la legionel·losi.
3. A la boca d'entrada de cada acumulador, caldrà ubicar-hi una vàlvula de retenció que eviti el traspàs de temperatura entre el sistema auxiliar i l'acumulador solar i, alhora, de l'acumulador solar a l'aigua de xarxa.
4. En tots els casos es muntarà un bypass manual entre l'acumulador solar i el sistema auxiliar, per tal de poder fer manteniments a la instal·lació solar sense interrompre el subministrament d'aigua calenta.

6. Càlculs de les instal·lacions elèctrica i solar tèrmica del projecte

6.1. Càlculs instal·lació elèctrica de baixa tensió

6.1.1. Normes a seguir per als càlculs de les seccions dels conductors

Segons el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió, les seccions dels conductor han de complir els següents condicions per poder garantir la seguretat i el correcte funcionament de la instal·lació. Aquestes condicions són les següents:

- Intensitat màxima admissible o d'escalfament.
  La temperatura del conductor a plena càrrega i en règim permanent, no ha de superar en cap moment la temperatura màxima admissible assignada als materials que formen l'aïllament del conductor. Aquesta temperatura s'especifica en la normativa particular dels cables.
- Caiguda de tensió màxima admissible.
  El Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió ens marca la màxima caiguda de tensió en cadascuna de les parts de la instal·lació. La caiguda de tensió és la diferència entre les tensions en l'origen d'un conductor i l'extrem final d'aquest. Aquesta s'origina en el pas del corrent a través dels conductors, originant una pèrdua de potència al llarg del conductor. Aquesta caiguda de tensió sol ser més gran com a més longitud tingui la línia.
- Intensitat de curtcircuit.
  La temperatura que pot assolir el conductor, com a conseqüència d'un curtcircuit o sobreintensitat de curta durada, no ha de sobrepassar la temperatura màxima admissible de curta durada (per menys de 5 s) assignada als materials utilitzats per l'aïllament del cable. Aquesta temperatura s'especifica en les normes particulars dels cables i sol ser de 160°C per cables amb aïllaments termoplàstics (PVC) i de 250°C per aïllaments termostables (XLPE,EPR). Aquest criteri, encara que és determinant en instal·lacions de alta i mitja tensió no ho és en instal·lacions de baixa tensió ja que per una part les proteccions de sobreintensitat limiten la duració del curtcircuit a temps molt breus, i a més a més les impedàncies dels cables fins al punt de curtcircuit limiten la intensitat de curtcircuit.

6.1.2. Formules

- Formules circuits monofàsics:

  - Formula Intensitat:

$$I = \frac{P}{U \times cos\varphi}$$

I = Intensitat (A)

P = Potència (W)

U = Tensió (V)

Cos φ = Factor de potència (0,85)

- Formula caiguda de tensió:

$$e = \frac{2P}{U} \times \rho \times \frac{L}{S}$$

e = Caiguda de tensió (V)

P = Potència (W)

U = Tensió (V)

ρ = Conductivitat del conductor de coure ($\frac{1}{48}\frac{m}{\Omega} \cdot mm^2$)

L = Longitud de línea (m)

S = Secció del conductor (mm^2)

- Formules circuits trifàsics:

  - Formula Intensitat:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times cos\varphi}$$

I = Intensitat (A)

P = Potència (W)

U = Tensió (V)

Cos φ = Factor de potència (0,85)

  - Formula caiguda de tensió:

$$e = \frac{P}{U} \times \rho \times \frac{L}{S}$$

e = Caiguda de tensió (V)

P = Potència (W)

U = Tensió (V)

ρ = Conductivitat del conductor de coure ($\frac{1}{48}\frac{\mathrm{m}}{\Omega}\cdot \mathrm{mm}^2$)

L = Longitud de línea (m)

S = Secció del conductor (mm^2)

- Formules curtcircuit:

$$I_{CCI} = \frac{C_t \times U}{Z_t \times \sqrt{3}}$$

I_{CCI} = Intensitat de curtcircuit a l'inici de línea (kA)

C_t = Coeficient de tensió

U = Tensió (400 V)

Z_t = Impedància total aigües amunt del punt de curtcircuit, sense incloure la línea o circuit en estudi (mΩ)

$$I_{CCF} = \frac{C_t \times U}{2 \times Z_t}$$

I_{CCF} = Intensitat de curtcircuit al final de línea (kA)

C_t = Coeficient de tensió

U = Tensió (400 V)

Z_t = Impedància total aigües amunt del punt de curtcircuit, incloent la línea o circuit en estudi (mΩ)

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

$R_t = \sum R$ (suma de les resistències de les línies aigües amunt del punt de curtcircuit (mΩ)

$X_t = \sum X$ (suma de les reactàncies de les línies aigües amunt del punt de curtcircuit (mΩ)

$$R = \frac{L \times 1000 \times C_R}{S \times n} \times \rho$$

$$X = \frac{X_u \times L}{n}$$

R = Resistència de la línea (mΩ)

X = Reactàncies de la línea (mΩ)

L = Longitud de la línea (m)

C_R = Coeficient de resistivitat

ρ = Conductivitat del conductor de coure $(\frac{1}{48}\frac{\text{m}}{\Omega} \cdot \text{mm}^2)$

S = Secció de línea (mm^2)

n = Nombre de conductorsper metre

X_u = Reactància de la línea (mΩm)

$$t_{màx\ I_{CCF}} = \frac{C_C \times S^2}{I_{CCF}^2}$$

$t_{màx\ I_{CCF}}$ = Temps màxim que el conductor soporta la I_{CC} (s)

S = Secció de línea (mm^2)

C_C = Constant del conductor i l'aïllament

I_{CCF} = Intensitat de curtcircuit al final de línea (kA)

6.1.3. Procediment de càlculs

A partir de la potència que alimenta la línea a calcular, i fent servir l'equació 1 per a línies monofàsiques o l'equació 3 per a línies trifàsiques, es troba la intensitat que circula pel conductor. Aquestes equacions son:

Per a línies monofàsiques:

$$I = \frac{P}{U \times cos\varphi}$$

Per a línies trifàsiques:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times cos\varphi}$$

Un cop es coneix la intensitat que hi circula per la línea, a la taula 5 de la ITC-BT-07 del Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió, s'escull la secció del conductor la intensitat màxima admissible del qual ha de ser immediatament superior a la intensitat calculada de la línea.

Amb aquest pas, es compleix la primera condició que s'exigeix en el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió, la intensitat màxima admissible del conductor.

Seguidament, calculem la secció del conductor que compleixi la condició de màxima caiguda de tensió. Aquest procediment es du a terme mitjançant les següent equacions:

Per a línies monofàsiques:

$$\mathrm{S} = \frac{2 \times \mathrm{P} \times \rho \times \mathrm{L}}{\mathrm{U} \times \mathrm{e}}$$

Per a línies trifàsiques:

$$\mathrm{S} = \frac{\mathrm{P} \times \rho \times \mathrm{L}}{\mathrm{U} \times \mathrm{e}}$$

Les màximes caigudes de tensió admissibles de cadascuna de les parts de la instal·lació són les que s'indiquen a la ITC-BT-26 del Reglament. En el nostre cas aquestes són:

- Línea General d'Alimentació: 0,5 %
- Derivacions individuals: 1%
- Instal·lacions interiors de vivendes: 3%

- Circuits de força: 5%
- Circuïts d'enllumenat: 3%

Un cop fet això, escollim la secció resultant més gran dels dos procediments anteriors. Hem de tenir en compte que el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió ens indica les seccions mínimes que han de tenir els conductors en cadascuna de les parts de la instal·lació, per tant encara que la secció del conductor compleixi els anteriors criteris, aquestes no poden ser inferiors a les seccions mínimes marcades en el reglament.

Un cop elegida cadascuna de les seccions, s'ha de comprovar que aquestes compleixen els requisits de les intensitats màximes de curtcircuit. Per a això, hi han diferents mètodes que ens permeten realitzar el càlcul de les corrents de curtcircuit.

S'ha optat per utilitzar el mètode de les impedàncies, ja que és el més aplicat en el càlcul de corrents de curtcircuit en instal·lacions de baixa tensió. Es basa en la determinació de les corrents de curtcircuit un cop obtinguda la impedància que representa el camí recorregut de les mateixes.

Hem de calcular per separat les diferents resistències i reactàncies de cadascun dels elements que conformen el camí recorregut per la corrent de curtcircuit, incloses les de la font d'alimentació, fins al punt on tingui lloc el defecte. La companyia elèctrica facilita la dada de potència de curtcircuit en el punt de connexió. Segons la Norma Técnica Particular (NTP-IEBT) de Fecsa Endesa el valor màxim previst del corrent de curtcircuit de la xarxa de baixa tensió (230/400V) es de 10kA.

Finalment, es duen a terme els càlculs dels conductors de protecció. Aquests seran de coure i la seva secció dependrà dels conductors actius. L'elecció del conductor es farà mitjançant la següent Taula X (taula 2 de la ITC-BT-18)

Secció conductor fase (mm2)	**Secció conductors de protecció (mm2)**
Sf ≤16	Sf*
16 < Sf ≤ 35	16
Sf > 35	Sf/2

Taula 65: Secció conductors protecció

En tots els casos, el conductor de protecció que no formen part de la canalització d'alimentació seran de coure amb una secció, almenys de:

- 2,5 mm2, si els conductors de protecció disposen d'una protecció mecànica.
- 4 mm2, si els conductors de protecció no disposen d'una protecció mecànica.

El conductor de protecció serà groc i verd.

6.1.4. Càlculs explícits

6.1.4.1. Previsió de càrregues

La previsió de potència total de l'edifici es detalla a continuació:

P_H = Potència total habitatges	49.680 W
P_{LC} = Potència local comercial	12.300 W
P_{TSC} = Potència total serveis comuns	11.500 W
P_{TE} = Potència total Edici	73.480 W

Taula 66: Taula de potències de l'edifici

6.1.4.2. Caixa General de Protecció

$$I = \frac{P_{TE}}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi} = \frac{73.480\ W}{\sqrt{3} \times 400V \times 0{,}80} = 132{,}58\ A$$

La Caixa General de Protecció ha de protegir la línea general d'alimentació, per aquest motiu hem de col·locar uns fusibles de 144 A per preservar la instal·lació de possibles augments de corrent. Ens basem en les dades facilitades per l'empresa subministradora Fecsa Endesa en l'elecció del model de la caixa i els corresponents fusibles.

6.1.4.3. Línia General d'Alimentació

El primer que hem de saber, és la intensitat que circula per la Línea General d'Alimentació. Per aquest motiu utilitzem la següent formula:

$$\mathrm{I} = \frac{\mathrm{P}}{\sqrt{3} \times \mathrm{U} \times \cos\varphi} = \frac{73.480}{\sqrt{3} \times 400 \times 0{,}80} = \mathbf{132{,}58\ A}$$

Amb la intensitat calculada, i sabent que s'utilitzarà cablejat de coure amb aïllament de polietilè reticulat, s'ha d'utilitzar la taula 1 de la ITC-BT-19, on s'indica la intensitat màxima admissible segons la secció i l'aïllament del conductor escollit, i poder trobar la secció dels conductors de la LGA.

Un cop fet això, s'obté un conductor de 70 mm2 de secció, de tipus RZ1-K (AS) amb aïllament XLPE, la intensitat admissible del qual és de 180 A i, per tant, superior a la intensitat de càlcul (132,58 A).

Ara calculem la caiguda de tensió de la LGA, que en aquest cas no pot ser superior al 0,5% ja que existeix una centralització total de comptadors. Aquesta té una longitud de 8,5 m tal com es pot veure en el plànol nº 2 de l'annex B plànols. La conductivitat del coure és ρ = 0,018 Ωmm2/m a 20 ºC.

S'utilitza la següent formula:

$$\delta = \frac{P}{U} \times \rho \times \frac{L}{S} = \frac{73.480}{400} \times 0{,}018 \times \frac{8{,}5}{70} = \mathbf{0{,}40\ V}$$

La màxima caiguda de tensió és 0,5%, per tant si la tensió és de 400 V, la màxima caiguda de tensió és de 2 V, per tant:

$\mathbf{0{,}40}\ \boldsymbol{V} < 2\ V$ Per tant la secció de 50 mm² compleix a caiguda de tensió.

Un cop fet això, hem de comprovar que la secció escollida compleix amb les condicions de curtcircuit. Primer hem de veure la Intensitat màxima de curtcircuit dels conductors, tal i com es comenta en l'annex 3 de la guia BT Annex 3, aquesta la trobem mitjançant l'expressió següent:

$$I_{cc} = \frac{0{,}8 \times U}{R}$$

On:

$I_{cc} = Intensitat\ màxima\ de\ curtcircuit\ en\ el\ punt\ considerat$

$U = Tensió\ d'alimentació$

$R = Resistència\ total\ en\ el\ conductor\ fase\ al\ punt\ considerat\ aigues\ amunt$

I l'expressió:

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

On:

$L = Longitud\ del\ conductor\ (m)$

$S = Secció\ (mm^2)$

$\rho = Resistivitat\ del\ coure\ (0{,}018 \frac{\Omega mm^2}{m})$

$R = Resistència\ en\ el\ conductor\ fase\ al\ punt\ considerat$

La companyia subministradora ens indica que la resistència de la línia de distribució, és de 32 mΩ, per tant s'haurà de sumar a la resistència de la LGA per a calcular la Icc en el punt final de la Línea General d'Alimentació.

Per tant tenim que la R total de la LGA és:

$$R_{LGA} = 32\ m\Omega + 4{,}37\ m\Omega = 36{,}37\ m\Omega$$

I la Icc de la LGA serà:

$$I_{cc} = \frac{0{,}8 \times 230}{36{,}37} = 5{,}06\ kA$$

Per tant tenim que la Línia General d'Alimentació estarà constituïda per conductors Unipolars 3x70/35+TTx35mm² de Coure.

Consultant la taula 2de la ITC-BT-19, trobem la secció del conductor de protecció. Aquesta és S/2, es a dir que tenim una secció de 35 mm2 per al conductor de protecció.

6.1.4.3.1. Resum de resultats de la Línea General d'Alimentació

Circuit	Tipus Instal·lació	Tensió (V)	cosφ	P. Càlcul	Longitud (m)	Secció dels conductors fase (mm2)	Secció dels conductor neutre (mm2)	Secció conductors de protecció (mm2)	Ø tub protector (mm)	I. Càlcul (A)	I. Max. Admissible (A)	Cdt (%)	Cdt (%) Max. Admissible
LGA	B	400	0,8	73.480	8,5	70	35	25	140	132,58	180	0,12	0,5

Taula 67: Resultats Línea General d'Alimentació

6.1.4.4. Derivacions individuals

El criteri de càlcul és el mateix que en l'apartat anterior, utilitzant les fórmules de la intensitat màxima admissible i de la màxima caiguda de tensió.

Circuit	Tipus Instal·lació	Tensió (V)	cosφ	P. Càlcul (W)	Longitud (m)	Secció dels conductors actius (mm2)	Secció conductors de protecció (mm2)	Ø tub protector (mm)	I. Càlcul (A)	I. Max. Admissible (A)	Cdt (%)	Cdt (%) Max. Admissible
DI Vivenda 1º-1ª	B	230	1	5.750	14,8	16	16	40	40	66	0,64	1
DI Vivenda 1º-2ª	B	230	1	5.750	14,9	16	16	40	40	66	0,65	1
DI Vivenda 2º-1ª	B	230	1	5.750	17,5	16	16	40	40	66	0,76	1
DI Vivenda 2º-2ª	B	230	1	5.750	17,7	16	16	40	40	66	0,77	1
DI Vivenda 3º-1ª	B	230	1	9.200	20,8	16	16	40	40	66	0,91	1
DI Vivenda 3º-2ª	B	230	1	9.200	23	25	16	50	40	84	0,64	1
Local comercial	B	230	0,8	12.300	6	25	16	50	66,84	84	0,23	1

Serveis Generals	B	400	0,8	11.500	5	6	6	32	0,02	32	0,00	1

Taula 68: Resultats Derivacions Individuals

6.1.4.5. Instal·lació espais Comuns

Els circuits que formen la instal·lació dels espais comuns són els següents:

- Quadre serveis generals
  - Sub ascensor
  - Sub Energia Solar Tèrmica

- Quadre Serveis Generals

Denominació	Tipus Instal·lació	Tensió (V)	Nº de fases	Longitud (m)	Secció dels conductors actius (mm2)	Secció conductors de protecció (mm2)	Ø tub protector (mm)	P. càlcul (W)	I. Càlcul (A)	I. Max. Admissible (A)	Cdt (%)	Cdt màx admissible (%)	Magneto-tèrmic In (A)	Corba
AGRUPACIÓ 1				0,3	2,5								20	B,C, D
ENLLUM. VESTÍBUL	B1	230	x1	18	1,5	1,5	16	1.450	6,3	15	1,33	3	10	B,C, D
ENLLUM. ESCALA	B1	230	x1	18	1,5	1,5	16	1.450	6,3	15	1,33	3	10	B,C, D
ENLLUM. EMERGÈNCIA	B1	230	x1	18	1,5	1,5	16	250	1,09	15	0,25	3	10	B,C, D
AGRUPACIÓ 2				0,3	10							3	25	B,C, D
ENLLUM. COMPTADORS	B1	230	x1	1	6	6	25	200	0,87	36	0,02	3	10	B,C, D
ENLLUM. PERMANENT ASC.	B1	230	x1	14,25	1,5	1,5	16	50	0,39	15	0,01	3	10	B,C, D

PRESSES MANT.	B1	230	x1	5	4	4	25	3.450	15	27	0,34	3	16	B,C,D
PORTER AUT.	B1	230	x1	7	2,5	2,5	20	200	0,87	21	0,03	3	16	B,C,D
AGRUPACIÓ 3				0,3	2,5							3	10	B,C,D
PRESSES TELECOMUNICACIONS	B1	230	x1	37,9	2,5	2,5	20	1.500	6,52	21	0,78	3		
AGRUPACIÓ 4				0,3	4							3	20	3
SUBQUADRE ASCENSOR	B1	400	X3	18	4	4	25	1	16,57	24	0,54	3	20	B,C,D
AGRUPACIÓ 5				0,3								3		
SUBQUADRE E. SOLAR TÈRMICA	B1	230	x1	25	6	6	25	4.990	27,12	36	0,03	3	20	B,C,D

Taula 69: Resultats Quadre Espais comuns

- Sub Ascensor

Denominació	Tipus Instal·lació	Tensió (V)	Nº de fases	Longitud (m)	Secció dels conductors actius (mm2)	Secció conductors de protecció (mm2)	Ø tub protector (mm)	P. càlcul (W)	I. Càlcul (A)	I. Max. Admissible (A)	Cdt (%)	Cdt màx admissible (%)	Magneto-tèrmic In (A)	Corba
F.E.M. ASCENSOR	B1	400	X3	2	2,5	2,5	20	8.125	14,66	18,5	0,08	5	16	B,C,D
AGRUPACIÓ 1	B1	230	x1	0,3	2,5	-	-	850	4,62	23	0,01	-	10	B,C,D
ENLLUM. CABINA ASCENSOR	B1	230	x1	18	1,5	1,5	16	150	0,65	15	0,68	3	10	B,C,D
ENLLUM. ROSARI ASCENSOR	B1	230	x1	18	1,5	1,5	16	500	2,17	15	0,99	3	10	B,C,D
ENLLUM. QUADRE ASC.	B1	230	x1	1	1,5	1,5	16	200	0,87	15	0,56	3	10	B,C,D
PRESSES MANT.	B1	230	x1	2	2,5	2,5	20	3.450	15	21	0,75	5	16	B,C,D

Taula 70: Resultats Sub quadre Ascenso

- Sub Energia Solar Tèrmica

Denominació	Tipus Instal·lació	Tensió (V)	Nº de fases	Longitud (m)	Secció dels conductors actius (mm2)	Secció conductors de protecció (mm2)	Ø tub protector (mm)	P. càlcul (W)	I. Càlcul (A)	I. Max. Admissible (A)	Cdt (%)	Cdt màx admissible (%)	Magneto-tèrmic In (A)	Corba
BOMBA C. PRIMARI	B1	230	x1	3	2,5	2,5	20	312,5	1,7	26,5	2,56	3	16	B,C,D
BOMBA C. SECUNDARI ACS	B1	230	x1	3	2,5	2,5	20	312,5	3.4	21	2,56	3	16	B,C,D
BOMBA C. SECUNDARI CALEFACCIÓ	B1	230	x1	3	2,5	2,5	20	312,5	3.4	21	2,56	3	16	B,C,D
CENTRALETA SISTEMA SOLAR	B1	230	x1	2	2,5	2,5	20	250	1,09	21	2,85	3	16	B,C,D
PRESSES MANT.	B1	230	x1	3	2,5	2,5	20	3.450	15	21	2,85	3	16	B,C,D

Taula 71: Resultats Sub quadre Energia Solar Tèrmica

6.1.4.6. Instal·lació Local Comercial

Tal i com s'ha esmentat anteriorment, la instal·lació del local comercial és una instal·lació bàsica, es a dir que s'instal·laran els elements bàsics (punts bàsics d'il·luminació, les presses bàsiques, i les lluminàries d'emergència. Tot això es mostra en la taula següent:

Denominació	Tipus Instal·lació	Tensió (V)	Nº de fases	Longitud (m)	Secció dels conductors actius (mm2)	Secció conductors de protecció (mm2)	Ø tub protector (mm)	P. càlcul (W)	I. Càlcul (A)	I. Max. Admissible (A)	Cdt (%)	Cdt màx admissible (%)	Magneto-tèrmic In (A)	Corba
AGRUPACIÓ 1				0,3	2,5								20	
ENLLUM. P. BAIXA	B1	230	x1	8	1,5	1,5	16	900	3,91	15	0,47	3	10	B,C,D

ENLLUM. P. ALTELL	B1	230	x1	8	1,5	1,5	16	900	3,91	15	0,69	3	10	B,C, D
ENLLUM. EMERGÈNCIA	B1	230	x1	10	1,5	1,5	16	150	1,17	15	0,19	3	10	B,C, D
ENLLUMENAT APARADOR	B1	230	x1	8	1,5	1,5	16	900	3,91	15	0,38	3	10	B,C, D
AGRUPACIÓ 2				0,3	16								63	
PRESSES G.	B1	230	x1	10	2,5	2,5	20	3.450	15	21	2,15	5	16	B,C, D
PORTER AUT.	B1	230	x1	8	2,5	2,5	20	200	0,87	21	0,08	5	16	B,C, D

Taula 72: Resultats Quadre Local Comercial

6.1.4.7. Instal·lacions Vivendes

En les instal·lacions interiors de les vivendes, el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió ens dóna unes indicacions mínimes les quals hem de complir. Entre aquestes es troba les seccions mínimes dels conductors en cada part de l' instal·lació, la màxima caiguda de tensió en cadascuna d'aquestes, coeficients de simultaneïtat, etc... Amb tota aquesta informació podem dissenyar la instal·lació interior de les vivendes.

