



**Grau en Enginyeria Mecànica**

**DISENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA PER  
AUTOCONSUM A L'INSTITUT DE MATARÓ**

**Memòria**

**ORIOI VIDAL CLARAMUNT**

**PONENT: SALVADOR ALEPUZ MENÉNDEZ**

PRIMAVERA 2019







## **Dedicatòria**

A la meva família i amics, per l'afecte i suport.



## **Agraïments**

Agraeixo el suport i dedicació de tot el professorat de l'Escola Superior Politècnica que ha treballat al nostre costat durant aquests quatre anys.

Dono les gràcies al Salvador, tutor d'aquest treball, per l'assessorament i orientació que m'ha ofert durant la realització d'aquest projecte.

Finalment m'agradaria donar les gràcies a tots els companys de l'empresa SolarTradex que m'han ofert els seus coneixements i la oportunitat de formar-me i aprendre amb ells.





## **Resum**

L'objectiu d'aquest projecte és fer el disseny d'una instal·lació solar fotovoltaica per autoconsum a l'institut de Mataró. Partint dels seus consums anuals s'ha dimensionat la instal·lació que millor s'hi ajusta i s'ha triat els seus components valorant diferents opcions disponibles al mercat. Addicionalment i a partir de la simulació del seu funcionament, s'ha plantejat diferents opcions per fer la gestió dels excedents energètics generats i se n'ha fet els estudis econòmics. S'ha aconseguit projectar una instal·lació ajustada al complex i proporcionar tres opcions diferents per la gestió dels excedents que presenten uns bons resultats econòmics.

## **Resumen**

El objetivo de este proyecto es hacer el diseño de una instalación solar fotovoltaica para autoconsumo en el instituto de Mataró. Partiendo de sus consumos anuales se ha dimensionado la instalación que mejor se ajusta y se ha elegido sus componentes valorando distintas opciones disponibles en el mercado. Adicionalmente y partiendo de la simulación de su funcionamiento, se ha planteado distintas opciones para hacer la gestión de los excedentes energéticos generados y se ha hecho sus estudios económicos. Se ha conseguido proyectar una instalación ajustada al complejo y proporcionar tres opciones distintas para la gestión de los excedentes que presentan unos buenos resultados económicos.

## **Abstract**

The objective of this project is to design the photovoltaic solar installation for self-consumption located in the Mataró Institute. Based on its annual consumption, the installation that best fits in is adjusted and its components have been chosen, evaluating different options available on the market. Additionally, and based on the simulation of its operation, different options have been proposed to manage the surplus energy generated and the economic studies have been carried out. It has been possible to set up a facility adjusted to the complex and provide three different options for the management of surplus that have good economic results.



# Índex.

1. Objectius.....	13
1.1. Propòsit.....	13
1.2. Finalitat.....	13
1.3. Objecte.....	13
1.4. Abast.....	13
1.5. Context en les línies de recerca de l'ESUPT.....	13
2. Introducció.....	15
2.1. Revisió d'antecedents.....	16
2.1.1. Introducció a l'energia solar fotovoltaica.....	16
2.1.2. Funcionament de les instal·lacions fotovoltaiques.....	16
2.1.3. Tipus d'instal·lacions fotovoltaiques.....	23
2.1.4. Estudi d'instal·lacions fotovoltaiques en escoles.....	25
2.2. Necessitats d'informació.....	26
2.2.1. Informació tècnica.....	26
2.3. Abast.....	28
3. Objectius de detall i especificacions tècniques.....	31
4. Generació de les alternatives de solució.....	33
4.1. Estudi del complex.....	33
4.1.1. Estudi de les cobertes.....	33
4.1.2. Estudi dels consums.....	36
4.2. Estudi dels components disponibles al mercat.....	39
4.2.1. Panells fotovoltaics.....	39
4.2.2. Inversors solars.....	40
4.2.3. Estructura de suport.....	41

---

4.2.4. Equip de monitoratge.....	42
4.3. Ubicació dels components.....	43
4.4. Equips de seguretat.....	44
4.4.1. Proteccions de la instal·lació.....	44
4.4.2. Sistemes de seguretat instal·lats a les cobertes.....	47
4.4.3. Adaptació de les safates de pas de cablejat existents.....	49
4.4.4. Instal·lació de noves safates de pas de cablejat.....	49
4.5. Instal·lació definida.....	49
4.6. Simulació de la producció.....	50
4.7. Alternatives de gestió d'excedents.....	52
4.7.1. Injecció zero.....	57
4.7.2. Compensació econòmica.....	58
4.7.3. Consum sostingut durant l'any.....	58
4.7.4. Instal·lació de bateries.....	60
5. Estudi de viabilitat tècnica.....	63
5.1. Càlcul elèctric.....	64
5.2. Càlcul de sobrecàrregues.....	68
5.3. Compliment del Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (REBT).....	69
5.3.1. Connexió de servei.....	69
5.3.2. Dispositius generals i individuals de comandament i protecció.....	69
5.3.3. Instal·lacions interiors.....	71
5.3.4. Sistema d'instal·lació.....	73
5.3.5. Protecció contra sobreintensitats.....	77
5.3.6. Protecció contra sobretensions.....	78
5.3.7. Protecció contra contactes directes i indirectes.....	81
5.3.8. Instal·lacions a locals mullats.....	83

---

6. Marc conceptual. ....	85
7. Planificació. ....	89
7.1. Planificació inicial. ....	90
7.2. Planificació d'execució.....	97
8. Impacte mediambiental. ....	105
9. Conclusions. ....	107
10. Referències. ....	109



## Índex de figures.

Figura 4.1: Consum de l’Institut l’any 2018 [Elaboració pròpia]. .....	36
Figura 4.2: Consum de l’Institut la primera meitat del mes de març de l’any 2018 [Elaboració pròpia].....	37
Figura 4.3: Panells fotovoltaics estudiats [Elaboració pròpia]. .....	39
Figura 4.4: Inversors solars estudiats [Elaboració pròpia]. .....	40
Figura 4.5: Fixació dels mòduls sobre la barra de subjecció [Elaboració pròpia].....	41
Figura 4.6: Estructura de subjecció utilitzada en la coberta plana [Elaboració pròpia]. .....	42
Figura 4.7: Visualització del monitoratge [Obtingut de la fitxa tècnica de SolarFox].....	43
Figura 4.8: Esquema de terres de la instal·lació [Elaboració pròpia].....	47
Figura 4.9: Escales per facilitar l’accés a la coberta 2 [Obtingut de [20]]. .....	48
Figura 4.10: Tanca perimetral inclinada de protecció [Obtingut de [20]]. .....	49
Figura 4.11: Resultats de la simulació [Informe simulació PvSol]. .....	51
Figura 4.12: Excedents generats per la instal·lació, en blau l’energia consumida i en groc els excedents generats [Elaboració pròpia].....	54
Figura 4.13: Comparativa cobertura – excedents [Elaboració pròpia]. .....	54
Figura 4.14: Producció (taronja) – Consums (gris) gener [Elaboració pròpia]. .....	55
Figura 4.15: Producció (taronja) – Consums (gris) febrer [Elaboració pròpia]. .....	55
Figura 4.16: Producció (taronja) – Consums (gris) març [Elaboració pròpia]. .....	55
Figura 4.17: Producció (taronja) – Consums (gris) abril [Elaboració pròpia]. .....	55
Figura 4.18: Producció (taronja) – Consums (gris) maig [Elaboració pròpia]. .....	55
Figura 4.19: Producció (taronja) – Consums (gris) juny [Elaboració pròpia]. .....	56
Figura 4.20: Producció (taronja) – Consums (gris) juliol [Elaboració pròpia]. .....	56
Figura 4.21: Producció (taronja) – Consums (gris) agost [Elaboració pròpia]. .....	56
Figura 4.22: Producció (taronja) – Consums (gris) setembre [Elaboració pròpia]. .....	56
Figura 4.23: Producció (taronja) – Consums (gris) octubre [Elaboració pròpia]. .....	56

---

Figura 4.24: Producció (taronja) – Consums (gris) novembre [Elaboració pròpia].....	57
Figura 4.25: Producció (taronja) – Consums (gris) desembre [Elaboració pròpia]. .....	57
Figura 4.26: Consum modificat de l’Institut l’any 2018, en blau els consums originals, en verd els consums originals substituïts i en groc els consums que substitueixen els verds [Elaboració pròpia].....	59
Figura 4.27: Consums (blau) entre setmana i períodes diaris de producció d’energia solar (groc) [Elaboració pròpia].....	61
Figura 7.1: Diagrama de Gantt avantprojecte. Planificació Inicial [Elaboració Pròpia mitjançant MS Project].....	91
Figura 7.2: Diagrama de Gantt projecte de detall i defensa. Planificació Inicial [Elaboració Pròpia mitjançant MS Project]. .....	92
Figura 7.3: Diagrama de Gantt avantprojecte. Planificació Inicial [Elaboració Pròpia mitjançant MS Project].....	98
Figura 7.4: Diagrama de Gantt projecte de detall i defensa. Planificació Inicial [Elaboració Pròpia mitjançant MS Project]. .....	99
Figura 8.1: Ubicació del gestor de residus seleccionat [Font: Google Maps].....	106



## Índex de taules.

Taula 2.1: Secció dels conductors enterrats [Elaboració pròpia]. .....	21
Taula 2.2: Secció mínima dels conductors de protecció [Elaboració pròpia]. .....	21
Taula 2.3: Informació d'instal·lacions anteriors [Elaboració pròpia]. .....	25
Taula 4.1: Ombra màxima dels obstacles [Elaboració pròpia]. .....	35
Taula 4.2: Resultats del predimensionat [Elaboració pròpia]. .....	38
Taula 4.3: Especificacions tècniques del mòdul Ja Solar [Elaboració pròpia]. .....	40
Taula 4.4: Especificacions tècniques dels inversors SMA [Elaboració pròpia]. .....	41
Taula 4.5: Característiques de l'interruptor magnetotèrmic del QPG [Elaboració pròpia].	45
Taula 4.6: Característiques dels interruptors magnetotèrmics dels inversors [Elaboració pròpia]. .....	45
Taula 4.7: Característiques del limitador de sobretensions del QPG [Elaboració pròpia].	46
Taula 4.8: Característiques de l'interruptor magnetotèrmic del QG-BT [Elaboració pròpia]. .....	46
Taula 4.9: Característiques de l'interruptor diferencial toroidal [Elaboració pròpia]. .....	46
Taula 4.10: Característiques de l'interruptor magnetotèrmic IGA [Elaboració pròpia]. .....	47
Taula 4.11: Producció anual estimada de 53.320 Wp [Elaboració pròpia]. .....	50
Taula 4.12: Llegenda de [Taula 4.11] [Elaboració pròpia]. .....	51
Taula 4.13: Balanç energètic de la instal·lació [Informe simulació PvSol]. .....	52
Taula 4.14: Resultats del dimensionat [Elaboració pròpia]. .....	53
Taula 4.15: Comparativa dels ratis [Elaboració pròpia]. .....	53
Taula 4.16: Comparativa modificació dels consums [Elaboració pròpia]. .....	60
Taula 5.1: Característiques tècniques del mòdul [Elaboració pròpia]. .....	63
Taula 5.2: Característiques tècniques dels inversors [Elaboració pròpia]. .....	64
Taula 5.3: Taula resum de les connexions dels strings a l'inversor, trams de cablejat CC [Elaboració pròpia]. .....	65

---

Taula 5.4: Comprovació dels paràmetres d'entrada del l'inversor 1, trams de cablejat CC [Elaboració pròpia].....	66
Taula 5.5: Comprovació dels paràmetres d'entrada de l'inversor 2, trams de cablejat CC [Elaboració pròpia].....	67
Taula 5.6: Resultats dels càlculs sobre el cablejat de connexió als inversors, trams de cablejat CC [Elaboració pròpia]. .....	67
Taula 5.7: Resultats dels càlculs sobre els trams de cablejat CA [Elaboració pròpia]. .....	68
Taula 5.8: Càrregues sobre les cobertes [Elaboració pròpia].....	68
Taula 5.9: Resistència dels aïllaments [Elaboració pròpia]. .....	72
Taula 5.10: Característiques tècniques dels descarregadors atmosfèrics [Elaboració pròpia]. .....	78
Taula 5.11: Categories segons el nivell de tensió [Elaboració pròpia]. .....	79
Taula 7.1: Distribució setmanal de les hores treballades [Elaboració pròpia]. .....	90
Taula 7.2: Cost horari dels recursos [Elaboració pròpia].....	90
Taula 7.3: Activitats de l'avantprojecte. Planificació inicial [Elaboració pròpia]. .....	94
Taula 7.4: Activitats del projecte de detall. Planificació inicial [Elaboració pròpia]. .....	97
Taula 7.5: Activitats de l'avantprojecte. Planificació d'execució [Elaboració pròpia]. ...	101
Taula 7.6: Activitats del projecte de detall. Planificació d'execució [Elaboració pròpia].	103
Taula 7.7: Relació de canvis en la planificació [Elaboració pròpia].....	104

## **Glossari de termes.**

ACR: Alto Capacidad de Ruptura.

CA: Corrent Alterna.

CC: Corrent Continu.

CEI: Comissió Electrotècnica Internacional.

CPR: Reglament dels Productes de Construcció.

ESUPT: Escola Superior Universitària Politècnica TecnoCampus.

IGA: Interruptor General Automàtic.

LSE: Llei del Sector Elèctric.

MPPT: Seguidor de Punt de Màxima Potència.

QGBT: Quadre General de Baixa Tensió.

QPG: Quadre de Proteccions de Generació.

RD: Reial Decret.

REBT: Reglament Electrotèctic de Baixa Tensió.

Strings o sèries: Connexió en sèrie de dos o més mòduls fotovoltaics.

UNE: Una Norma Espanyola.

XDE: Xarxa de Distribució Pública.



## Relació de lleis, normes i reglaments.

A continuació s'enumeren les diferents normes, directives i lleis que regeixen el disseny i posta en funcionament d'una instal·lació fotovoltaica.

- *“Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico”*, que consisteix en la definició vigent de l'autoconsum com a modalitat de producció energètica.
- *“RD 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía con autoconsumo y de producción con autoconsumo”*, que estableix, com diu la seva denominació, totes les condicions tècniques i econòmiques referents a l'autoconsum.
- *“RD 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica”*, que regula les condicions administratives, tècniques i econòmiques de l'autoconsum d'energia elèctrica.
- *“Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores”*, que consisteix en una modificació de la llei del sector elèctric.
- *“RD 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia”*, on s'exposen les normes per a la tramitació de noves instal·lacions i les condicions tècniques de connexionat.
- *“RD 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables, cogeneración y residuos”*, que regula d'activitat de venda dels excedents derivats de la producció fotovoltaica.

- *"RD 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión"*, que, tal com s'anomena, consisteix en l'aprovació del Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió.
- *"RD 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico"*, on es defineixen les condicions tècniques que regulen la instal·lació d'equips de mesura de producció provinent de la fotovoltaica.
- *"RD 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica"*, que consisteix en el desenvolupament normatiu de la llei del sector elèctric 54/1997, substituïda per la llei vigent, en la que hi ha capítols que encara s'apliquen.
- *"RD 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación"*.
- *"RD 7/88 y 154/55 del MIE sobre exigencias de los materiales"*.
- *"Directivas Europeas de Compatibilidad Electromagnética 2004/108/CE y Directiva Europea de Baja Tensión 2006/95/CE"*.
- Ordenances Municipals.

# **1. Objectius.**

## **1.1. Propòsit.**

Disseny d'una instal·lació fotovoltaica per autoconsum instantani ubicada a les cobertes de l'institut municipal de Mataró.

## **1.2. Finalitat.**

Abastir l'institut amb energia renovable autogenerada aprofitant un espai en desús, que cobreixi part de la seva demanda energètica reduint els costos associats al consum de la xarxa elèctrica i amb un cost ajustat de la instal·lació. També es vol aconseguir un espai per donar visibilitat a les energies renovables i on pares, professors i alumnes puguin accedir a visitar la instal·lació i tots els equips que la integren.

## **1.3. Objecte.**

Redacció d'un projecte tècnic de disseny consistent en quatre documents, memòria, plànols, estudi econòmic i annexes que definiran les condicions tècniques necessàries per posar en funcionament, complint la normativa, una instal·lació fotovoltaica a les cobertes de l'institut de Mataró.

## **1.4. Abast.**

Definició completa de la instal·lació, incloent tots els components necessaris i la seva ubicació, amb l'anàlisi econòmic i l'estudi de gestió d'excedents. L'execució de la instal·lació està fora de l'abast del projecte.

## **1.5. Context en les línies de recerca de l'ESUPT.**

El present treball de fi de grau s'emmarca en el context del Grup de Recerca en Energies Alternatives i Renovables, Sostenibilitat, Eficiència Energètica i Innovació Tecnològica Industrial (GRESIT), liderat pel Dr. Alepuz que es contextualitza en l'estudi del camp de l'electrònica de potència aplicada a les energies renovables, entre d'altres aplicacions.





## 2. Introducció.

L'objecte d'aquest projecte és el plantejament d'una instal·lació fotovoltaica i la definició de les condicions tècniques que garanteixen el funcionament i la seguretat de les persones i els aparells en la seva execució.

El projecte analitza les possibilitats que ofereix una instal·lació d'energia solar fotovoltaica per a l'autoconsum instantani. L'autoconsum es refereix a la producció individual d'electricitat per a consum propi o d'un tercer, a través de mòduls fotovoltaics. Aquesta pràctica la poden dur a terme individus, famílies, empreses, centres públics i d'altres.

El valor que aporta la capacitat d'auto generar electricitat és l'aparició d'un estalvi energètic i econòmic important i la capacitat de ser autosuficient energèticament, la contribució a la transició cap a les energies renovables de la societat i la reducció dels costos associats als mètodes de transport i generació d'energia convencionals.

La planta solar objecte d'aquest projecte estarà instal·lada en la coberta d'un institut al municipi de Mataró (Maresme) i s'utilitzarà per cobrir part de la demanda elèctrica del centre a partir de l'energia generada.

A nivell tècnic s'exposen i s'analitzen els diferents elements que integren la instal·lació per assegurar el seu correcte funcionament i la seva màxima adequació a les necessitats de l'institut i de l'Ajuntament de Mataró.

També es fa un estudi d'aquells elements que puguin afectar negativament al seu rendiment, com poden ser aquells que generin ombres o disminueixin la irradiació sobre els mòduls de qualsevol manera.

En el cas de generar excedents d'energia, s'estudiarà les possibilitats que ofereixen i es determinarà la opció que compleixi i encaixi millor amb les necessitats del promotor i l'edifici. En funció de la potència instal·lada, la potència contractada i la voluntat o no de vendre els possibles excedents d'electricitat que pugui generar la instal·lació solar, s'escollirà el tipus d'autoconsum que millor s'adapti.

## **2.1. Revisió d'antecedents.**

### **2.1.1. Introducció a l'energia solar fotovoltaica.**

L'energia solar fotovoltaica és aquella energia generada a partir de les cèl·lules fotoelèctriques que es classifica com una energia renovable inesgotable que produeix energia a partir de la radiació solar. Aquesta transformació es fa a partir de les cèl·lules fotoelèctriques, que són uns components electrònics que permeten generar energia en forma d'electricitat a partir de la radiació solar, que es troba en forma de fotons. L'intercanvi es produeix gràcies a l'efecte fotovoltaic.

L'efecte fotovoltaic, o efecte fotoelèctric, fa referència a la capacitat de la llum per alliberar els electrons que hi ha en una superfície metàl·lica [1]. L'efecte fotoelèctric s'engloba dins un cas més general, que és la interacció de la radiació electromagnètica amb partícules carregades elèctricament. Per fer una breu explicació de l'efecte fotovoltaic, cal tenir en compte que l'energia es genera en el moment que la llum entra en contacte amb una superfície metàl·lica. En aquest cas, la llum té una energia que ve determinada per la freqüència de la llum. Aleshores, si un electró (de la superfície metàl·lica) absorbeix l'energia que té un fotó, l'electró és arrencat del material. Llavors només cal capturar els electrons alliberats per obtenir un corrent elèctric, que és l'objectiu dels mòduls fotovoltaics [2].

### **2.1.2. Funcionament de les instal·lacions fotovoltaiques.**

A continuació es fa una breu explicació de la funció de cadascun dels elements i els paràmetres a tenir en compte a l'hora de dimensionar una instal·lació. Aquesta informació s'ha recollit a partir de l'estudi de projectes similars i anteriors projectes ja realitzats, també a partir de la consulta amb experts en l'àmbit de les instal·lacions fotovoltaiques. Una instal·lació fotovoltaica disposa, en general, de mòduls o panells fotovoltaics subjectats amb suports sobre una superfície plana o inclinada. Els mòduls van connectats a un inversor solar a través de caixes de proteccions mitjançant el cablejat de corrent continu. Les connexions amb l'inversor es fan mitjançant sèries o strings, que fan referència a un conjunt de mòduls connectats en sèrie. La sortida de l'inversor es fa mitjançant cablejat de corrent altern que passarà pel quadre de proteccions de generació en cas que sigui necessari i finalment arriba al quadre general de baixa tensió. La instal·lació també consta de preses de terra.

### **2.1.2.1. Els mòduls solars.**

Com s'ha comentat, per obtenir un corrent elèctric cal capturar el corrent general per les cèl·lules fotovoltaïques, que és l'objectiu dels mòduls fotovoltaïcs. Aquests no són més que un conjunt de cèl·lules fotovoltaïques connectades en sèrie per elevar la tensió alhora que es connecten algunes d'aquestes sèries en paral·lel per augmentar el corrent elèctric resultant, que és corrent continu [3]. Cal tenir en compte múltiples paràmetres a l'hora de fer el dimensionat de la instal·lació i aquests depenen del model de panell elegit.

### **2.1.2.2. Estructura de suport dels mòduls fotovoltaïcs.**

L'estructura de suport permet, com diu el seu nom, proporcionar uns elements de recolzament per als panells i que els inclini en els seus diferents eixos de rotació. Existeixen estructures metàl·liques, generalment d'alumini o acer i també de formigó que s'adapten al tipus de coberta on s'hi col·loquin [3]. Caldrà valorar les diferents opcions disponibles al mercat i escollir la que millor encaixi amb el projecte.

### **2.1.2.3. Els inversors solars.**

Se sap que els mòduls solars generen corrent continu, i la funció dels inversors solars és transformar aquest corrent a corrent altern per poder ser utilitzat [3]. Principalment, a l'hora de dimensionar una instal·lació fotovoltaïca, cal tenir en compte els paràmetres següents:

- Tensió màxima i mínima d'entrada: Màxima i mínima tensions d'entrada permeses per al funcionament de l'inversor.
- Tensió d'entrada de funcionament: Tensió d'entrada en la qual l'inversor pot abocar energia a la xarxa.
- Tensió nominal d'entrada: Tensió d'entrada especificada pel fabricant.
- Tensió màxima i mínima d'MPPT: Tensió màxima i mínima a partir de la qual l'inversor ja no pot transmetre la seva potència nominal.
- Corrent màxima d'entrada: Màxima corrent a partir de la que l'inversor pot funcionar.

Caldrà complir amb els paràmetres de treball especificats a les fitxes tècniques dels inversors.

#### **2.1.2.4. Caixa de proteccions i quadre de proteccions de generació.**

Ambdues són caixes on s'hi ubiquen diverses proteccions que serveixen per limitar la instal·lació i complir amb la normativa. La caixa de proteccions normalment s'ubica al tram entre els mòduls i l'inversor i conté els fusibles (un per cada línia) del cablejat de continu i els protectors contra sobretensions transitòries. En alguns casos, aquestes proteccions van integrades a l'inversor.

El quadre de proteccions de generació s'ubica al tram entre l'inversor i el quadre general de baixa tensió, i en general, tan a prop dels inversors com sigui possible per permetre el tall del circuit amb rapidesa i sense haver de desplaçar-se a una ubicació llunyana. En aquest cas, serveix per protegir el circuit contra sobrecàrregues i curtcircuits mitjançant interruptors magnetotèrmics i també es disposa una protecció contra sobretensions transitòries i permanents.

#### **2.1.2.5. Quadre General de Baixa Tensió (QG-BT).**

Aquest quadre és la part d'una instal·lació elèctrica on es fa la connexió a xarxa i des d'on se'n deriven els diferents consums de l'edifici o complex. En general hi ha un Interruptor General Automàtic que protegeix la instal·lació. Les instal·lacions fotovoltaïques, com que generen energia per al consum, es connecten entre el comptador de la companyia i els consums de l'habitatge. D'aquesta manera s'evita que es computi l'energia generada com energia consumida de la xarxa de distribució i es permet el consum per part dels usuaris. També permet fer la injecció a xarxa en cas que hi hagi excedents de producció. Al quadre s'hi disposen, en general, un interruptor magnetotèrmic per a la instal·lació i un interruptor diferencial o, en el cas que es requereixi, un diferencial toroïdal.

#### **2.1.2.6. Xarxa de distribució.**

La xarxa de distribució comprèn tots els conductors que transportin l'energia elèctrica des de el punt de generació (mòduls fotovoltaïcs) fins al Quadre General de Baixa Tensió.

El cablejat de corrent continu entre els mòduls fotovoltaïcs i els inversors serà d'Alta Seguretat (AS), lliure d'halògens, no propagador de la flama i amb baixa emissió de gasos corrosius, i haurà de complir les especificacions d'Alta Seguretat segons la Classe Cca-s1b,

d1, a1 del Reglament dels Productes de la Construcció (CPR). El conductor serà flexible de coure estanyat i amb les següents característiques:

- Resistència a temperatures extremes (-40°C a 120°C) segons IEC60811-1-4 i IEC60216-1
- Tensió nominal 0,6 kV/1kV CA i 1,8 kV CC
- Resistència als rajos ultraviolats segons UL1581
- Resistència a l'ozó segons IEC60811-2-1

El recorregut del cablejat de corrent continu, entre els mòduls i els inversors, serà el menor possible, amb la finalitat de reduir al màxim les possibles sobretensions d'origen atmosfèric per acumulació de càrregues electrostàtiques.

A causa de les tensions de funcionament en corrent continu, tot el sistema de cablejat i connexions de corrent continu hauran de disposar d'un nivell d'aïllament igual o superior als 0,85 MΩ. El cablejat de corrent altern serà d'alta seguretat, lliure d'halògens, no propagador de la flama i amb baixa emissió de gasos corrosius, i haurà de complir les especificacions d'Alta Seguretat segons la Classe Cca-s1b,d1,a1 del Reglament dels Productes de la Construcció (CPR). El conductor serà flexible de coure, resistent a les temperatures extremes (-20°C a 90°C) i de tensió nominal 0,6kV/1kV CA.

Tots els conductors hauran d'estar protegits, al llarg del seu recorregut, sota tub o canal aïllant.

#### **2.1.2.7. Preses de terra.**

Les preses de terra s'estableixen principalment amb la finalitat de limitar la tensió que puguin presentar en un moment donat les masses metàl·liques, assegurar l'actuació de les proteccions i eliminar o reduir el risc que suposa una avaria en els materials elèctrics utilitzats.

La presa de terra és la unió elèctrica directa, sense fusibles ni protecció, del circuit elèctric amb un conductor no pertanyent al mateix, mitjançant una presa de terra amb un elèctrode o grup d'elèctrodes enterrats.

Mitjançant la instal·lació de la presa de terra s'ha d'aconseguir que en el conjunt d'instal·lacions, edificis i superfície propera del terreny no apareguin diferències de potencial perilloses i que, al mateix temps, permetin el pas a terra de les corrents de defecte o les de descàrregues d'origen atmosfèric.

L'elecció i instal·lació dels materials que assegurin la presa de terra han de ser tal que:

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

### Unions a terra

Per la presa de terra es poden utilitzar elèctrodes formats per: barres, tubs, platines, conductors nus, plaques, anells o malles metàl·liques constituïdes per els elements anteriors o les seves combinacions, armadures de formigó enterrades, amb excepció de les armadures pretensades i altres estructures enterrades que es demostrin que són apropiades.

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

El tipus i la profunditat de les preses de terra han de ser tal que la possible pèrdua d'humitat del terra, la presència de 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 0,50 m.

La presa de terra de la instal·lació fotovoltaica serà la presa de terra existent.

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

Tipus	Amb protecció mecànica	Sense protecció mecànica
Protegit contra la corrosió	Igual a conductors de protecció	16 mm <sup>2</sup> Cu
		25 mm <sup>2</sup> Acer Galvanitzat
No protegit contra la corrosió	25 mm <sup>2</sup> Cu	25 mm <sup>2</sup> Cu
	50 mm <sup>2</sup> Fe	50 mm <sup>2</sup> Fe

Taula 2.1: Secció dels conductors enterrats [Elaboració pròpia].

La protecció contra la corrosió es pot obtenir mitjançant una evolvent:

- 2,5 mm<sup>2</sup>, si els conductores de protecció disposen d'una protecció mecànica.
- 4 mm<sup>2</sup>, si els conductores de protecció no disposen d'una protecció mecànica.

Com a conductors de protecció es poden utilitzar:

- Conductors als cables multiconductors.
- Conductors aïllats que posseïxin un embolcall comú amb els conductores actius.
- Conductors separats aïllats.

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

Secció del conductor de fase (mm <sup>2</sup> )	Secció del conductor de protecció (mm <sup>2</sup> )
$S_f < 16$	$S_f$
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

Taula 2.2: Secció mínima dels conductors de protecció [Elaboració pròpia].

### Conductors d'equipotencialitat

El conductor principal d'equipotencialitat haurà 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 mm<sup>2</sup>. No obstant, la seva secció pot ser reduïda a 2,5 mm<sup>2</sup> si és de coure. La unió d'equipotencialitat suplementaria pot estar assegurada, o bé per elements conductors no

desmuntables, tal com estructures metàl·liques no desmuntables, o bé per conductors suplementaris, o per combinació dels dos.

#### Resistència de les preses 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 altres casos

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

#### Preses de terra independents

Una presa de terra es considerarà independent respecte a un altre quan una d'aquestes tingui una tensió superior a 50 V respecte a un punt de potencial zero quan per l'altre hi circula la màxima corrent per defecte a la terra prevista.

#### Revisió de les preses de terra

Per la importància que ofereix, donat el punt de vista de la seguretat, qualsevol instal·lació de presa de terra, haurà de ser obligatòriament comprovada per el Director d'Obra o Instal·lador Autoritzat en el moment de donar d'alta la instal·lació per posar-la en funcionament.

En els llocs on el terreny no sigui favorable per la bona conservació dels elèctrodes, aquests i els conductores d'enllaç entre ells, fins el punt de presa de terra, es posaran al descobert per el seu examen, com a mínim una vegada cada cinc anys.

La instal·lació de les preses de terra ha de complir la instrucció ITC-BT-18 del Reglamento de Baja Tensión, la presa de terra té una línia de terra d'enllaç fins al Quadre General de Baja Tensión. La instal·lació ha de disposar d'un dispositiu de connexió que permeti prendre mesures de la resistència a terra. La resistència de terra no ha de ser superior a 10  $\Omega$ , en una comprovació empírica.



### **2.1.3. Tipus d'instal·lacions fotovoltaïques.**

Existeixen algunes característiques que determinen una instal·lació fotovoltaïca i en defineixen les condicions i els elements necessaris. En aquest cas, es distingiran segons el tipus d'autoconsum i l'ús o no de bateries i també es definiran alguns paràmetres que les caracteritzen i permeten avaluar-ne el dimensionat i funcionament.

#### **2.1.3.1. Connexió a xarxa.**

Existeixen les instal·lacions que es troben totalment aïllades de la xarxa de distribució energètica i les que es troben connectades a aquesta [4]. Les primeres depenen exclusivament de l'energia generada a través dels diferents mètodes disponibles. Es fan servir principalment per l'abastiment d'habitatges allunyats de la xarxa o en aplicacions molt concretes com bombejat o petits equips allunyats de la xarxa. Igualment, en ocasions es disposen en promotors que tenen el desig d'aïllar la seva llar de la xarxa elèctrica. En canvi, les segones es troben connectades a la xarxa i la producció d'electricitat mitjançant la instal·lació fotovoltaïca és independent de la consumida de xarxa. Són les més usuals, ja que es disposen en petits complexes, habitatges i grans naus industrials [5].

#### **2.1.3.2. Tipus d'autoconsum.**

Els diferents tipus d'autoconsum són els que distingeix el RDL 15/2018, de 5 d'octubre de "mesures urgents per la transició energètica i la protecció dels consumidors", que són la Modalitat de subministrament amb autoconsum sense excedents i amb excedents.

Modalitat de subministrament amb autoconsum sense excedents, és una tipologia que existeix quan s'instal·len dispositius físics que eviten l'abocament a xarxa de transport i distribució. En aquest cas hi existirà un sol subjecte dels previstos a l'article 6 del LSE, que serà el subjecte consumidor.

Modalitat de subministrament amb autoconsum amb excedents, que es contempla quan les instal·lacions de generació puguin injectar l'energia generada i no consumida a la xarxa de transport i distribució. En aquests casos existiran dos tipus de subjectes previstos a l'article 6 del LSE, que són el subjecte consumidor i el productor [6].

### **2.1.3.3. Ús de bateries.**

Una instal·lació pot optar per fer ús de bateries amb la finalitat d'emmagatzemar part de l'energia generada per tal de poder consumir-la posteriorment. Aquesta solució s'ha utilitzat amb bons resultats en casos molt concrets, com són habitatges unifamiliars o complexes amb uns consums elevats fora de les hores de producció, de manera que l'energia emmagatzemada és consumida, en gran part, el mateix dia. Tot i això, en molts casos s'opta per no instal·lar-ne ja que quan es fa el dimensionat de la instal·lació s'identifica que no es farà un consum prou elevat com per consumir l'energia emmagatzemada, de manera que al següent cicle caldria llençar els excedents no emmagatzemats.

El fet d'optar per afegir un grup de bateries a l'habitatge, obliga a instal·lar un inversor carregador de bateries o, en cas de ser possible, optar per un inversor que integri les funcions dels inversors solars i de bateries. En general també es col·loca una caixa de proteccions al tram que va des de les bateries fins al inversor carregador i finalment es fa la connexió conjunta de la sortida d'alterna dels inversors solars i carregadors al quadre de proteccions de generació.

### **2.1.3.4. Paràmetres per avaluar la instal·lació.**

Hi ha una sèrie de paràmetres que són molt valuosos per avaluar el dimensionat d'una instal·lació. Aquests s'obtenen de manera horària sempre que sigui necessari i s'extreuen del comptador de l'edifici o es demanen a la distribuïdora. S'expliquen a continuació.

- Consum: Mostra les dades de consum anuals del complex.
- Energia Generada: Aquesta fa referència al producte de la simulació que dona les dades de producció a partir de les dades de dimensionat.
- Autoconsum: Consisteix en l'energia que serà produïda i consumida.
- Cobertura: Consisteix en el percentatge d'aprofitament de l'energia generada i consumida respecte al consum general.
- Excedents: Consisteix en un simple càlcul que fa la diferència entre les dades de generació i de consum d'un complex. Permet fer els estudis següents i per avaluar la dimensió de la instal·lació projectada.

### 2.1.4. Estudi d'instal·lacions fotovoltaïques en escoles.

S'ha fet un estudi de les instal·lacions realitzades sobre complexes escolars i se n'ha extret algunes dades rellevants per poder comparar-les amb la instal·lació objecte d'aquest projecte.

Aquestes seran les descrites anteriorment, també el pressupost d'execució per contracte i el rati de cost i potència instal·lada. Addicionalment s'ha afegit una fila de les dades mitjanes.

	Consum	Potència FV	Energia Generada	Rati producció	Autoc.	Cob.	Excedents		PEC	Rati cost
	[kWh/any]	[kWp]	[kWh/any]	[kWh/kWp i any]	[kWh]	[%]	[kWh]	[%]	[€]	[€/Wp]
Escola TMR	160.249	29,14	39.133	1.343	29.329	18,3	9.804	25,1	41.509,38	1,42
Escola MM	87.286	23,56	36.775	1.561	27.984	32,1	8.791	23,9	32.438,52	1,38
Escola EP	62.914	15,68	23.075	1.472	16.115	25,6	6.960	30,2	22.184,12	1,42
Escola LB	26.838	8,80	12.965	1.473	9.806	36,5	3.159	24,4	12.590,28	1,43
Escola A	126.351	33,79	44.399	1.314	33.508	26,5	10.891	24,5	44.072,41	1,30
Escola T	159.289	45,30	60.226	1.329	42.154	26,5	18.071	30,0	57.825,32	1,28
<b>TOTAL</b>	<b>103.821</b>	<b>26,04</b>	<b>36.096</b>	<b>1.386</b>	<b>26.483</b>	<b>25,5</b>	<b>9.613</b>	<b>26,6</b>	<b>35.103,34</b>	<b>1,35</b>

Taula 2.3: Informació d'instal·lacions anteriors [Elaboració pròpia].

Aquestes instal·lacions són d'autoconsum amb injecció d'excedents i en cap d'elles s'hi ha instal·lat bateries.

Es treballa amb uns percentatges de cobertura que es troben entre el 18% i el 36 %, també uns ratis d'excedents que es troben entre el 24 % i el 30 % i el rati de cost d'entre 1,28 €/Wp i 1,43 €/Wp. Es troben les dades mitjanes a la fila Total.

Les dades recollides permetran, quan s'acabi de fer el dimensionat, avaluar si s'ajusta als paràmetres generats en les anteriors instal·lacions i als coeficients que se'n deriven.

## 2.2. Necessitats d'informació.

Atès que és un projecte que requereix d'avançats coneixements tècnics, a continuació es fa un recull d'aquella informació rellevant per desenvolupar el projecte.

### 2.2.1. Informació tècnica.

En primer lloc es disposa la informació que fa referència a l'edifici on s'hi farà la instal·lació, les necessitats d'informació identificades són les següents:

- Per poder posar en marxa el projecte cal tenir disponible la informació sobre l'edifici objecte de la instal·lació. En aquest cas és necessària la informació per definir i acotar la coberta i també el coneixement de l'edifici i la seva planta per poder identificar les zones on s'hi disposaran els equips i s'hi farà el pas de cablejat. Es disposa de plànols de la planta interior de l'edifici on hi ha ubicat el Quadre General de Baixa Tensió, que permet definir els espais disponibles per treballar-hi. En aquest cas no ha estat possible disposar de plànols As-Built de la coberta donat que hi ha hagut instal·lacions d'equips posteriors. Per aconseguir aquesta informació i conèixer l'estat de les cobertes s'ha fet una visita al complex. En aquesta visita s'ha aprofitat per definir les cobertes on s'hi podria instal·lar mòduls [Plànol 03]. També s'ha identificat els obstacles, les dimensions de les cobertes i de les principals geometries existents, consultables a [Plànol 04] i [Plànol 05].
- Per definir correctament la coberta i les seves zones aprofitables s'haurà de fer el càlcul dels ombrejats que hi apareixen durant el dia a causa d'alguns obstacles, el disseny de la coberta o equips que hi ha instal·lats. També cal estudiar la possibilitat que si les files de mòduls es troben massa properes unes de les altres, en determinats moments de l'any poden aparèixer ombres. Per evitar aquests efectes caldrà calcular amb precisió les longituds i direccions de les ombres identificades. Aquest càlcul es troba desenvolupat a [7].

En segon lloc s'enumera la informació necessària sobre les necessitats energètiques del complex i les seves instal·lacions existents:

- És necessari conèixer les necessitats d'energia de l'Institut. Això es pot fer coneixent el consum que existeix. S'ha aconseguit aquesta informació a través de la descàrrega

de les dades del comptador de companyia, on es disposa d'un històric de consum del comptador. Aquestes dades recollides es veuen desenvolupades a [4.1.2. Estudi dels consums.].

- També és important conèixer l'estat actual de la instal·lació elèctrica, i durant la visita a la instal·lació es van revisar els equips existents al Quadre General de Baixa Tensió i l'espai disponible per la instal·lació dels nous equips de protecció. Es conclou que hi ha espai suficient per la instal·lació dels equips de proteccions i de connexió a la xarxa necessaris, i també per al pas de cablejat en la coberta.

També es necessitarà disposar de la informació tècnica referent als diferents components a estudiar i que seran candidats a conformar la instal·lació. Aquests seran mòduls de les marques Ja Solar i Longi Solar, amb qualificació de Tier 1 segons el ranking de Bloomberg [8] i de les marques QCells i Sunpower principalment. Es recullen les fitxes tècniques dels mòduls triats a [Annex VIII]. Els inversors que s'estudiaran són els de les marques Fronius, Huawei i SMA. En aquest cas, són marques referents entre les que caldrà estudiar la configuració que millor s'adapti als mòduls i col·locació plantejats. Pel que fa a l'estructura de suport dels mòduls, es plantegen dues possibilitats: el mètode SolarBloc i l'estructura de suport amb perfils d'alumini d'Aplisun. Ambdues opcions permeten la inclinació de mòduls en diferents angles i unes possibilitats molt flexibles de posició dels mòduls i subjecció entre ells.

S'ha recollit els coneixements per tal de fer el dimensionat d'una instal·lació fotovoltaica, cal conèixer el funcionament dels components que la integren i els seus principis d'operació. En aquest cas s'ha estudiat els mòduls fotovoltaics, els acumuladors fotovoltaics, els reguladors fotovoltaics convertidors CC/CC i l'inversor fotovoltaic. Es pot disposar aquesta informació a [9].

Pel que fa al disseny d'un sistema fotovoltaic també se n'extreu la informació de [9] i [7], d'on se'n poden entendre els principis generals de disseny i funcionament, que donen unes directrius generals per projectar una instal·lació fotovoltaica.

A continuació es disposen els punts identificats com a necessaris per fer els càlculs elèctrics d'una instal·lació fotovoltaica.

- Per al dimensionat de la instal·lació es seguiran les directives de [10], la Guia Tècnica d'Aplicació del REBT. Concretament, s'utilitzarà:
  - Interruptors Magnetotèrmics: Guia Tècnica d'Aplicació de les Proteccions contra Sobreintensitats, disponible a [11].
  - Proteccions contra sobretensions: Guia Tècnica d'Aplicació de les Proteccions contra Sobretensions, disponible a [12].
  - Proteccions Diferencials: Guia Tècnica d'Aplicació de les Proteccions contra els contactes Directes i Indirectes, disponible a [13].
  - Preses de Terra: Guia Tècnica d'Aplicació de les Instal·lacions de Posta a Terra, disponible a [14].
- Per al càlcul de les Caigudes de Tensió s'utilitzarà l'Annex 2 [15] i per al càlcul de la Intensitat Màxima Admissible s'utilitzarà l'Annex 3 [16], ambdós de Guia Tècnica d'Aplicació.
- Per desenvolupar el càlcul per corrent màxima admissible dels cables s'aplica un factor de correcció. Aquest s'obté de les taules obtingudes de [17], Real Decreto que aprova el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió.
- Per poder fer el dimensionat dels cables i el càlcul de la intensitat màxima admissible és necessari disposar de la informació referent als diferents tipus de cables segons el seu tipus d'aïllament i la manera de disposar-los en la instal·lació. Es disposa aquesta informació a [18].
- Per al dimensionat dels tubs de la instal·lació s'utilitzarà la informació obtinguda de [19].

### 2.3. Abast.

El present projecte es centrarà en definir les condicions tècniques per posar en funcionament una instal·lació fotovoltaica a la coberta d'un institut a Mataró. Per fer-ho, es plantejaran diverses opcions tècniques en funció de les necessitats de potència del complex, possibilitats econòmiques i requeriments dels promotors.