En les següents taules es mostren els dissenys de les instal·lacions interiors i les descripcions dels circuïts de cada habitatge, així com també cadascuna de les agrupacions, les caigudes de tensió màximes admissibles i les caigudes de tensió de cada circuït de les instal·lacions interiors.

Com hi ha vivendes amb distribucions iguals, adjuntarem els habitatges amb la mateixa distribució:

6.1.4.7.1. Quadre Vivendes 1º-1ª i 2º-1ª

Denominació	**Tipus Instal·lació**	**Tensió (V)**	**Nº de fases**	**Longitud (m)**	**Secció dels conductors actius (mm2)**	**Secció conductors de protecció (mm2)**	**Ø tub protector (mm)**	**P. càlcul (W)**	**I. Càlcul (A)**	**I. Max. Admissible (A)**	**Cdt (%)**	**Cdt màx admissible (%)**	**Magneto-tèrmic In (A)**	**Corba**
Agrupació 1				0,3	6									
C1 Enllumenat	B1	230	x1	22	1,5	1,5	16	900	3.91	15	2.49	3	10	B,C, D

C2 Presses gen. I frig.	B1	230	x1	20	2,5	2,5	20	2242.5	15	21	2.85	3	16	B,C, D
C3 Cuina i forn	B1	230	x1	6,65	6	6	25	4050	17.61	36	0.48	3	25	B,C, D
Agrupació 2	-			0,3	6									
C4 Rentadora	B1	230	x1	7,5	2,5	2,5	20	3415.5	11,25	21	2,8	3	20	B,C, D
C5 Bany i Aux. cuina	B1	230	x1	11,5	2,5	2,5	20	4140	18	21	1.68	3	20	B,C, D
C8 Calefacció Elèctrica	B1	230	x1	7,5	6	6	25	3.000	13,04	36	0,55	3	25	B,C, D

Taula 73: Resultats Quadres Vivendes 1º-1ª i 2º-1ª

6.1.4.7.2. Quadre Vivendes 1º-2ª i 2º-2ª

Denominació	**Tipus Instal·lació**	**Tensió (V)**	**Nº de fases**	**Longitud (m)**	**Secció dels conductors actius (mm2)**	**Secció conductors de protecció (mm2)**	**Ø tub protector (mm)**	**P. càlcul (W)**	**I. Càlcul (A)**	**I. Max. Admissible (A)**	**Cdt (%)**	**Cdt màx admissible (%)**	**Magneto-tèrmic In (A)**	**Corba**
Agrupació 1				0,3	6									
C1 Enllumenat	B1	230	x1	25	1,5	1,5	16	900	3,91	15	2,85	3	10	B,C, D
C2 Presses gen. I frig.	B1	230	x1	23	2,5	2,5	20	2587.5	11,25	21	2,57	3	16	B,C, D
C3 Cuina i forn	B1	230	x1	6.8	6	6	25	4050	17,61	36	0,5	3	25	B,C, D
Agrupació 2				0,3	6									
C4 Rentadora	B1	230	x1	7.8	2,5	2,5	20	3415.5	14,85	21	0,91	3	20	B,C, D
C5 Bany i Aux. cuina	B1	230	x1	11	2,5	2,5	20	4140	18	21	1,62	3	20	B,C, D
C8 Calefacció Elèctrica	B1	230	x1	7.8	6	6	25	3.000	13,04	36	0,57	3	25	B,C, D

Taula 74: Resultats Quadres Vivendes 1º-2ª i 2º-2ª

6.1.4.7.3. Quadre Vivenda 3º-1ª

Denominació	Tipus Instal·lació	Tensió (V)	Nº de fases	Longitud (m)	Secció dels conductors actius (mm2)	Secció conductors de protecció (mm2)	Ø tub protector (mm)	P. càlcul (W)	I. Càlcul (A)	I. Max. Admissible (A)	Cdt (%)	Cdt màx admissible (%)	Magneto-tèrmic In (A)	Corba
AGRUPACIÓ 1				0,3	6									
C1 ILUMINACIÓ	B1	230	x1	18	1,5	1,5	16	1.650	7,17	15	2,09	3	10	B,C, D
C2 P. GEN. I FRIG.	B1	230	x1	16,7	2,5	2,5	20	3.450	15	21	1,92	3	16	B,C, D
C3 CUINA I FORN	B1	230	x1	12,4	6	6	25	4.050	17,61	36	0,91	3	25	B,C, D
AGRUPACIÓ 2				0,3	6									
C4 RENT. I TERMO	B1	230	x1	12,4	4	4	20	3.415,5	14,85	27	1,1	3	20	B,C, D
C5 BANY I CUINA	B1	230	x1	16,7	2,5	2,5	20	4.140	18	21	2,46	3	20	B,C, D
C8 Calefacció Elèctrica	B1	230	x1	12,3	2,5	2,5	25	3.000	13,04	21	1,41	3	16	B,C, D
C9 AIRE CONDICIONAT	B1	230	x1	12	6	6	25	5.750	25	36	0,91	3	25	B,C, D

Taula 74: Resultats Quadre Vivenda 3º-1ª

6.1.4.7.4. Quadre Vivenda 3º-2ª

Denominació	Tipus Instal·lació	Tensió (V)	Nº de fases	Longitud (m)	Secció dels conductors actius (mm2)	Secció conductors de protecció (mm2)	Ø tub protector (mm)	P. càlcul (W)	I. Càlcul (A)	I. Max. Admissible (A)	Cdt (%)	Cdt màx admissible (%)	Magneto-tèrmic In (A)	Corba
AGRUPACIÓ 1				0,3	6									
C1 ILUMINACIÓ	B1	230	x1	23	1,5	1,5	16	1.950	8,48	15	2,7	3	10	B,C, D
C2 P. GEN. I FRIG.	B1	230	x1	16	2,5	2,5	20	2.760	12	21	1,81	3	16	B,C, D
C2' P. GEN. I FRIG.	B1	230	x1	18	2,5	2,5	20	2.760	12	21	2,03	3	16	B,C, D
C3 CUINA I FORN	B1	230	x1	8,5	6	6	25	4.050	17,61	36	0,63	3	25	B,C, D
AGRUPACIÓ 2				0,3	6									
C4 RENT. I TERMO	B1	230	x1	8,5	4	4	20	5.123,4	22,28	2727	0,99	3	25	B,C, D
C5 BANY I CUINA	B1	230	x1	12	2,5	2,5	20	4.140	18	2121	1,78	3	20	B,C, D
C8 Calefacció Elèctrica	B1	230	x1	7.8	2,5	2,5	25	3.000	13,04	21	0,99	3	16	B,C, D
C9 AIRE CONDICIONAT	B1	230	x1	10	6	6	25	5.750	25	36	0,77	3	25	B,C, D

Taula 75: Resultats Quadre Vivenda 3º-2ª

6.1.4.8. Càlculs curtcircuit

6.1.4.8.1. Càlculs curtcircuit de la Línea General d'Alimentació

Circuit	Tensió (V)	Longitud circuit (m)	Secció dels conductors actius (mm2)	IpccI (kA)	Poder de Tall (kA)	IpccF (A)	tmcicc	Tficc (sg)	Corbes vàlides
LGA	400	8,5	70	10	50	4,82	2,33	0,146	B,C,D

Taula 76: Resultats Curtcircuit Línea General d'Alimentació

6.1.4.8.2. Càlculs curtcircuit de les derivacions individuals

Circuit	Tensió (V)	Longitud circuit (m)	Secció dels conductors actius (mm2)	IpccI (kA)	Poder de Tall (kA)	IpccF (A)	tmcicc	Tficc (sg)	Corbes vàlides
DI Vivenda 1º-1ª	230	14,8	16	10,03	50	2162,24	0.72	0.052	40
DI Vivenda 1º-2ª	230	14,9	16	10,03	50	2153,86	0.73	0.052	40
DI Vivenda 2º-1ª	230	17,5	16	10,03	50	1956,47	0.88	0.063	40
DI Vivenda 2º-2ª	230	17,7	16	10,03	50	1942,76	0.9	0.064	40
DI Vivenda 3º-1ª	230	20,8	16	10,03	50	1755,04	1.1	0.079	40
DI Vivenda 3º-2ª	230	23	25	10,03	50	2168,99	1.76	0.051	40
Local comercial	230	6	25	10,03	50	3747,05	0.595	0.075	100
Serveis Generals	400	5	6	10,03	50	2293,01	0.09	0.019	25

Taula 77: Resultats Curtcircuit Derivacions Individuals

6.1.4.8.3. Càlculs curtcircuit les Instal·lacions dels espais Comuns

6.1.4.8.3.1. Càlculs curtcircuit quadre serveis generals

Circuit	Tensió (V)	Longitud circuit (m)	Secció dels conductors actius (mm2)	IpccI (kA)	Poder de Tall (kA)	IpccF (A)	tmcicc	Tficc (sg)	Corbes vàlides
AGRUPACIÓ 1	230	0,3	2,5	4.6	6	2124,75	0,02	147,2	20
ENLLUM. VESTÍBUL	230	18	1,5	4,27	4,5	252,52	0,47		B,C,D
ENLLUM. ESCALA	230	18	1,5	4,27	4,5	252,52	0,47		B,C,D
ENLLUM. EMERGÈNCIA	230	18	1,5	4,27	4,5	252,52	0,47		B,C,D
AGRUPACIÓ 2	230	0,3	6	4.6	6	2219,81	0,1		
ENLLUM. COMPTADORS	230	1	6	4,46	4,5	2006	0,12		B,C,D
ENLLUM. PERMANENT ASC.	230	14,25	1,5	4,46	4,5	311,34	0,31		B,C,D
PRESSES MANT.	230	5	4	4,46	4,5	1231,4	0,14		B,C,D
PORTER AUT.	230	7	2,5	4,46	4,5	792,18	0,13		B,C,D
AGRUPACIÓ 3	230	0,3	2,5	4.6	6	2124,75	0,02		B,C,D
PRESSES TELECOMUNICACIONS	230	37,9	2,5	4,27		204,92	1,97		
AGRUPACIÓ 4	400	0,3	4	4.6		2184,91	0,04		
SUBQUADRE ASCENSOR	400	18	4	4,39	4,5	566,88	0,66		B,C,D
AGRUPACIÓ 5	230	0,3	64	4.6		2184,91	0,04		
SUBQUADRE E. SOLAR TÈRMICA	230	25	2,5	4,39	4,5	297,2	0,94		B,C,D

Taula 78: Resultats Curtcircuit Circuits Espais Generals

6.1.4.8.3.2. Càlculs curtcircuit subquadre ascensor

Circuit	Tensió (V)	Longitud circuit (m)	Secció dels conductors actius (mm2)	Ipcel (kA)	Poder de Tall (kA)	IpccF (A)	tmcicc	Corbes vàlides
F.E.M. ASCENSOR	400	2	2,5	1,14	4.5	500,8	0.33	16; B,C,D
AGRUPACIÓ 1	230	0,3	1,5	1,14	4.5	548,78	0.1	10
ENLLUM. CABINA ASCENSOR	230	18	1,5	1,1	4.5	188,14	0.84	10; B,C
ENLLUM. ROSARI ASCENSOR	230	18	1,5	1,1	4.5	188,14	0.84	10; B,C
ENLLUM. QUADRE ASC.	230	1	1,5	1,1	4.5	495,98	0.12	10; B,C,D
PRESSES MANT.	230	2	2,5	1,14	4.5	500,8	0,33	16; B,C,D

Taula 79: Resultats Curtcircuit Circuits Sub Ascensor

6.1.4.8.3.3. Càlculs curtcircuit subquadre energia solar tèrmica

Circuit	Tensió (V)	Longitud circuit (m)	Secció dels conductors actius (mm2)	Ipcel (kA)	Poder de Tall (kA)	IpccF (A)	tmcicc	Corbes vàlides
BOMBA C. PRIMARI	230	3	2,5	0,6	4.5	269,25	1,76	16;B,C,D
BOMBA C. SECUNDARI ACS	230	3	2,5	0,6	4.5	269,25	1,14	16;B,C,D
BOMBA C. SECUNDARI CALEFACCIÓ	230	3	2,5	0,6	4.5	269,25	1,14	16;B,C,D
CENTRALETA SISTEMA SOLAR	230	2	2,5	0,6	4.5	279,96	1,07	16;B,C,D
PRESSES MANT.	230	3	2,5	0,6	4.5	269,25	1,14	16;B,C,D

Taula 80: Resultats Curtcircuit Circuits Sub Energia Solar Tèrmica

6.1.4.8.4. Càlculs curtcircuit del local comercial

Circuit	Tensió (V)	Longitud circuit (m)	Secció dels conductors actius (mm2)	IpccI (kA)	Poder de Tall (kA)	IpccF (A)	tmcicc	Corbes vàlides
AGRUPACIÓ 1	230	0,3	2,5	7,52	10	3324,69	0,01	16
ENLLUM. P. BAIXA	230	8	1,5	6,68	10	447,44	0,15	10;B,C,D
ENLLUM. P. ALTELL	230	8	1,5	6,68	10	312	0,31	10;B,C,D
ENLLUM. EMERGÈNCIA	230	10	1,5	6,68	10	381,25	0,2	10;B,C,D
ENLLUMENAT APARADOR	230	10	1,5	6,68	10	541,43	0,1	
AGRUPACIÓ 2	230	0,3	16	7,52	10	3674,36	0,25	20
PRESSES G.	230	10	2,5	7,38	10	385,58	0,56	16;B,C,D
BANY	230	6	4	7,38	10	1421,52	0,1	
TERMO ELÈCTRIC	230	6	4	7,38	10	1421,52	0,1	
PORTER AUT	230	8	2,5	7,38	10	835,39	0,12	16;B,C,D

Taula 81: Resultats Curtcircuit Circuits Local Comercial

6.1.4.8.5. Càlculs curtcircuit de les vivendes

6.1.4.8.5.1. Quadre vivenda 1º-1ª

Circuit	Tensió (V)	Longitud circuit (m)	Secció dels conductors actius (mm2)	IpccI (kA)	Poder de Tall (kA)	IpccF (A)	tmcicc	Tficc (sg)	Corbes vàlides
AGRUPACIÓ 1	230	0,3	6	4,34		2096,94	0,11	0,052	
C1 ILUMINACIÓ	230	22	1,5	4,21	4,5	210,85	0,67		10;B,C,D
C2 P. GEN. I FRIG.	230	20	2,5	4,21	4,5	295,5	0,95		16;B,C,D
C3 CUINA I FORN	230	6.65	6	4,21	4,5	1253,79	0,3		25;B,C,D
AGRUPACIÓ 2	230	0,3	6	4,34		2096,94	0,11		
C4 RENT. I TERMO	230	7.5	2,5	4,21	4,5	295,5	0,95		16;B,C,D
C5 BANY I CUINA	230	11.5	2,5	4,21	4,5	551,72	0,27		20;B,C,D
C8 CALEFACCIÓ ELÈCTRICA	230		6	4,21	4,5	1192,35	0,33		25;B,C,D

Taula 82: Resultats Curtcircuit Circuits Vivenda 1º-1ª

6.1.4.8.5.2. Quadre vivenda 1º-2ª

Circuit	Tensió (V)	Longitud circuit (m)	Secció dels conductors actius (mm2)	IpccI (kA)	Poder de Tall (kA)	IpccF (A)	tmcicc	Corbes vàlides
AGRUPACIÓ 1	230	0,3	6	4,34		2089,05	0,11	
C1 ILUMINACIÓ	230	25	1,5	4,21	4,5	187,73	0,84	10;B,C,D
C2 P. GEN. I FRIG.	230	23	2,5	4,21	4,5	317,15	0,82	16;B,C,D
C3 CUINA I FORN	230	6.8	6	4,21	4,5	1239,7	0,31	25;B,C,D
AGRUPACIÓ 2	230	0,3	6	4,34		2089,05	0,11	

C4 RENT. I TERMO	230	7.8	2,5	4,21	4,5	722,62	0,16	16;B,C,D
C5 BANY I CUINA	230	11	2,5	4,21	4,5	569,42	0,25	20;B,C,D
C8 CALEFACCIÓ ELÈCTRICA	230	25	6	4,21	4,5	1169,58	0,35	25;B,C,D

Taula 83: Resultats Curtcircuit Circuits Vivenda 1º-2ª

6.1.4.8.5.3. Quadres vivendes 2º-1ª

Circuit	Tensió (V)	Longitud circuit (m)	Secció dels conductors actius (mm2)	IpccI (kA)	Poder de Tall (kA)	IpccF (A)	tmcicc	Corbes vàlides
AGRUPACIÓ 1	230	0,3	6	3,93		1902,75	0,13	
C1 ILUMINACIÓ	230	25	1,5	3,82	4,5	208,69	0,68	10;B,C,D
C2 P. GEN. I FRIG.	230	23	2,5	3,82	4,5	291,27	0,97	16;B,C,D
C3 CUINA I FORN	230	6.8	6	3,82	4,5	1181,28	0,34	25;B,C,D
AGRUPACIÓ 2	230	0,3	6	3,93		1902,75	0,13	
C4 RENT. I TERMO	230	7.8	2,5	3,82	4,5	291,27	0,97	16;B,C,D
C5 BANY I CUINA	230	11	2,5	3,82	4,5	537,16	0,29	20;B,C,D
C8 CALEFACCIÓ ELÈCTRICA	230	25	6	3,82	4,5	1126,56	0,38	25;B,C,D

Taula 84: Resultats Curtcircuit Circuits Vivenda 2º-1ª

6.1.4.8.5.4. Quadre vivenda 2º-2ª

Circuit	Tensió (V)	Longitud circuit (m)	Secció dels conductors actius (mm2)	IpccI (kA)	Poder de Tall (kA)	IpccF (A)	tmcicc	Corbes vàlides
AGRUPACIÓ 1	230	0,3	6	3,93		1889,77	0,13	
C1 ILUMINACIÓ	230	25	1,5	3,82	4,5	208,53	0,68	10;B,C,D
C2 P. GEN. I FRIG.	230	23	2,5	3,82	4,5	290,96	0,98	16;B,C,D
C3 CUINA I FORN	230	6.8	6	3,82	4,5	1176,24	0,34	25;B,C,D
AGRUPACIÓ 2	230	0,3	6	3,93		1889,77	0,13	
C4 RENT. I TERMO	230	7.8	2,5	3,82	4,5	290,96	0,98	16;B,C,D
C5 BANY I CUINA	230	11	2,5	3,82	4,5	536,12	0,29	20;B,C,D
C8 CALEFACCIÓ ELÈCTRICA	230	25	6	3,82	4,5	1121,97	0,38	25;B,C,D

Taula 85: Resultats Curtcircuit Circuits Vivenda 2º-2ª

6.1.4.8.5.5. Quadre vivenda 3º-1ª

Circuit	Tensió (V)	Longitud circuit (m)	Secció dels conductors actius (mm2)	IpccI (kA)	Poder de Tall (kA)	IpccF (A)	tmcicc	Corbes vàlides
AGRUPACIÓ 1	230	0,3	6	3.52		1711,62	0.17	
C1 ILUMINACIÓ	230	18	1,5	3.44	4.5	245,42	0.5	10;B,C,D
C2 P. GEN. I FRIG.	230	16,7	2,5	3.44	4.5	395,88	0.53	16;B,C,D
C3 CUINA I FORN	230	12,4	6	3.44	4.5	844,66	0.68	25;B,C,D
AGRUPACIÓ 2	230	0,3	6	3.52		1711,62	0.17	
C4 RENT. I TERMO	230	12,4	4	3.44	4.5	673,69	0.48	20;B,C,D
C5 BANY I CUINA	230	16,7	2,5	3.44	4.5	395,88	0.53	20;B,C

C8 CALEFACCIÓ ELÈCTRICA	230	12,3	2,5	3,44	4,5	496,56	0,38	20;B,C,D
C9 AIRE CONDICIONAT	230	12	6	3.44	4.5	858,71	0.66	25;B,C,D

Taula 86: Resultats Curtcircuit Circuits Vivenda 3º-1ª

6.1.4.8.5.6. Quadre vivenda 3º-1ª

Circuit	Tensió (V)	Longitud circuit (m)	Secció dels conductors actius (mm2)	IpccI (kA)	Poder de Tall (kA)	IpccF (A)	tmcicc	Corbes vàlides
AGRUPACIÓ 1	230	0,3	6	4.36		2103,3	0.11	
C1 ILUMINACIÓ	230	23	1,5	4.22	4.5	202.62	0.73	10;B,C,D
C2 P. GEN. I FRIG.	230	16	2,5	4.22	4.5	428,29	0.46	16;B,C,D
C2' P. GEN. I FRIG.	230	18	2,5	4.22	4.5	389,46	0.55	16;B,C,D
C3 CUINA I FORN	230	8,5	6	4.22	4.5	1129.17	0.39	25;B,C,D
AGRUPACIÓ 2	230	0,3	6	4.36		2103,3	0.11	
C4 RENT. I TERMO	230	8,5	4	4.22	4.5	916.31	0.26	25;B,C,D
C5 BANY I CUINA	230	12	2,5	4.22	4.5	534.96	0.29	20;B,C,D
C8 CALEFACCIÓ ELÈCTRICA	230	8,5	2,5	4.22		683,99	0,18	16;B,C,D
C9 AIRE CONDICIONAT	230	10	6	4.22	4.5	1043,63	0.45	25;B,C,D

Taula 87: Resultats Curtcircuit Circuits Vivenda 3º-2ª

6.1.4.9. Instal·lació posada a terra

El primer que s'ha de tenir en compte és la normativa del Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió, concretament la "ITC-BT-18 Instal·lacions de posada a terra".

En el cas de l'edifici objecte d'aquest projecte i tot i que l'actuació sobre aquest és una rehabilitació, s'ha d'instal·lar un cable de coure nuu formant un anell tancat que cobreixi tot el perímetre de l'edifici. S'ha optat per aquesta solució juntament amb l' utilització d'elèctrodes enterrats ja que s'han de reformar els fonaments de l'edifici, i es té la possibilitat d'instal·lar aquests tipus d'elèctrode de posada a terra.

L'anell serà de coure nuu i de secció mínima de 25 mm2, tot i que el més habitual es que sigui de 35 mm2. A l'anell es connectaran elèctrodes formats per piques verticalment clavats al terreny. Aquest es connectarà a l'estructura metàl·lica de l'edifici, i les unions es faran mitjançant soldadura aluminotèrmica o autògena de manera que s'asseguri la seva fiabilitat. La longitud de l'anell és de 30 m.

La longitud de les piques serà de 2 m i estaran formades per barres d'acer recobertes de coure de 14 mm de diàmetre. S'instal·laran tres piques situades en els extrems de l'edifici tai i com s'indica en el plànol 18 de l'Annex B plànols.

Les presses de terra estaran enterrades com a mínim 0,5 m, tot i que es recomana enterrar-les 0,8 m.

La línea principal de terra no serà inferior a 16 mm2 en Cu i la línea d'enllaç amb terra no serà inferior a 25 mm2 en Cu.

Per a conèixer la resistivitat del terreny, primer hem de saber sobre quin tipus de terreny està situat l'edifici objecte. Segons l'estudi geotècnic sabem que el terreny sobre el qual està l'edifici es classifica com a llims i sorres al·luvials degut a la presencia del riu Ebre a aproximadament 80 m d'aquest.

Segons la taula 4 de la ITC-BT-18, es classifica el terreny com " terrenys cultivables i fèrtils, terraplens compactes i humits", tenint com a resistivitat mitjana 50 ohm·m.

Per al càlcul de la resistència d'aquesta instal·lació hem de tenir en compte que el conjunt de les piques i de l'anell estan en paral·lel respecte al terra, per tant es compleix que:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_C} + \frac{1}{R_P}$$

On:

R_T : és la resistència Total

R_C : és la resistència del conductor enterrat

R_P : és la resistència de les piques

Segons la ITC-BT-26, la màxima resistència a terra ha de ser de 37 Ω, però com l'edifici compta amb una instal·lació comú de telecomunicacions i aquesta ha de complir el reglament regulador de les infraestructures

comuns de telecomunicacions dels edificis, el qual indica que la màxima resistència a terra ha de ser de 10 Ω. Per tant, serà aquest el valor que prendrem com a referència.

Farem els càlculs per a un anell de coure de 35mm² de secció, juntament amb tres piques enterrades de 2 metres cadascuna, de coure i amb una secció de 14 mm2.

La resistència del conductor nuu enterrat serà:

$$R_C = \frac{2\rho}{L} = \frac{2 \times 50}{30} = 3{,}33\ \Omega$$

On:

ρ: Resistivitat del terreny

L : Longitud conductor nuu

La resistència per a piques verticals:

$$R_P = \frac{\rho}{L} = \frac{50}{6} = 8{,}33\ \Omega$$

On:

ρ: Resistivitat del terreny

L : ∑ Longitud de les piques

Per tant la resistència total serà:

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_P} + \frac{1}{R_C}} = \frac{1}{\frac{1}{8{,}33} + \frac{1}{3{,}33}} = 2{,}37\ \Omega$$

Com es pot observar, el disseny compleix ja que la resistència de terra total no és superior a 10 Ω, tal com marca el reglament de regulació de les infraestructures comuns de telecomunicacions en edificis.

6.2. Càlculs instal·lació solar tèrmica

6.2.1. Càlculs demanda d'energia solar tèrmica

6.2.1.1. Càlculs demanda energètica d'ACS

En el edifici objecte d'aquest projecte, hi ha quatre vivendes que formen un únic espai, i dues vivendes les quals tenen una habitació cadascuna.

La següent taula ens mostra un resum de la demanda de litres d'aigua sanitària del conjunt dels habitatges de l'edifici. Les dades necessàries s'han extret de les taules 41 i 42 d'aquest projecte.

Habitatge	**nº Litres per persona i dia**	**nº habitacions**	**nº Persones**	**nº Litres per dia**
1º-1ª	28,00	espai únic	1,50	42,00
1º-2ª	28,00	espai únic	1,50	42,00
2º-1ª	28,00	espai únic	1,50	42,00
2º-2ª	28,00	espai únic	1,50	42,00
3º-1ª	28,00	1,00	2,00	56,00
3º-2ª	28,00	1,00	2,00	56,00
			Total	280,00

Taula 88: Resum del consum d'ACS diari dels habitatges

Seguidament, i per a finalitzar el càlcul de la demanda d'ACS de tot l'edifici, s'ha de calcular la demanda del local comercial encara que el seu ús sigui desconegut. Per a aquest càlcul es considera que les necessitats energètiques del local són de 0,25 MJ/dia per cada m2 de local.

A efectes pràctics, pot resultar interessant transformar aquest consum d'energia en MJ/dia, en consum d'aigua equivalent en litres/dia i afegir-lo al consum calculat dels habitatges. Aquesta operació es pot realitzar amb la següent fórmula:

$$\text{Consum equivalent d'ACS} = \frac{S_{Local} \times 0{,}25 \cdot 10^6}{C_P \times (60 - T_{af})}$$

On:

S_{Local} = Superfície del local (m^2)

C_P = Calor específica de l'aigua (4.180 $J/kg \cdot K$)

T_{af} = Temperatura mitjana anual de l'aigua de xarxa (10ºC)

En la taula 34 es mostra un resum dels càlculs del consum d'ACS del local comercial.

Ubicació	Superfície m2	T mitjana de l'aigua de xarxa (ºC)	Demanda d'ACS (L)
Local comercial	123,00	10,00	147,13

Taula 89: Resum del consum d'ACS diari del local comercial

Finalment en a taula 45 es mostra un resum del total de la demanda d'ACS de l'edifici.

Vivenda	nº Litres per persona i dia	nº habitacions	nº Persones	nº Litres per dia
1º-1ª	28,00	espai únic	1,50	42,00
1º-2ª	28,00	espai únic	1,50	42,00
2º-1ª	28,00	espai únic	1,50	42,00
2º-2ª	28,00	espai únic	1,50	42,00
3º-1ª	28,00	1,00	2,00	56,00
3º-2ª	28,00	1,00	2,00	56,00
Local comercial	--	--	--	147,13
			Total	**427,13**

Taula 90: Resum de la demanda d'ACS diària de l'edifici

Un cop es coneix la demanda diària d'aigua calenta sanitària de l'edifici, es pot saber la demanda energètica necessària per a l'escalfament d'una determinada quantitat d'aigua des de la temperatura de l'aigua de la xarxa T_{af} fins a la temperatura de referència T_{ref}. Aquesta demanda energètica es pot calcular utilitzant la següent expressió:

$$Q_{ACS} = 4{,}18 \times D_{ACS\,(T_{ref})} \times (T_{ref} - T_{af})/1000$$

On:

Q_{ACS} = Demanda energètica (MJ/dia)
$D_{ACS(T_{ref})}$ = Demanda d'aigua calenta sanitària a T_{ref} (litres)
T_{ref} = Temperatura de l'aigua calenta sanitària (60 ºC)
T_{af} = Temperatura de l'aigua freda de xarxa (ºC)

En la taula següent es mostren els resultats de la demanda energètica en cada mes de l'any, juntament amb la mitjana anual.

Mes	nº dies del mes	Tref (60ºC)	Taf (ºC)	DACS(Tref) diari (L)	DACS(Tref) mensual (L)	QACS mensual (MJ/mes)
Gener	31	60	6	427,30	13246,30	2989,95
Febrer	29	60	7	427,30	12391,70	2745,26
Març	31	60	9	427,30	13246,30	2823,85
Abril	30	60	11	427,30	12819,00	2625,59
Maig	31	60	12	427,30	13246,30	2657,74
Juny	30	60	13	427,30	12819,00	2518,42
Juliol	31	60	14	427,30	13246,30	2547,00
Agost	31	60	13	427,30	13246,30	2602,37
Setembre	30	60	12	427,30	12819,00	2572,00
Octubre	31	60	11	427,30	13246,30	2713,11
Novembre	30	60	9	427,30	12819,00	2732,75
Desembre	31	60	6	427,30	13246,30	2989,95
Mitjana		60,00	10	427,30	13032,65	2709,83

Taula 91: Demanda energètica mensual d'ACS

6.2.1.2. Càlculs demanda energètica de calefacció

Per al càlcul de la demanda energètica de calefacció, hem de tenir en compte tres pèrdues energètiques diferents que afecten a l'edifici. Aquestes són:

- Càrregues degudes a la transmissió de calor dels tancaments
- Càrregues degudes a la renovació de l'aire

- Càrregues degudes a infiltracions.

La suma d'aquests tres tipus de càrregues, ens dona la càrrega tèrmica total de calefacció de l'edifici.

6.2.1.2.1. Càrregues degudes a la transmissió de calor dels tancaments.

Aquesta pèrdua energètica es calcula mitjançant l'expressió següent:

$$Q_{transm} = U \times A \times \Delta T$$

On:

Q_{transm} = Carga per transmissió (W)
U = Coeficient global de transmissió de calor del tancament (W/m²K)
A = Superfície del tancament (m²)
ΔT = Salt tèrmic entre l'interior i l'exterior (ºC)

En la taula següent es realitza el càlcul de pèrdues per transmissió de calor de totes les vivendes de l'edifici, considerant com a temperatura exterior la temperatura més desfavorable, es a dir la temperatura mínima mitja del mes de gener de l'any 2015, extreta de l'observatori de l'Ebre (5,2ºC).

Vivenda	Classificació Tancament	Tancament	S (m2)	nº	S Total (m2)	U (W/m2·ºK)	Tint (ºC)	Text (ºC)	QTrans (W)	Q Total (W)
1º-1ª	Exterior	Mur exterior	12,29	1	12,29	0,46	21,00	5,20	89,32	635,81
		Finestra tipus 1	2,42	1	2,42	3,44	21,00	5,20	131,53	
	Espai no habitable	Paret mitjanera	14,34	1	14,34	0,54	21,00	5,20	122,35	
		Forjat terra (1º Pl)	33,07	1	33,07	0,56	21,00	5,20	292,60	
1º-2ª	Exterior	Mur exterior	9,32	1	9,32	0,46	21,00	5,20	67,74	621,10

		Finestra tipus 1	2,42	1	2,42	3,44	21,00	5,20	131,53	
	Espai no habitable	Paret mitjanera	11,34	1	11,34	0,54	21,00	5,20	96,75	
		Forjat terra (1ºPl)	36,74	1	36,74	0,56	21,00	5,20	325,08	
2º-1ª	Exterior	Mur exterior	12,29	1	12,29	0,46	21,00	5,20	89,32	
		Finestra tipus 1	2,42	1	2,42	3,44	21,00	5,20	131,53	
	Espai no habitable	Paret mitjanera	14,34	1	14,34	0,54	21,00	5,20	122,35	343,20
2º-2ª	Exterior	Mur exterior	9,32	1	9,32	0,46	21,00	5,20	67,74	
		Finestra tipus 1	2,42	1	2,42	3,44	21,00	5,20	131,53	
	Espai no habitable	Paret mitjanera	11,34	1	11,34	0,54	21,00	5,20	96,75	296,02
3º-1ª	Exterior	Mur exterior	21,98	1	21,98	0,46	21,00	5,20	159,75	
		Finestra tipus 1	2,42	2	4,84	3,44	21,00	5,20	263,06	
		Forjat Terrassa	7,58	1	7,58	0,29	21,00	5,20	34,73	
	Espai no habitable	Paret mitjanera	8,58	1	8,58	0,54	21,00	5,20	73,20	530,75
3º-2ª	Exterior	Mur exterior	21,98	1	21,98	0,46	21,00	5,20	159,75	
		Finestra tipus 2	5,50	2	11,00	3,24	21,00	5,20	563,11	
		Coberta	77,50	1	77,50	0,27	21,00	5,20	330,62	
	Espai no habitable	Paret mitjanera	15,94	1	15,94	0,54	21,00	5,20	136,00	1189,48
								∑	**Q Total (w)**	**3.616,36**

Taula 92: Càlcul de càrregues per transmissió de calor

En la taula següent es mostren les càrregues diàries mitjanes de cada mes degudes a la transmissió de calor dels tancaments. Aquests càlculs s'han dut a terme amb la mateixa metodologia que en el cas anterior, però prenen com a temperatura exterior, la temperatura mitjana exterior de cada mes de l'any.

Mes	**Q transmissió de calor dels tancaments (W)**
Gener	2.403,28
Febrer	2.311,72
Març	1.716,63
Abril	938,42
Maig	320,44
Juny	0,00
Juliol	0,00
Agost	0,00
Setembre	0,00
Octubre	228,88
Novembre	1.533,52
Desembre	2.357,50

Taula 93: Càrregues tèrmiques mitges diàries en funció del mes per transmissió de calor dels tancaments.

Com es pot apreciar en la taula anterior, les càrregues màximes causades per la transmissió de calor dels tancaments es donen en els mesos d'hivern, arribant a ser nul·les en els mesos en que la temperatura exterior és igual o superior a la temperatura interior que hem pres com a temperatura de confort (21ºC).

6.2.1.2.2. Càrregues degudes a la renovació de l'aire.

En la taula següent es realitza el càlcul de pèrdues per renovació de l'aire en cadascuna de les vivendes de l'edifici, considerant com a temperatura exterior la temperatura més desfavorable, es a dir la temperatura mínima mitja del mes de gener de l'any 2015, extreta de l'observatori de l'Ebre (5,2ºC).

Vivenda	**Estància**	**Coeficient renovació (N)**	**Àrea (m2)**	**Vventil (m3)**	**Tint (ºC)**	**Text (ºC)**	**We (g/kg)**	**Wl (g/kg)**	**Qventil (W)**
1º-1ª i 2º-1ª	Cuina	1,00	4,15	11,41	21,00	5,20	4,04	4,00	60,87
	Sala d'estar menjador	0,75	12,78	26,36	21,00	5,20	4,04	4,00	140,59
	Bany	2,00	2,67	14,69	21,00	5,20	4,04	4,00	78,32

	Passadís	0,75	6,08	12,54	21,00		4,04	4,00	88,77
	Dormitori	0,75	7,87	16,23	21,00	5,20	4,04	4,00	86,58
1º-2ª i 2º-2ª	Cuina	1,00	4,06	11,17	21,00	5,20	4,04	4,00	59,55
	Sala d'estar menjador	0,75	15,13	31,21	21,00	5,20	4,04	4,00	166,44
	Bany	2,00	2,98	16,39	21,00	5,20	4,04	4,00	87,42
	Passadís	0,75	3,16	6,52	21,00		4,04	4,00	46,14
	Dormitori	0,75	10,80	22,28	21,00	5,20	4,04	4,00	118,81
3º-1ª	Cuina	1,00	5,13	14,11	21,00	5,20	4,04	4,00	75,24
	Sala d'estar menjador	0,75	19,83	40,90	21,00	5,20	4,04	4,00	218,14
	Bany	2,00	3,40	18,70	21,00	5,20	4,04	4,00	99,74
	Dormitori	0,75	11,93	24,61	21,00	5,20	4,04	4,00	131,24
	Passadís	0,75	7,00	14,44	21,00	5,20	4,04	4,00	77,00
	Despatx	0,75	3,72	7,67	21,00	5,20	4,04	4,00	40,92
3º-2ª	Cuina	1,00	10,40	28,60	21,00	5,20	4,04	4,00	152,54
	Sala d'estar menjador	0,75	30,20	62,29	21,00	5,20	4,04	4,00	332,22
	Bany 1	2,00	3,27	17,99	21,00	5,20	4,04	4,00	95,93
	Dormitori	0,75	12,56	25,91	21,00	5,20	4,04	4,00	138,17
	Despatx	0,75	4,95	10,21	21,00	5,20	4,04	4,00	54,45
	Rebedor	0,75	18,48	38,12	21,00	5,20	4,04	4,00	203,29
							∑ Q Total (w)		**2.552,38**

Taula 94: Càlcul de cargues per renovació de l'aire

En la següent taula es mostren les càrregues mitjanes de cada mes degudes a la renovació de l'aire. Aquests càlculs s'han dut a terme amb la mateixa metodologia que en el cas anterior, però prenen com a temperatura exterior, la temperatura mitjana exterior de cada mes de l'any.

Mes	**Q renovació de l'aire (W)**
Gener	1.999,10
Febrer	2.056,65
Març	1.747,64
Abril	1.795,69
Maig	1.716,33
Juny	0,00
Juliol	0,00
Agost	0,00
Setembre	0,00
Octubre	2.364,52
Novembre	1.788,04
Desembre	2.088,36

Taula 95: Càrregues tèrmiques mitges mensuals per renovació de l'aire.

Com es pot apreciar en la taula anterior, les càrregues màximes causades per la renovació de l'aire, es donen en els mesos d'hivern, arribant a ser nul·les en els mesos en que la temperatura exterior és igual o superior a la temperatura interior que hem pres com a temperatura de confort (21ºC).

6.2.1.2.3. Càrregues degudes a infiltracions de disseny.

Les càrregues degudes a infiltracions de disseny es poden considerar nul·les ja que es considera que els habitatges es troben a sobrepressió respecte l'exterior, per tant les infiltracions de l'aire exterior són menyspreables.

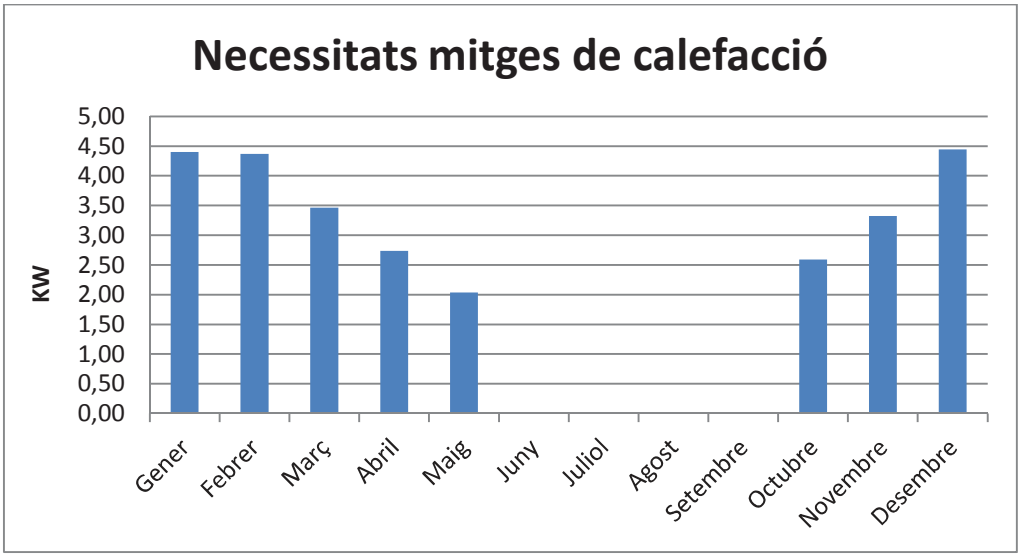
6.2.1.2.4. Càrregues tèrmiques totals de calefacció.

La càrrega total de calefacció de l'edifici objecte d'aquest projecte, és la resultant de sumar les càrregues per transmissió de calor dels tancaments i les càrregues degudes a la renovació de l'aire.

En la següent taula es mostren les càrregues totals diàries i mensuals de calefacció de l'edifici en cadascun dels mesos de l'any.