Es partirà d'un anàlisi de la potència de l'institut que indicarà la distribució de les càrregues durant l'any tot discriminant-les per hores. Això permetrà estudiar la necessitat d'instal·lar o no bateries, l'orientació i la inclinació dels mòduls que integren el camp fotovoltaic. Finalment, es podrà definir la potència pic ideal de la instal·lació. Tot seguit, utilitzant un

programa de simulació d'ombregat i l'estudi fet de les cobertes objectiu es podrà definir aquelles zones de la coberta que no patiran pèrdues. En aquest punt i tenint en compte tota la informació recollida es desenvoluparan les possibles alternatives tècniques de solució tenint en compte tots els elements comercials disponibles.

També es plantejaran alternatives a la injecció a cost zero dels excedents, instal·lació de bateries, injecció amb compensació econòmica i un estudi detallat de la situació en cas que l'institut tingués uns consums sostinguts durant l'any.

D'entre aquestes opcions es triarà la que millor satisfaci les condicions, a partir d'uns anàlisi de viabilitat realitzats amb els estudis de la normativa vigent, els estudis econòmics obtinguts de la instal·lació i les condicions tècniques seleccionades.





### **3. Objectius de detall i especificacions tècniques.**

A partir de la informació recollida i les especificacions del promotor s'han dissenyat els següents objectius i les seves respectives especificacions tècniques.

Abastir l'institut amb l'energia necessària per fer front a les seves necessitats energètiques.

- La potència necessària per cobrir bona part de les necessitats del complex es troba al voltant dels 50 kWp de potència instal·lada.

Generar energia que sigui compatible amb els equips de consum i la xarxa de distribució.

- L'inversor injecta l'energia amb tensió nominal de corrent altern en baixa tensió de 230 V / 400 V i freqüència nominal de 50 Hz.

Garantir un rendiment econòmic en base al consum del centre.

- Donar una cobertura a l'institut d'aproximadament el 25% de la seva energia consumida.

Presentar i analitzar diferents possibilitats per a la gestió dels excedents de producció.

- Es fan els anàlisi econòmics de les possibilitats d'instal·lar bateries, vendre els excedents, optar per adherir-se al sistema de compensació i un escenari alternatiu on els consums de l'institut fossin sostinguts durant tot l'any.

Facilitar l'accés a la coberta de grups d'estudiants i professors.

- S'instal·la unes escales de cargol per facilitar l'accés a la coberta i també s'utilitzen unes plataformes i passa-cables per tal de salvar tots els obstacles presents en la instal·lació, com poden ser cablejat existent, tubs i elements perillosos. També s'estudia la posició dels mòduls per tal de facilitar sempre que sigui possible l'accés a les àrees de producció.

### Garantir la seguretat dels usuaris del centre i els treballadors durant l'obra i explotació de la instal·lació.

- S'instal·larà una tanca perimetral en tota la coberta visitable per garantir de forma permanent la seguretat de tota aquella persona que accedeixi al camp en mode de visita. Pel que fa als treballadors temporals, caldrà instal·lar línies de vida en totes les cobertes on s'hi treballi i durant el període de temps de les obres caldrà utilitzar una xarxa perimetral per tal d'evitar la caiguda accidental d'elements per part dels treballadors.

### Aprofitar al màxim la coberta disponible evitant les ombres i obstacles en les plaques.

- Per tal d'evitar les ombres, s'hauran de retirar les antenes de comunicacions que hi ha a la coberta nord i traslladar-les a la part posterior de la coberta.
- S'utilitzaran els espais definits a partir de la visita de les cobertes on s'han identificat tots els possibles obstacles i elements que facin ombra sobre les cobertes.

### Protegir els equips davant les inclemències del temps.

- Per evitar possibles mal funcionaments s'utilitzaran elements de protecció dels equips, com armaris amb protecció IP65 a les proteccions de generació i als inversors.
- El pas de cablejat es farà amb safata d'acer electrozincat per protegir en els trams on pugui rebre impactes i safata llisa de PVC en les baixades per les façanes.

## **4. Generació de les alternatives de solució.**

A continuació es procedirà a desenvolupar les possibles solucions òptimes per complir amb els objectius i especificacions tècniques definides, seguint la base teòrica recollida i partint de l'estudi d'antecedents realitzats.

### **4.1. Estudi del complex.**

El complex sobre el que es realitza la instal·lació fotovoltaica es troba localitzat al centre de Mataró [Plànol 01], envoltat de diferents edificis del poble [Plànol 02]. Als següents punts es farà l'estudi corresponent a les cobertes del complex i els consums que aquest té. A partir d'aquests estudis es podrà procedir a dimensionar la instal·lació en funció de la capacitat de mòduls a instal·lar i la capacitat de consum de l'Institut.

#### **4.1.1. Estudi de les cobertes.**

L'estudi de les cobertes disponibles permet definir aquelles zones que són utilitzables per a instal·lar-hi els panells fotovoltaics i els diferents equips i que alhora compleixen amb les necessitats de treball d'aquests. Quan es va fer la visita a la instal·lació es van revisar les cobertes definides com a possibles candidates a instal·lar-hi mòduls fotovoltaics. Aquestes es poden identificar, seguint la nomenclatura dels plànols, com les cobertes 1, 2 3 i 4 a [Plànol 03].

A [Annex I] s'hi poden trobar imatges preses en la visita a les instal·lacions on s'hi veuen fotografiats els obstacles que es detallen a continuació i que permeten seguir les descripcions en tot moment. També es poden veure dibuixats sobre la planta de les cobertes a [Plànol 04] i [Plànol 05].

La coberta 1 es troba orientada 3° cap al sud-est, amb una superfície projectada de 1.050 m<sup>2</sup>. Es tracta d'una coberta plana que com a obstacle principal disposa d'un element constructiu que representa un canvi d'alçada en la coberta. Aquest té una alçada de 1,7 m respecte la coberta 1 i unes dimensions en planta de 31,44 m x 3,4 m [Annex I Figura I.6].

També hi ha un edifici a la part esquerra de la coberta que té una alçada de 5,5 m per sobre el nivell de la coberta [Annex I Figura I.1]. Hi ha una reixa just al costat d'aquest edifici amb

una alçada de 2,1 m. La coberta disposa d'una línia de vida instal·lada, com es pot veure a [Annex I Figura I.5]. Com a elements secundaris hi ha un segon element d'obra amb una alçada de 0,72 m i unes dimensions de 2,29 m x 2,98 m, situat a la part posterior de la coberta [Annex I Figura I.6]. L'accés a la coberta es fa per unes escales situades al costat d'aquest obstacle. A la part frontal de la coberta hi ha un tub amb una alçada de 0,48 m, dues antenes de comunicacions que tenen una alçada aproximada de 2,5 m, una sortida de ventilació d'obra de 0,71 m d'alçada i unes dimensions de 0,93 m x 0,32 m. També hi ha uns equips de clima instal·lats a la coberta amb una alçada de 1 m [Annex I Figura I.2]. Els marges de la coberta tenen una alçada que és pràcticament negligible i la majoria de les pendents creades al terra per facilitar l'evacuació d'aigua de pluja no són prou pronunciades com per haver de considerar-les. En canvi, la part que es troba més a l'esquerra té una irregularitat molt marcada, que caldrà tenir en compte.

La coberta 2 consisteix en una superfície orientada  $36^\circ$  cap al sud – oest. Té una superfície projectada de  $1.195 \text{ m}^2$ . Aquesta és plana, tot i que té desnivells que faciliten l'evacuació d'aigua quan plou. Els obstacles principals d'aquesta coberta són les lluminàries existents, amb una alçada de 0,3 m i unes dimensions de 1 m x 1 m. Es troben distribuïdes irregularment en bona part de la coberta, ocupant una superfície de  $605 \text{ m}^2$  i separades entre elles una distància que va des de 1 m a 1,3 m [Annex I Figura I.8]. En aquesta coberta els marges varien donat els desnivells d'alçada comentats anteriorment, tot i que el més alt és de 0,4 m. També hi ha una xemeneia d'evacuació de gasos que té una alçada de 1,4 m i unes dimensions de 0,5 m x 0,5 m. En aquesta coberta hi ha una safata de pas de cablejat instal·lada que no disposa de tapa de protecció [Annex I Figura I.12]. Un altre obstacle existent és la mateixa coberta 3, que es troba elevada 0,7 m respecte de la coberta 2.

La coberta 3 es caracteritza per estar dividida en dues inclinacions diferents. Es pot veure clarament a [Annex I Figura I.11]. La part central es troba inclinada  $15^\circ$  respecte l'horitzontal i les dues superfícies restants són planes. La coberta està orientada  $54^\circ$  cap al sud – est i té una superfície projectada de  $120 \text{ m}^2$ . Hi ha un marge que té una alçada màxima de 0,3 m.

La coberta 4 és orientada  $3^\circ$  cap al sud-est, amb una superfície projectada de  $418 \text{ m}^2$ . El principal inconvenient que es va trobar en la visita va ser la notable irregularitat de la superfície. Això es pot veure quan es comparen els [Annex I Figura I.13] i els [Annex I Figura I.14] i [Plànol 03] on es veu clarament sobre planta que és una superfície rectangular

i, en canvi, a les fotografies sembla que no ho sigui. Les imatges mostren clarament els elevats desnivells de la coberta, que distorsionen la percepció de la imatge, fent que sembli una coberta irregular. Aquesta irregularitat provoca una dificultat molt elevada a l'hora de col·locar els mòduls donat que l'estructura de recolzament hauria de disposar-los inclinats i els mòduls s'han de disposar, en general, amb la mateixa orientació i inclinació per al mateix camp. Tenint en compte aquestes raons es descarta instal·lar-ne en la coberta 4. Una vegada s'ha fet la visita a l'edifici i s'han definit els possibles obstacles, es fa l'estudi d'ombres sobre les cobertes. Principalment, s'ha fet el càlcul de les ombres generades pels obstacles, que es veu detallat a [Annex I]. Els resultats d'aquests càlculs són els següents:

	<b>Nom Objecte</b>	<b>Alçada Objecte (mm)</b>	<b>Ombra (mm)</b>
<b>Coberta 1</b>	Element constructiu	1700	4811
	Edifici esquerra	5500	15566
	Reixa	2100	5943
	Element obra	720	2038
	tub groc	480	1358
	Antenes comunicacions	2500	7075
	Sortida ventilació	710	2009
	Equips de clima	1000	2830
<b>Coberta 2</b>	Lluminàries existents	300	849
	Marges	400	1132
	Xemeneia	1400	3962
	Coberta 3	700	1981
<b>Coberta 3</b>	Marges	300	849

Taula 4.1: Ombra màxima dels obstacles [Elaboració pròpia].

Una vegada es tenen les ombres calculades, es dibuixen sobre la planta de les cobertes a [Plànol 06] i [Plànol 07]. A partir d'aquests s'identifiquen les superfícies que no pateixen cap tipus d'ombra, que són les que no estan pintades de verd sobre [Plànol 06] i [Plànol 07], la seva inclinació i per tant les seves característiques i disponibilitat.

### 4.1.2. Estudi dels consums.

Per fer l'estudi de consums cal definir el significat dels consums d'una casa. Són el sumatori de l'energia utilitzada per tots els elements i electrodomèstics que funcionen en una casa. S'utilitza les unitats de kWh, que expressa el consum en funció de la potència dels aparells i el temps d'utilització. Per tant, si s'agrupen tots el consums de tots els aparells elèctrics d'un habitatge s'obté l'energia consumida per aquest durant un període de temps. Aquest valor obtingut es compara amb el valor teòric que generarà una instal·lació fotovoltaica concreta, superposant el consum i la producció hora a hora per determinar quina quantitat d'energia produïda es consumirà, faltarà o no es podrà utilitzar.

Es comença per la definició de les dades disponibles, que en aquest cas són les dades de consum de l'any 2018 al complet. Es disposa del valor de consum en kWh per a cada hora, obtingut a partir de la descàrrega de les dades del comptador de llum instal·lat al complex. A continuació podem veure a [Figura 4.1] que grafica aquests consums distribuïts durant l'any 2018.

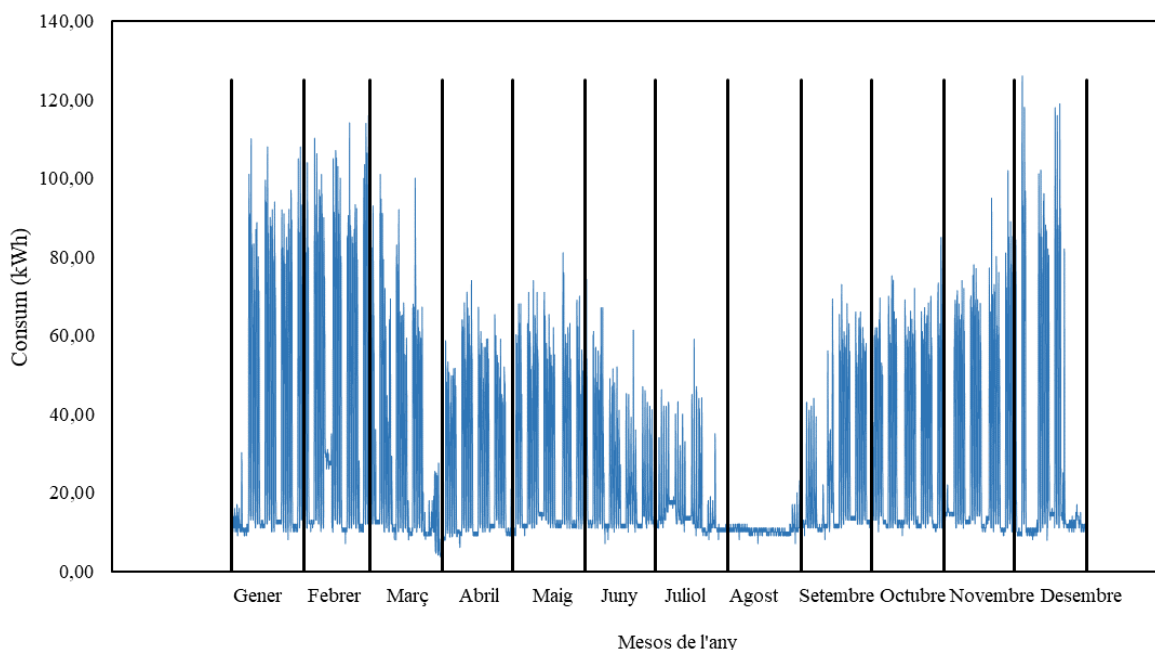


Figura 4.1: Consum de l'Institut l'any 2018 [Elaboració pròpia].

Per analitzar correctament els consums de la figura cal tenir en compte que es tracta d'un institut de secundària localitzat a Mataró. Així, als matins hivernals hi ha un nivell de llum natural inferior als que existeixen a l'estiu, com es pot veure a [Annex II]. Això fa que,

conjuntament amb altres tipus de consums associats a l'hivern, com pot ser la calefacció, activitats o ús de la cuina s'incrementi el consum d'energia a mesura que s'apropen les èpoques més fredes.

També és notable que durant el període estival hi ha una reducció del consum molt gran, donat les vacances d'estiu a l'Institut. Una altra baixada dels consums es dona els caps de setmana, que no hi ha classe. Això genera els buits de consum que es poden apreciar a [Figura 4.1]. Aquesta figura ha estat generada arbitràriament per mostrar amb un major detall els consums durant el mes. S'ha agafat les dades del mes de març, calendari de plena activitat escolar, i la primera meitat, per oferir una visualització de més qualitat.

Finalment, com també s'aprecia a la figura, hi ha una disminució dels consums les tardes donat que tampoc s'imparteix classe o aquesta acaba a mitja tarda. Per tant, hi ha una distribució dels consums força irregular durant l'any.

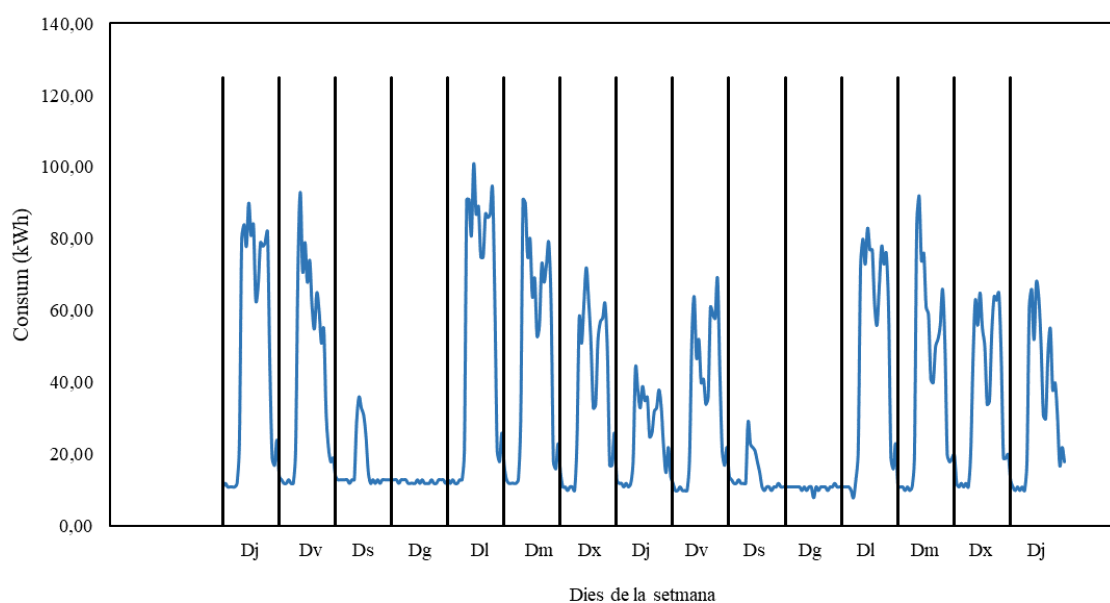


Figura 4.2: Consum de l'Institut la primera meitat del mes de març de l'any 2018 [Elaboració pròpia].

Amb l'anàlisi anterior es pot definir la orientació i inclinació òptims per a les plaques solars. La inclinació permet focalitzar la producció en un període concret de l'any. Amb una major inclinació (més aixecats) es fa més èmfasi en la producció durant els mesos d'hivern, quan la llum del Sol incideix amb un angle més petit sobre la superfície terrestre (a l'hemisferi Nord, a causa de la desviació de l'eix de rotació de la Terra). En canvi, amb l'ajuda de

l'orientació es pot enfocar cap a unes hores concretes del dia, donat que el sol surt per l'Est i es pon per l'Oest.

S'ha analitzat que els consums es focalitzen a l'hivern i durant les primeres tres-quartes parts del dia, i per tant caldrà enfocar els mòduls en consonància amb això. Pel que fa a l'orientació, s'opta per una disposició cap a sud – est, tendint més al sud que a l'est i disposant- si és possible, algun dels camps cap al sud – oest per cobrir part del consum de tarda. Es disposen els mòduls amb una inclinació, sempre que sigui possible, de 18° respecte l'horitzontal. S'ha arribat a aquests valors a partir de l'estudi de [9], on es detallen unes pautes per poder definir orientació i inclinació.

Amb les dades recollides de consum també es pot estimar la potència pic objectiu a instal·lar, ja que aquesta vindrà limitada pel rati de cobertura i d'excedents generats. Cal entendre que es tracta d'un dimensionat preliminar que es desenvolupa per orientar en el disseny de la instal·lació final.

Quan es dimensiona la instal·lació cal tenir present que si es vol augmentar el rati de cobertura, en general sempre augmentarà el rati d'excedents, donat que per augmentar la cobertura cal augmentar la producció (sempre que no es modifiquin els consums), i si s'augmenta la producció augmentarà l'energia que no serà consumida, el rati d'excedents. Aquesta conclusió es troba desenvolupada al [Annex II]. Per assolir uns ratis raonables, es partirà de [Taula 2.3]. En aquesta taula s'hi pot observar els ratis per instal·lacions anteriors. S'observa que el rati de cobertura es troba sobre el 25,5% i els excedents es troben sobre el 26,6 de l'energia produïda.

A continuació es presenten els resultats del predimensionat [Taula 4.2] desenvolupat a [Annex II], que permet definir una potència pic objectiu sobre la que la instal·lació, disposant dels consums que té, tindrà un bon funcionament.

<b>Consum</b>	<b>Potència FV</b>	<b>Energia Generada</b>	<b>Rati producció</b>	<b>Autoc.</b>	<b>Cob.</b>	<b>Excedents</b>	
<i>[kWh/any]</i>	<i>[kWp]</i>	<i>[kWh/any]</i>	<i>[kWh/kWp i any]</i>	<i>[kWh]</i>	<i>[%]</i>	<i>[kWh]</i>	<i>[%]</i>
221.995,80	50,00	76.244,06	1.524,88	58.896,33	26,5	17347,73	22,8

Taula 4.2: Resultats del predimensionat [Elaboració pròpia].



A [Annex II] es detalla el càlcul desenvolupat per assolir el valor de la potència pic objectiu. Els resultats d'aquest són que si s'opta per una instal·lació que es troba als volts dels 50 kWp instal·lats hi haurà uns ratis al voltant del 26,5% per al de cobertura i de 22,8% per al d'excedents, ajustant-se als paràmetres estudiats.

## 4.2. Estudi dels components disponibles al mercat.

Una vegada es disposa dels espais disponibles per a instal·lar-hi mòduls, s'ha definit una inclinació òptima, un conjunt d'orientacions i s'ha fet un dimensionat preliminar de la instal·lació per saber la potència pic sobre la que s'ha de trobar la instal·lació falta fer una comparativa dels equips disponibles per saber quins d'aquests són els adequats. S'estudiaran els elements que componen una instal·lació. Donat que s'ha realitzat projectes amb equips molt diferents durant els anys, es disposa de les dades de funcionament i d'un històric de fiabilitat d'aquests. Es parteix d'aquests elements ja coneguts per tal de plantejar les alternatives d'equips a estudiar.