Mes	QTrans (W)	QVent (W)	QTOTAL (W)	QTOTAL (MJ)
Gener	2403,28	1999,10	4402,37	11791,32
Febrer	2311,72	2056,65	4368,38	10567,98
Març	1716,63	1747,64	3464,27	9278,70
Abril	938,42	1795,69	2734,11	7086,82
Maig	320,44	1716,33	2036,76	5455,27
Juny	0,00	0,00	0,00	0,00
Juliol	0,00	0,00	0,00	0,00
Agost	0,00	0,00	0,00	0,00
Setembre	0,00	0,00	0,00	0,00
Octubre	228,88	2364,52	2593,40	6946,17
Novembre	1533,52	1788,04	3321,56	8609,48
Desembre	2357,50	2088,36	4445,86	11907,80

Taula 96: Càrregues diàries i mitjanes mensuals totals de calefacció



Gràfic 3: Necessitats mitges de calefacció

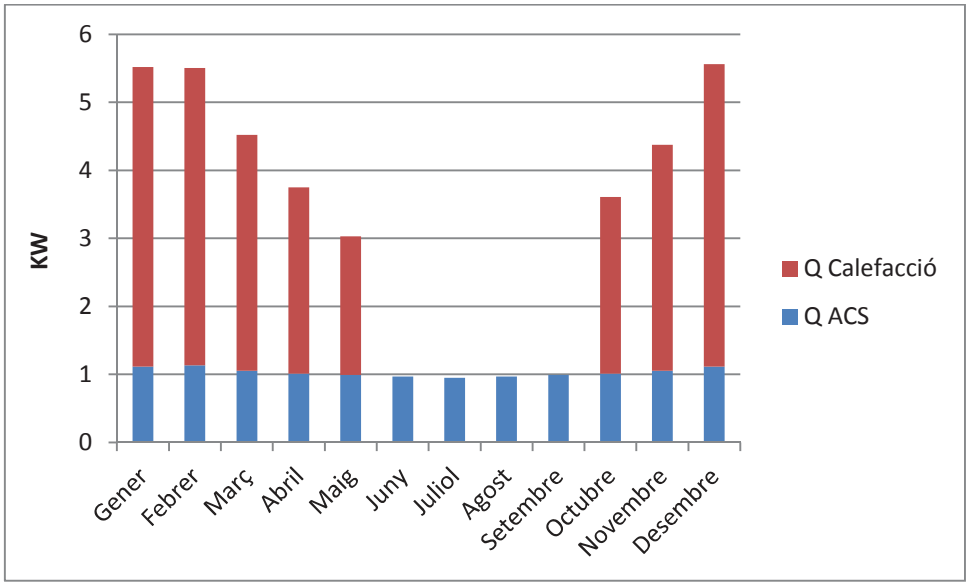
Tal i com es pot apreciar en el gràfic anterior, les necessitats de calefacció majors són els mesos de desembre, gener i febrer, disminuint progressivament fins arribar a ser nul·les els mesos de juny, juliol, agost i setembre. Aquest fet indica que s'haurà d'instal·lar algun sistema que permeti reduir la producció d'energia solar tèrmica, ja que els mesos de menor demanda energètica de calefacció, són els mesos amb major incidència solar.

6.2.1.3. Càlcul de la demanda energètica total de l'edifici

La demanda energètica total de l'edifici per a la producció d'aigua calenta sanitària i calefacció, és la suma de les pèrdues generades en cadascun d'aquests sistemes. En la següent taula es mostren les pèrdues generades per cadascun d'aquests sistemes, i la càrrega, pèrdua o demanda total de l'edifici en funció dels mesos de l'any.

Mes	**QACS mensual (MJ)**	**QACS mensual (W)**	**Q Total Calefacció (W)**	**Q Total Calefacció (MJ)**	**QTOTAL (W)**	**QTOTAL (MJ)**
Gener	2989,95	1116,32	4402,37	11791,32	5518,70	14781,27
Febrer	2745,26	1134,78	4368,38	10567,98	5503,16	13313,24
Març	2823,85	1054,30	3464,27	9278,70	4518,57	12102,54
Abril	2625,59	1012,96	2734,11	7086,82	3747,07	9712,41
Maig	2657,74	992,29	2036,76	5455,27	3029,05	8113,01
Juny	2518,42	971,61	0,00	0,00	971,61	2518,42
Juliol	2547,00	950,94	0,00	0,00	950,94	2547,00
Agost	2602,37	971,61	0,00	0,00	971,61	2602,37
Setembre	2572,00	992,29	0,00	0,00	992,29	2572,00
Octubre	2713,11	1012,96	2593,40	6946,17	3606,36	9659,28
Novembre	2732,75	1054,30	3321,56	8609,48	4375,86	11342,24
Desembre	2989,95	1116,32	4445,86	11907,80	5562,18	14897,76

Taula 97: Necessitats energètiques de cada sistema i totals de l'edifici.



Gràfic4: Necessitats energètiques de l'edifici

Com es pot apreciar en el gràfic anterior, els mesos amb menor demanda energètica són el juny, juliol, agost i setembre. En aquests mesos la demanda és exclusiva pera a la producció d'ACS, ja que la temperatura exterior és igual o superior a la temperatura de confort interior.

El més amb menor demanda energètica és el juny, aquest fet es deu a que solament es produeix ACS, i és el mes en el qual la temperatura de l'aigua de la xarxa és mes elevada.

Un cop vist els resultats de les demandes de cada mes, podem establir la potència energètica necessària de l'edifici, dissenyar i dimensionar el sistema de captació.

La potència del disseny serà: **5.562,18 W o 14.897,76 MJ.**

6.2.2. Càlculs del disseny i dimensionat de la instal·lació solar tèrmica

6.2.2.1. Fonaments de càlculs

El mètode de càlcul utilitzat és el de les corbes f (F-Chart), el qual és el mètode recomanat pel CTE (Codi Tècnic de l'Edificació) i el Plec de condicions tècniques per a la instal·lació solar tèrmica de baixa temperatura del IDAE, ja que és acceptat per un procés de càlculs suficientment exacte per a llargues estimacions, que s'adapta perfectament a les nostres necessitats.

El sistema F-Chart, permet realitzar el càlcul de la cobertura de un sistema solar, es a dir, de la seva contribució a la aportació de calor total necessari per a cobrir les cargues tèrmiques i el seu rendiment mitjà en un llarg període de temps.

Per a el desenvolupament d'aquest mètode, s'utilitzen dades mensuals mitges meteorològiques, i és perfectament vàlid per a determinar el rendiment i el factor de cobertura solar en instal·lacions d'escalfament, mitjançant captadors solars plans.

El paràmetre indicatiu de fracció Aportació/Consum, pretén indicar el rendiment o factor de cobertura de la instal·lació, i es pretén que oscil·li el més pròxim a la unitat en els mesos d'estiu, cosa que produeix un dèficit energètic en els mesos d'hivern. Aquest dèficit haurà d'estar cobert per un sistema de reforç.

La equació utilitzada en aquest mètode és la següent:

$$f = 1{,}029 \times D_1 - 0{,}065 \times D_2 - 0{,}245 \times D_1^2 + 0{,}0018 \times D_2^2 + 0{,}0215 \times D_1^3$$

La seqüència del càlcul és la següent:

1. Valoració de les cargues calorífiques per a l'escalfament de l'aigua destinada a la producció d'ACS i/o calefacció.
2. Valoració de la radiació solar incident en la superfície inclinada del captador o captadors.
3. Càlcul del paràmetre D1, que relaciona l'energia absorbida per el captador amb la carga calorífica mensual.
4. Càlcul del paràmetre D2, que relaciona l'energia perduda pel captador amb la carga calorífica mensual.
5. Determinació de la gràfica f.
6. Valoració de la cobertura solar mensual.
7. Valoració de la cobertura anual i formació de taules.

Les cargues calorífiques determinen la quantitat de calor mensual necessària per escalfar l'aigua destinada al consum domèstic, calculant-les mitjançant la següent expressió:

$$Q_a = C_e \times C \times N \times (t_{ac} - t_r)$$

On:

- Q_a : Carga calorífica mensual d'escalfament d'ACS (J/mes).
- C_e : Calor específic de l'aigua (4187 J/kgAºC).
- C : Consum diari d'ACS (l/dia).
- N : Nombre de dies del mes.
- t_{ac} : Temperatura de l'aigua calenta de acumulació (ºC).
- t_r : Temperatura del aigua de red (ºC).

El paràmetre D_1 expressa la relació entre la energia absorbida per la placa del captador pla i la carga calorífica total d'escalfament durant un més.

$$D_1 = \frac{\text{Energia absorbida pel captador}}{\text{Carrega calorífica mensual}}$$

On:

- L'energia absorbida pel captador ve donada per l'expressió següent:

$$E_a = S_c \times F_r'(\tau\alpha) \times R_1 \times N$$

On:

- S_c : Superfície del captador (m²)
- R_1 : Radiació diària mitjana mensual incident sobre la superfície de captació per unitat d'àrea (kJ/m²)
- N : Nombre de dies del mes.
- $F_r'(\tau\alpha)$: Factor adimensional que ve donat per la següent expressió:

$$F_r'(\tau\alpha) = F_r(\tau\alpha)_n \times \left[\frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)_n}\right] \times \left(\frac{F_r'}{F_r}\right)$$

On:

- $F_r(\tau\alpha)_n$: Factor d'eficiència òptica del captador, es a dir, la ordenada en l'origen de la curvatura característica del captador.
- $\frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)_n}$: Modificació del àngul d'incidència. En general es pot prendre com a constant 0,96 (superfície transparent senzilla) o 0,94 (superfície transparent doble).
- $\frac{F_r'}{F_r}$: Factor de correcció del conjunt captador-intercanviador. Es recomana prendre el valor de 0,95.

El paràmetre D_2 expressa la relació entre les pèrdues d'energia al captador per a una determinada temperatura, i la carga calorífica d'escalfament durant un mes.

$$D_2 = \frac{\text{Energia perduda pel captador}}{\text{Càrrega calorífica mensual}}$$

L'energia perduda pel captador ve donada per la següent expressió:

$$E_P = S_c \times F_r' \times U_L(100 - t_a) \times \Delta t \times K_1 \times K_2$$

$$F_r'U_L = F_rU_L \times (F_r'/F_r)$$

On:

- S_c : Superfície del captador (m²).
- F_rU_L : Pendent de la corba característica del captador (coeficient global de pèrdues del captador).

- t_a : Temperatura ambiental mitja mensual (ºC).
- Δt : Període de temps (s).
- K_1 : Factor de correcció per emmagatzematge. S'obté a partir de la següent expressió:

$$K_1 = [\text{Kg d'acumulació}/(75S_c)]^{-0,25}$$

$$37,5 < (\text{Kg d'acumulació})/(\text{m}^2\text{de captació}) < 300$$

- K_2 : Factor de correcció per a ACS, que relaciona la temperatura mínima de ACS, la de l'aigua de la xarxa i la temperatura ambient mitja mensual. Es calcula mitjançant la següent expressió:

$$K_2 = (11,6 + 1,18t_{ac} + 3,86t_r - 2,32t_a)/(100 - t_a)$$

On:

- t_{ac} : Temperatura mínima de ACS.
- t_r : Temperatura del aigua de xarxa.
- t_a : Temperatura ambient mitja mensual.

Un cop obtingut D_1 i D_2, aplicant l'equació inicial es calcula la fracció de la carga calorífica mensual aportada pel sistema d'energia solar.

D'aquesta manera, l'energia útil captada cada mes, Q_u té el valor següent:

$$Q_u = f \times Q_a$$

On:

- Q_a : És la carga calorífica mensual d'ACS.

Mitjançant una reiteració del procés operatiu per al càlcul d'un mes, es realitzarà el càlcul per a tots els mesos de l'any. La relació entre la suma de les cobertures mensuals i la suma de les cargues calorífiques, o necessitats mensuals de calor, es determinarà la cobertura anual del sistema. Aquesta relació s'aconsegueix mitjançant la següent expressió:

$$\text{Covertura solar anual} = \sum_{u=1}^{u=12} Q_u \text{ necessària}/\sum_{u=1}^{u=12} Q_a \text{ necessària}$$

Amb l'ajut d'una fulla de càlcul, podem comparar el nombre de captadors, orientacions, models de captadors, etc. Fins a obtindre la solució que més s'ajusti a les nostres necessitats.

6.2.2.2. Predimensionat del sistema de captació i volum d'acumulació

Segons s'exposa en el CTE (DB HE-4) i en el RITE (ITE 10.1.3.2), les condicions per al dimensionat de la superfície de captació son les següents:

- El CTE (DB HE-4) estableix que per a aplicacions d'ACS, l'àrea total de captació ha de tenir un valor que compleixi sa següent condició:

$$50 < V/A < 180$$

On:

- V : Volum del depòsit d'acumulació (l).
- A : Area total dels captadors (m2).

- El RITE (ITE 10.1.3.2) estableix que l'àrea total dels captadors ha de tenir un valor tal que es compleixi la següent condició:

$$1{,}25 \leq 100\ A/M \leq 2$$

On:

- A : Area total dels captadors (m2).
- M : Consum mitjà diari dels mesos d'estiu (l/dia)

En les instal·lacions amb un consum constant al llarg de l'any, el volum del dipòsit d'acumulació ha de ser:

$$0{,}8M \leq V \leq M$$

Hem de tenir en compte que aquest procediment es exclusiu per al sistema d'ACS, per el que únicament ho tindrem en compte com a punt de partida per al dimensionat final.

6.2.2.3. Energia teòrica disponible

Per al càlcul de l'energia disponible que incideix en un dia mitjà de cada mes en cada metre quadrat de superfície de captació, és necessari obtenir una taula de irradiació horitzontal mitjana de la província on es localitza l'immoble i corregir aquests valors en funció a la inclinació.

Per a la correcció d'aquests valors fem servir l'expressió següent:

$$R = K \times H$$

On:

- R : És la radiació incident mitjana en un dia de cada mes en cada metre quadrat de superfície de captació inclinada (kJ·dia/m2).
- K : És el factor de correcció en funció de la inclinació dels captadors i de la latitud de la localització de la instal·lació. En el cas de Tortosa, la latitud és 40,8 i la inclinació dels captadors és de 50º.
- H : És la radiació mitjana diària de cada mes que incideix horitzontalment en un m2 de superfície de captació (kJ·dia/m2).

La següent taula mostra les dades utilitzades en els càlculs, i ha estat obtinguda de les taules del Atlas de Radiació Solar a Catalunya, editat pel Institut Català d'Energia. S'ha escollit la orientació a 0º, ja que al no tenir cap obstacle que ens obstaculitzi la radiació solar, hi ha la possibilitat d'orientar el sistema de captació cap a qualsevol punt cardinal, i es té amb compte que la orientació al sud és la orientació amb més captació de radiació solar duran tot l'any.

Orientació: 0º													
Inclinació	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Anual
0º	7,29	8,97	13,96	18,35	21,04	23,57	22,90	20,12	16,00	11,62	8,16	6,57	15,05
5º	8,26	10,90	14,79	18,94	22,15	23,68	23,13	20,60	16,78	12,55	9,14	7,56	15,73
10º	9,18	11,76	15,53	19,44	22,33	23,70	23,23	20,97	17,45	13,40	10,08	8,50	16,37
15º	10,05	12,56	16,18	19,82	22,38	23,57	23,18	21,23	18,02	14,17	10,95	9,40	16,81
20º	10,86	13,28	16,72	20,06	22,29	23,30	22,98	21,38	18,48	14,85	11,75	10,24	17,21
25º	11,60	13,92	17,18	20,22	22,13	22,91	22,70	21,41	18,83	15,45	12,49	11,01	17,50
30º	12,27	14,47	17,53	20,24	21,84	22,46	22,32	21,30	19,06	15,94	13,14	11,71	17,70
35º	12,86	14,92	17,76	20,13	21,41	21,86	21,80	21,06	19,17	16,34	13,71	12,33	17,7
40º	13,36	15,29	17,89	19,90	20,86	21,14	21,15	20,70	19,17	16,53	14,19	12,88	17,77
45º	13,78	15,56	17,91	19,55	20,19	20,29	20,37	20,21	19,05	16,62	14,58	13,34	17,65
50º	14,11	15,72	17,83	19,09	19,39	19,32	19,47	19,60	18,81	16,50	14,88	13,71	17,41
55º	14,34	15,79	17,63	18,51	18,48	18,25	18,46	18,87	18,45	16,88	15,07	13,99	17,0
60º	14,48	15,76	17,29	17,82	17,47	17,11	17,36	18,02	17,94	16,15	15,17	14,17	16,62
65º	14,52	15,63	16,87	17,03	16,41	15,95	16,25	17,08	17,41	16,57	15,36	14,27	16,09
70º	14,47	15,39	16,35	16,13	15,29	14,70	15,05	16,04	16,72	16,16	15,06	14,26	15,47
75º	14,32	15,06	15,73	15,15	14,09	13,37	13,77	14,97	15,94	15,72	14,86	14,16	14,76
80º	14,08	14,63	15,01	14,10	12,82	11,98	12,42	13,82	15,07	15,18	14,56	13,97	13,96
85º	13,74	14,11	14,21	13,00	11,48	10,60	11,01	12,59	14,10	14,54	14,17	13,68	13,10
90º	13,32	13,53	13,37	11,83	10,12	9,27	9,69	11,30	13,06	13,82	13,68	13,30	12,18

Taula 98: Radiació solar global diària sobre superfícies inclinades (MJ/m2·dia)

La intensitat incident sobre la superfície de captació, va variant conforme avança el dia. Es treballa doncs, com una intensitat mitja que serà el quocient entre la energia útil incident al llarg del dia, i el temps útil del dia que és el temps que el sol està sobre l'horitzó. En la següent taula trobem les hores de llum solar que incideixen en el territori català.

Mes	Gen.	Feb.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Des.
Hores sol [h]	7,5	8	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9	9	8	7

Taula 99: Hores de llum solar a Catalunya

6.2.2.4. Estudi de la cobertura solar anual. Mètode F-chard

Fent els càlculs seguint els processos descrits anteriorment detallats en els fonaments de càlculs, s'obtindrà la fracció de la càrrega calorífica mensual aportada pel sistema d'energia solar.

Es realitzarà el càlcul per a la demanda d'ACS, amb els requisits del CTE DB HE 4, amb una superfície de captació de 6,69 m2 (3 captadors), i un volum d'acumulació de 400 litres.

Càlcul del paràmetre D1:

Mes	Sc	Fr'(τα)	R1	N	Ea (KJ)	QACS(kJ)	D1
Gener	6,69	0,6612	14.110	31	1934851,64	2989954,836	0,64711735
Febrer	6,69	0,6612	15720	28	1947016,07	2745257,218	0,70922901
Març	6,69	0,6612	17810	31	2442218,83	2823846,234	0,86485546
Abril	6,69	0,6612	19090	30	2533297,22	2625587,58	0,96484963
Maig	6,69	0,6612	19390	31	2658878,34	2657737,632	1,0004292
Juny	6,69	0,6612	19320	30	2563818,87	2518420,74	1,01802643
Juliol	6,69	0,6612	19470	31	2669848,44	2546998,564	1,04823319
Agost	6,69	0,6612	19600	30	2600975,66	2602368,098	0,99946494
Setembre	6,69	0,6612	18810	31	2579345,10	2572004,16	1,00285417
Octubre	6,69	0,6612	16900	30	2242678,00	2713107,166	0,8266087
Novembre	6,69	0,6612	14880	31	2040438,87	2732754,42	0,74666017
Desembre	6,69	0,6612	13710	30	1819355,94	2989954,836	0,60848944
ANUAL	6,69	0,6612	17410	365	28109336,74	32517991,48	0,86442414

Taula 100: Càlcul paràmetre D1.

Càlcul del paràmetre D2:

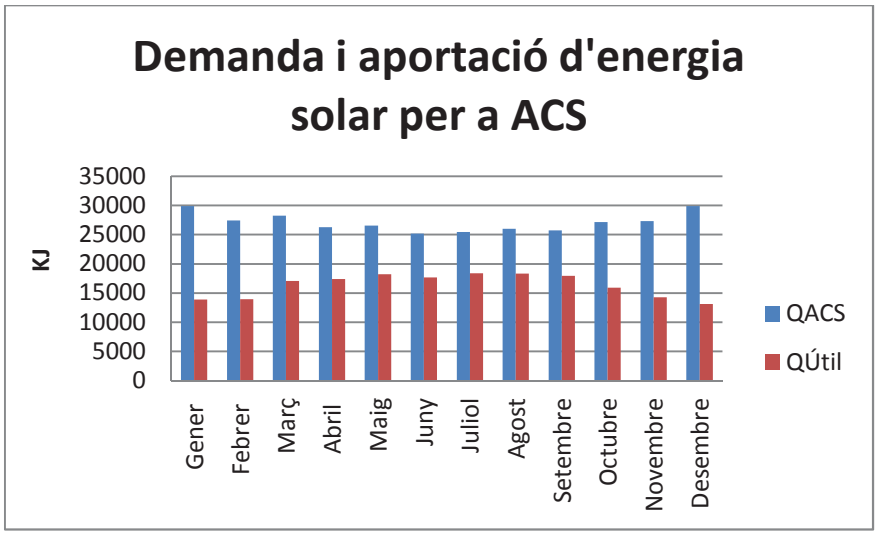
Mes	Sc (m2)	Fr'UL	Ta (ºC)	Δt(s)	K1	K2	Ep (KJ)	D2
Gener	6,69	0,00328	10,5	2678400	1,0583	0,9073	5050520,28	1,68916273
Febrer	6,69	0,00328	10,9	2419200	1,0583	0,9442	4726478	1,72168858
Març	6,69	0,00328	13,5	2678400	1,0583	0,9921	5337877,47	1,89028617
Abril	6,69	0,00328	16,9	2592000	1,0583	1,0307	5155575,6	1,96358927
Maig	6,69	0,00328	19,6	2678400	1,0583	1,0354	5177902,86	1,94823703
Juny	6,69	0,00328	23,8	2592000	1,0583	1,0153	4656703,29	1,84905692
Juliol	6,69	0,00328	26,8	2678400	1,0583	1,0145	4619111,31	1,81355081
Agost	6,69	0,00328	27,1	2592000	1,0583	0,9562	4195872,41	1,61232856
Setembre	6,69	0,00328	24,3	2678400	1,0583	0,9557	4499690,14	1,74948789
Octubre	6,69	0,00328	20	2592000	1,0583	0,9808	4722673,86	1,74068828
Novembre	6,69	0,00328	14,3	2678400	1,0583	0,9797	5222437,01	1,91105244
Desembre	6,69	0,00328	10,7	2592000	1,0583	0,9041	4859671,13	1,62533262
ANUAL	6,69	0,00328	18,18	31536000	1,0583	0,9752	58431303,4	1,79689153

Taula 101: Càlcul paràmetre D2.

Un cop coneguts els paràmetres D1 i D2, ja podem calcular la cobertura solar mensual:

Mes	f	f(%)	QACS(kJ)	QÚtil(kJ)
Gener	0,46445	46,45	2989954,84	1388696,12
Febrer	0,50766	50,77	2745257,22	1393646,58
Març	0,60415	60,42	2823846,23	1706037,06
Abril	0,66337	66,34	2625587,58	1741735,33
Maig	0,68596	68,60	2657737,63	1823090,31
Juny	0,70229	70,23	2518420,74	1768651,48
Juliol	0,72223	72,22	2546998,56	1839520,2
Agost	0,70505	70,51	2602368,1	1834812,55
Setembre	0,69901	69,90	2572004,16	1797865,85
Octubre	0,58763	58,76	2713107,17	1594300,12
Novembre	0,52303	52,30	2732754,42	1429314,06
Desembre	0,43937	43,94	2989954,84	1313709,78

Taula 102: Cobertura solar mensual d'ACS



Gràfic 5: Demanda i aportació d'energia solar per a l'obtenció d'ACS.

La instal·lació tindrà una cobertura solar anual del 60,65%, amb una superfície de captació de 6,69 m2. Aquesta superfície equival a tres captadors, per tant compleix amb les especificacions del CTE en el DB HE 4 respecte a la contribució solar mínima i en les limitacions màximes de dimensionat, ja que en cap mes es sobrepassa el 110% de la demanda energètica i tampoc es sobrepassa el 100% en tres mesos.

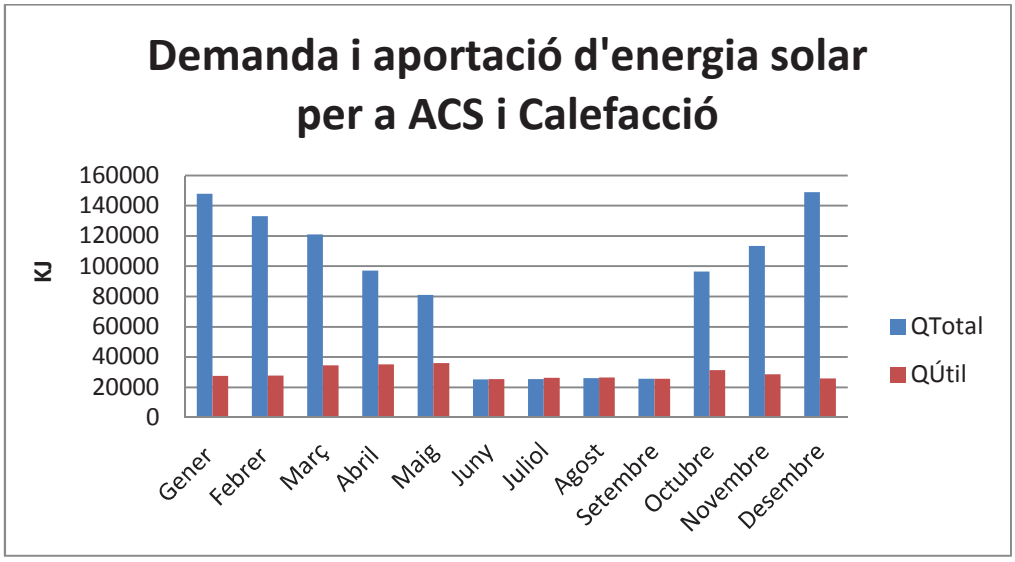
Aquest seria l'objectiu fixat per llei, però l'objecte d'aquest projecte és dissenyar una instal·lació que abasteixi el màxim consum d'ACS i cobreixi amb un valor òptim el sistema de calefacció. Tenint amb compte l'espai que tenim en la coberta, i les despeses econòmiques, es dimensiona la instal·lació per a que cobreixi tant el sistema d'obtenció d'ACS, com el sistema de calefacció.

Amb una superfície útil de captació de 11,15 m2, es a dir amb 5 captadors, i un volum d'acumulació de 2.000 l, seguint els passos detallats anteriorment, obtindrem una cobertura anual del 33,66 %. Aquesta es mostra en la taula 58, per al sistema de ACS i per al sistema de calefacció.

Mes	f	f(%)	QTotal(kJ)	QÚtil(kJ)
Gener	0,18649	18,65	14781274,2	2756539,72
Febrer	0,20898	20,90	13313240,2	2782186,24
Març	0,28501	28,50	12102541,7	3449299,36
Abril	0,36179	36,18	9712408,48	3513809,43
Maig	0,44334	44,33	8113006,85	3596845,66
Juny	1,00921	100,92	2518420,74	2541603,36
Juliol	1,03061	103,06	2546998,56	2624964,88
Agost	1,01368	101,37	2602368,1	2637958,53
Setembre	0,99957	99,96	2572004,16	2570903,05
Octubre	0,32492	32,49	9659277,75	3138515,03
Novembre	0,25142	25,14	11342235,4	2851715,95
Desembre	0,1741	17,41	14897755,3	2593660,34

Taula 103: Cobertura solar mensual per a ACS i Calefacció.

En la següent gràfica es mostra la cobertura anual mensual del sistema per a la demanda total del sistema d'ACS i Calefacció.



Gràfic 6: Demanda i aportació d'energia solar per a ACS i Calefacció.

Aquesta cobertura solar anual és acceptable, ja que per a instal·lacions tèrmiques solars per a l'obtenció d'ACS i calefacció, es sol obtindre una cobertura entre el 25 % i el 40 %.

6.2.2.5. Dimensionat dels circuits hidràulics de l' instal·lació d'energia solar tèrmica

6.2.2.5.1. Canonades

Els circuits primaris i secundaris estaran construïts amb canonades de coure. El disseny de la xarxa de canonades s'ha optimitzat per evitar al màxim la pèrdua tèrmica, buscant els traçats de menor longitud i limitant al màxim les pèrdues de carrega evitant colzes i accessoris innecessaris.

Els criteris principal que hem de seguir per a seleccionar el diàmetre de la canonada són els següents:

- **CRITERI DE VELOCITAT MÀXIMA :** La velocitat de pas ha de ser entre 0,5 m/s i 2 m/s si discorre per locals habitats , i com a màxim 3 m/s si és exterior o va per locals no habitats . Aquesta la calculem mitjançant la següent expressió:

- **CRITERI DE PÈRDUES DE CÀRREGA MÀXIMES** : Ha estar compresa entre 10 i 40 mm.ca/m lineal de canonada . S'utilitza la fórmula de Flamant per a tub llis de coure . En cas d'utilitzar barreja aigua glicol , multiplicar la pèrdua de càrrega obtinguda per 1,3.

El dimensionament de la xarxa de canonades del circuit primari es realitzarà tant per al retorn com per a la impulsió tenint-se en compte per als càlculs dels diàmetres de les conduccions les pèrdues de càrrega en tots els accessoris que componen el circuit .

El dimensionat s'ha realitzat igual que per a altres parts de la instal·lació , un full de càlcul que facilita notablement els càlculs. La metodologia i fórmules usades són :

Amb la fórmula de Darcy - Weissbach es pot calcular la pèrdua de càrrega en canonades. La pèrdua de càrrega unitària mai ha de ser més gran que 40 mmca :

$$\Delta h = L \times \frac{f}{D_{int}} \times \frac{V^2}{2 \times g}$$

On:

- $\Delta \boldsymbol{h}$: pèrdua de càrrega (m.c.a) .
- $\boldsymbol{L}$: longitud de la canonada (m) .
- $\boldsymbol{f}$: factor de fricció .
- V : velocitat del fluid (m / s) .
- $\boldsymbol{D}$int : diàmetre interior (m) .
- $\boldsymbol{g}$: acceleració de la gravetat (9,81 m / s2)

Per trobar el factor de fricció " f " hem d'utilitzar el nombre de Reynolds , que es defineix mitjançant la següent expressió :

$$Re = \frac{V \times D_{int}}{v}$$

On:

- Re : nombre de Reynolds .
- V : velocitat del fluid (m / s) .
- Dint : diàmetre interior (m) .
- v: viscositat cinemàtica del fluid ($1.15 \cdot 10^{-6}$m/s²)

Reynolds ens determinarà si el règim de circulació és laminar o turbulent i segons sigui el seu valor podem calcular el factor de fricció , f , amb una de les següents equacions :

$$0 < Re < 2500 \longrightarrow f = \frac{64}{Re}$$

$$4.000 < Re < 10^5 \longrightarrow f = \frac{0{,}316}{\sqrt[4]{Re}}$$

Finalment per poder calcular la pèrdua de càrrega , ens caldria conèixer la velocitat del fluid :

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D_{int}^2}$$

On:

Dint : diàmetre interior (m) .

Q : cabal de disseny (m³ / seg) .

V : Velocitat del fluid (m/s)

Com el criteri de velocitat màxima ens marca les velocitats màximes en cada circuit, podem deduir de l'expressió anterior:

$$D_{int} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

On:

Dint : diàmetre interior (m) .

Q : cabal de disseny (m³ / seg) .

V : Velocitat del fluid (m/s)

Com sabem el cabal que circula pel circuit primari, i marquem una velocitat màxima del fluid en aquest de 3 m/s (ja que circula per l'exterior i en locals no habitats), podem trobar el diàmetre de la canonada del circuit primari.

Per a fer-ho fa falta prèviament calcular el cabal que hi circularà. El fabricant dels captadors ens diu que per ells ha de circular un cabal de 50 L/h per m2, i sabem que tenim una superfície útil de captació de 11,15 m2, per el que haurem de fer circular un cabal pel circuit primari d' aproximadament 557,5 L/h, es a dir 1,55× $10-4$ m³/s.

Aplicant l'expressió anterior:

$$D_{int} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} = \sqrt{\frac{4 \times 1{,}55 \times 10^{-4}}{\pi \times 3}} = 0{,}008\, m = 8{,}1\, mm$$

Com es pot veure, el diàmetre interior mínim de la canonada ha de ser de 8,1 mm, per tant la canonada de coure normalitzada immediatament superior que compleix amb aquest diàmetre interior és de 12 mm de diàmetre exterior i 10 mm de diàmetre interior. Tot i això elegirem un diàmetre major ja que així reduïm la velocitat del fluid i també el soroll.

La canonada elegida per al circuit primari és de 22 mm de diàmetre exterior i 20 mm de diàmetre interior. Aquesta tal com marquen les taules mostrades en la memòria, tindrà un espessor de 35 mm de gruix d'aïllament en trams exteriors i 25 mm de gruix d'aïllament en trams interiors. Amb aquest diàmetre tenim una velocitat del fluid de 0,5 m/s. La connexió amb el bescanviador de plaques del circuit primari es farà mitjançant accessoris de reducció de diàmetre roscats de 32 mm (1'') a 22 mm, i la connexió al camp de captadors, es farà amb accessoris de reducció de diàmetre roscats de 22mm a 18 mm, tots els accessoris seran de coure.

Un cop decidit el diàmetre de la canonada del circuit primari hem de considerar a veure si compleix amb la norma de la màxima pèrdua de càrrega per metre lineal. Aquesta ha d'estar compresa entre 10 mm.c.a. i 40 mm.c.a.. Per fer-ho utilitzem l'expressió següent:

$$\Delta h = L \times \frac{f}{D_{int}} \times \frac{V^2}{2 \times g}$$

On:

$$Re = \frac{V \times D_{int}}{v} = \frac{0{,}5 \times 0{,}02}{1{,}15 \times 10^{-6}} = 8695{,}65$$

Per tant f és:

$$f = \frac{0{,}316}{\sqrt[4]{Re}} = \frac{0{,}316}{\sqrt[4]{8695{,}65}} = 3{,}27 \times 10^{-2}$$

I la pèrdua de càrrega per metre lineal és :

$$\Delta h = L \times \frac{f}{D_{int}} \times \frac{V^2}{2 \times g} = 1 \times \frac{3{,}27 \times 10^{-2}}{0{,}02} \times \frac{0{,}5^2}{2 \times 9{,}81} = 2{,}08\ \times 10^{-2} m.c.a = 20{,}84\, mm.c.a$$

Per tant podem veure que aquest diàmetre compleix també a la màxima pèrdua de càrrega ja que queda comprés entre 10 mm.c.a. i 40 mm.c.a..

Tram	Longitud (m)	Dint canonada calculat (mm)	D.int. canonada normalitzat (mm)	D.ext. canonada normalitzat (mm)	Q (m3/s)	Pèrdua de càrrega per metre (mm.c.a)	Velocitat del fluid(m/s)
C. primari	17	8,1	20	22	$1{,}55 \times 10^{-4}$	20,84	0,5

Taula 104: Resultats dels càlculs de canonades del circuit primari

Per al càlcul de les canonades del circuït secundari, es realitzarà el mateix procediment. En aquest circuit tindrem dues parts diferenciades, el circuit secundari d'acumulació (el tram del circuit secundari que connecta el intercanviador de calor del circuit primari amb el dipòsit acumulador), i el circuit secundari de distribució (el tram que surt del dipòsit acumulador i distribueix l'energia fins a cada habitatge).

Per al tram del circuit secundari d'acumulació, i prenent com a caudal el caudal que circula pel circuit primari (el caudal en el secundari), juntament amb una velocitat màxima de 3 m/s (ja que està situat en un local no habitable), obtenim els següents resultats:

Tram	Longitud (m)	Dint canonada calculat (mm)	D.int. canonada normalitzat (mm)	D.ext. canonada normalitzat (mm)	Q (m3/s)	Pèrdua de càrrega per metre (mm.c.a)	Velocitat del fluid(m/s)
C. secundari d'acumulació	3	8,1	20	22	$1{,}55 \times 10^{-4}$	29,43	0,5

Taula 105: Resultats dels càlculs de canonades del circuit secundari d'acumulació

Per al tram del circuit secundari de distribució, trobem diferents trams de canonades amb diferents diàmetres, ja que hi ha punts de consum al llarg de tot el recorregut i per tant aquests diàmetres han de variar per a garantir una velocitat mínima i màxima (entre 0,5 i 2 m/s).

Els diferents trams es mostren en la figura següent:

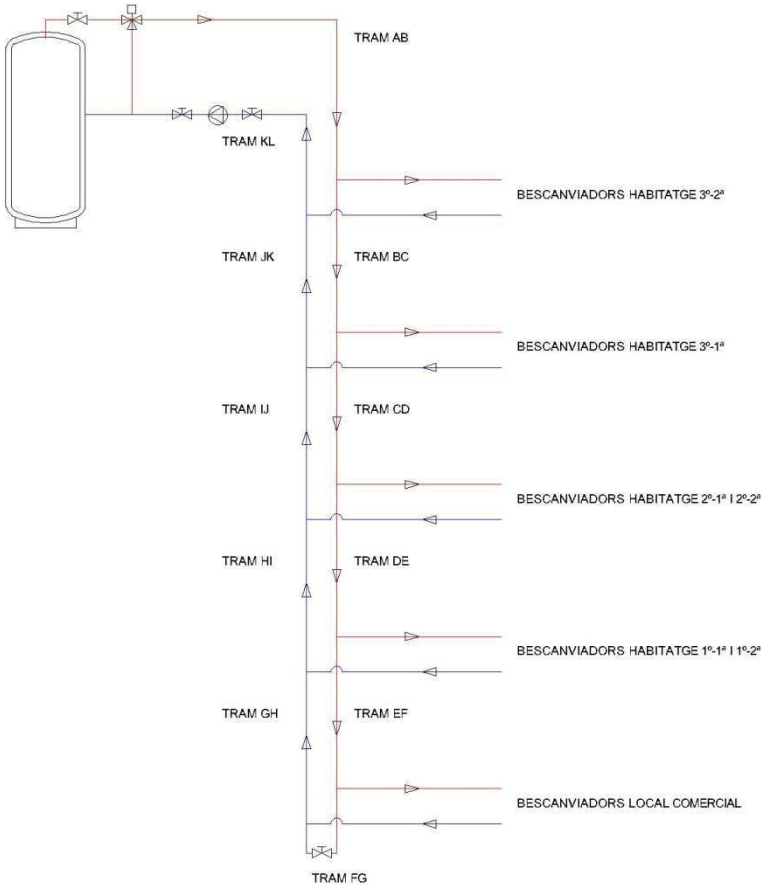


Figura 25: Esquema dels trams de canonada amb diferents diàmetres del circuit secundari de distribució

El cabal que circula pel circuit secundari de distribució serà variable, els valors d'aquest cabal anirà del mateix que en el circuit secundari d'acumulació, fins tres vegades aquest. Un cop sabem el cabal del circuït hem de conèixer les necessitats d'abastiment en cadascun del punts de consum, es a dir en cada intercanviador (tant per a ACS com per a calefacció). Com es tracta d'un circuit amb retorn normal, fixarem una pèrdua del cabal del 15% en cadascuna de les vivendes, i un 10 % en el local comercial, ja que aquest últim no disposa de suport per a calefacció.

Ara calculem els trams restants amb el mateix procediment, aquests resultats es mostren en la taula següent:

Tram	Longitud (m)	Dint canonada calculat (mm)	D.int. canonada normalitzat (mm)	D.ext. canonada normalitzat (mm)	Q (m3/s)	Pèrdua de càrrega per metre (mm.c.a)	Velocitat del fluid(m/s)
AB	2	10,3	26	28	$4{,}6\times 10^{-4}$	18,35	0.93
BC	2,75	9,15	20	22	$3{,}91\times 10^{-4}$	25,67	1,37
CD	2,75	8,44	20	22	$3{,}22\times 10^{-4}$	25,67	1,37
DE	2,75	7,06	16	18	$1{,}84\times 10^{-4}$	37,42	1,96
EF	2,75	5,91	16	18	$1{,}3\times 10^{-4}$	37,42	1,96
FG	2	5,91	16	18	$1{,}15\times 10^{-4}$	37,42	1,96
GH	2,75	7,06	16	18	$1{,}3\times 10^{-4}$	37,42	1,96
HI	2,75	8,44	20	22	$1{,}84\times 10^{-4}$	25,67	1,37
IJ	2,75	9,15	20	22	$3{,}22\times 10^{-4}$	25,67	1,37
JK	2,75	9,93	20	22	$3{,}91\times 10^{-4}$	25,67	1,37
KL	2	10,3	26	28	$4{,}6\times 10^{-4}$	18,35	0.93
Derivació habitatge individual	10	10,2	16	18	$2{,}3\times 10^{-4}$	28,6	1,87
Derivació doble habitatge	10	12	20	22	$4{,}6\times 10^{-4}$	25,67	1,37
Derivació Local comercial	5	8,56	12	14	$1{,}15\times 10^{-4}$	32,78	1,46

Taula 106: Resultats dels càlculs de canonades del circuit secundari de distribució

Per estudiar les pèrdues accidentals provocades en colzes, vàlvules i accessoris, utilitzarem el mètode de Longitud Equivalent, suposarem un increment del 30 % en la longitud de la canonada. Aquest mètode consisteix a substituir el conjunt d'accessoris per una longitud equivalent de canonada que origini per fregament aproximadament la mateixa pèrdua.

6.2.2.5.2. Bombes de circulació

Per al dimensionament de les bombes de circulació cal saber :

- El cabal
- Pèrdua de càrrega en la instal·lació

La bomba adequada s'obté buscant el punt de funcionament del sistema en el gràfic de la corba característica donada pel fabricant. Així es podrà comprovar si el sistema funcionarà correctament o si serà necessari instal·lar una vàlvula per equilibrar el grup .

Per al circuit primari de la instal·lació, corresponent al circuit solar els valors de cabal i pèrdues de càrrega són :

- Cabal : Q = 557,5 l / h = 0.155 l / s = 0,5575 m3/h
- Pèrdua de càrrega :

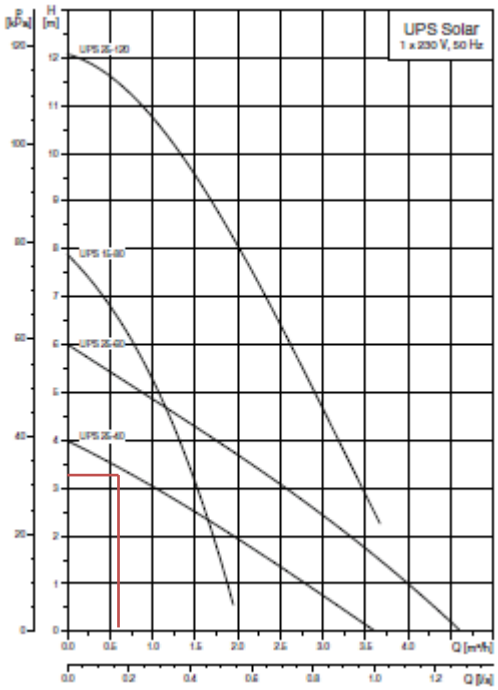
Aquesta s'ha calculat multiplicant la longitud de canonada del circuit primari per la pèrdua de càrrega lineal d'aquesta, més la pèrdua de càrrega originada en els captadors solars, en el bescanviador de calor i en el vas d'expansió.