### 4.2.1. Panells fotovoltaics.

Per als panells fotovoltaics s'ha treballat amb panells de les marques Ja Solar i Longi Solar, amb qualificació de Tier 1 segons el rànquing de Bloomberg [8] i de les marques QCells i Sunpower principalment.

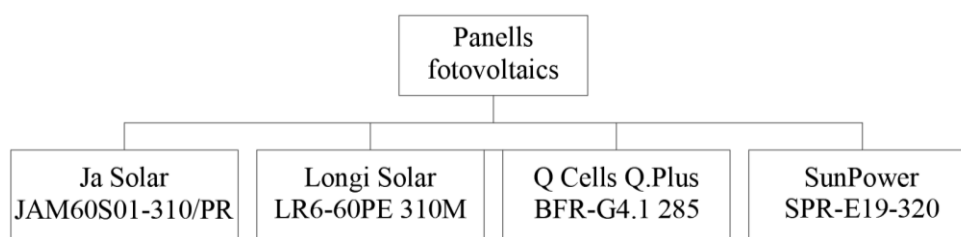


Figura 4.3: Panells fotovoltaics estudiats [Elaboració pròpia].

A [Annex III] s'ha fet la valoració dels diferents mòduls plantejats i s'ha determinat que s'escolliran els mòduls Ja Solar JAM60S01-310/PR. Aquests tenen les següents característiques tècniques:

<b>Ja Solar JAM60S01-310/PR</b>	
Potència Pic (Pmax)	310 W
Tipus de cèl·la	Silici Monocristal·lí

Tensió en circuit obert (Voc)	40,30 V
Intensitat de curtcircuit (Isc)	9,91 A
Tensió al punt de màxima potència (Vmppt)	32,84 V
Intensitat al punt de màxima potència (Imppt)	9,44 A
Eficiència	19,00%
Tensió màxima del sistema	1000 Vdc
Altura	1650 mm
Amplada	991 mm
Profunditat	35 mm
Pes	18,2 kg +/- 3%

Taula 4.3: Especificacions tècniques del mòdul Ja Solar [Elaboració pròpia].

#### 4.2.2. Inversors solars.

A [Annex III] s'ha fet la valoració dels diferents inversors plantejats, que es disposen a continuació:

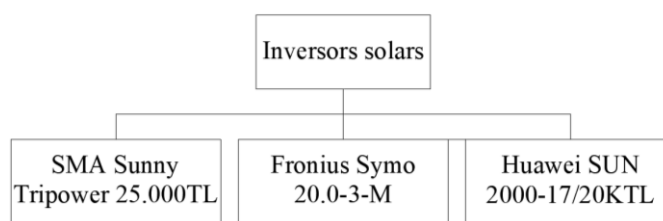


Figura 4.4: Inversors solars estudiats [Elaboració pròpia].

S'ha optat per projectar la instal·lació utilitzant dos inversors SMA Sunny Tripower 25000TL, que totalitzaran 50 kW nominals. Aquests tenen les següents característiques:

<b>SMA Sunny Tripower 25.000TL</b>	
<b>Valors d'entrada (DC)</b>	
Tensió MPPT Max	800 V
Tensió MPPT Min	390 V
Tensió màxima	1000 Vdc
Corrent màxima	33 A
Número de seguidors MPPT	2
Número d'entrades per seguidor MPPT	3

Valors de sortida (AC)	
Potència nominal	25.000 W
Corrent màxima	36,20 A
Tensió nominal	400 V
Frequència nominal	50 Hz
Eficiència màxima	98,3 %
Euro-eficiència	98,1 %

Taula 4.4: Especificacions tècniques dels inversors SMA [Elaboració pròpia].

### 4.2.3. Estructura de suport.

Donat que al plantejament de les superfícies s'ha trobat viable instal·lar mòduls sobre coberta plana i coberta inclinada, es disposa de dues opcions per a fer el suport dels mòduls fotovoltaics. D'una banda existeix una solució més tradicional, amb unes barres de subjecció que van ancorades a les cobertes inclinades, mitjançant cargols roscats inoxidable, on s'hi disposen els mòduls mitjançant unes pinces metàl·liques (fixacions elàstiques per serratge) que mantenen el mòdul sobre la barra [Figura 4.5]. El muntatge de les barres es fa de tal manera que no permet l'entrada d'aigua dins l'edifici.

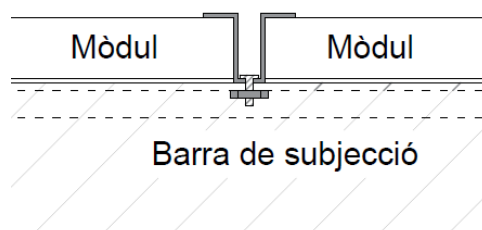


Figura 4.5: Fixació dels mòduls sobre la barra de subjecció [Elaboració pròpia].

En aquest cas, s'utilitza aquest tipus de subjecció en els 40 mòduls que es troben a la coberta 3. Aquests es disposen coplanars sobre la superfície de la coberta, que és inclinada 15° [Plànol 14]. Donat que es disposen dues files de 20 mòduls en vertical, la fila superior sobresurt 69 cm per la part superior. S'utilitzen dues barres de subjecció per a cada mòdul, de manera que s'ancoren per quatre punts diferents. S'instal·laran 4 barres horitzontals per proporcionar suport a tots els mòduls de la coberta.

D'altra banda, es disposa la solució per a les cobertes planes. El sistema proposat es tracta de l'estructura de formigó Solarbloc® [Figura 4.6]. Aquest sistema es compon per blocs de

50kg de pes, de formigó i sobre els quals es recolzen els laterals dels panells, a 18°. D'aquesta manera no necessita de la instal·lació de cap perfil·leria met·l·lica. Tampoc és necessari adaptar l'estructura a la inclinació desitjada donat que els blocs de formigó ja la tenen. El mateix bloc s'enganxa mitjançant un adhesiu a la rajola o paviment adjacent de manera que incrementa la força de resistència a l'empenta i succió del vent.

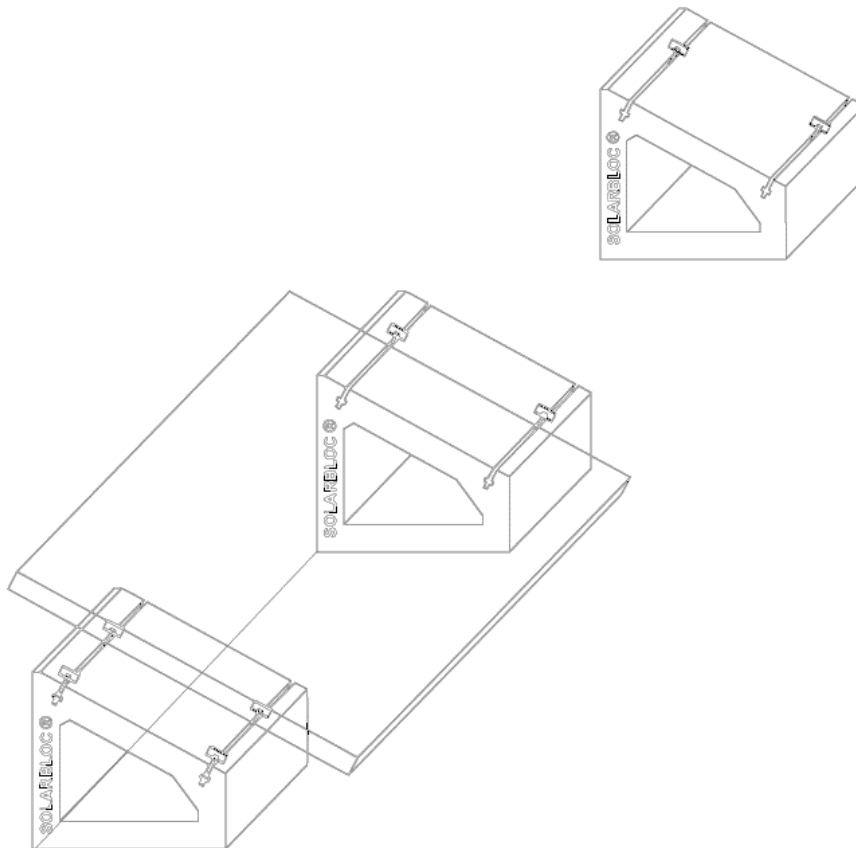


Figura 4.6: Estructura de subjecció utilitzada en la coberta plana [Elaboració pròpia].

A [Plànol 13] i [Plànol 14] es mostren els 144 blocs de formigó que s'utilitzen i la seva disposició. Com es veu a [Figura 4.6], els blocs de formigó es col·loquen entre dos panells, subjectant-los tots dos. Igualment es col·loca un bloc a les puntes de cada fila.

#### 4.2.4. Equip de monitoratge.

Donat que s'ha optat per utilitzar uns inversors de la marca SMA i uns panells fotovoltaics de la marca Ja Solar, s'ha decidit utilitzar l'equip de monitorització Energy Meter 2.0. Aquest s'instal·la en el tram de la instal·lació elèctrica per on entra l'electricitat provinent de la xarxa i es troba comunicat mitjançant cable Ethernet amb els inversors.

Les dades de producció provinents de l'Energy Meter 2.0 es podran consultar [Figura 4.7] en un monitor de 32" SolarFox SF-100 instal·lat a l'accés de l'institut en un punt on es disposi d'accés a xarxa mitjançant cable Ethernet o Wi-Fi.



Figura 4.7: Visualització del monitoratge [Obtingut de la fitxa tècnica de SolarFox].

### 4.3. Ubicació dels components.

Una vegada es disposa de tots els components que integraran la instal·lació fotovoltaica, es pot començar a disposar els mòduls sobre les cobertes estudiades. S'han disposat com s'aprecia a [Plànol 11].

Si s'analitza amb més detall la implantació sobre la coberta 1 [Plànol 08] es col·loquen mòduls de manera que s'eviten les ombres estudiades [Plànol 06], disposant-ne a la part frontal i part dreta. D'aquesta manera també s'aprofita la línia de vida instal·lada, evitant-ne la instal·lació d'una de nova.

Pel que fa a la implantació sobre la coberta 2 [Plànol 09], s'ha optat per fer una disposició a la part frontal, de manera que el camp a instal·lar quedi agrupat. Amb aquest agrupament, s'aconsegueix acotar la zona on hi ha equips i permet crear un recinte tancat per facilitar la visita de la instal·lació.

Referent a la coberta 3 [Plànol 10], es disposen els mòduls de manera coplanar a 15° en dues files de 20 mòduls verticals. D'aquesta manera s'aconsegueix un camp que és estètic, integrat en la coberta i que l'aprofita en la seva totalitat.

Els inversors es disposen a una paret propera a la instal·lació de manera que quedin protegits i alhora es puguin veure quan es facin les visites. Juntament amb aquests es disposa el Quadre de Proteccions de Generació (QPG). El cablejat de corrent altern sortint dels inversors passarà pel QPG i per les diferents safates disposades a la coberta 2 fins arribar al punt on baixa per la façana sud de l'edifici. Finalment, entrarà al complex i es farà el punt de connexió a la xarxa al Quadre General de Baixa Tensió (QG-BT). L'equip de monitoratge disposat es trobarà ubicat al QG-BT i la pantalla de visualització de dades SolarFox s'instal·larà al rebedor de l'institut perquè es pugui consultar per tots els alumnes, pares i professors.

#### **4.4. Equips de seguretat.**

A continuació es detallen els elements de seguretat que s'han disposat a la instal·lació. Aquests es distingeixen entre aquells que protegeixen la instal·lació elèctrica pròpiament dita, els elements que la integren i els seus usuaris i les proteccions i equips que serviran per garantir la seguretat d'aquells treballadors que facin la instal·lació dels equips i els mòduls fotovoltaics i de tots aquells usuaris que visitin la instal·lació.

##### **4.4.1. Proteccions de la instal·lació.**

Els següents punts desenvolupen les proteccions que cal instal·lar per tal de protegir el circuit, la instal·lació, els equips i usuaris de possibles mal funcionaments. Es distingeix entre les proteccions disposades en trams del circuit que són de corrent continu i de corrent altern.

###### **4.4.1.1. Proteccions de corrent continu.**

La instal·lació fotovoltaica disposarà d'elements de protecció de corrent continu situats al tram mòduls-inversors. En aquest cas es disposarà una caixa de proteccions de corrent continu amb dos fusibles de 16 A i 1.000 V per a cada línia i un descarregador de sobretensions transitòries per protegir-la.

Els inversors han d'incorporar internament proteccions contra sobreintensitats i també elements de tall en càrrega. L'inversor incorporarà al seu interior, tal com estableix la normativa vigent, una separació galvànica entre els circuits de corrent continu i altern.

#### 4.4.1.2. Proteccions de corrent altern.

Aquestes proteccions es troben al Quadre de Proteccions de Generació (QPG) i al Quadre General de Baixa Tensió (QG-BT).

Primerament, al QPG situat al costat dels inversors [Plànol 12] hi haurà un interruptor magnetotèrmic que serà el que protegeixi el circuit contra les sobrecàrregues i curtcircuits. Aquest interruptor té les següents característiques:

<b>Interruptor Magnetotèrmic QPG</b>	
Tensió nominal (Un)	400 V (AC)
Intensitat nominal (In)	80 A
Poder de tall (PdeC)	6 kA
Temps de vida	>20 000 actuacions

Taula 4.5: Característiques de l'interruptor magnetotèrmic del QPG [Elaboració pròpia].

Al mateix QPG es disposen dos interruptors magnetotèrmics més que protegiran cada un dels inversors contra sobrecàrregues i curtcircuits. Les característiques d'aquests interruptors són les següents:

<b>Interruptors Magnetotèrmics Inversors</b>	
Tensió nominal (Un)	400 V (AC)
Intensitat nominal (In)	40 A
Poder de tall (PdeC)	6 kA
Temps de vida	>20 000 actuacions

Taula 4.6: Característiques dels interruptors magnetotèrmics dels inversors [Elaboració pròpia].

A la mateixa línia es disposarà la protecció contra sobretensions, que es realitzarà mitjançant un descarregador de sobretensions transitòries i permanents, apte per corrent altern i per els valors de tensió als quals treballa l'inversor (400 V).

**Sobretensions Transitòries:** aquest tipus de protectors s'han dissenyat per reduir l'energia provocada per una sobretensió comparable a la produïda per la descàrrega directa d'un llamp. Aquests elements han passat amb èxit les proves estàndard amb l'ona de 8/20  $\mu$ s (test Tipus 2/Classe II fins 40 kA).

Sobretensions Permanents: la protecció haurà de complir la norma UNE EN 50550, en la que es defineix la corba de dispar progressiva Tensió/Temps en funció de la magnitud de la sobretensió que es produeixi a la línia. Concretament, la protecció contra sobretensions serà de tipus transitori i permanent, bipolar, de 1,2 kV de tensió màxima i de 40 kA de intensitat màxima transitòria. A continuació es mostren les característiques principals:

<b>Protector de sobretensions transitòries i permanents QPG</b>	
Nº de pols	4P (3P+N)
Tensió nominal ( $U_n$ L-N)	230 V
Tensió màxima de servei ( $U_c$ L-N)	> 275 V
Intensitat màxima ( $I_{max}$ )	15 kA
Poder de tall (PdeC)	6 kA
Tensió màxima ( $U_p$ )	< 1,5 kV

Taula 4.7: Característiques del limitador de sobretensions del QPG [Elaboració pròpia].

En segon lloc, al QG-BT també hi haurà un interruptor magnetotèrmic encarregat de protegir el circuit contra sobrecàrregues i curtcircuits. Aquesta protecció es disposarà al tram que va des de l'interruptor magnetotèrmic del QPG fins al punt de connexió a xarxa. Les característiques d'aquest interruptor són les següents:

<b>Interruptor Magnetotèrmic QG-BT</b>	
Tensió nominal ( $U_n$ )	400 V (AC)
Intensitat nominal ( $I_n$ )	80 A
Poder de tall (PdeC)	6 kA
Temps de vida	>20 000 actuacions

Taula 4.8: Característiques de l'interruptor magnetotèrmic del QG-BT [Elaboració pròpia].

Aquesta mateixa línia disposarà d'un relé diferencial toroïdal, amb les següents característiques:

<b>Interruptor Diferencial Toroïdal</b>	
Sensibilitat	300 mA
Temps de vida	>20 000 actuacions

Taula 4.9: Característiques de l'interruptor diferencial toroïdal [Elaboració pròpia].



Cal comentar que tot i que no caldrà instal·lar-lo, a la instal·lació es disposa d'un Interruptor General Automàtic (IGA) amb les següents característiques:

<b>Interruptor Magnetotèrmic IGA</b>	
Tensió nominal (Un)	400 V (AC)
Intensitat nominal (In)	180 A
Poder de tall (PdeC)	10 kA
Temps de vida	>20 000 actuacions

Taula 4.10: Característiques de l'interruptor magnetotèrmic IGA [Elaboració pròpia].

#### 4.4.1.3. Presa de terra.

Per al dimensionat de les preses de terra instal·lades s'ha seguit la informació recollida a [2.1.2.7.]. Al següent esquema es pot veure l'esquema general de la xarxa de preses de terra de la instal·lació fotovoltaica:

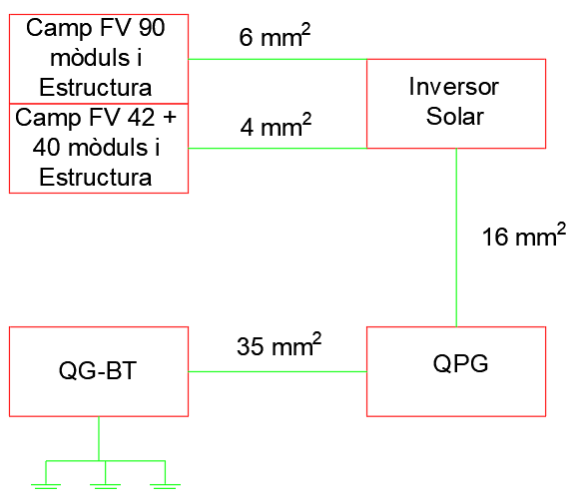


Figura 4.8: Esquema de terres de la instal·lació [Elaboració pròpia].

#### 4.4.2. Sistemes de seguretat instal·lats a les cobertes.

Com ja s'ha comentat, es planteja instal·lar uns sistemes de seguretat per garantir l'accés i la seguretat per aquelles persones i grups d'alumnes que accedeixin a la coberta sud. Aquests visitaran els camps fotovoltaics i els sistemes de conversió d'energia, els inversors. Els sistemes de seguretat instal·lats a les diferents superfícies són els descrits a continuació.

#### 4.4.2.1. Línia de vida.

S'instal·larà una línia de vida en aquelles cobertes en què no s'hi accedeixi per visitar la instal·lació i que serviran per garantir la seguretat d'aquelles persones que facin la instal·lació dels mòduls o hagin de fer manteniments a la coberta. S'aprofitarà la línia de vida existent a la coberta 1 i s'instal·laran noves línies de vida sobre la coberta 1 per completar l'extensió del camp instal·lat i sobre la coberta 3. Ambdues consultables a [Plànol 15] i [Plànol 16].

#### 4.4.2.2. Escales d'accés.

S'hauran d'instal·lar unes escales per tal d'adaptar les instal·lacions i facilitar l'accés a la zona on s'hi instal·laran els equips de conversió i a la coberta 2 d'aquelles persones que desitgin visitar la instal·lació. Es fa ja que actualment cal creuar algunes instal·lacions existents i superar el canvi de nivell entre cobertes, com s'aprecia a [Annex I Figura I.15].



Figura 4.9: Escales per facilitar l'accés a la coberta 2 [Obtingut de [20]].

Es pot consultar la ubicació d'aquestes escales a [Plànol 16].

#### 4.4.2.3. Tanca perimetral.

S'instal·larà una tanca perimetral a la zona marcada a [Plànol 16]. La tanca perimetral servirà per garantir de manera permanent la seguretat a persones i grups que accedeixin a la coberta sud, habilitada per fer-hi visites formant un recinte tancat al voltant del camp fotovoltaic.



Figura 4.10: Tanca perimetral inclinada de protecció [Obtingut de [20]].

Amb aquesta s'aconseguirà delimitar les superfícies habilitades per la visita de la instal·lació, que són la zona on s'hi instal·laran els inversors i el Quadre de Proteccions de Generació (QPG) i la coberta 2.

#### **4.4.3. Adaptació de les safates de pas de cablejat existents.**

Actualment hi ha unes safates de pas de cablejat de tipus Rejiband instal·lades en alguns punts del complex que es podran aprofitar per fer el pas de cablejat que sigui necessari. Tot i això, aquestes no disposen d'una tapa de protecció i per tant caldrà instal·lar-la. S'especifica la safata sobre la que caldrà actuar a [Plànol 16].

#### **4.4.4. Instal·lació de noves safates de pas de cablejat.**

S'instal·laran les safates de cablejat indicades a [Plànol 15] i [Plànol 16], que són les necessàries per assegurar una protecció adequada al cablejat instal·lat. Serà safata de tipus llisa de PVC i de dimensions 100 x 200 mm.

### **4.5. Instal·lació definida.**

Utilitzant aquestes configuracions de mòduls, inversors i proteccions s'aconsegueix muntar tres camps fotovoltaics, un de 90 mòduls inclinats  $18^\circ$  i orientats  $3^\circ$  cap al sud – est, un segon de 42 mòduls inclinats igualment  $18^\circ$  i orientats  $36^\circ$  cap al sud – oest i un de 40 mòduls inclinats  $15^\circ$  i orientats  $54^\circ$  cap al sud – est. Fent-ne el total, suposen 172 mòduls de la marca Ja Solar i model JAM60S01-310/PR que totalitzen 53,32 kWp instal·lats [Plànol 11].