La pèrdua de càrrega total en el circuit primari és:

$$\Delta h = \Delta h_{canonada} + \Delta h_{captadors} + \Delta h_{bescanviador} + \Delta h_{accessòris}$$

$$\Delta h = 20{,}84 \times 17 + 3{,}46 \times 11{,}15 + 2.550 + 20{,}84 \times 17 \times 0{,}3 = 3.049{,}14\ mm.c.a = 3{,}05\ m.c.a$$

Per aquestes dades de cabal i pèrdua de càrrega s'ha seleccionat el grup de bombament de la casa GRUNFOS , model UPS 25-40 N, el qual la corba característica de la bomba és la que es mostra a continuació :



Imatge 26: Corba característica de la bomba Grunfos UPS 25-40 N

Per a la bomba del circuit secundari d'acumulació, trobem que:

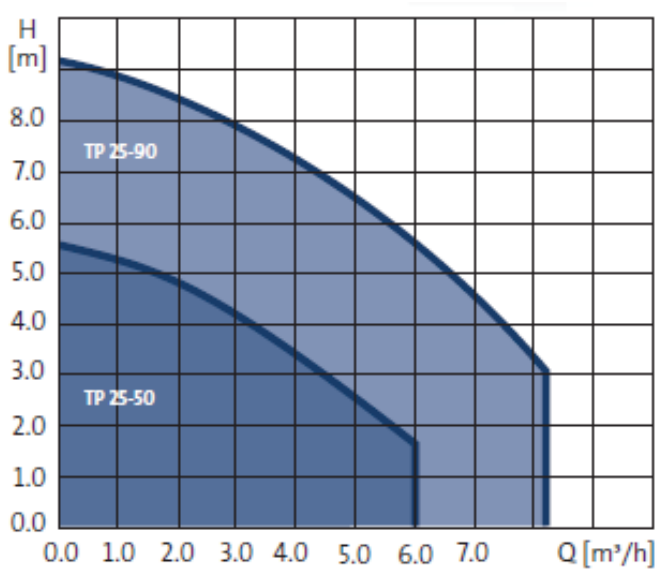
- Cabal = 0,5575 m3/h
- Pèrdua de càrrega = 6,8 m.c.a

Aquesta s'ha calculat multiplicant la longitud de canonada del circuit secundari d'acumulació per la pèrdua de càrrega lineal d'aquesta, més la pèrdua de càrrega originada en l' intercanviador del circuït primari, més la pèrdua de càrrega en l'acumulador.

La pèrdua de càrrega total en el circuit secundar d'acumulació és:

$$\Delta h = \Delta h_{canonada} + \Delta h_{acumulador} + \Delta h_{bescanviador} + \Delta h_{accessòris}$$

Per aquestes dades de cabal i pèrdua de càrrega s'ha seleccionat el grup de bombament de la casa GRUNFOS , model TP 25-90, el qual la corba característica de la bomba és la que es mostra a continuació :



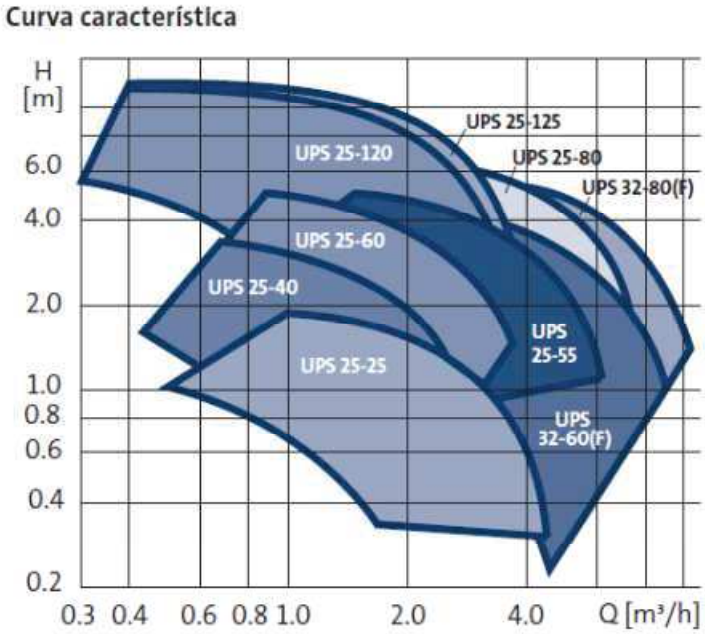
Imatge 27: Corba característica de la bomba Grunfos TP 25-90

Per a la bomba del circuit secundari de distribució, trobem que:

- Cabal = variable de 0,557 m3/h a 1,671 m3/h
- Pèrdua de càrrega = 8.6 m.c.a

Aquesta s'ha calculat multiplicant la longitud de cada tram de canonada del circuit secundari de distribució per la pèrdua de càrrega lineal d'aquesta, més la pèrdua de càrrega originada en el bescanviador del circuït secundari, més la pèrdua de càrrega en l'acumulador.

Per aquestes dades de cabal i pèrdua de càrrega s'ha seleccionat el grup de bombament de la casa GRUNFOS , model UPS 25-25, el qual la corba característica de la bomba és la que es mostra a continuació :



Imatge 28: Corba característica de la bomba Grunfos UPS 25-120

6.2.2.5.3. Vas d'expansió

El RITE en la seva IT 1.3.4.2.4 especifica que és vàlid el dimensionat del sistema d'expansió seguint els criteris indicats en el capítol 9 de la norma UNE 100155 .

Primer hem de trobar el coeficient d'expansió del líquid caloportador, en aquest cas es tracta d'una dissolució d'aigua amb un 40% de glicol.

El coeficient d'expansió de l'aigua entre la temperatura de 4ºC, a la que correspon el volum específic mínim, i la temperatura màxima de funcionament del sistema pot expressar-se mitjançant la següent relació (vàlida fins a 210ºC):

$$C_e = \frac{1.000}{f(t)} - 1$$

On:

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

Aquesta f (t) és funció de la temperatura amb un error percentil màxim inferior al 1%.

No obstant això, al augmentar la temperatura l'augment de volum de l'aigua s'acompanya a un augment de volum disponible, degut a la dilatació simultània dels components del circuït (canonades, generadors, unitats terminals, etc). Per a tenir en compte aquest fet, la variació neta del volum d'aigua que ha de ser absorbit pel sistema d'expansió pot expressar-se mitjançant les següents equacions:

Una altra fórmula, vàlida entre les temperatures de 30ºC i 120ºC, ambdues incloses, que es pot utilitzar és:

$$C_e = (-2708{,}3 + 102{,}13 \times t + 3{,}24 \times t^2) \times 10^{-6}$$

Quan el fluid caloportador sigui una solució de glicol etilènic en aigua, el coeficient d'expansió Ce ha de multiplicar-se pel següent factor de correcció:

$$f_c = a(1{,}8t + 32)^b$$

Essent:

$a = -0{,}0134 \times (G^2 - 143{,}8 \times G + 1918{,}2)$
$b = 3{,}5 \times 10^{-4} \times (G^2 - 94{,}57 \times G + 500)$

Vàlid per a un contingut de glicol etilènic (G) entre el 20% i el 50% en volum i per a temperatures de 65ºC fins a 115ºC.

El coeficient d'expansió es sempre positiu i menor que la unitat, i representa la relació entre el volum útil del vas d'expansió, que ha de ser igual al volum de fluid expansionat, i el volum de fluid contingut en la instal·lació:

$$C_e = \frac{V_u}{V}$$

On:

Ce = Coeficient d'expansió
V_u = Volum útil del vas d'expansió (l)
V = Volum total d'aigua del ciruit (l)

El coeficient de pressió per al càlcul del volum total dels vasos d'expansió tancats sense tràfec de fluid a l'exterior del sistema es troba partint de l'equació d'estat per a gasos perfectes, considerant que la variació de volum tingui lloc a temperatura constant (llei de Boyle i Mariotte).

Aquest coeficient, positiu i major que la unitat, representa la relació entre el volum total i el volum útil del vas d'expansió:

$$C_p = \frac{V_t}{V_u}$$

On:

Cp = Coeficient de pressió
Vt = Volum total del vas d'expansió (l).
Vu = Volum útil del vas d'expansió (l).

Escrivint dues vegades l'equació d'estat, amb aigua als nivell mínims i màxims respectivament, s'obté, després de simplificar, per al cas de vas d'expansió amb diafragma:

$$C_p = \frac{P_m}{P_M - P_m}$$

Essent:

Pm = pressió mínima en el vas (bar).
PM = pressió màxima en el vas (bar).

Per a un vas d'expansió per a un circuit tancat amb un gas pressuritzat, el volum total del vas s'ha de calcular mitjançant l'expressió següent:

$$V_t = V \times C_e \times C_p$$

La pressió mínima de funcionament en el vas d'expansió s'ha d'escollir de manera que, en qualsevol punt del circuït i en qualsevol règim de funcionament de la/les bomba/es de circulació, la pressió existent sigui major que la pressió atmosfèrica o la tensió de saturació del vapor d'aigua a la màxima temperatura de funcionament, la major de les dues.

En particular, la pressió mínima en el vas ha de ser tal que s'evitin fenòmens de cavitació en l'aspiració de la/les bomba/es. En qualsevol cas, ha de prendre's un marge de seguretat, tant major com més elevada sigui la

temperatura de funcionament, amb un mínim de 0,2 bar per a sistemes amb temperatures menors que 90ºC i de 0,5 bar per a sistemes a temperatures majors.

La pressió màxima de funcionament serà lleugerament menor que la pressió de la vàlvula de seguretat que, alhora, serà menor que la menor de les pressions màximes de treball, a la temperatura de funcionament, dels equips i aparells que formen part del circuït; s'ha d'escollir el menor entre aquests dos valors:

$$P_M = 0{,}9 \times P_{VS} + 1$$

$$P_M = P_{VS} + 0{,}65$$

On:

P_{VS} = pressió de la vàlvula de seguretat en bar.

Finalment, ja es poden establir les passes a seguir per al càlcul de vasos d'expansió per circuits tancats:

1. Es calcula el volum total d'aigua (o aigua amb additius) contingut en el circuït, utilitzant les dades subministrades pels fabricants.
2. Es determina la temperatura màxima de funcionament del sistema. En el cas dels circuïts d'aigua calenta o sobreescalfada, aquesta temperatura és igual a la temperatura d'impulsió.
3. Es calcula el coeficient d'expansió amb una de les equacions anteriors, segons quina sigui la temperatura màxima del sistema, tenint en compte el factor de correcció de la equació per a solucions d'aigua i glicol etilènic.
4. Es determinen les pressions de treball.
5. Es calcula el coeficient de pressió mitjançant l'equació.
6. Per últim es calcula el volum total del vas amb l'equació.

El volum total de fluid que tenim en cadascun dels circuïts és la suma del volum d'aigua de cada component d'aquest. Aquest volum de líquid serà la suma de:

- Per al circuit primari:

$$V_{c.\ primari} = V_{captadors} + V_{intercanbiadors} + V_{canonades}$$

El volum de líquid en els captadors i en els bescanviadors són dades subministrades pels corresponents fabricants:

- $V_{captadors} = 1{,}27\ l/Captador \times 5\ Captadors = 6{,}35\ l$
- $V_{intercanviador} = 1{,}5\ l$

El volum de líquid en l'interior de les canonades, el calculem multiplicant la longitud de la canonada per la seva secció interior. Aquesta formula és la següent:

$$V_{canonada} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L$$

On:

D = Diàmetre de la canonada (m)

L = Longitud de la canonada (m)

Per tant per a una canonada de diàmetre interior 16 mm, i una longitud de 17 m, tenim que:

$$V_{canonada} = \frac{\pi}{4} \times 0{,}02^2 \times 17 = 5{,}34\ \times 10^{-3} m^2 = 5{,}34\ litres$$

Per tant:

$$V_{c.\ primari} = 6{,}35 + 1{,}5 + 5{,}34 = 11{,}27\ litres \approx 13{,}2\ litres$$

A partir d'ara realitzarem els càlculs prenent com a dada V= 13,2 l per al circuït primari.

- Per al circuit secundari

$$V_{c.\ secundari} = V_{intercanviador(c.primari)} + V_{acumulació} + V_{canonades} + V_{intercanviadors\ (c.secundari\ ACS)} + V_{intercanviadors\ (c.secundari\ calefacció)}$$

El volum de líquid en els intercanviadors, l'acumulador, són dades subministrades pels corresponents fabricants:

- $V_{acumulació} = 2.000\,l$
- $V_{intercanviador(c.primari)} = 1{,}5\,l$
- $V_{intercanviadors\ (c.secundari\ ACS)} = 0{,}07\,l \times 13$ intercanviad?rs $= 0{,}49\,l$
- $V_{intercanviadors\ (c.secundari\ calefacció)} = 0{,}07\,l \times 2$ intercanviad?rs $= 0{,}42\,l$

El volum de líquid en l'interior de les canonades en el circuit secundari, el calculem multiplicant la longitud de la canonada per la seva secció interior. Com aquest sistema de distribució té diferents trams de canonades amb diferents diàmetres, la resultant serà un sumatori de la multiplicació de cada diàmetre amb la seva longitud pertinent. Aquesta formula és la següent:

$$V_{canonades} = \frac{\pi}{4} \times \Sigma(D_i^2 \times L_i)$$

On:

D_i= Diàmetre de la canonada pertinent a un tram (m)

L_i = Longitud de la canonada pertinent a un tram (m)

Per tant, tenim que:

$$V_{canonada} = \frac{\pi}{4} \times ((0{,}033^2 \times 4) + (0{,}033^2 \times 5{,}5) + (0{,}026^2 \times 5{,}5) + (0{,}02^2 \times 5{,}5) + (0{,}010^2 \times 5{,}5) + (0{,}013^2 \times 36) + (0{,}010^2 \times 5) = 3{,}42 \times 10^{-3} m^2 = 14{,}92 \times 10^{-3} m^2 = 14{,}92 \text{ litres}$$

El resultat és:

$$V_{c.\ secundari} = 2.000 + 0{,}49 + 1{,}5 + 0{,}42 + 14{,}92 = 2.017{,}33 \text{ litres} \approx 2.018 \text{ litres}$$

A partir d'ara realitzarem els càlculs prenent com a dada V= 2.018 l per al circuït secundari.

La temperatura màxima de funcionament del sistema primari, la determinen els panells solars i la bomba d'impulsió, en les especificacions tècniques d'ambdós elements especifica que la temperatura màxima és de 120ºC.

El coeficient d'expansió es calcula amb l'equació B4.4 i es corregeix mitjançant l'equació següent, en el cas del circuit primari ja que aquest fluid és una mescla d'aigua amb el 40% de glicol (utilitzant la temperatura màxima per al factor de correcció de 115ºC) obtenint:

$$f_c = a(1{,}8t + 32)^b = 29{,}93 \times (1{,}8 \times 115 + 32)^{-0{,}59} = 1{,}19$$

Essent:

$$a = -0{,}0134 \times (G^2 - 143{,}8 \times G + 1918{,}2) = -0{,}0134 \times (40^2 - 143{,}8 \times 40 + 1918{,}2) = 29{,}93$$
$$b = 3{,}5 \times 10^{-4} \times (G^2 - 94{,}57 \times G + 500) = 3{,}5 \times 10^{-4} \times (40^2 - 94{,}57 \times 40 + 500) = -0{,}59$$

Així doncs Ce del circuit primari serà:

$$C_{e\ c.primari} = [(-2708{,}3 + 102{,}13 \times t + 3{,}24 \times t^2) \times 10^{-6}] \times f_c$$
$$= [(-2708{,}3 + 102{,}13 \times 120 + 3{,}24 \times 120^2) \times 10^{-6}] \times 1{,}19 = 0{,}067$$

El Ce del circuit secundari el calculem directament amb la formula anterior:

$$C_{e\ c.secundari} = [(-2708{,}3 + 102{,}13 \times t + 3{,}24 \times t\text{^}2\ ) \times \ 〖10〗\ \text{^}(-6)\ ]$$
$$= [(-2708{,}3 + 102{,}13 \times 120 + 3{,}24 \times \ 〖120〗\ \text{^}2\ ) \times \ 〖10〗\ \text{^}(-6)\ ] = 0{,}056$$

Per al càlcul el coeficient de pressió s'utilitza la equació següent, aquest és igual als dos circuits ja que la pressió de disseny P_{VS} en ambdós circuits és la mateixa (6 bars).

$$C_p = \frac{P_m}{P_M - P_m} = \frac{6{,}4}{6{,}4 - 0{,}5} = 1{,}085$$

Essent PM el valor més petit de entre els següents resultats:

$$P_M = 0{,}9 \times P_{VS} + 1 = 0{,}9 \times 6 + 1 = 6{,}4 \text{ bars}$$

$$P_M = P_{VS} + 0{,}65 = 6 + 0{,}65 = 6{,}65 \text{ bars}$$

S'escull com a valor de la vàlvula de seguretat 6 bar per a protegir els elements del circuït hidràulic que suporten una pressió màxima de 10 bars. Aquesta elecció és deguda a la prova de resistència a pressió a la que s'ha de sotmetre al circuït; aquest ha de suportar durant una hora, una pressió 1,5 vegades el valor de la pressió màxima de servei sense que es produeixin danys permanents ni fugues en cap dels components del sistemes.

El volum del vas d'expansió (Vt) es calcula amb l'equació :

$$V_{tc.primari} = V_{c.primari} \times C_{e\ c.primari} \times C_p = 13{,}2 \times 0{,}067 \times 1{,}085 = 0{,}89 \text{ litres}$$

$$V_{tc.secundari} = V_{csecundari} \times C_{e\ c.secundari} \times C_p = 2.018 \times 0{,}056 \times 1{,}085 = 122{,}62 \text{ litres}$$

Per a finalitzar, s'ha de tenir en compte que el CTE estableix en el seu apartat 3.4.7.2.2 que s'ha de realitzar un dimensionat especial d'aquest element. A més de dimensionar-lo com és habitual en sistemes de calefacció tancats, el dipòsit d'expansió haurà de ser capaç de compensar el volum del mitjà de transferència de calor en tot el grup de captadors complet incloent totes les canonades de connexió entre captadors més un 10%. Així doncs:

$$V_{Tc.primari} = V_{tc.primari} \times 1{,}1 = 0{,}89 \times 1{,}1 = 0{,}98 \text{ litres}$$

$$V_{Tc.secundari} = V_{tc.secundari} \times 1{,}1 = 122{,}62 \times 1{,}1 = 134{,}89 \text{ litres} \approx 135 \text{ litres}$$

Tenint en compte els volums calculats, s'escull el model 5 AMR-E de la casa Salvador Escoda de 5 litres per al circuit primari, i el model 150 AMR-B90 de la casa Salvador Escoda de 150 litres per al circuit secundari. Aquests compleixen les especificacions de volum, temperatura màxima dels circuits.

6.2.2.5.4. Intercanviadors de calor

El CTE-HE4 estableix unes limitacions en la potència i la superfície dels bescanviadors.

$$P \geq 500 \times A$$

On:

P = Potència mínima del intercanviador, en W
A = Area de captadors, en m2

Per tant tenim que :

$$P_{min} = 500 \times A = 500 \ \times 11{,}15 = 5.575\, w = 4.794 kcal$$

També podem trobar el cabal recomanat que circularà pel circuit primari, aquest ve donat pel fabricant dels captadors solars.

$$Q_{recom.} = 50 \frac{l}{h\, m^2} \times A(m^2) = 50 \times 11{,}15 = 557{,}5\ litres/h$$

Un cop vist la potència mínima del intercanviador, i el cabal que ha de circular pel circuït primari, es pot escollir el intercanviador de plaques per al circuït primari. S'ha escollit el model MS IP 602 de 26 plaques. La taula següent ens mostra les característiques d'aquest intercanviador de plaques.

Model	MS IP 602
Número de plaques	26
Caudal primari (l/h)	2.900
Caudal secundari (l/h)	1.405
Pèrdua de càrrega en primari (c.m.a)	2,55
Pèrdua de càrrega en secundari (c.m.a)	0,83
P(kW)	65
Pressió màxima (bars)	30
Pes (kg)	5,3
Connexions roscades	1'' = 32 mm

Taula 107: Característiques intercanviador de plaques del circuit primari

S'ha escollit l' intercanviador de la casa Sumsol, model MS-IP 601 per a l'obtenció d'ACS en les vivendes i el local comercial. Per al sistema de calefacció, s'escull el mateix model ja que presenta unes característiques de potència, dimensions i salt tèrmic molt adequat per a aquests fins. Les característiques d'aquests intercanviadors són les que es mostren en la taula següent:

Model	MS IP 601
Número de plaques	14
Caudal primari (l/h)	1.338
Caudal secundari (l/h)	648
Pèrdua de càrrega en primari (c.m.a)	1,99
Pèrdua de càrrega en secundari (c.m.a)	0,72
P(kW)	30
Pressió màxima (bars)	30
Pes (kg)	1,5
Connexions roscades	3/4'' = 25 mm

Taula 108: Característiques intercanviadors interiors

7. Pressupost

Per a la realització del pressupost s'ha utilitzat la base de dades ITeC (Institud Tecnològic de la Construcció, que classifica els materials i les feines a fer per cadascuna de les partides. Aquesta base de dades proporciona preus per unitat, es a dir no inclou amidaments.

En el pressupost separem les instal·lacions, per una part farem l'estudi econòmic de la instal·lació elèctrica de baixa tensió, i per altra la instal·lació d'energia solar tèrmica. Finalment es mostrarà una taula resum on s'inclouran ambdues instal·lacions, i on s'obtindrà un preu total de l'activitat realitzada en aquest projecte.

7.1. Pressupost instal·lació elèctrica de baixa tensió

En la taula següent trobem totes les parts de la instal·lació, amb les seves respectives partides. Al finalitzar les partides de cada part de la instal·lació, es farà un sumatori del cost de totes les partides que pertanyin a aquesta obtenint el cost total de cadascuna de les parts de la instal·lació de l'edifici. Finalment es realitzarà un sumatori total d'aquestes per tenir el resultat del pressupost total de la instal·lació.

Instal·lació Elèctrica de Baixa Tensió				
Escomesa				
Descripció	**Unitat**	**Preu unitari (€/U)**	**Quantitat**	**Preu total (€)**
Marc i porta metàl·lica amb pany. Amb grau de protecció IK 10 segons UNE-EM 50102. Protegit contra la corrosió i normalitzats per l'empresa subministradora.	U	110	1	110
Caixa General de Protecció, model CGP-9-160 BUC equipada amb borns de connexió, bases unipolars previstes per a allotjar fusibles de intensitat màxima de 160 A. Inclosos Fusibles de 160 A. Per a protecció de la línia general d'alimentació.	U	830	1	830
Caixa de seccionament amb especificació tècnica 6700034.	U	140	1	140
Tub de PVC llis, sèrie B (UNE-EN 1329-1) de diàmetre 160 mm.	m	10,5	2	21
Mà d'obra oficial de 1ª electricista	h	22	10	220
Mà d'obra d'ajudant electricista	h	16,5	10	165
			TOTAL	**1.486,00**
Línea General d'Alimentació				

Mòdul de borns de sortida i posada a terra, homologat per l'empresa subministradora. Inclòs carril, borns, cablejat i accessoris per a formar part de la centralització de comptadors.	U	81,14	1	81,14
Mà d'obra de tècnic electricista	h	22	12	264
Mà d'obra d'ajudant electricista	h	16,5	12	198
			TOTAL	**1.281,12**
Derivacions Individuals				
Descripció	**Unitat**	**Preu unitari (€/U)**	**Quantitat**	**Preu total (€)**
Tub protector de polietilè de alta densitat, corrugat amb paret interior llisa per a canalització sobre falç sostre, de diàmetre 32 mm. Conforme a la norma UNE-EN 50086-2-4.	m	0,7	5	3,5
Tub protector de polietilè de alta densitat, corrugat amb paret interior llisa per a canalització sobre falç sostre, de diàmetre 40 mm. Conforme a la norma UNE-EN 50086-2-4.	m	0,7	85,7	59,99
Tub protector de polietilè de alta densitat, corrugat amb paret interior llisa per a canalització sobre falç sostre, de diàmetre 50 mm. Conforme a la norma UNE-EN 50086-2-4.	m	1,12	29	32,48
Cable unipolar ES07Z1-K(AS) , no propagador de foc, amb conductor de coure de secció 6 mm2 amb aïllament de polietilè reticulat i coberta de compost termoplàstic amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1), de tensió assignada 450/750 V. Segons UNE 21123-4.	m	1,6	24	38,4
Cable unipolar ES07Z1-K(AS) , no propagador de foc, amb conductor de coure de secció 16 mm2 amb aïllament de polietilè reticulat i coberta de compost termoplàstic amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1), de tensió assignada 450/750 V. Segons UNE 21123-4.	m	1,85	171,4	317,09
Cable unipolar ES07Z1-K(AS) , no propagador de foc, amb conductor de coure de secció 25 mm2 amb aïllament de polietilè reticulat i coberta de compost termoplàstic amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1), de tensió assignada 450/750 V. Segons UNE 21123-4.	m	3,83	58	222,14
Cable unipolar ES07Z1-K(AS) , no propagador de foc, amb conductor de coure de secció 16 mm2 amb aïllament de polietilè reticulat i coberta de compost termoplàstic amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1), de tensió assignada 450/750 V. Segons UNE 21123-4. Per a presses de terra (color Verd i Groc)	m	1,85	114,7	212,195
Cable unipolar ES07Z1-K(AS) , no propagador de foc, amb conductor de coure de secció 6 mm2 amb aïllament de polietilè reticulat i coberta de compost termoplàstic amb baixa emissió de fums i gasos corrosius (Z1), de tensió assignada 450/750 V. Segons UNE 21123-4.Per a presses de terra (color Verd i Groc)	m	1,6	5	8
Cable unipolar amb conductor de coure de secció 1,5 mm2 per a cable de comandament, de color roig (tarifa nocturna)	m	0,13	119,7	15,561
Mà d'obra oficial de 1ª electricista	h	22	22	484

Mà d'obra d'ajudant electricista	h	16,5	22	363
			TOTAL	**1.756,35**
Serveis Generals d'escala				
Descripció	**Unitat**	**Preu unitari (€/U)**	**Quantitat**	**Preu total (€)**
Caixa empotrable amb tapa opaca per al allotjament del interruptor de control de potència (ICP) en compartiment independent i precintable, i dels interruptors de protecció de la instal·lació, 1 fila de 4 mòduls (ICP) + 2 fileres de 24 mòduls. Fabricada en ABS auto extinguible amb grau de protecció IP40, color blanc. Segons UNE-EN 60670-1.	U	35	1	35
Caixa empotrable superficial amb tapa opaca per al allotjament del interruptor de control de potència (ICP) en compartiment independent i precintable, per a 20 elements. Fabricada en ABS auto extinguible amb grau de protecció IP40, color blanc. Segons UNE-EN 60670-1.	U	25	2	50
Caixa d'empalmaments universal amb orificis per els 4 costats de dimensions 105 x 165 mm	U	1,22	8	9,76
Cable unipolar H07V-K (AS), no propagador de flama amb conductor de coure de secció 1,5 mm2 amb aïllament termoplàstic (Z1), amb tensió assignada de 450/750 V. Segons UNE 211002.	m	0,27	210,5	56,835
Cable unipolar H07V-K (AS), no propagador de flama amb conductor de coure de secció 2,5 mm2 amb aïllament termoplàstic (Z1), amb tensió assignada de 450/750 V. Segons UNE 211002.	m	0,46	182	83,72
Cable unipolar H07V-K (AS), no propagador de flama amb conductor de coure de secció 4 mm2 amb aïllament termoplàstic (Z1), amb tensió assignada de 450/750 V. Segons UNE 211002.	m	0,72	46	33,12
Tub flexible de PVC corrugat, per a canalització empotrada en obra de fàbrica, diàmetre 16 mm. Conforme les normes UNE-EN 50086-1, UNE-EN 50086-2-2 i UNE-EN 60423	m	0,2	105,25	21,05
Tub flexible de PVC corrugat, per a canalització empotrada en obra de fàbrica, diàmetre 20 mm. Conforme les normes UNE-EN 50086-1, UNE-EN 50086-2-2 i UNE-EN 60423	m	0,3	87	26,1
Tub flexible de PVC corrugat, per a canalització empotrada en obra de fàbrica, diàmetre 25 mm. Conforme les normes UNE-EN 50086-1, UNE-EN 50086-2-2 i UNE-EN 60423	m	0,44	6	2,64
Videoporter automàtic per instal·lar en façana dins marc estanc	U	350	1	350
Videoporter automàtic per instal·lar en vivendes	U	100	1	100
Polsador Simon 75 de 10 A, compren mecanisme, caixa d'empotrar, placa central i marc	U	18,55	8	148.4
Interruptor bipolar, gama bàsica amb tecla de color blanc amb marc embellidor.	U	9,52	3	28,56

Base endoll de 16 A 2p+T,gama bàsica de color blanc amb marc embellidor.	U	7,31	5	36,55
Temporitzador per línies d'il·luminació dels serveis generals	U	55	2	110
Lluminària d'emergència 8 W, d'emergència i senyalització tipus Argos C3 de Daisalux, amb autonomia mínima de 1 hora.	U	65,5	17	1113,5
lluminària amb làmpada TL-36 W per enllumenat de cambres tècniques	U	48	2	96
lluminària amb làmpada TL-15 W per enllumenat de permanent ascensor	U	25	4	100
lluminària amb làmpada Fugato Performance, per enllumenat de vestíbul	U	55	12	660
lluminària amb làmpada tipus aplic de Fugato Performance per enllumenat d'escales	U	40	8	320
Mà d'obra oficial de 1ª electricista	h	22	10	220
Mà d'obra d'ajudant electricista	h	16,5	10	165
			TOTAL	**1.268,27**
Local Comercial				
Descripció	**Unitat**	**Preu unitari (€/U)**	**Quantitat**	**Preu total (€)**
Caixa empotrable amb tapa opaca per al allotjament del interruptor de control de potència (ICP) en compartiment independent i precintable, i dels interruptors de protecció de la instal·lació, 1 fila de 4 mòduls (ICP) + 2 fileres de 24 mòduls. Fabricada en ABS autoextinguible amb grau de protecció IP40, color blanc. Segons UNE-EN 60670-1.	U	25,36	1	25,36
Interruptor general automàtic (IGA) de tall unipolar amb accionament manual, de 160 A de intensitat màxima i calibrat a 100A, de 16 kA de poder de tall, inclòs accessoris de muntatge.	U	121,53	1	121,53
Interruptor diferencial, 2P/63A/300mA inclòs accessoris de muntatge. Segons norma 61008-1	U	53,71	1	53,71
Interruptor diferencial, 2P/25A/30mA inclòs accessoris de muntatge. Segons norma 61008-1	U	55,17	1	55,17
Interruptor automàtic magneto tèrmic de 10 A de intensitat nominal, tipus PIA corba c, unipolar més neutre, de dos mòduls. Segons UNE-EN 60898-1	U	18,47	4	73,88
Interruptor automàtic magneto tèrmic de 16 A de intensitat nominal, tipus PIA corba c, unipolar més neutre, de dos mòduls. Segons UNE-EN 60898-1	U	19,8	4	79,2
Interruptor automàtic magneto tèrmic de 20 A de intensitat nominal, tipus PIA corba c, unipolar més neutre, de dos mòduls. Segons UNE-EN 60898-1	U	25	1	25

Interruptor automàtic magneto tèrmic de 63 A de intensitat nominal, tipus PIA corba c, unipolar més neutre, de dos mòduls. Segons UNE-EN 60898-1	U	56	1	56
Tub flexible de PVC corrugat, per a canalització empotrada en obra de fàbrica, diàmetre 16 mm. Conforme les normes UNE-EN 50086-1, UNE-EN 50086-2-2 i UNE-EN 60423	m	0,2	49	9,8
Tub flexible de PVC corrugat, per a canalització empotrada en obra de fàbrica, diàmetre 20 mm. Conforme les normes UNE-EN 50086-1, UNE-EN 50086-2-2 i UNE-EN 60423	m	0,3	32	9,6
Caixa d'empalmaments universal amb orificis per els 4 costats de dimensions 105 x 165 mm	U	1,22	3	3,66
Cable unipolar H07V-K (AS), no propagador de flama amb conductor de coure de secció 1,5 mm2 amb aïllament termoplàstic (Z1), amb tensió assignada de 450/750 V. Segons UNE 211002.	m	0,27	90	24,3
Cable unipolar H07V-K (AS), no propagador de flama amb conductor de coure de secció 2,5 mm2 amb aïllament termoplàstic (Z1), amb tensió assignada de 450/750 V. Segons UNE 211002.	m	0,46	56	25,76
Cable unipolar H07V-K (AS), no propagador de flama amb conductor de coure de secció 4 mm2 amb aïllament termoplàstic (Z1), amb tensió assignada de 450/750 V. Segons UNE 211002.	m	0,72	24	17,28
Interruptor monopolar, gama bàsica amb tecla de color blanc amb marc embellidor.	U	5,51	2	11,02
commutador gama bàsica amb tecla de color blanc amb marc embellidor.	U	5,52	2	11,04
Base endoll de 16 A 2p+T,gama bàsica de color blanc amb marc embellidor.	U	7,31	3	21,93
Lluminària d'emergència 8 W, d'emergència i senyalització tipus Argos C3 de Daisalux, amb autonomia mínima de 1 hora.	U	65,5	4	262
Lluminària tipus TL-36 W per enllumenat de la planta baixa i planta altell del local comercial	U	55	9	495
Lluminària amb làmpada TL-36 W per enllumenat de quadre local comercial	U	35	1	35
Mà d'obra oficial de 1ª electricista	h	22	25	550
Mà d'obra d'ajudant electricista	h	16,5	25	412,5
			TOTAL	**2.378,74**
Vivendes				

Descripció	Unitat	Preu unitari (€/U)	Quantitat	Preu total (€)
Caixa empotrable amb tapa opaca per al allotjament del interruptor de control de potència (ICP) en compartiment independent i precintable, i dels interruptors de protecció de la instal·lació, 1 fila de 4 mòduls (ICP) + 2 fileres de 24 mòduls. Fabricada en ABS autoextinguible amb grau de protecció IP40, color blanc. Segons UNE-EN 60670-1.	U	25,36	6	152,16
Interruptor general automàtic (IGA) de tall unipolar amb accionament manual, de 160 A de intensitat màxima i calibrat a 40 A, de 16 kA de poder de tall, inclòs accessoris de muntatge.	U	121,53	6	729,18
Interruptor diferencial, 2P/40A/30mA inclòs accessoris de muntatge. Segons norma 61008-1	U	55,17	12	662,04
Interruptor automàtic magneto tèrmic de 10 A de intensitat nominal, tipus PIA corba c, unipolar més neutre, de dos mòduls. Segons UNE-EN 60898-1	U	18,47	6	110,82
Interruptor automàtic magneto tèrmic de 16 A de intensitat nominal, tipus PIA corba c, unipolar més neutre, de dos mòduls. Segons UNE-EN 60898-1	U	18,47	12	221,64
Interruptor automàtic magneto tèrmic de 20 A de intensitat nominal, tipus PIA corba c, unipolar més neutre, de dos mòduls. Segons UNE-EN 60898-1	U	18,47	7	129,29
Interruptor automàtic magneto tèrmic de 25 A de intensitat nominal, tipus PIA corba c, unipolar més neutre, de dos mòduls. Segons UNE-EN 60898-1	U	21,47	14	300,58
Tub flexible de PVC corrugat, per a canalització empotrada en obra de fàbrica, diàmetre 16 mm. Conforme les normes UNE-EN 50086-1, UNE-EN 50086-2-2 i UNE-EN 60423	m	0,2	151	30,2
Tub flexible de PVC corrugat, per a canalització empotrada en obra de fàbrica, diàmetre 20 mm. Conforme les normes UNE-EN 50086-1, UNE-EN 50086-2-2 i UNE-EN 60423	m	0,4	263,5	105,4
Tub flexible de PVC corrugat, per a canalització empotrada en obra de fàbrica, diàmetre 25 mm. Conforme les normes UNE-EN 50086-1, UNE-EN 50086-2-2 i UNE-EN 60423	m	0,45	110	49,5
Caixa d'empalmaments universal amb orificis per els 4 costats de dimensions 105 x 165 mm	U	1,22	31	37,82
Caixa empotrable per a pressa de 25 A (especial per a cuines)	U	1,42	12	17,04
Cable unipolar H07V-K (AS), no propagador de flama amb conductor de coure de secció 1,5 mm2 amb aïllament termoplàstic (Z1), amb tensió assignada de 450/750 V. Segons UNE 211002.	m	0,27	270	72,9
Cable unipolar H07V-K (AS), no propagador de flama amb conductor de coure de secció 2,5 mm2 amb aïllament termoplàstic (Z1), amb tensió assignada de 450/750 V. Segons UNE 211002.	m	0,46	536,5	246,79

Cable unipolar H07V-K (AS), no propagador de flama amb conductor de coure de secció 4 mm2 amb aïllament termoplàstic (Z1), amb tensió assignada de 450/750 V. Segons UNE 211002.	m	0,73	42	30,66
Cable unipolar H07V-K (AS), no propagador de flama amb conductor de coure de secció 6 mm2 amb aïllament termoplàstic (Z1), amb tensió assignada de 450/750 V. Segons UNE 211002.	m	1,13	201	227,13
Cable unipolar H07V-K (AS), no propagador de flama amb conductor de coure de secció 1,5 mm2 DE PROTECCIÓ	m	0,27	135	36,45
Cable unipolar H07V-K (AS), no propagador de flama amb conductor de coure de secció 2,5 mm DE PROTECCIÓ	m	0,46	53	24,38
Cable unipolar H07V-K (AS), no propagador de flama amb conductor de coure de secció 6 mm2 DE PROTECCIÓ	m	1,13	103	116,39
Interruptor monopolar, gama bàsica amb tecla de color blanc amb marc embellidor.	U	5,51	20	110,2
commutador gama bàsica amb tecla de color blanc amb marc embellidor.	U	5,52	37	204,24
Base endoll de 16 A 2p+T,gama bàsica de color blanc amb marc embellidor.	U	7,31	166	1213,46
Base endoll de 25 A 2p+T,gama bàsica de color blanc amb marc embellidor.	U	13,57	6	81,42
Lluminària halògena 50 W per a instal·lar al menjador, bany, vestíbuls, passadís i dormitoris	U	39	80	3120
Lluminària halògena 50 W per a instal·lar al en cuines	U	45	12	540
Polsador Simon 75 de 10 A, compren mecanisme, caixa d'empotrar, placa central i marc per a timbre	U	18,55	6	111,3
Mà d'obra oficial de 1ª electricista	h	22	42	924
Mà d'obra d'ajudant electricista	h	16,5	42	693
			TOTAL	**10.297,99**
Instal·lació posada a Terra				
Descripció	**Unitat**	**Preu unitari (€/U)**	**Quantitat**	**Preu total (€)**
Pica de connexió a terra de coure de 14 mm de diàmetre i longitud 2 m.	m	75	6	450

Conductor de coure nuu de secció 35 mm2	m	8,2	30	246
Caixa de posta a terra	U	27,5	1	27,5
Mà d'obra oficial de 1ª electricista	h	22	5	110
Mà d'obra d'ajudant electricista	h	16,5	5	82,5
			TOTAL	**916,00**

TOTAL PRESSUPOST INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA				**20.226,82**

7.2. Pressupost instal·lació d'energia solar tèrmica

En la taula següent trobem totes les parts de la instal·lació, amb les seves respectives partides. Al finalitzar les partides de cada part de la instal·lació, es farà un sumatori del cost de totes les partides que pertanyin a aquesta obtenint el cost total de cadascuna de les parts de la instal·lació de l'edifici. Finalment es realitzarà un sumatori total d'aquestes per tenir el resultat del pressupost total de la instal·lació.

Instal·lació d'Energia Solar Tèrmica				
Circuit Primari				
Descripció	**Unitat**	**Preu unitari (€/U)**	**Quantitat**	**Preu total (€)**
Captador solar pla de la casa SumSol, model Maxol 2.51 TW	U	836	5	4180
Estructura de suport de la casa Sumsol per a una bateria de cinc captadors model Maxol 2.51 TW amb inclinació 50 ª.	U	123	5	615
Contrapès de formigó de 200 Kg per a ancoratge d'estructura de suport.	U	37,2	6	223,2
Canonada de coure de diàmetre exterior 22 mm i interior 20 mm amb unions roscades	m	4,35	17	73,95
Líquid caloportador d'aigua amb un 40 % de glicol marca Sonnenkraf model FS 10.	L	51	13,2	673,2

Accessoris canonada	U	4,3	10	43
Aïllant canonada esp. 35 mm	m	3,5	17	59,5
Vas d'expansió de 5 litres de capacitat tipus model 5 SMF de la casa Salvador Escoda	U	21	1	21
Bomba marca Grundfos, model UPS 25-40 N	U	130	1	130
Bescanviador de calor extern de plaques de la casa Sumsol model	U	495	1	495
Mà d'obra tècnic qualificat	h	25	12	300
Mà d'obra ajudant	h	16,5	12	198
			TOTAL	**7.011,85**
Circuit secundari				
Descripció	**Unitat**	**Preu unitari (€/U)**	**Quantitat**	**Preu total (€)**
Acumulador	U	3.598	1	3598
Canonada de coure de diàmetre interior 20 mm, i exterior 22 mm	m	4,35	3	13,05
Accessoris de canonada de coure	u	4,5	30	135
Aïllant canonada esp. 25 mm	m	3	50	150
Vas d'expansió model 220 SMR de la casa Salvador Escoda de 200 litres de capacitat.	U	477	1	477
Bomba marca Grundfos, model TP 25-90	U	150	1	300
Bomba marca Grundfos, model UPS 25-120	U	300	1	300
Bescanviador de calor extern de plaques de la casa Sumsol model	U	245	13	3185
Mà d'obra tècnic qualificat	h	25	30	750
Mà d'obra ajudant	h	16,5	30	495
			TOTAL	**9.403,05**
Sistema de control				
Descripció	**Unitat**	**Preu unitari (€/U)**	**Quantitat**	**Preu total (€)**
Unitat de control RESOL DeltaSol BX amb 25 sistemes basics + 5 sondes Pt 1000 + ranura SD. • Entrades: 5 sondes Pt1000, 1 ranura SD, 2 sensors Grunfos Direct y caudalímetre • Sortides: 4 relés (2 semicond.+2 electromec.) y 2 sortides PWM	U	215	1	215

Mà d'obra tècnic qualificat	h	25	5	125
Mà d'obra ajudant	h	16,5	5	82,5
			TOTAL	**422,5**
Vàlvules				
Descripció	**Unitat**	**Preu unitari (€/U)**	**Quantitat**	**Preu total (€)**
Vàlvula de tall de 1/2"	U	8,2	45	369
Vàlvula de seguretat de 1/2" SV SOL 6 bar 1/2" H x 3/4" H	U	10,43	1	10,43
Purgador de 1/2"	U	44,46	1	44,46
Vàlvula antiretorn de 1/2"	U	8,4	4	33,6
Manòmetre amb connexió de 1/2"	U	10,9	2	21,8
Sonda de temperatura	U	246,33	2	492,66
Vàlvula reguladora de cabal de 1/2"	U	348	1	348
Vàlvula de 3 vies de 1/2"	U	55	1	55
Vàlvula de pressió diferencial de 1/2"	U	61,01	1	61,01
Detector de flux	U	160,65	13	2088,45
Electrovàlvula de 1/2"	U	86	13	1118
Mà d'obra tècnic qualificat	h	25	5	125
Mà d'obra ajudant	h	16,5	5	82,5
			TOTAL	**4.849,91**

TOTAL PRESSUPOST INSTAL·LACIÓ SOLAR TÈRMICA			**21.687,31**

7.3. Resum del pressupost de les instal·lacions de l'edifici

La següent taula ens mostra un resum dels pressupostos de les instal·lacions de l'edifici. En aquest s'hi ha de sumar els costos d'enginyeria que normalment són vora el 8 %.