## 4.6. Simulació de la producció.

L'estimació de la producció prevista per la planta fotovoltaica es duu a terme mitjançant programes de càlcul específics.

Aquests programes parteixen de dades històriques de radiació i temperatura, amb els quals, introduint les condicions concretes de la instal·lació (equips que la integren, situació dels mòduls fotovoltaics, possibles ombres que es puguin originar, etc.), poden estimar amb un alt grau d'exactitud, la producció elèctrica que es pot esperar de la instal·lació.

En particular, s'ha utilitzat el programa de càlcul PvSol. La superfície 1 (s1) correspon al camp de 90 mòduls i la superfície 2 (s2) correspon al camp que comprèn els 40 + 42 mòduls restants.

A la taula següent es recullen els principals valors de producció estimats:

	<b>Irr H</b>	<b>T Amb</b>	<b>Irr Inc</b>	<b>Irr Mod</b>	<b>Irr Inc</b>	<b>Irr Mod</b>	<b>E gen</b>
	<i>kWh/m<sup>2</sup></i>	<i>°C</i>	<i>kWh/m<sup>2</sup> s1</i>	<i>kWh/m<sup>2</sup> s1</i>	<i>kWh/m<sup>2</sup> s2</i>	<i>kWh/m<sup>2</sup> s2</i>	<i>kWh</i>
Gener	65,0	7,8	93,5	88,6	91,2	86,1	4.287
Febrer	81,9	8,9	103,1	100,1	100,9	97,8	4.765
Març	130,9	11,9	150,7	148,7	148,0	145,9	6.925
Abril	164,8	14,2	176,0	175,0	173,0	172,0	8.075
Maig	197,4	18,0	199,0	201,6	195,8	198,5	9.056
Juny	202,7	22,1	198,4	201,5	195,2	198,2	8.893
Juliol	220,2	24,5	218,0	222,1	214,6	218,5	9.625
Agost	185,5	24,4	192,6	191,6	189,4	188,3	8.440
Setembre	142,9	20,7	158,1	157,7	155,3	155,1	7.028
Octubre	105,5	17,4	128,6	125,2	126,0	122,6	5.737
Novembre	68,5	11,8	90,6	88,7	88,5	86,4	4.126
Desembre	56,6	8,3	85,7	82,1	83,4	79,6	3.890
<b>Anual</b>	<b>1622,0</b>	<b>15,9</b>	<b>1794,4</b>	<b>1782,8</b>	<b>1761,3</b>	<b>1748,9</b>	<b>80.848</b>

Taula 4.11: Producció anual estimada de 53.320 Wp [Elaboració pròpia].

<i>Irr H</i>	Irradiació global horitzontal
<i>T Amb</i>	Temperatura Ambient
<i>Irr Inc</i>	Irradiació global incident en el pla interceptor
<i>Irr Mod</i>	Irradiació efectiva sobre el mòdul (amb pèrdues)
<i>E gen</i>	Energia generada efectiva

Taula 4.12: Llegenda de [Taula 4.11] [Elaboració pròpia].

Per tant, la producció prevista és de **80,85 MWh/any**. Amb aquest valor, s’obté una producció específica de **1.516,3 kWh/kWp·any**. A la següent figura es pot veure una representació gràfica de la producció estimada per cada mes:

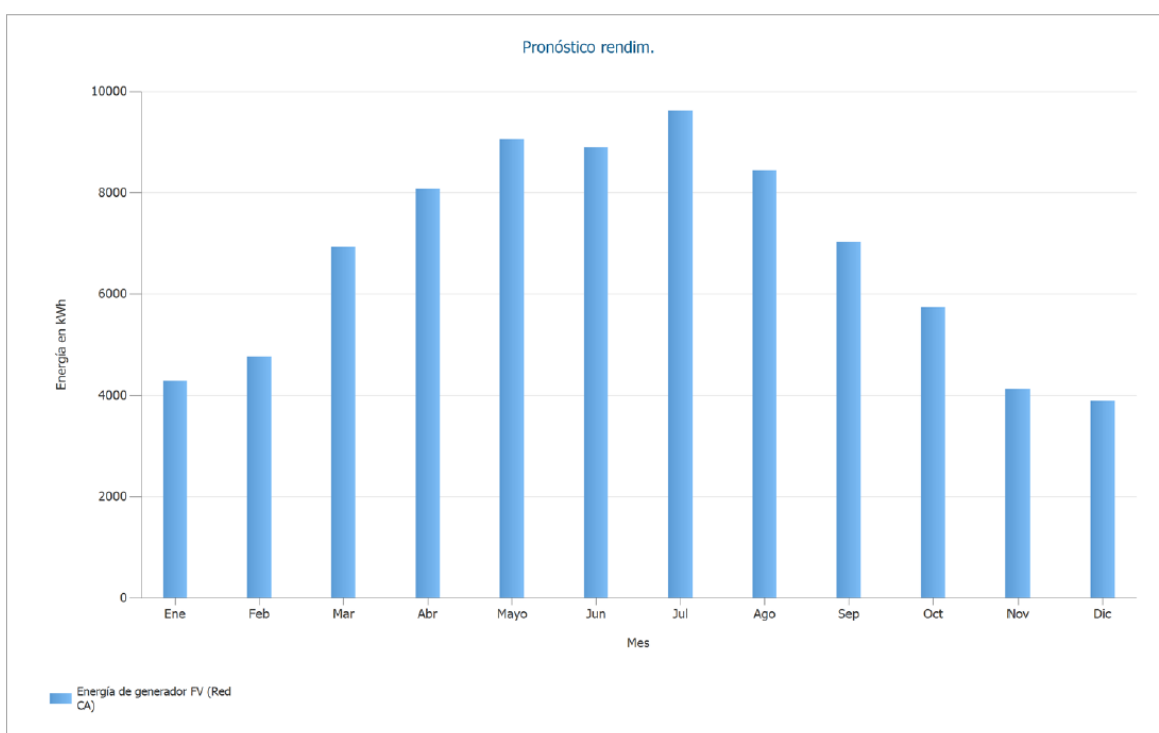


Figura 4.11: Resultats de la simulació [Informe simulació PvSol].

Finalment, es presenta el balanç energètic de producció d’energia fotovoltaica amb les pèrdues de la instal·lació, generat per el programa de càlcul PvSol, i que duu al valor final d’energia injectada a la xarxa [Taula 4.13].

Balance energético de instalación fotovoltaica		
<b>Radiación global horizontal</b>	<b>1.621,97 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Desviación del espectro estandar	-16,22 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Reflexión del suelo (albedo)	7,30 kWh/m <sup>2</sup>	0,45 %
Orientación y inclinación de la superficie de módulos	146,42 kWh/m <sup>2</sup>	9,08 %
Sombreado	0,00 kWh/m <sup>2</sup>	0,00 %
Reflexión en la superficie del módulo	-34,07 kWh/m <sup>2</sup>	-1,94 %
<b>Irradiación global sobre módulo</b>	<b>1.725,40 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1.725,40 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 281,25 m <sup>2</sup>	
	= 485.261,75 kWh	
<b>Irradiación global fotovoltaica</b>	<b>485.261,75 kWh</b>	
Ensuciamiento	0,00 kWh	0,00 %
Conversión STC (eficiencia nominal de módulo 18,96 %)	-393.260,52 kWh	-81,04 %
<b>Energía fotovoltaica nominal</b>	<b>92.001,22 kWh</b>	
Rendimiento con luz débil	-1.532,69 kWh	-1,67 %
Desviación de la temperatura nominal del módulo	-4.197,18 kWh	-4,64 %
Diodos	-431,36 kWh	-0,50 %
Inadecuación (datos del fabricante)	-1.716,80 kWh	-2,00 %
Inadecuación (Conexión/sombreado)	0,00 kWh	0,00 %
<b>Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor</b>	<b>84.123,20 kWh</b>	
Potencia de arranque DC no alcanzada	-19,06 kWh	-0,02 %
Regulación por rango de tensión MPP	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por corriente CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	0,00 kWh	0,00 %
Adaptación MPP	-112,53 kWh	-0,13 %
<b>Energía FV (DC)</b>	<b>83.991,61 kWh</b>	
<b>Energía en la entrada del inversor</b>	<b>83.991,61 kWh</b>	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	-190,88 kWh	-0,23 %
Conversión DC/AC	-1.721,88 kWh	-2,05 %
Consumo Standby (Inversor)	-28,57 kWh	-0,03 %
Pérdida total de cables	-1.231,62 kWh	-1,50 %
<b>Energía fotovoltaica (CA) menos consumo en modo de espera</b>	<b>80.818,67 kWh</b>	
<b>Inyección en la red</b>	<b>80.847,61 kWh</b>	

Taula 4.13: Balanç energètic de la instal·lació [Informe simulació PvSol].

## 4.7. Alternatives de gestió d'excedents.

La instal·lació anteriorment definida s'ha introduït en un software de simulació d'instal·lacions fotovoltaïques [21]. En aquest s'hi ha introduït els paràmetres que defineixen la instal·lació, com són la localització del complex, el model de mòduls, la seva inclinació i orientació, el model d'inversors i el seu connexionat [Annex II]. Amb aquestes dades el programa ha generat un informe del funcionament de la instal·lació i ofereix els valors de producció simulats que generaria aquesta. Els valors de producció són generats en format .csv i donant dades en freqüència horària durant un any natural. Mitjançant aquestes dades

s’ha pogut fer l’estudi disposat a [Annex II], que fa referència a la simulació de la producció esperada amb les dades definitives de la instal·lació. Amb aquest estudi es pot treure conclusions del funcionament de la instal·lació. També s’han obtingut els valors horaris concrets d’energia generada. A partir d’aquests i fent la comparativa amb els valors horaris de consum històrics es poden determinar l’energia autoconsumida, els excedents i la cobertura [Taula 4.14] de la instal·lació definitiva plantejada.

Consum	Potència FV	Energia Generada	Rati producció	Autoc.	Cob.	Excedents	
[kWh/any]	[kWp]	[kWh/any]	[kWh/kWp i any]	[kWh]	[%]	[kWh]	[%]
221.995,80	53,32	80.847,60	1.516,27	61.235,62	27,6	19.611,98	24,3

Taula 4.14: Resultats del dimensionat [Elaboració pròpia].

Llavors es poden comparar [Taula 4.15] aquests paràmetres amb els obtinguts durant el predimensionat preliminar, que es troben a [Taula 4.2] i també es poden comparar amb els valors de projectes anteriors, disposats a [Taula 2.3].

		Instal·lació definitiva	Instal·lació preliminar	Instal·lacions estudiades (Mitja)
Potència	[kWp]	53,32	50	26,04
Autoconsum	[kWh]	61.235,62	58.896,33	26.483
Cobertura	[%]	27,6	26,5	25,5
Excedents	[kWh]	19.611,98	17.347,73	9.613
	[%]	24,3	22,8	26,6

Taula 4.15: Comparativa dels ratis [Elaboració pròpia].

Es pot veure que els ratis de la instal·lació dimensionada es troben en el 27,6% per al de cobertura i al 24,3% per al d’excedents generats, amb un valor de 19.611,98 kWh. A continuació es pot estudiar la figura dels excedents generats, que es disposen de color ocre sobre el perfil de consums del complex, de color blau [Figura 4.12]. Si s’analitza [Figura 4.13] i com era previsible, queda ben clar que el gruix dels excedents es troba durant les vacances d’estiu i d’hivern, també durant els caps de setmana. Es poden veure els buits (falta d’excedents) en els dies entre setmana, senyal que s’aprofita gran part de l’energia generada.

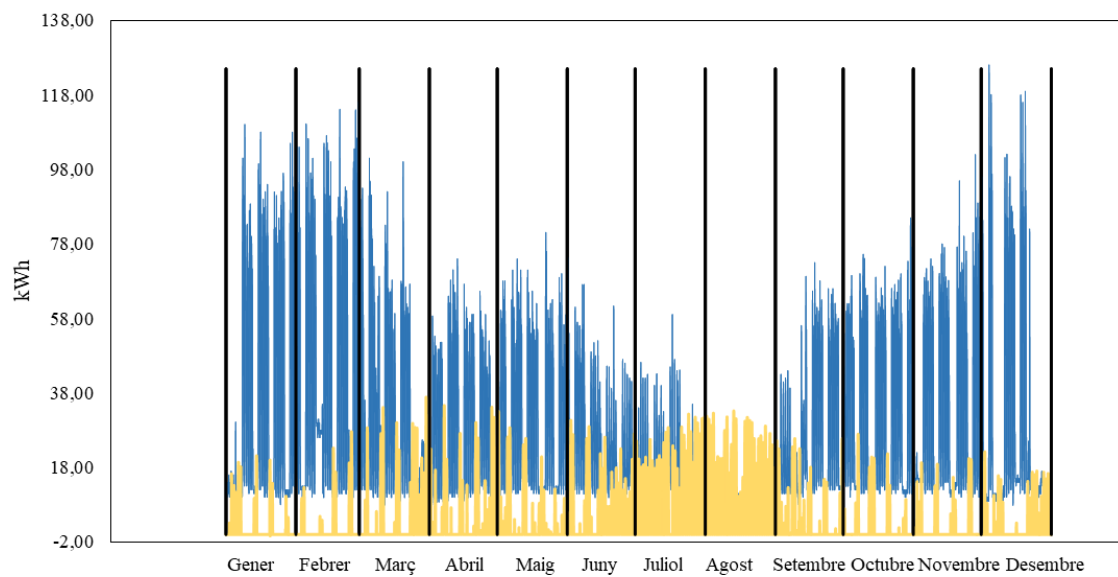


Figura 4.12: Excedents generats per la instal·lació, en blau l'energia consumida i en groc els excedents generats [Elaboració pròpia].

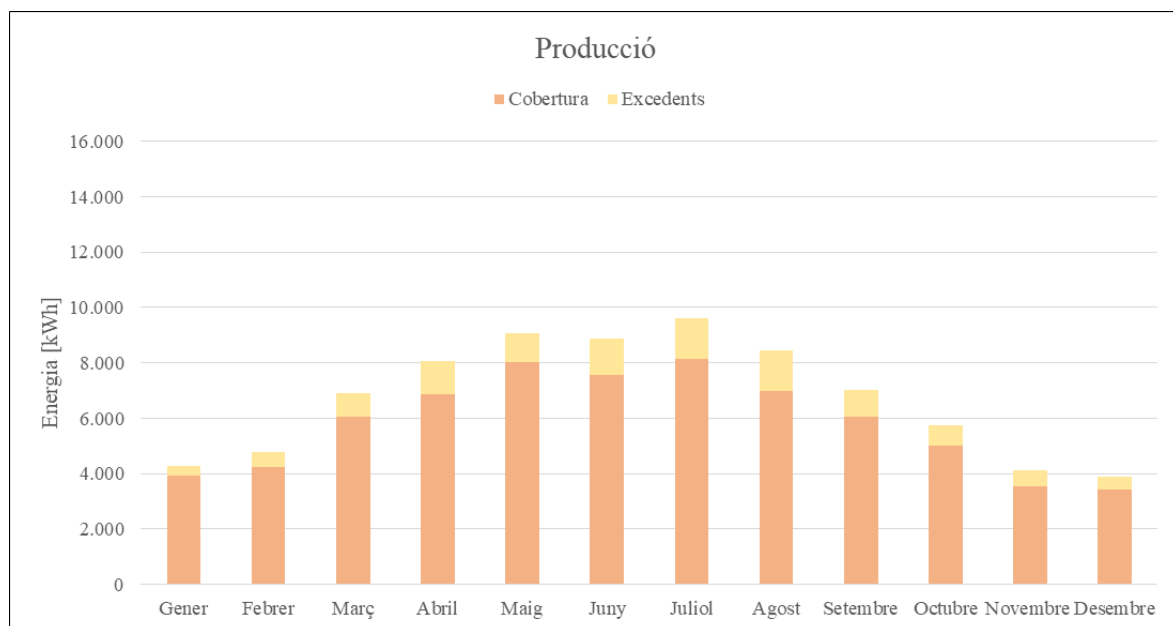


Figura 4.13: Comparativa cobertura – excedents [Elaboració pròpia].

Per acabar, es disposen els gràfics que mostren la superposició de l'energia generada provinent de la simulació (en color marró) contra l'energia consumida de manera mensual (en color gris), per poder entendre el comportament del complex i el consum de l'energia fotovoltaica generada amb un major grau de detall.



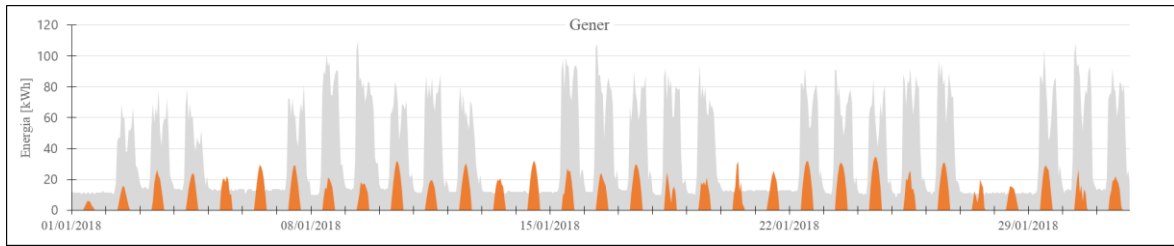


Figura 4.14: Producció (taronja) – Consums (gris) gener [Elaboració pròpia].

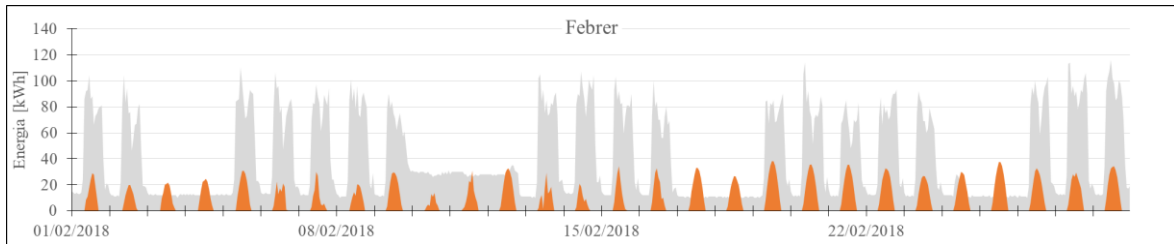


Figura 4.15: Producció (taronja) – Consums (gris) febrer [Elaboració pròpia].

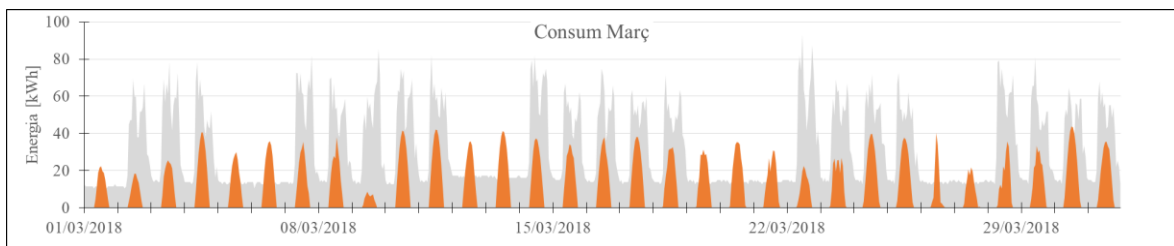


Figura 4.16: Producció (taronja) – Consums (gris) març [Elaboració pròpia].

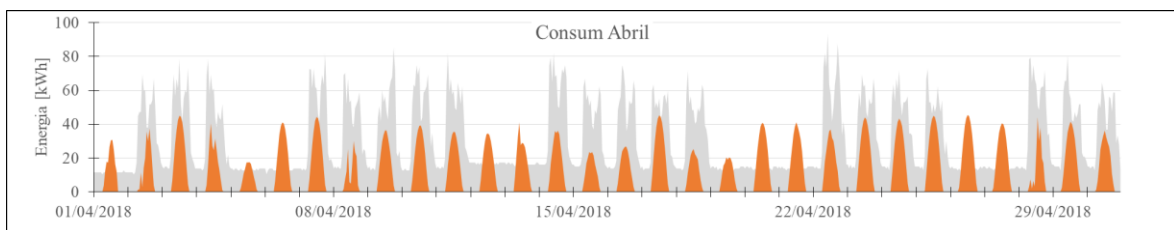


Figura 4.17: Producció (taronja) – Consums (gris) abril [Elaboració pròpia].

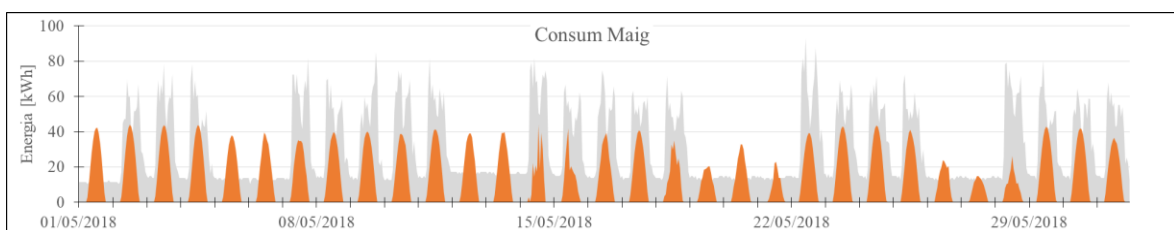


Figura 4.18: Producció (taronja) – Consums (gris) maig [Elaboració pròpia].