Resum del pressupost conjunt	
Instal·lació	**Preu**
Instal·lació elèctrica de baixa tensió	20.226,82
Instal·lació d'energia solar tèrmica	21.687,31
Honoraris d'Enginyeria (8%)	3.353,13
TOTAL DEL PRESSUPOST en EUROS	**45.267,26**

8. Conclusions

8.1. Instal·lació elèctrica de baixa tensió

En el present projecte s'ha realitzat el disseny d'una nova instal·lació elèctrica de baixa tensió en un edifici destinat a vivendes amb un local comercial. Aquesta s'ha dissenyat tenint en compte la normativa vigent actual (REBT "Reglamento Electrotècnico de Baja Tensión").

Actualment l'edifici no disposa de cap tipus d'instal·lació elèctrica ja que ha estat objecte d'una rehabilitació total. L' instal·lació elèctrica de baixa tensió de l'edifici s'ha dissenyat per abastir tot l'edifici, incloent-hi altres instal·lacions que necessiten també l'energia elèctrica, com per exemple l' instal·lació de telecomunicacions i l' instal·lació solar tèrmica, ja que aquestes també s'incorporen en el procés de rehabilitació al que està sotmès.

La realització d'aquest projecte, durant la part de la instal·lació elèctrica de baixa tensió, he utilitzat coneixements apressos en el període acadèmic a l' Universitat Politècnica de Vilanova i la Geltrú, però també he adquirit diferents coneixements i o experiències tal com l'ús de normatives i programes informàtics.

L' utilització del programa informàtic DMELECT durant la realització de la simulació d'aquesta instal·lació elèctrica de baixa tensió, ha sigut de gran ajuda ja que s'han pogut comprovar els resultats dels càlculs efectuats en aquest projecte, i s'ha pogut utilitzar i agafar experiència amb una eina que és molt utilitzada en el món laboral, tenint en compte que a més d'estar actualitzat amb l'actual normativa (REBT Reglamento electrotècnico de baja tensión), s'ajusta i dóna la possibilitat d'efectuar variacions a aquesta norma quan calgui o s'opti per efectuar solucions diferents a les definides pel programa.

Tot i que l' instal·lació elèctrica de baixa tensió de l'edifici no supera els 100kW de potència, i per tant no requereix projecte, la metodologia i els passos a seguir per al seu disseny han sigut els mateixos que s'haurien de dur a terme per a una instal·lació elèctrica de baixa tensió amb una potència superior a 100 kW. Per tant, com el present projecte és un projecte únicament acadèmic, la realització d'aquest es vàlida per a la seva finalitat.

8.2. Instal·lació solar tèrmica

Un cop finalitzada l' instal·lació d'energia solar tèrmica del projecte, he pogut confirmar que no només he obtingut resultats satisfactoris amb el compliment dels objectius inicials, sinó que també he adquirit nous coneixements.

Pel que fa al disseny del sistema solar, s'ha configurat de tal manera que estigui en total sintonia amb l'equip d'energia auxiliar perquè l'usuari final pugui aprofitar al màxim l'estalvi energètic solar sense sacrificar el seu confort tèrmic en cap moment.

Com indica el "plec de condicions tècniques per a instal·lacions solars de baixa temperatura "de l'IDAE i el propi CTE en el seu document bàsic HE, els dissenys de camps solars tèrmics per a un ús combinat d'ACS i calefacció comporten un elevat cost econòmic el qual és recuperable a molt llarg termini.

Cal assenyalar que no només s'ha donat compliment a la normativa en tot el procés de elaboració del projecte, sinó que també s'han considerat les condicions més desfavorables per donar la cobertura solar establerta.

Així mateix, s'ha tingut en compte tant les característiques tècniques constructives de l'edifici, com les dels elements que conformen l' instal·lació solar, comparant amb les diverses opcions que hi ha al mercat actualment, i la seva integració en aquesta per aconseguir el màxim rendiment del sistema en els mesos de més fred sense penalitzar amb sobreescalfaments en els mesos de més calor.

En el present projecte s'ha apostat per una generació en línia i individual de l'energia de suport o auxiliar encara comportant un cost més gran de les calderes i un rendiment menor, a causa de les inclinacions actuals pels sistemes individualitzats i a la no necessitat de sistema d'acumulació per al generador auxiliar.

Cal assenyalar que, per realitzar els càlculs de les pèrdues de càrrega , criteri necessari per al bon dimensionament del circuit hidràulic , he realitzat amb Excel un petit programa, amb el qual es pot configurar tot el traçat de canonades introduint les variables necessàries. Aquest exercici m'ha servit de gran ajuda, ja que no només és rellevant per al meu treball sinó que pot ser utilitzat per a qualsevol altra instal·lació solar .

Finalment comentar que, s'ha intentat fer una memòria el més descriptiva possible, incloent un annex amb detalls del maneig del programa CHEQ 4, una de les eines de programari de simulació solar elaborada per IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía) i per ASIT (Asociación Solar de la Indústria Térmica) per facilitar l'aplicació, compliment i avaluació de la secció HE4 inclosa en la exigència bàsica "HE Ahorro de energía" del Codi Tècnic de l'Edificació (CTE) .

8.2.1. Estalvi energètic i econòmic

Per saber l'estalvi econòmic que proporciona la instal·lació, hem de tenir en compte l'energia útil generada per la instal·lació, i multiplicar-la pel cost unitari de l'energia a la que substitueix, que en aquest cas la font d'energia és l'electricitat.

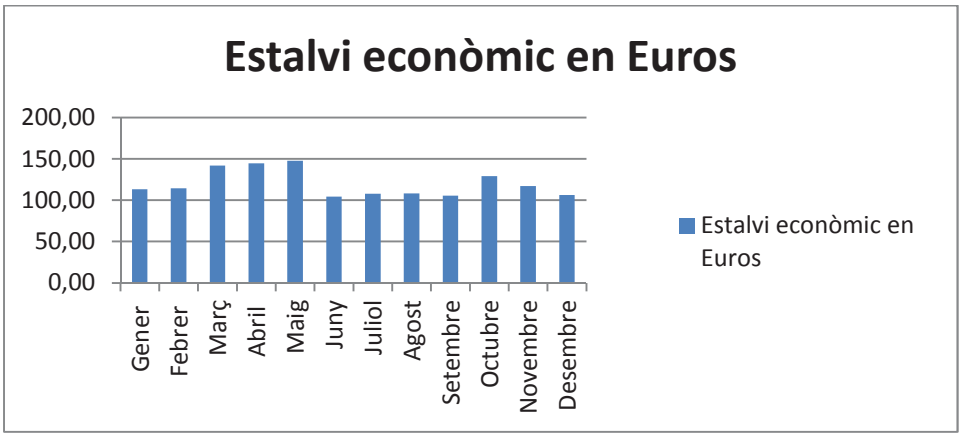
A la següent taula es mostren els estalvis energètics i econòmics del total de la instal·lació solar tant mensualment com l'anual . Es considera un preu de mercat de l'electricitat és de 0,148679 € / kWh

Mes	QÚtil(MJ)	QÚtil(kW/h)	Estalvi Econòmic
Gener	2738,45	760,68	113,10
Febrer	2765,27	768,13	114,20
Març	3430,31	952,86	141,67
Abril	3495,59	971,00	144,37

Maig	3578,69	994,08	147,80
Juny	2526,69	701,86	104,35
Juliol	2610,13	725,04	107,80
Agost	2624,27	728,96	108,38
Setembre	2555,91	709,97	105,56
Octubre	3121,77	867,16	128,93
Novembre	2833,17	786,99	117,01
Desembre	2576,23	715,62	106,40
ANUAL	34856,48	9682,36	1439,56

Taula 109: Estalvi econòmic mitjà mensual del sistema

L'estalvi anual que s'obté és prou significatiu, s'estalvia entorn a 1.439,56 € / any per a tot l'edifici. Al següent gràfic es mostra la distribució de l' estalvi al llarg dels mesos de l'any .



Gràfic 7: Estalvi econòmic mensual

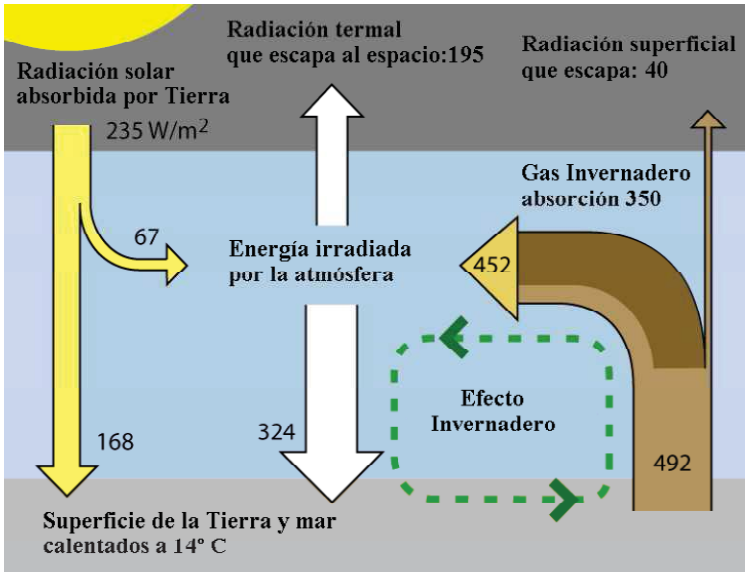
8.3. Aspectes mediambientals

8.3.1. Generació de residus i partícules contaminants

Les instal·lacions descrites en aquest projecte tenen el propòsit d'estalviar energia (el sistema solar tèrmic), però hi han més consideracions mediambientals a tenir en compte.

Es coneix com efecte hivernacle al fenomen en que determinats gasos components de l'atmosfera retenen part de l'energia que el terra emet per haver estat escalfat per la radiació solar. Afecta a tots els cossos planetaris

dotats d'atmosfera. D'acord amb l'actual consens científic, l'efecte hivernacle s'està veient accentuat a la Terra per les emissions de certs gasos, com el diòxid de carboni (CO2) i el metà, degut a l'activitat humana.



Imatge 28: Representació esquemàtica simplificada dels fluxos d'energia entre l'espai, l'atmosfera de la Terra i la superfície de la Terra.

Tot seguit es realitzarà un estudi de les emissions de CO2 que es produiran en fer ús de les instal·lacions citades en aquest projecte i les compararem amb les que es farien sense elles. Per a fer-ho utilitzarem els següents factors de conversió:

Electricitat: 1 kWh = 0,545 kg de CO2

(Extrets de la web de la UPC/medi ambient)

8.3.1.1. Sistema d'energia Solar Tèrmica

Per el sistema solar tenim tres bombes, la del circuït primari de 225 W, la del secundari d'acumulació amb 225 W i la del secundari de distribució amb 300W i la centraleta que consumeix aproximadament 50 W. Les bombes només funcionaran a les hores de sol, però la centraleta estarà sempre encesa. Tot i això, s'ha de considerar que la bomba del circuit secundari de distribució solament funcionarà quan hi hagi demanda, però aquesta pot ser fora de l'horari d'hores de llum solar al dia si considerem que l'acumulador encara té prou temperatura per a abastir el sistema. Per aquest motiu es suposa que el funcionament de la bomba del circuit secundari d'acumulació funciona les mateixes hores que les altres bombes.

Mes	Gen.	Feb.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Des.
Hores sol [h]	7.5	8	9	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9	9	8	7

Taula 110: Hores de llum solar a Catalunya.

Consum anual bombes:

$$(B1 + B2 + B3) \times 3.195 \frac{h}{any} = (225 + 225 + 300) \times 3.195 \frac{h}{any} = 2.396{,}25\ kWh/any$$

Consum anual centraleta:

$$\mathrm{C} \times 24 \frac{\mathrm{h}}{\mathrm{dia}} \times 365 \frac{\mathrm{dies}}{\mathrm{any}} = 50 \times 24 \frac{\mathrm{h}}{\mathrm{dia}} \times 365 \frac{\mathrm{dies}}{\mathrm{any}} = 438\ \mathrm{kWh/any}$$

El sistema solar te un consum total de 2.834 kWh/any. Utilitzant el factor de conversió per l'electricitat obtenim que s'emeten 1.544,53 kg de CO2.

Sense el sistema es consumiríem 39,749 kWh anuals d'electricitat.

El fet d'utilitzar l' instal·lació d'energia solar tèrmica fa que s'eviti que s'emetin 20.118 kg de CO2.

8.3.2. Reciclatge dels components de la instal·lació al final de la seva vida útil.

Els residus generats a les instal·lacions proposades en aquest projecte i en el posterior desmantellament suposen un gran impacte mediambiental. Aquestes són runes, canonades de coure, canonades de plàstic, material elèctric i embalatges dels equips instal·lats. Tots ells seran duts fins a la deixalleria municipal de Tortosa.

La destinació prioritària dels residus serà la reutilització i el reciclatge. En cas de no ser possible, la seva destinació és el tractament adequat i el dipòsit controlat.

Els residus i materials que s'accepten a les deixalleries són:

- Residus municipals especials:

- Fluorescents i llums de vapor de mercuri
- Pneumàtics

- Bateries
- Residus especials en petites quantitats: dissolvents, pintures i vernissos, reactius de laboratori, materials fotogràfics, productes de neteja, aerosols, fitosanitaris, envasos contaminats de productes químics, tòners i cartutxos de tinta, radiografies, baròmetres i termòmetres, etc.
- Piles
- Frigorífics i electrodomèstics amb CFC
- Olis minerals usats de procedència de particulars

- Residus municipals ordinaris:

- Paper i cartró
- Vidre
- Envasos lleugers
- Plàstics
- Ferralla i metalls
- Tèxtils
- Pa sec
- Olis vegetals usats

- Residus municipals voluminosos:

- Electrodomèstics que no contenen substàncies perilloses
- Mobles i altres

- Altres residus municipals:

- Fustes
- Residus verds
- Runes i restes de construcció d'obres menors

- Per altra part no seran admesos:

- Materials sense classificar.
- Residus industrials en grans quantitats.
- Restes anatòmiques o infeccioses procedents d'hospitals, clíniques, farmàcies o veterinaris.
- Restes de menjar, excepte casos molt concrets (pa sec, per exemple).
- Deixalles o femtes produïdes en escorxadors, laboratoris, casernes, parcs urbans o d'altres establiments similars, tan públics com privats.
- Productes procedents de decomís.
- Residus radioactius.
- Residus generats per activitats mineres o extractives.
- Residus ramaders o agrícoles produïts en fase d'explotació.
- Residus explosius i derivats de les armes de foc.
- Recipients de capacitat superior als 200 l que continguin o hagin contingut substàncies perilloses.
- Pneumàtics de camió o tractor
- Extintors

- Qualsevol altre material que, pel seu contingut o forma de presentació, pugui qualificar-se de perillós.

DADES DEL PUNT DE RECOLLIDA

Deixalleria Municipal de Tortosa
Polígon industrial Baix Ebre, parcel·la 01
Telèfon de contacte **:** 638 514 694 .

9. Bibliografia

9.1. Llibres

- BALDASANO, José Mª.; SORIANO, Cecília; FLORES, Henry. Atlas de Radiació Solar a Catalunya. Barcelona: Institut Català d'Energia, 2001.
- CUSA RAMOS, Juan de. "Energía solar para viviendas". CEAC S.A., 1994.
- HERNÁNDEZ LAGUNA, E; LÓPEZ BERMÚDEZ, F. "Cambio temporal en la huella ecológica de la región de Murcia y su uso como indicador de desertificación". Espanya: Papeles de Geografía nº 40, 2004.
- KREITH, Frank; BOHN, Marks. "Principios de transferencia de calor". Mèxic: Thomson Learning, 2001.
- LLORENS, Martí; MIRANDA BARRERAS, Ángel Luis. "Ingeniería térmica". Barcelona: CEAC S.A., 1999.
- MARGARIT ROSET, Jaume; VILALTA JUVANTENY, Lluís; ESCOBAR MARINÉ, Miquel Àngel. Els graus-dia de calefacció i refrigeració de Catalunya. Resultats a nivell municipal. Barcelona: Institut Català d'Energia, 2003.
- ROLDÁN VILORIA, José. "Prontuario básico de fluidos". Madrid: Thomson Paraninfo, 2002.
- ROSAS CASALS, Martí; CENDRA GARRETA, Jaime. Energia Solar tèrmica. Barcelona: Edicions UPC, 2001.
- SEGURA CLAVELL, Jose. "Termodinámica técnica". Barcelona: Reverté S.A., 1993.
- SORIA ALCAZAR, Pere; RUIZ ALCALÀ; Antonio José; PIJUAN CANADELL; Arnau; REOL OLANO, Nuria; SALAT MARDARAS, Salvador. Energia Solar Tèrmica. Quadern pràctic per a instal·ladors. Barcelona: Institut Català d'Energia, 2003.
- VAN WYLEN, Gordon J.; SONNTAG, Richard E.; BORGNAKKE, Claus. "Fundamentos de termodinámica". Mèxic: Limusa Wiley, 1999.
- VV.AA. "Calefacción Individual. Instalaciones unitarias en viviendas habitadas". Madrid: Dipro, 2002.
- VV.AA. Criteris de Qualitat i Disseny, d'instal·lacions d'Energia Solar per a Aigua Calenta i Calefacció. Barcelona: Institut Català d'Energia, 1998.
- VV.AA. "Instalaciones de Solar Térmica. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura". Espanya: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2002.
- Guia técnica de aplicación del Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Reglament Electrotècnic per a Baixa Tensió i Instruccions Tècniques Complementàries (Reial decret 842/2002 de 2 d'Agost de 2002)

- Instalaciones Eléctricas de Interior. José Moreno Gil. David Lasso Tárraga. Carlos Fernández García.
- Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A. (2ª edició 2003)
- Instalaciones Básicas. Francisco Fabregat Gil. Joaquin Fenollosa Novella. Tomás Guaita Lapuente. Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A. (2ª edicion 2004)
- Seguridad en las Instalaciones Eléctricas. José Roldan Viloria. Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A. (2ª edicion 2004)
- Instal·lacions Elèctriques. Oriol Boix Aragonès. Joan Rull Duran. Edicions UPC, 1998
- Tecnologia eléctrica. Ramon Mª Mujal Rosas. Edicions UPC. Terrassa. Septiembre 2000
- Manual de Instalaciones Eléctricas. Diego Carmona. Editorial @becedario (2ª edición abril 2005)
- Guía vademecum para instalaciones de enlace. Grupo Fecsa Endesa. (2ª edición diciembre 2006)
- Norma Técnica Particular-Instal·lacions d'Enllaç en Baixa Tensió (NTP-IEBT).Grup Fecsa Endesa
- (desembre 2006)
- La puesta a tierra de instalaciones eléctricas y el R.A.T. Rogelio García Márquez. Marcombo (1991).
- El català en els projectes d'enginyeria. Pautes i exemples. Comissió Lexicogràfica del Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya. Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya (1996).

9.2. Adreces d'Internet

- ARQUITECTUBA www.arquitectuba.com.ar [Consulta: Març 2015]
- CENSOLAR www.censolar.com [Consulta: Abril 2015]
- "ECOINNOVA GRUP" www.ecoinnova.com [Consulta Abril 2015]
- ENGINYERIA I FORMACIÓ EN ENERGIES RENOVABLES intiam.cat [Consulta: Abril 2015]
- GENERALITAT DE CATALUNYA www.gencat.es [Consulta: Abril 2015]
- INFORMACIÓ METEOROLÒGICA www.infomet.fcr.es [Consulta: Abril 2015]
- INSTITUT CATALÀ D'ENERGIA www.icaen.net [Consulta: Abril 2015]
- "INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA" www.idae.es [Consulta: Juny 2015]
- PORTAL DE LES DEIXALLERIES GESTIONADES PEL CONSELL COMARCAL DEL BAGES ampans.es/deixalleries [Consulta: Juny 2015]
- "SOLAR HOME CONSTRUCCIONES SL" www.catalogosolar.com [Consulta: Juny 2015]
- SOL I CLIMA ENERGIA SOLAR www.soliclima.com [Consulta: Juny 2015]
- "SOLAR WEB" www.solarweb.net [Consulta: Juny 2015]
- XARXA TELEMÀTICA EDUCATIVA DE CATALUNYA www.xtec.es [Consulta: Juny 2015]
- COMENTARIOS Y ASPECTOS MÉS RELEVANTES DEL NUEVO REGLAMENTO ELECTROTÈCNICO PARA BAJA TENSIÓN, Xavier Cano Parellada. ELECTRA nº116 (diciembre 2002). [Consulta: Juny 2015]

- CÁLCULOS ILUMINACIÓN [http:// edison.upc.edu/curs/llum/interior/iluint2.html] [Consulta: Juny 2015].
- MINISTERIO DE ECONOMIA. INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN I EL AHORRO DE LA ENERGIA (IDAE) [http://www.IDAE.es] [Consulta: Juny 2015]