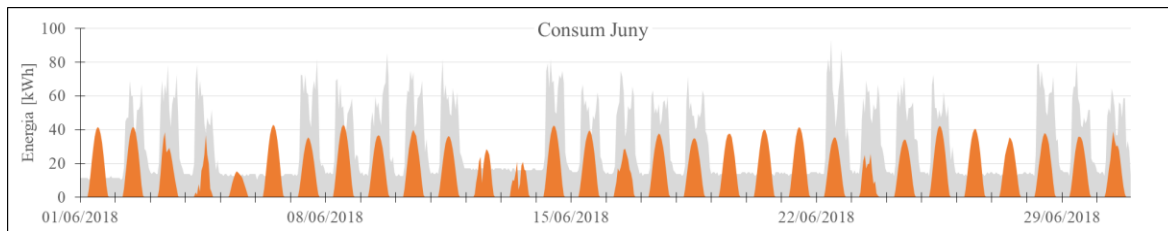


Figura 4.19: Producció (taronja) – Consums (gris) juny [Elaboració pròpia].

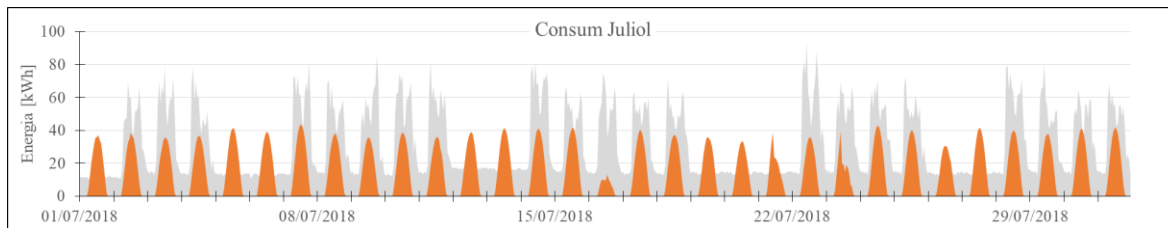


Figura 4.20: Producció (taronja) – Consums (gris) juliol [Elaboració pròpia].

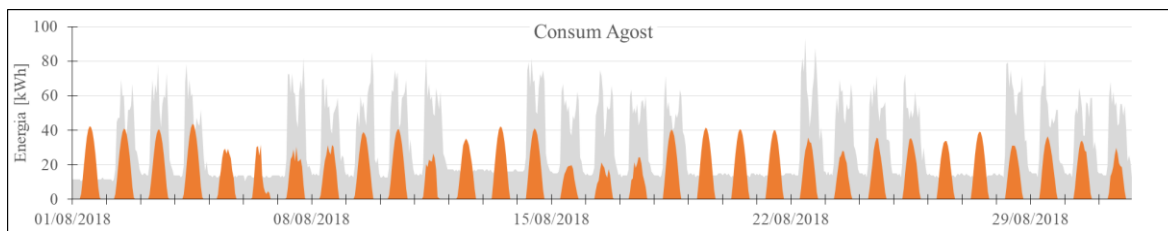


Figura 4.21: Producció (taronja) – Consums (gris) agost [Elaboració pròpia].

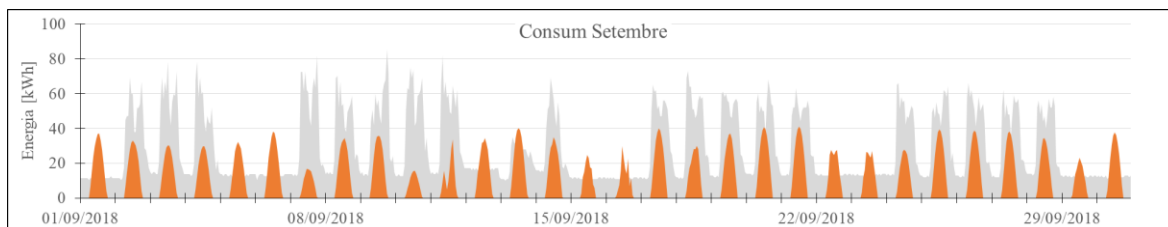


Figura 4.22: Producció (taronja) – Consums (gris) setembre [Elaboració pròpia].

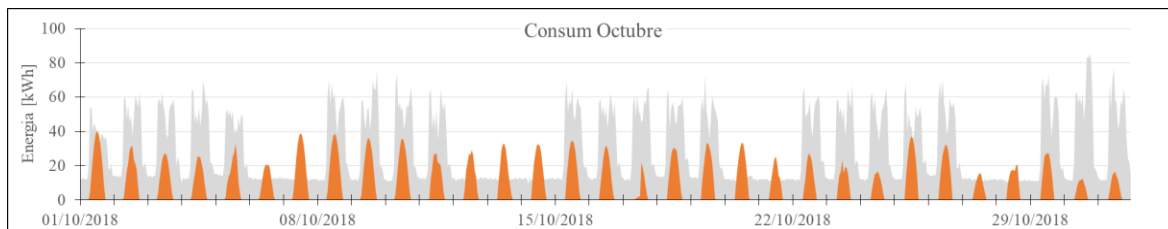


Figura 4.23: Producció (taronja) – Consums (gris) octubre [Elaboració pròpia].

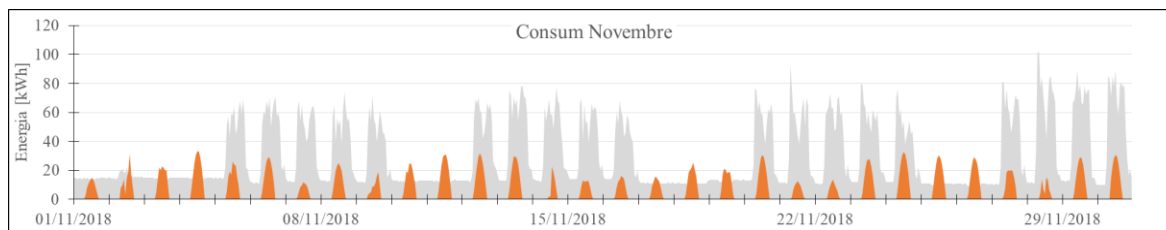


Figura 4.24: Producció (taronja) – Consums (gris) novembre [Elaboració pròpia].

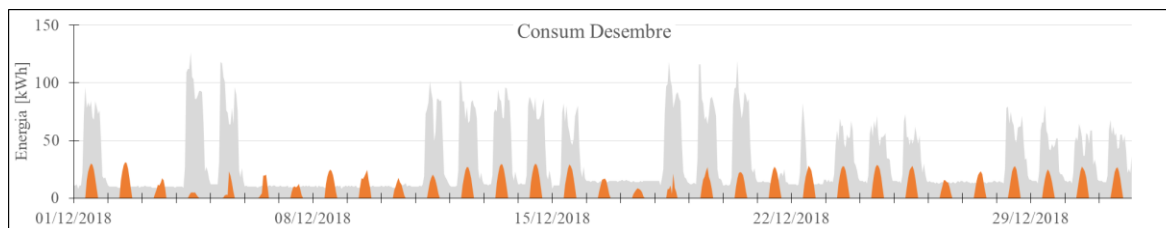


Figura 4.25: Producció (taronja) – Consums (gris) desembre [Elaboració pròpia].

Si es comparen tots els resultats exposats es pot arribar a la conclusió que la instal·lació projectada es troba en consonància amb l'estudi preliminar realitzat i té un rati de cobertura que es troba per sobre de la mitjana d'instal·lacions realitzades i també passa amb els excedents generats, que proporcionalment són més baixos que la mitja. Això significa que s'ha aconseguit cobrir una part important de l'energia consumida per l'institut generant uns excedents assumibles considerant les característiques del complex.

Tot i arribar a la conclusió que la instal·lació té uns ratis assumibles i que es troben dins la normalitat, els excedents representen pràcticament una quarta part de l'energia total generada, pel que es planteja fer una gestió d'aquests.

A partir del RD 244/2019 del 5 d'abril, apareixen les dues opcions principals per a l'autoconsum, que són fer una injecció a xarxa sense cap tipus de retribució i optar per fer una compensació dels excedents. Per complementar l'estudi es plantejarà el cas que el consum es trobés sostingut durant tot l'any per verificar l'adequació de la instal·lació al complex i finalment la opció d'optar per instal·lar bateries d'emmagatzematge d'energia.

#### 4.7.1. Injecció zero.

Aquesta opció de gestió d'excedents suposa la més senzilla de totes. En aquestes, existeix una xarxa de producció com la descrita que es troba connectada a la xarxa de la companyia elèctrica al punt frontera. Per tant, es disposa de la opció de consumir energia de la xarxa de

distribució. El punt diferencial d'aquesta modalitat d'autoconsum és el que fa referència a la gestió dels excedents, en què disposar d'algun sistema que eviti la injecció dels excedents generats a la xarxa, de manera que no seran consumits i per tant no tindran cap tipus de valor monetari ni es rebrà cap retribució per haver-los generat. Habitualment s'opta per aquesta opció en instal·lacions de dimensions petites i que es busca una ràpida legalització del camp, juntament amb uns excedents generats molt poc significatius.

#### **4.7.2. Compensació econòmica.**

Aquesta modalitat d'autoconsum fa referència a aquelles instal·lacions que es troben connectades a xarxa i que, per les causes que siguin, generen una energia que no es consumeix immediatament, els excedents. El RD 244/2019 defineix que si un productor d'energia o un particular s'atén a aquesta modalitat, la comercialitzadora elèctrica compensarà l'energia injectada a la xarxa a la factura elèctrica, podent arribar a una facturació neta. Per tant, la comercialitzadora farà balanç de l'energia consumida pel subjecte i l'energia que ha injectat a la xarxa en el moment de fer el recompte. En el cas que el valor econòmic de l'energia injectada sigui igual al valor econòmic de l'energia consumida de la xarxa, existirà la facturació neta.

Tot i això, la factura elèctrica disposa d'us costos derivats del terme de potència i uns altres del terme d'energia. Els costos del terme de potència són fixes i es troben en funció de la potència contractada i consumida i per tant no poden ser compensats o reduïts. En canvi, els costos associats al terme d'energia podrien ser compensats en la seva totalitat, sota les condicions adequades ja definides [22]. Aquesta compensació es fa en termes econòmics en la factura del mes següent. El preu que s'assignarà als excedents injectats a la xarxa anirà en funció del preu de l'energia en el moment de fer la injecció a la xarxa. En última instància, serà la comercialitzadora qui assignarà el preu amb el que es fa la compensació d'energia i serà el consumidor qui podrà decidir la companyia que li ofereixi millors condicions.

#### **4.7.3. Consum sostingut durant l'any.**

Es planteja aquesta hipòtesi per tal de verificar l'adequació tècnica de la instal·lació fotovoltaica en el cas que el consum del complex fos més regular durant l'any i per tant hi hagués un autoconsum més elevat i uns excedents menys importants. Es vol aconseguir el valor del període d'amortització de la instal·lació en el cas que els consums no fossin tant

desfavorables per a la instal·lació. Com s'ha vist a [4.1.2. ], els consums són força cíclics durant unes èpoques de l'any però hi ha singularitats rellevants que fan disminuir el consum i augmentar els excedents, com són els caps de setmana, períodes no lectius, períodes de vacances [Figura 4.12] i fluctuacions durant el dia, matí i tarda. Si es treballa amb uns consums més sostinguts durant l'any es podrà verificar que la instal·lació s'adequa al complex i que són les característiques específiques del seu consum les que fan augmentar el període d'amortització.

En aquest canvi de consums s'ha optat per regular els canvis de consum que vénen donats per la falta d'ús del complex i no s'ha modificat el consum dels caps de setmana ni durant el dia. S'ha ajustat el període des de principis de març fins al 13 de setembre i des del 23 de desembre al 7 de gener. Aquests períodes coincideixen amb la Setmana Santa (25 de març a 2 d'abril), algunes dates no lectives, el període estival i les vacances de Nadal (del 23 de desembre al 7 de gener) [23]. A continuació es disposa la figura que permet veure el canvi en els consums [Figura 4.26]. En aquesta figura s'hi pot observar, en color blau, els consums obtinguts del comptador del complex que no han estat modificats. En color verd s'hi pot veure els consums originals de l'Institut que han estat modificats i en color ocre els valors que s'ha assignat als nous consums horaris.

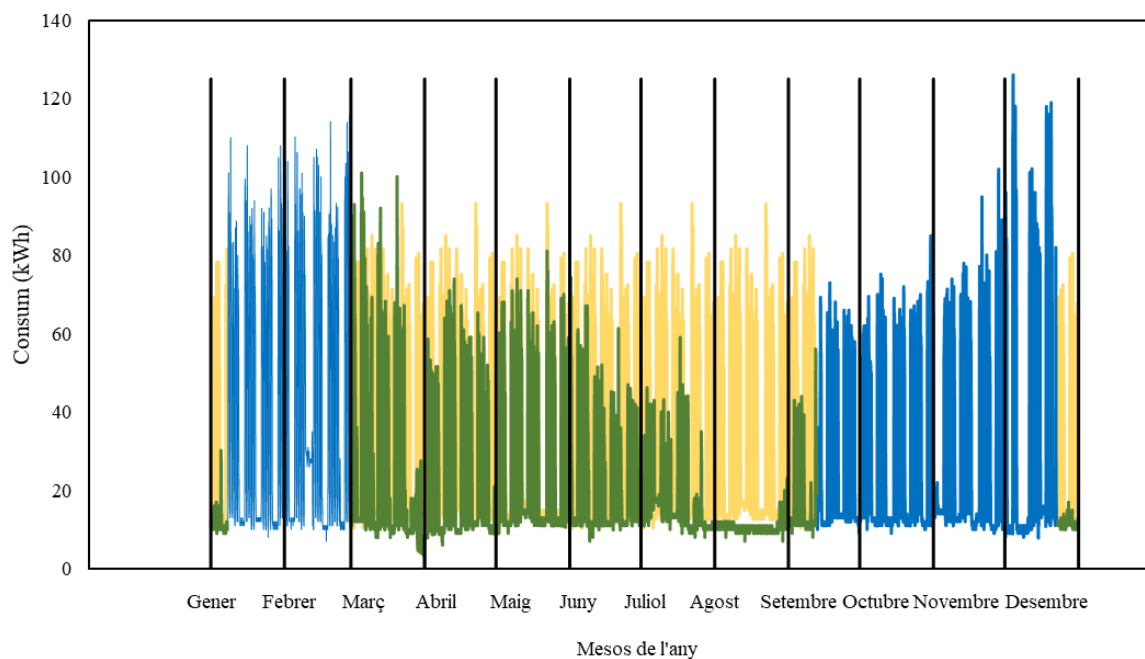


Figura 4.26: Consum modificat de l'Institut l'any 2018, en blau els consums originals, en verd els consums originals substituïts i en groc els consums que substitueixen els verds [Elaboració pròpia].

Amb les dades de consum modificades es pot realitzar l'estudi dels ratis de la instal·lació, que es disposen a continuació [Taula 4.16]. Amb aquests ratis ja es pot observar que els excedents es redueixen més del 43% si es corregeix la falta de consums. La clau es troba en què la cobertura no s'ha vist altament influenciada donat que aquest rati és el quocient entre l'energia consumida total i la consumida que és generada per la instal·lació. Això indica que s'aprofita més energia generada, ja que ha augmentat considerablement el consum.

	Consum	Potència FV	Energia Generada	Autoc.	Cob.	Excedents	
	[kWh/any]	[kWp]	[kWh/any]	[kWh]	[%]	[kWh]	[%]
Consum real	221.995,80	53,32	80.847,60	61.235,62	27,6	19.611,98	24,3
Consum modificat	277.735,45	53,32	80.847,60	69.799,41	25,1	11.048,19	13,7

Taula 4.16: Comparativa modificació dels consums [Elaboració pròpia].

D'aquesta manera i aprofitant la nova reglamentació RD 244/2019 que permet fer autoconsum col·lectiu, es planteja l'escenari en el cas que es trobés un possible consumidor que pogués aprofitar aquesta energia excedentària als períodes que no hi ha escolarització. Això fa reduir molt els excedents generats per la instal·lació i cal estudiar-ne la seva viabilitat econòmica, per tant es fa l'estudi econòmic d'aquesta possibilitat. Es partirà d'aquests valors obtinguts per poder fer l'estudi econòmic d'aquest escenari i analitzar la qualitat de la instal·lació disposada.

#### 4.7.4. Instal·lació de bateries.

Finalment, es planteja la opció de treballar amb bateries i instal·lar-ne. Instal·lar bateries en un habitatge o complex significa que hi ha la necessitat d'emmagatzemar part de l'energia generada per al seu posterior consum. Per tant, la adequació de les bateries es troba directament relacionat amb la manera de consumir energia que té l'habitatge. Per il·lustrar-ho, si un habitatge té uns consums reduïts durant les hores de sol, que són les hores que hi ha producció fotovoltaica i els seus consums més significatius es troben en les primeres i últimes hores del dia, es pot optar per instal·lar bateries. D'aquesta manera s'aconsegueix generar energia durant el dia, emmagatzemar-la i posteriorment consumir-la. Això defineix un cicle d'ús de la bateria, que coincideix amb un dia complet. En el cas del complex que s'estudia [Figura 4.27], els seus consums es troben distribuïts durant el dia i en les hores en què hi ha producció i en canvi el consum fora d'hores de producció és baix.

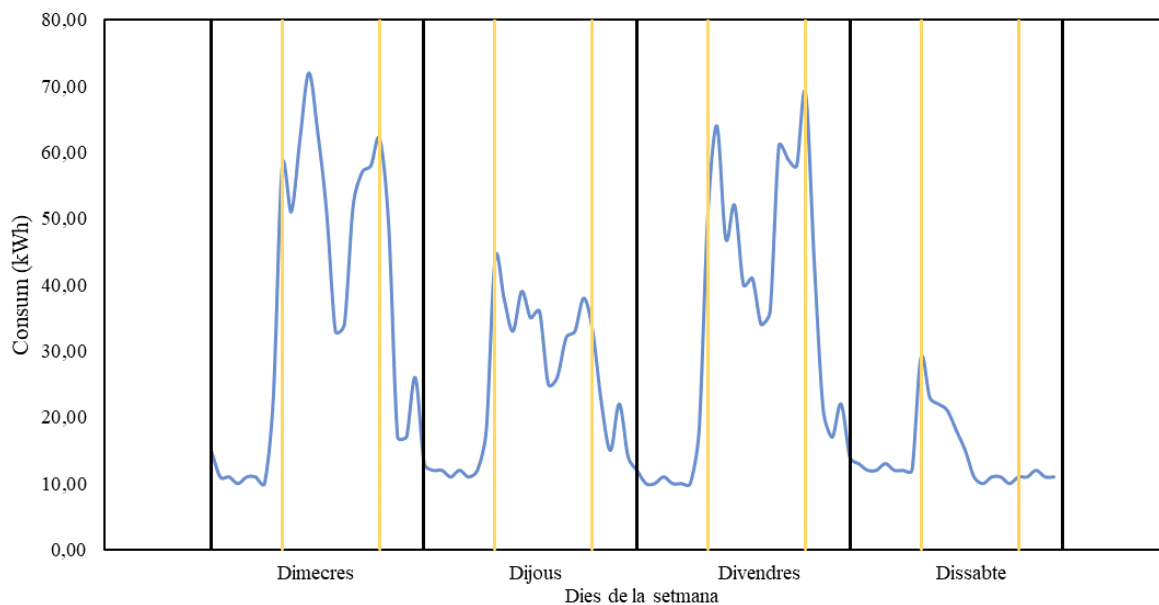


Figura 4.27: Consums (blau) entre setmana i períodes diaris de producció d'energia solar (groc) [Elaboració pròpia].

A [Figura 4.27] es disposa una mostra representativa dels consums entre setmana. Es pot veure que durant els dies que hi ha classe (dimecres, dijous i divendres) hi ha uns consums que es troben dins les franges de producció (marcades amb les columnes grogues, punts en què la producció comença a ser augmentar o a disminuir significativament) i que quan la producció es redueix els consums baixen. Passa igual el cap de setmana. Per tant, es pot concloure que el gran volum dels consums es troba dins les hores de sol, que corresponen a les hores en què es fa la producció. Per tant, en aquest aspecte, no s'ha identificat la necessitat d'instal·lar-hi bateries.

Aquestes es podrien disposar per tal d'abastir els consums que es troben fora de les hores de producció, com es veuen a la figura. Sembla que hi ha uns consums constants de 10 kWh, que poden motivar la utilització d'aquestes bateries.

En aquest cas, tindria sentit instal·lar-les i farien la seva funció perfectament, donat que es podrien carregar i descarregar completament en un mateix cicle. Tot i això, l'aparició de la modalitat d'autoconsum amb compensació d'excedents suposa una millor opció econòmica per consumir energia de manera diferida a l'hora que s'ha produït, donat l'alt cost d'instal·lació i manteniment de les bateries de Liti actuals.

S'aconsegueix treballar amb la xarxa elèctrica com a bateria on s'injecten els excedents generats i que poden ser consumits posteriorment, amb una reducció molt considerable del preu de mercat que fa inviable (menys en casos molt especials) la utilització de les bateries en una instal·lació connectada a la xarxa.

Per tant, per la naturalesa dels consums i la funció que fan les bateries es desestima com a opció donada la seva poca utilització i els elevats costos d'amortització de la instal·lació.



## 5. Estudi de viabilitat tècnica.

Pel que fa a la viabilitat tècnica, a continuació es disposa una explicació del funcionament de la instal·lació fotovoltaica dissenyada, els resultats del càlcul elèctric realitzat per al disseny i finalment el càlcul de sobrecàrregues sobre les cobertes afectades.

S'ha dimensionat una instal·lació de 172 panells fotovoltaics disposats en diferents camps i que tenen diferents orientacions i inclinacions. Els mòduls utilitzats són del fabricant JA Solar i model JAM60S03-310/PR que es trobaran connectats entre ells en les sèries consultables a [Plànol 17] i [Plànol 18]. Les especificacions tècniques dels mòduls, per a una radiació estàndard de 1000 W/m<sup>2</sup> i una temperatura de cèl·lula de 25 °C, són [Taula 5.1].

<b>Mòdul Fotovoltaic JA Solar JAM60S03-310/PR</b>	
Potència Pic (Pmax)	310 W
Tensió en circuit obert (Uo)	40,3 V
Intensitat de curtcircuit (Icc)	9,91 A
Tensió en el punt de màxima potència (Ump)	32,8 V
Intensitat en el punt de màxima potència (Imp)	9,44 A
Eficiència	19,0 %
Alçada	1.650 mm
Amplada	991 mm
Profunditat	35 mm
Pes	18,2 kg

Taula 5.1: Característiques tècniques del mòdul [Elaboració pròpia].

Juntament amb els panells fotovoltaics anteriors s'utilitzaran dos inversors per convertir el corrent continu provinent dels mòduls per adequar-la al corrent altern a 230/400 V de l'edifici. Aquests inversors seran de tipus i característiques específiques per a un sistema de connexió a la xarxa, de tensió i freqüència concrets. La creació d'harmònics estarà compresa dins dels límits fixats a la guia sobre qualitat d'ona de les xarxes UNESA i segons la norma CEI 1000-3-2. Hauran de complir tota la normativa aplicable descrita al RD1699/2011, i en particular allò disposat en el seu article 14, disposant de tots els certificats exigibles per la normativa actual.

La instal·lació de 53,32 Wp disposarà de dos inversors trifàsics SMA Sunny Tripower de 25.000 W. A continuació, es mostren les seves característiques tècniques:

<b>Inversor SMA Sunny Tripower 25000TL</b>	
<b>Entrada CC</b>	
Corrent màxim CC entrada	33/33 A
Mínima tensió d'entrada	150 V
Tensió d'entrada nominal	600 V
Màxima tensió d'entrada	1.000 V
Rang de tensió MPPT	390 V – 800 V
Nombre de seguidors MPPT	2
Nombre d'entrades per cada MPPT	3+3
<b>Sortida CA</b>	
Potència nominal de sortida CA	25.000 W
Potència màxima CA	25.000 VA
Corrent màxima	36,2 A
Freqüència nominal	50 Hz
Tensió de xarxa	400V

Taula 5.2: Característiques tècniques dels inversors [Elaboració pròpia].

## 5.1. Càlcul elèctric.

A partir dels mòduls i inversors seleccionats i equips de protecció que es disposen es fa el càlcul elèctric que afecta a la instal·lació [Annex IV]. Amb aquest s'arriba al dimensionat del connexionat de les sèries fotovoltaïques, les dimensions i recorregut del cablejat necessari per tal de complir tota la normativa aplicable. A continuació es disposen els resultats d'aquests càlculs i disposicions.

El dimensionat que es proposa, com s'ha comentat, està format per 2 inversors ubicats a la paret existent a mà esquerra quan s'accedeix a la coberta, punt mig entre els camps. La connexió dels mòduls a les entrades dels inversors es farà considerant que cada inversor disposa de dos seguidors MPPT amb tres entrades per a les sèries a cadascun dels seguidors. Els 53,32 kWp es troben distribuïts en tres camps fotovoltaïcs diferents que tenen tres orientacions i dues inclinacions diferents.

Això suposa que s'hagi de fer un connexionat totalment separat per a tots ells, de manera que en cap cas es poden ajuntar dos mòduls (tampoc strings de mòduls). Utilitzant els dos inversors SMA Sunny Tripower 25000TL anteriorment definits s'aconsegueix fer la connexió següent:

- Inversor 1, de 25.000 Wp:
  - MPP1: strings 1 i 2, de 18 mòduls cadascun situats al camp de la coberta 1.
  - MPP2: strings 3, 4 i 5, de 18 mòduls cadascun situats al camp de la coberta 1.
- Inversor 2, de 25.000 Wp:
  - MPP1: strings 6 i 7, de 20 mòduls cadascun situats al camp de la coberta 2.
  - MPP2: strings 8 i 9, de 21 mòduls cadascun situats al camp de la coberta 3.

Les sèries fotovoltaïques disposaran de dos fusibles de corrent continu i d'un protector de sobretensions transitòries per a cadascuna de les línies. En segon lloc, les sortides CA dels inversors es connectaran al Quadre de Proteccions de Generació on es disposarà d'una protecció magnetotèrmica general per protegir el camp fotovoltaic i una per a cada inversor juntament amb una protecció de sobretensions.

Aquesta línia es trobarà connectada al Quadre General de Baixa Tensió, on es disposarà d'un interruptor diferencial pel conjunt de la instal·lació i una protecció magnetotèrmica [Plànol 20]. Els inversors hauran de disposar d'un seccionador. A continuació [Taula 5.3], es mostra una taula-resum amb les dades de connexions dels inversors provinent de [Annex IV] així com les tensions i intensitats totals de cada generador fotovoltaic associat a l'inversor:

Inversor	Sèrie	Paral·lel	Vmppt	Imppt	Voc	Isc
1	18	2	591 V	18,9 A	725 V	19,8 A
1	18	3	591 V	28,3 A	725 V	29,7 A
2	21	2	689 V	18,9 A	846 V	19,8 A
2	20	2	656 V	18,9 A	806 V	19,8 A

Taula 5.3: Taula resum de les connexions dels strings a l'inversor, trams de cablejat CC [Elaboració pròpia].

Finalment, es comprovaran els paràmetres d'aquesta configuració aplicant també el valor de temperatura de cèl·lula més desfavorable per als dos inversors [Taula 5.4] i [Taula 5.5].

<b>Validació dels strings amb els valors de l'inversor 1</b>		
<b>Rang Vmppt inversor 1</b>		<b>390 – 800 V</b>
Vmppt string 1 i 2	591,12 V	✓
Vmppt string 3, 4 i 5	591,12 V	✓
Vmppt string 1 i 2 a 70°C	488,71 V	✓
Vmppt string 3, 4 i 5 a 70°C	488,71 V	✓
<b>V max. entrada inversor 1</b>		<b>1.000 V</b>
Voc string 1 i 2 a -10°C	787,97 V	✓
Voc string 3, 4 i 5 a -10°C	787,97 V	✓
<b>I max. entrades MPP1 inversor 1</b>		<b>33 A</b>
Imppt strings 1 i 2	18,90 A	✓
Isc string 1 i 2	19,82 A	✓
Isc string 1 i 2 a 70°C	20,39 A	✓
<b>I max. entrades MPP2 inversor 1</b>		<b>33 A</b>
Imppt string 3, 4 i 5	28,30 A	✓
Isc string 3, 4 i 5	29,73 A	✓
Isc string 3, 4 i 5 a 70°C	30,59 A	✓

Taula 5.4: Comprovació dels paràmetres d'entrada del l'inversor 1, trams de cablejat CC [Elaboració pròpia].

<b>Validació dels strings amb els valors de l'inversor 2</b>		
<b>Rang Vmppt inversor 2</b>		<b>390 – 800 V</b>
Vmppt strings 6 i 7	656,80 V	✓
Vmppt strings 8 i 9	689,64 V	✓
Vmppt strings 6 i 7 a 70°C	543,01 V	✓
Vmppt strings 8 i 9 a 70°C	570,16 V	✓
<b>V max. entrada inversor 2</b>		<b>1.000 V</b>
Voc strings 6 i 7 a -10°C	806,00 V	✓
Voc strings 8 i 9 a -10°C	846,30 V	✓
<b>I max. entrades MPP1 inversor 2</b>		<b>33 A</b>
Imppt strings 6 i 7	18,90 A	✓

Isc strings 6 i 7	19,82 A	✓
Isc strings 6 i 7 a 70°C	20,39 A	✓
<b>I max. entrades MPP2 inversor 2</b>		<b>33 A</b>
Imppt strings 8 i 9	18,9 A	✓
Isc strings 8 i 9	19,82 A	✓
Isc strings 8 i 9 a 70°C	29,39 A	✓

Taula 5.5: Comprovació dels paràmetres d'entrada de l'inversor 2, trams de cablejat CC [Elaboració pròpia].

Els valors de temperatura del mòdul de 15°C i 70°C estan calculats a partir d'unes temperatures ambient de -10°C i 45°C respectivament.

Per a cadascun dels inversors es fa el càlcul de caiguda de tensió i corrent màxim admissible per tal de dimensionar el cablejat necessari i també per confirmar el compliment de la normativa aplicable. Segons l'ITC-BT-40 del REBT, a l'apartat 5 "Cables de connexió", els cables de connexió hauran d'estar dimensionats per una intensitat no inferior al 125% de la màxima intensitat del generador i la caiguda de tensió entre el generador i el punt d'interconnexió a la XDE o a la instal·lació interior, no serà superior a l'1,5% per la intensitat nominal". Els càlculs es troben desenvolupats a [Annex IV] i conclouen els resultats següents:

	<b>Cablejat de corrent continu</b>		
	Caiguda de tensió màxima	Corrent màxim admissible	
Inversor 1	1,08 %	332 %	✓
Inversor 2	0,95 %	244 %	✓

Taula 5.6: Resultats dels càlculs sobre el cablejat de connexió als inversors, trams de cablejat CC [Elaboració pròpia].

S'ha dimensionat el connexionat de l'inversor 1 utilitzant cablejat Tipus B1 de 2 conductors de 6 mm<sup>2</sup> de secció i el de l'inversor 2 utilitzant cablejat Tipus B1 de 2 conductors de 4 mm<sup>2</sup> de secció. La longitud del cablejat utilitzat s'ha obtingut de [Plànol 17] i [Plànol 18].

	Cablejat de corrent altern		
	Caiguda de tensió	Corrent màxim admissible	
Inversor 1 a QPG	0,08 %	171%	✓
Inversor 2 a QPG	0,12 %	162%	✓
QPG a QG-BT	1,25 %	194%	✓

Taula 5.7: Resultats dels càlculs sobre els trams de cablejat CA [Elaboració pròpia].

S'ha dimensionat el connexionat dels trams que van de l'inversor 1 i 2 a QPG utilitzant cablejat Tipus B1 de 3 conductors de 16 mm<sup>2</sup> de secció i el del QPG fins als equips ubicats al QG-BT utilitzant cablejat Tipus B1 de 3 conductors de 70 mm<sup>2</sup> de secció. La longitud del cablejat en tots els casos s'ha obtingut de [Plànol 19]. Es pot observar que la caiguda de tensió màxima i el corrent màxim admissible es troben complint la normativa aplicable.

## 5.2. Càlcul de sobrecàrregues.

El càlcul detallat s'ha desenvolupat a [Annex IV], on es disposa el càlcul per a cadascuna de les cobertures utilitzades. Aquest té en compte les accions permanents, que fan referència al pes propi de l'estructura de subjecció i dels mòduls, i de les accions variables, que són les produïdes per la pressió estàtica del vent actuant sobre els mòduls. Les càrregues de la instal·lació es consideren càrregues d'ús i no es considera l'acció de la neu ni de la pròpia coberta ja que aquestes no varien respecte la situació actual (ja es tenen en compte en el disseny de la coberta). Finalment es fa el càlcul de les accions totals sobre les cobertes. Donat que els mòduls disposats sobre la coberta 3 es disposen coplanars, no es considerarà les accions variables ja que aquestes són menyspreables. A continuació es disposen els resultats de les sobrecàrregues sobre les cobertes [Taula 5.8].

Càlcul de càrregues sobre les cobertes				
		Coberta 1	Coberta 2	Coberta 3
Permanents Q	$N/m^2$	202,3	159,3	89,7
Variables $q_e$	$N/m^2$	231,4	199,9	-
Totals G	$N/m^2$	433,7	359,1	89,7
Totals g	$kg/m^2$	<b>44,2</b>	<b>36,6</b>	<b>9,1</b>

Taula 5.8: Càrregues sobre les cobertes [Elaboració pròpia].

Conseqüentment es conclou que la instal·lació fotovoltaica projectada en les cobertes del complex és apta pel disseny estructural actual de l'edifici, donat que la sobrecàrrega està per sota del valor característic d'ús (509,68 kg/m<sup>2</sup>).

### **5.3. Compliment del Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (REBT).**

La memòria tècnica ha estat redactada d'acord a les normes del vigent Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió i Instruccions Tècniques Complementàries del Reial Decret 842/2002, de 2 d'agost de 2002. A continuació, es fa referència a tots aquells elements als quals afecta la instal·lació objecte d'aquest projecte:

#### **5.3.1. Connexió de servei.**

La connexió de servei és la part de la instal·lació de xarxa de distribució que alimenta la caixa general de protecció o unitat funcional equivalent. Els conductors seran de coure o alumini. Aquesta línia estarà regulada per la ITC-BT-11.

Atenent al sistema de la instal·lació i a les característiques de la xarxa, la connexió es realitzarà al punt més proper possible a la connexió de servei existent. Els cables seran aïllats, de tensió assignada 0,6/1kV, sota tub o canal.

#### **5.3.2. Dispositius generals i individuals de comandament i protecció.**

Els dispositius generals de comandament i protecció es situaran el més a prop possible del punt d'entrada de la derivació individual. Es col·locarà un interruptor general automàtic (IGA) immediatament abans dels altres dispositius. L'alçada a la qual es situaran els dispositius generals i individuals de comandament i protecció dels circuits, mesurada des del nivell del terra, estarà compresa entre 1 i 2 m.

Els envoltants dels quadres s'ajustaran a les normes UNE 20.451 i UNE-EN 60.439-3, amb un grau de protecció mínim IP30 segons UNE 20.324 i IK07 segons UNE-EN 50.102. L'instal·lador fixarà de forma permanent sobre el quadre de distribució una placa, impresa amb caràcters indelebles, en la qual consti el seu nom o marca comercial, data de realització de la instal·lació, així com la intensitat assignada de l'interruptor general automàtic (IGA).

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

- Un interruptor general automàtic de tall omnipolar, d'intensitat nominal 20A, que permeti el seu accionament manual i dotat d'elements de protecció contra sobrecàrrega i curtcircuits (segons ITC-BT-22). Tindrà poder de tall suficient per a la intensitat de curtcircuit que pugui produir-se en qualsevol punt de la instal·lació.
- Un interruptor diferencial general, destinat a la protecció contra contactes indirectes de tots els circuits (segons ITC-BT-24). Es complirà la següent condició:

$$R_a \times I_a \leq O \quad (5.1)$$

On:

- *R<sub>a</sub>*: És la suma de les resistències de la presa de terra i dels conductors de protecció de masses.
- *I<sub>a</sub>*: És el corrent que assegura el funcionament del dispositiu de protecció (corrent diferencial residual assignat).
- *O*: És la tensió de contacte límit convencional (50V en locals secs i 24 V en locals humits).

Totes les masses dels equips elèctrics per a un mateix dispositiu de protecció, han d'estar interconnectades i unides per un conductor de protecció a una mateixa presa de terra.

- Dispositius de tall omnipolar, destinats a la protecció contra sobrecàrregues i curtcircuits de cadascun dels circuits interiors (segons ITC-BT-22).
- Dispositiu de protecció contra sobretensions (segons ITC-BT-23).



### **5.3.3. Instal·lacions interiors.**

#### **5.3.3.1. Conductors.**

Els conductors que s'utilitzin seran de coure o alumini i seran sempre aïllats. La tensió assignada no serà inferior a 0,6 / 1kV. 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 de l'1,5% segons ITC-BT-40.

En instal·lacions interiors, per tenir en compte els corrents harmònics deguts a càrregues no lineals i possibles desequilibris, la secció del conductor del neutre serà igual a la de les fases.

Les intensitats màximes admissibles, es regiran íntegrament per el que indica la norma UNE 20.460-5-523 i el seu annex nacional. En l'apartat de càlculs es determinen les característiques de tots els conductors en funció de la potència a transportar i la caiguda de tensió prevista de cada part de la instal·lació.

#### **5.3.3.2. Identificació de conductors.**

Els conductors de la instal·lació han de ser fàcilment identificables, especialment el conductor de neutre i el conductor de protecció. Aquesta identificació es realitzarà amb els colors que presentin els seus aïllaments.

Quan hi hagi un conductor neutre en la instal·lació o es pugui preveure per a un conductor de fase la seva passada interior a conductor neutre, s'identificaran aquests pel color blau. Al conductor de protecció se l'identificarà pel color verd-groc.

Tots els conductors de fase o, si s'escau, aquells pels quals no estigui previst el seu pas posterior a neutre, s'identificaran pels colors marró, negre o gris.

#### **5.3.3.3. Subdivisió de les instal·lacions.**

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, de manera que els dispositius de protecció de cada circuit estaran adequadament coordinats.

### 5.3.3.4. Equilibrat de càrregues.

En aquesta instal·lació les càrregues estan equilibrada, ja que està formada per inversors de connexió a xarxa trifàsics.

### 5.3.3.5. Resistència d'aïllament i rigidesa dielèctrica.

Les instal·lacions hauran de presentar una resistència d'aïllament almenys igual als valors indicats en la taula següent:

Tensió nominal instal·lació (V)	Tensió assaig corrent continu (V)	Resistència aïllament (M $\Omega$ )
MBTS o MBTP	250	$\leq 0,25$
$\leq 500$ V	500	$\leq 0,50$
$> 500$ V	1000	$\leq 1,00$

Taula 5.9: Resistència dels aïllaments [Elaboració pròpia].

La rigidesa dielèctrica serà tal que, desconnectats els aparells d'utilització (receptors), resisteixi durant 1 minut una prova de tensió de  $2 * V + 1000V$  a freqüència industrial, essent V la tensió màxima de servei expressada en volts, i amb un mínim de 1.500V.

Els corrents de fuga no seran superiors, per al conjunt de la instal·lació o per a cada un dels circuits on aquesta pugui dividir-se a efectes de la seva protecció, a la sensibilitat que presentin els interruptors diferencials (300mA en aquest cas) instal·lats com a protecció contra contactes indirectes.

### 5.3.3.6. Connexions.

En cap cas es permetrà la unió de conductors mitjançant connexions i/o derivacions per simple enrotllament entre si dels conductors, s'haurà de realitzar sempre utilitzant borneres de connexió muntades individualment o constituint blocs o regletes de connexió. Sempre es realitzaran a l'interior de caixes d'entroncament i/o derivació.

### **5.3.4. Sistema d'instal·lació.**

#### **5.3.4.1. Prescripcions generals.**

Diversos circuits poden trobar-se en el mateix tub o en el mateix compartiment de canal si tots els conductors estan aïllats per a la tensió assignada més elevada.

En cas de proximitat de canalitzacions elèctriques amb altres no elèctriques, es disposaran de manera que les superfícies exteriors d'ambdues es mantinguin a una distància mínima de 3 cm.

En cas de proximitat amb conductes de calefacció, d'aire calent, vapor o fum, les canalitzacions elèctriques s'establiran de manera que no puguin arribar a una tempesta perillosa.

Les canalitzacions elèctriques no es situaran per sota d'altres canalitzacions que puguin donar motiu a condensacions.

Les canalitzacions estaran disposades de manera que facilitin la seva maniobra, inspecció i accés a les connexions. Les canalitzacions elèctriques s'establiran de manera que, mitjançant la convenient identificació dels 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, com ara murs, envans o cobertes, no es disposaran entroncaments o derivacions de cables.

#### **5.3.4.2. Conductors aïllats sota tubs protectors.**

Els cables utilitzats seran de tensió assignada no inferior a 0,6/1kV per a circuits de potència, i de 450/750V per circuits de control.

El diàmetre exterior mínim dels tubs, en funció del nombre i la secció dels conductors a conduir, s'obté de les taules indicades a la ITC-BT-21, així com les característiques mínimes segons el tipus d'instal·lació.

Per a l'execució de les canalitzacions sota tubs protectors, es tindran en compte les prescripcions generals següents:

- El traçat de les canalitzacions es farà seguint línies verticals i horitzontals o paral·leles a les arestes de les parets que limiten el local on s'efectua la instal·lació.
- Els tubs s'uniran entre si mitjançant accessoris adequats a la seva classe que assegurin la continuïtat de la protecció que proporcionin als conductors.
- Els tubs aïllants rígids corbables en calent podran ser acoblats entre si, recobrint l'entroncament amb un adhesiu especial quan es precisi una unió estanca.
- Les corbes practicables en els tubs seran contínues i no originaran reduccions de secció inadmissibles. Els radis mínims de curvatura per a cada classe de tub seran els especificats pel fabricant conforme a la Norma UNE-EN.
- Haurà de ser possible la fàcil introducció i retirada dels conductors en els tubs després de col·locar-los, una vegada fixats aquests i els seus accessoris, disposant per això dels registres que es considerin convenientes, que en trams rectes no estaran separats entre si més de 15 metres. El nombre de corbes en angle entre dos registres consecutius no serà superior a 3. Els conductors s'allotjaran normalment en els tubs després de col·locar-los.
- Els registres podran estar destinats únicament a facilitar la introducció i retirada dels conductors en els tubs o servir al mateix temps com caixes d'entroncament o derivació.
- Les connexions entre conductors es realitzaran en l'interior de caixes apropiades de material aïllant i no propagador de la flama. Si són metàl·liques estaran protegides contra la corrosió. Les dimensions d'aquestes caixes seran tals que permetran allotjar folgadamente tots els conductors que hagin de contenir. La seva profunditat serà almenys igual al diàmetre del tub major més un 50% del mateix, amb un mínim de 40mm. El seu diàmetre o costat interior mínim serà de 60mm. Quan es vulguin fer estanques les entrades dels tubs en les caixes de connexió, s'hauran d'utilitzar premsaestopes adequats.
- En els tubs metàl·lics sense aïllament interior, es tindrà en compte la possibilitat que es produeixin condensacions d'aigua al seu interior, per aquest motiu es triarà convenientment el traçat de la instal·lació, prevenint l'evacuació i establint una ventilació apropiada a l'interior dels tubs mitjançant el sistema adequat, com pot ser, per exemple, l'ús d'una "T" de la qual una de les sortides no s'utilitza.
- Els tubs metàl·lics que siguin accessibles han de connectar-se a terra. La seva continuïtat elèctrica haurà de quedar convenientment assegurada. En el cas d'utilitzar

tubs metàl·lics flexibles, és necessari que la distància entre dues preses a terra consecutives dels tubs no excedeixi de 10 metres.

- No es poden utilitzar els tubs metàl·lics com a conductors de protecció o neutres.

Quan els tubs s'instal·lin superficialment es tindran en compte les següents prescripcions:

- Els tubs es fixaran a les parets o sostres mitjançant brides o abraçadores protegides contra la corrosió. La distància entre aquestes serà, com a màxim, de 0,50 metres.
- Els tubs es col·locaran adaptant-se a la superfície sobre la qual s'instal·len, corbant o usant els accessoris necessaris.
- En alineacions rectes, les desviacions de l'eix del tub respecte a la línia que uneix els punts extrems no seran superiors al 2%.
- És convenient disposar els tubs, sempre que sigui possible, a una alçada mínima de 2,50 metres sobre el terra, amb l'objectiu de protegir-los de danys mecànics eventuals.

#### **5.3.4.3. Conductors aïllats fixats directament sobre les parets.**

Aquestes instal·lacions s'establiran amb cablejat de tensió assignada no inferior a 0,6/1kV, amb aïllament i coberta (s'inclouen cables armats o amb aïllament mineral).

Per a l'execució de les canalitzacions es tindran en compte les següents prescripcions:

- Es fixaran sobre les parets per mitjà de brides o collarets de manera que no perjudiquin les cobertes dels mateixos.
- Amb l'objectiu que els cables no siguin susceptibles de doblegar-se per efecte del seu propi pes, els punts de fixació dels mateixos estaran prou pròxims. La distància entre dos punts de fixació successius no excedirà els 0,40 metres.
- Quan els cables hagin de disposar de protecció mecànica per la ubicació i condicions de la instal·lació 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 a 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 aquests, 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'aquesta.
- Els extrems dels cables seran estancs quan les característiques dels locals o emplaçaments així ho exigeixin, utilitzant per a aquesta finalitat caixes o altres dispositius adequats. L'estanqueïtat podrà quedar assegurada mitjançant l'ajuda de premsaestopes.
- Els entroncaments o connexions es realitzaran mitjançant caixes o dispositius equivalents dotats de tapes desmuntables que assegurin alhora la continuïtat de la protecció mecànica establerta, l'aïllament i la inaccessibilitat de les connexions, permetent la seva verificació si fos necessària.

#### **5.3.4.4. Conductors aïllats soterrats.**

Les condicions per a aquestes canalitzacions, en les quals els conductors aïllats hauran d'anar sota tub llevat que tinguin coberta i una tensió assignada de 0,6/1kV, s'establiran d'acord amb el que assenyalen les instruccions ITC-BT-07 i ITC- BT-21.

#### **5.3.4.5. 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 mitjançant una tapa desmuntable. Els cables utilitzats seran de tensió assignada no inferior a 0,6/1kV.

Les canals protectores tindran un grau de protecció IP4X i estaran classificades com a "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 tindran unes característiques mínimes de resistència a l'impacte, 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 han de ser conformes a les normes UNE-EN-50.085.

El traçat de les canalitzacions es farà seguint preferentment línies verticals, 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 conductivitat elèctrica quedarà convenientment assegurada. La tapa de les canals quedarà sempre accessible.

#### **5.3.4.6. Conductors aïllats sobre safata o suport de safates.**

Només s'utilitzaran conductors aïllats amb coberta (inclosos cables armats o amb aïllament mineral), unifilars o multifilars segons la norma UNE 20.460-5-52.

#### **5.3.5. Protecció contra sobreintensitats.**

Tot el circuit estarà protegit contra els efectes de les sobreintensitats que puguin presentar-se al mateix, per això la interrupció d'aquest circuit es realitzarà en un temps convenient o estarà dimensionat per a les sobreintensitats previsibles. Les sobreintensitats poden estar motivades per:

- Sobrecàrregues degudes als aparells d'utilització o defectes d'aïllament de gran impedància.
- Curtcircuits.
- Descàrregues elèctriques atmosfèriques.

Protecció contra sobreintensitats: Ha quedar en tot cas garantida pel dispositiu de protecció utilitzat. El dispositiu de protecció estarà constituït per un interruptor automàtic de tall omnipolar amb corba tèrmica de tall i de característiques de funcionament adequades.

Protecció contra curtcircuits: En l'origen de tot circuit s'establirà un dispositiu de protecció contra curtcircuits la capacitat de tall del qual estarà d'acord amb la intensitat de curtcircuit que pugui presentar-se al punt de la seva connexió. S'admet, no obstant, que quan es tracti de circuits derivats d'un circuit principal, cadascun d'aquests circuits derivats disposi de protecció contra sobrecàrregues, mentre un sol dispositiu general pugui assegurar la

protecció contra curtcircuits per 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 omnipolar.

La norma UNE 20.460-4-43 recull tots els aspectes requerits per als dispositius de protecció. 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 per causa de sobrecàrregues o curtcircuit, assenyalat en cada cas el seu emplaçament o omissió.

### 5.3.6. Protecció contra sobretensions.

#### 5.3.6.1. Categories de les sobretensions.

Per a la protecció de sobrecàrregues i curtcircuits s'instal·laran fusibles ACR generals i un interruptor magnetotèrmic calibrat a la potència del generador. Es disposarà també d'altres elements seccionadors per separar parts de la instal·lació per facilitar el manteniment o reparacions (ITC-BT-22).

Per a la protecció de descàrregues atmosfèriques s'utilitzaran descarregadors a terra de tipus 2 estratègicament instal·lats amb les següents característiques:

<b>Protecció</b>	IP 20
<b>Temps de resposta</b>	5 kV/ $\mu$ s : <25 ns
<b>Corrent màxima de descàrrega</b>	(8/20 / $\mu$ s) isg : 40 kA
<b>Capacitat de curtcircuit</b>	10 kA
<b>Nivell de protecció</b>	1,4 kV

Taula 5.10: Característiques tècniques dels descarregadors atmosfèrics [Elaboració pròpia].

Les categories indiquen els valors de tensió suportada en l'ona de xoc de sobretensió que han de tenir els equips, determinant, al mateix temps, el valor límit màxim de tensió residual que han de permetre els diferents dispositius de protecció de cada zona per evitar el possible deteriorament d'aquests equips.

Es distingeixen 4 categories diferents, indicant en cada cas el nivell de tensió suportada a impulsos, en kV, segons la tensió nominal de la instal·lació.



Tensió nominal instal·lació		Tensió suportada a impulsos 1,2/50 (kV)			
Sistema III	Sistema II	Categoria IV	Categoria III	Categoria II	Categoria I
230/400	230	6	4	2,5	1,5
400/690 1000 1000		8	6	4	2,5

Taula 5.11: Categories segons el nivell de tensió [Elaboració pròpia].

**Categoria I.**

S'aplica als equips sensibles a les sobretensions i que estan destinats a ser connectats a la instal·lació elèctrica fixa (ordinadors, equips electrònics molt sensibles, etc.). 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, amb la finalitat de limitar les sobretensions a nivell específic.

**Categoria II.**

S'aplica als equips destinats a connectar-se a una instal·lació fixa (electrodomèstics, eines portàtils i altres equips similars).

**Categoria III.**

S'aplica als equips i materials que formen part de la instal·lació elèctrica fixa i a altres equips pels quals es requereix un alt nivell de fiabilitat com els armaris de distribució, barres col·lectores, aparells: interruptors, seccionadors, preses de corrent, etc, canalitzacions i els seus accessoris: cables, caixes de derivació, etc.

**Categoria IV.**

S'aplica als equips i materials que es connecten a l'origen o molt pròxims a l'origen de la instal·lació, aigües amunt del quadre de distribució (comptadors d'energia, aparells de telemesura, equips principals de protecció contra sobreintensitats, etc.).

**5.3.6.2. Mesures pel control de les sobretensions.**

Es poden presentar dues situacions diferents:

- Situació natural: quan no es requereix de la protecció contra sobretensions transitòries, es preveu un baix risc de sobretensions en la instal·lació (a causa del fet que està alimentada per una xarxa subterrània íntegrament). En aquest cas es considera suficient la resistència a les sobretensions dels equips indicada a la taula de categories, i no es requereix de cap protecció suplementària contra les sobretensions transitòries.
- Situació controlada: quan es requereix la protecció contra les sobretensions transitòries en l'origen de la instal·lació, llavors la instal·lació s'alimenta per, o inclou, una línia aèria amb conductors aïllats.

També es considera situació controlada aquella situació natural en què és convenient incloure dispositius de protecció per a una major seguretat (continuitat del 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 en funció de la categoria dels equips i dels materials previstos instal·lar.

Els descarregadors es connectaran entre cadascun dels conductors, incloent el neutre o compensador i la presa de terra de la instal·lació.

### **5.3.6.3. Selecció dels materials a la instal·lació.**

Els equips i materials han de triar-se de manera que la tensió suportada no sigui inferior a la tensió prescrita a la taula anterior, segons la seva categoria.

Es podrà utilitzar equips i materials que tinguin una tensió suportada inferior als valors de la taula, en els següents casos:

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

### **5.3.7. Protecció contra contactes directes i indirectes.**

#### **5.3.7.1. Protecció contra contactes directes.**

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

Les parts actives hauran d'estar recobertes d'un aïllament que no pugui ser eliminat més que destruint-lo.

##### **Protecció mitjançant barreres o envoltant.**

Les parts actives han d'estar situades a l'interior de les envoltants o darrere de barreres que posseixin, com a mínim, el grau de protecció IPXXB, segons UNE 20.324. Si es necessiten obertures majors per a la reparació de peces o per al bon funcionament dels equips, s'adoptaran precaucions apropiades perquè les persones siguin conscients del fet que les parts actives no han de ser tocades voluntàriament.

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

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

Quan sigui necessari suprimir les barreres, obrir les envoltants o desprecintar part d'aquestes, només es podrà realitzar:

- Amb l'ajuda d'una clau o una eina.
- Després de desconnectar la tensió de les parts actives protegides per aquestes barreres o aquestes envoltants, no podent-se restablir la tensió fins a tornar a col·locar les barreres o les envoltants.
- Si hi ha interposada una segona barrera que posseeix com a mínim el grau de protecció IP2X o IPXXB, que no pugui ser desmuntada més que amb l'ajuda d'una clau o d'una eina i que impedeixi tot contacte amb les 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.

La utilització de dispositius de corrent diferencial residual, quan el valor del corrent diferencial assignat de funcionament sigui inferior o igual a 30 dt., es reconeix com a mesura de protecció complementària en cas de fallada d'una altra mesura de protecció contra els contactes directes o en cas d'imprudència dels usuaris.

#### **5.3.7.2. Protecció contra contactes indirectes**

La protecció contra contactes indirectes s'aconseguirà mitjançant tall automàtic d'alimentació. Aquesta mesura consisteix a impedir, després de l'aparició d'un defecte, que una tensió de contacte de valor suficient es mantingui durant un temps tal que pugui desencadenar una situació de risc. La tensió límit és igual a 50V, valor eficaç en corrent altern, en condicions normals i a 24V en locals humits.

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

Es complirà la següent condició:

$$R_a \times I_a \leq O \quad (5.2)$$

On:

- *R<sub>a</sub>*: és la suma de les resistències de la presa de terra i dels conductors de protecció de masses.
- *I<sub>a</sub>*: 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.
- *O*: és la tensió de contacte límit convencional (50 o 24V).

### **5.3.8. Instal·lacions a locals mullats.**

D'acord amb la ITC-BT-30, els elements i equips com els mòduls solars i els quadres locals que es troben a la intempèrie hauran de complir els següents requeriments:

- Les canalitzacions seran estanques i totes les connexions es realitzaran mitjançant premsa estopes o sistemes equivalents que presentin un grau d'estanqueïtat mínim IP54.
- Totes les caixes de connexió i quadres exteriors presentaran el mateix grau d'estanqueïtat IP54.
- Segons s'indica a la ITC-BT-22 tots els circuits disposaran dels adequats elements de protecció en origen.



## **6. Marc conceptual.**

El marc conceptual dins el que s'engloba el projecte són les energies renovables, més concretament l'energia solar. L'energia solar que rep el planeta en forma de radiació solar es pot transformar en electricitat mitjançant unes cèl·lules fotovoltaïques que aprofiten les propietats d'alguns materials semiconductors. D'aquesta manera, durant les hores de llum natural es pot generar energia mitjançant la instal·lació de panells fotovoltaïcs, energia que pot ser consumida o emmagatzemada en bateries. Actualment hi ha una tendència per part de governs i administració de promoure i incentivar la inversió i el desenvolupament de plantes de generació fotovoltaïca i el present projecte en forma part. Es pretén incrementar la producció d'energia mitjançant fonts de generació renovables i per tant de fer un pas endavant en la transició energètica i una generació més neta. S'ha plantejat una instal·lació fotovoltaïca que permet abastir a l'institut d'energia generada a partir de l'energia solar, intentant reduir el consum d'energia de xarxa i optant per les energies renovables sempre que sigui possible.

D'igual manera, i en la mesura del possible, es pretén conscienciar a la població de la importància d'apostar per aquestes fonts d'energia de cara al futur. El projecte dedica una part important de recursos a fer que la instal·lació sigui accessible per als alumnes, pares i professors de l'institut per tal de donar visibilitat aquesta planta fotovoltaïca i conscienciar als usuaris. Donat que el present treball consisteix en el disseny d'una instal·lació fotovoltaïca i que per tant hi ha una càrrega normativa i teòrica molt important es requereix una gran base de coneixement que permeti definir de la millor manera possible les possibles alternatives de solució.

La metodologia seguida en l'execució d'aquest projecte consisteix, en primer lloc, d'un treball de recopilació d'aquella informació necessària per a realitzar el projecte i totes les activitats que l'integren. Aquesta fa referència a la part normativa aplicable al projecte, que definirà el marc legal en el que s'integrarà. S'ha recollit aquesta informació mitjançant la consulta amb experts, lectura de la normativa i reglament aplicables i recerca per internet. També es fa referència a les característiques tècniques de disseny i de funcionament d'una planta fotovoltaïca, que s'han recollit utilitzant llibres que fan referència al conjunt de components que integren una instal·lació, al disseny i treball conjunt d'aquests i a la manera

com cal fer l'estudi tècnic i la verificació. Ha calgut utilitzar aquells mètodes estipulats per l'REBT per al dimensionat dels diferents elements que conformen la instal·lació.

En segon lloc, s'ha fet un estudi de totes les cobertes de l'edifici per definir-les i posteriorment poder estudiar-ne les possibilitats. D'aquesta manera s'identifiquen els possibles obstacles a l'hora de fer i visitar la instal·lació i s'eviten les zones que poden rebre ombra durant el dia. Això s'ha fet mitjançant una visita al complex i l'estudi dels plànols disponibles, juntament amb la informació disponible a Google Maps o similar. D'igual manera s'ha fet un estudi de l'edifici i les seves instal·lacions tècniques existents per poder estudiar tots aquells espais que es puguin utilitzar, ja sigui per instal·lar-hi equips o per fer-hi el pas del cablejat.

Posteriorment s'ha fet un estudi dels consums de l'edifici i la seva distribució durant l'any, que serveix per poder definir la instal·lació i la seva rendibilitat econòmica. Fet amb l'ajut de les dades recollides del comptador de companyia de l'edifici, que permet la recollida de dades de consum amb un període suficient per poder treure'n conclusions. En aquest punt es pot fer l'estudi de la inclinació i orientació dels mòduls fotovoltaics que millor s'adapta a les necessitats de l'institut.

Una vegada es tenen definits tots els espais de coberta disponibles i la capacitat de consum de l'edifici, es procedeix a fer un disseny preliminar de la instal·lació. S'ha començat per fer un estudi dels components disponibles al mercat i que, basant-se en una sèrie de projectes realitzats, millor resultat han donat. S'ha estudiat tots els components que integren una instal·lació fotovoltaica, com són els mòduls, inversors, estructura de suport i equips de monitoratge. Tot seguit es planteja, mitjançant un dibuix sobre plànol, el número de mòduls que es podrien instal·lar a la coberta, evitant-ne les ombres i obstacles i facilitant l'accés i visita a la instal·lació. Això s'ha fet tenint en compte la inclinació i orientació dels mòduls més òptima, definida anteriorment. També es plantegen les alternatives d'ubicació dels equips anteriorment citats.

En aquest punt es disposa de les dades de consum del complex i del nombre de mòduls que es podrien instal·lar. Per tant, cal, utilitzant la comparativa d'equips, definir les possibles solucions que millor s'adaptin a les condicions de consum, producció, estètiques i d'utilitat de l'institut. Apart dels equips ja seleccionats també es defineix, per a cada cas, les



connexions, pas de cablejat, actuacions sobre la coberta, inclinació òptima dels mòduls fotovoltaics i totes aquelles condicions tècniques que cal definir.

A continuació s'estudien les opcions que ofereix l'energia generada i no consumida, els excedents. Una vegada s'han plantejat, es procedeix a l'estudi de les diferents alternatives a partir dels anàlisi de viabilitat tècnica, econòmica i mediambiental.

La viabilitat tècnica es valida mitjançant els càlculs elèctrics desenvolupats als equips determinats. En aquests, s'estudien les possibilitats de connexionat definides per a cada alternativa de solució i es verifica que compleixin i respectin les necessitats de tots els equips triats.

La viabilitat econòmica es valida fent uns estudis econòmics de les opcions plantejades respecte a la gestió dels excedents, estudiant-ne tots els casos mitjançant un estudi econòmic del rendiment de la inversió i el pressupost d'execució.

La viabilitat mediambiental s'estudia mitjançant el seguiment del projecte i l'estudi de l'estricta compliment de la normativa. D'aquesta manera es verifica que el projecte és viable a nivell mediambiental, i s'accentua aquesta donat un dels objectius principals d'aquest projecte, l'empenta cap a la generació d'energia neta i la transició ecològica. També s'utilitza la plantilla de taules d'impacte per identificar possibles riscos i plantejar-ne solucions.



## 7. Planificació.

Per la realització de les planificacions d'aquest projecte s'ha utilitzat el software MS Project, que s'utilitza en l'àmbit de l'administració i gestió de projectes i és dissenyat i desenvolupat per Windows [24]. Permet, a partir de la definició d'un conjunt de paràmetres, determinar els diagrames de PERT, Gantt i ús de recursos del projecte. D'aquesta manera, s'extreu una aproximació disposada en calendari que ofereix la possibilitat de fer un seguiment del projecte, conèixer l'estat i punt de treball en cada instant i determinar el pressupost del projecte a partir dels recursos assignats a les tasques.

A continuació, s'expliquen els diferents paràmetres escollits i seguidament es detallen les dues planificacions realitzades, la inicial i la d'execució.

Primerament, s'ha hagut de determinar el calendari, els dies de feina, els horaris, les activitats i les seves prelacions, els recursos disponibles i assignats a cadascuna de les tasques i també les fites importants a assolir del projecte.

El calendari escollit s'ha determinat a partir del calendari acadèmic corresponent al Treball de Final de Grau UPF curs 2018-2019 [25]. En aquest, la data d'inici del projecte s'ha determinat com el dia posterior a l'assignació del tutor i adjudicació del TFG, és a dir, el dia 6 de novembre de 2018. La data de finalització d'aquest s'ha definit com el dia 25 de juny de 2019, que es fa la defensa del treball davant del tribunal.

Les fites significatives del projecte són les següents [25]:

- Presentació de l'avantprojecte: dia 9 de febrer de 2019, dos dies abans de la data marcada pel calendari acadèmic.
- Presentació de la memòria intermèdia: dia 23 d'abril de 2019, un dia abans de la data estipulada pel calendari acadèmic.
- Entrega memòria final: dia 4 de juny de 2019, vuit dies abans de la data marcada pel calendari acadèmic.
- Defensa del TFG: dia 25 de juny.

L'horari de treball disponible per part dels recursos s'ha determinat a partir dels 16 crèdits ECTS corresponents a l'assignatura. Un crèdit ECTS correspon a 25 hores de feina, per tant

l'assignatura disposa de 400 hores. Donat que la planificació del projecte engloba totes les activitats de l'assignatura s'ha treballat amb les 400 hores. Aquestes s'han dividit entre totes les setmanes de feina i aproximadament correspon a 13 hores de feina setmanal [Taula 7.1]. En cas de tenir la necessitat de fer hores extra no hi hauria cap tipus de limitació de calendari. Aquestes s'han distribuït de la següent manera:

	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres	Dissabte	Diumenge
Horari de treball	-	10:00 a 13:00	-	10:00 a 13:00	-	10:00 a 13:00	9:00 a 13:00

Taula 7.1: Distribució setmanal de les hores treballades [Elaboració pròpia].

Per desenvolupar el projecte només es consta del recurs projectista. Tot i això, s'han definit diferents recursos per associar uns costos variables en funció de la feina executada [Taula 7.2]. D'aquesta manera es disposen costos més elevats per a les tasques que requereixen uns coneixements més elevats i/o que tenen una responsabilitat associada més alta. Els recursos definits són els següents:

	Inicials	Cost hora normal (€/hora)	Cost hora extra (€/hora)
Project Manager	PM	25	50
Tècnic de planificació i costos	TPC	15	30
Tècnic especialista	TE	12	24
Tècnic de documentació	TD	10	20

Taula 7.2: Cost horari dels recursos [Elaboració pròpia].

Utilitzant diferents recursos que treballen en un mateix calendari es poden programar dues o més tasques que es desenvolupin simultàniament. D'aquesta manera es té en compte que dues o més activitats es poden desenvolupar en el transcurs d'un mateix dia i per tant es considera que es desenvolupen simultàniament [26]. Tot i això s'ha tingut en compte que, en cas que això passi, cal reduir la dedicació dels recursos a les activitats ja que el software considera que són recursos personals diferents, però realment només es disposa de les hores del projectista.

## 7.1. Planificació inicial.

Tot seguit es mostra el diagrama de Gantt generat en la fase de planificació inicial:

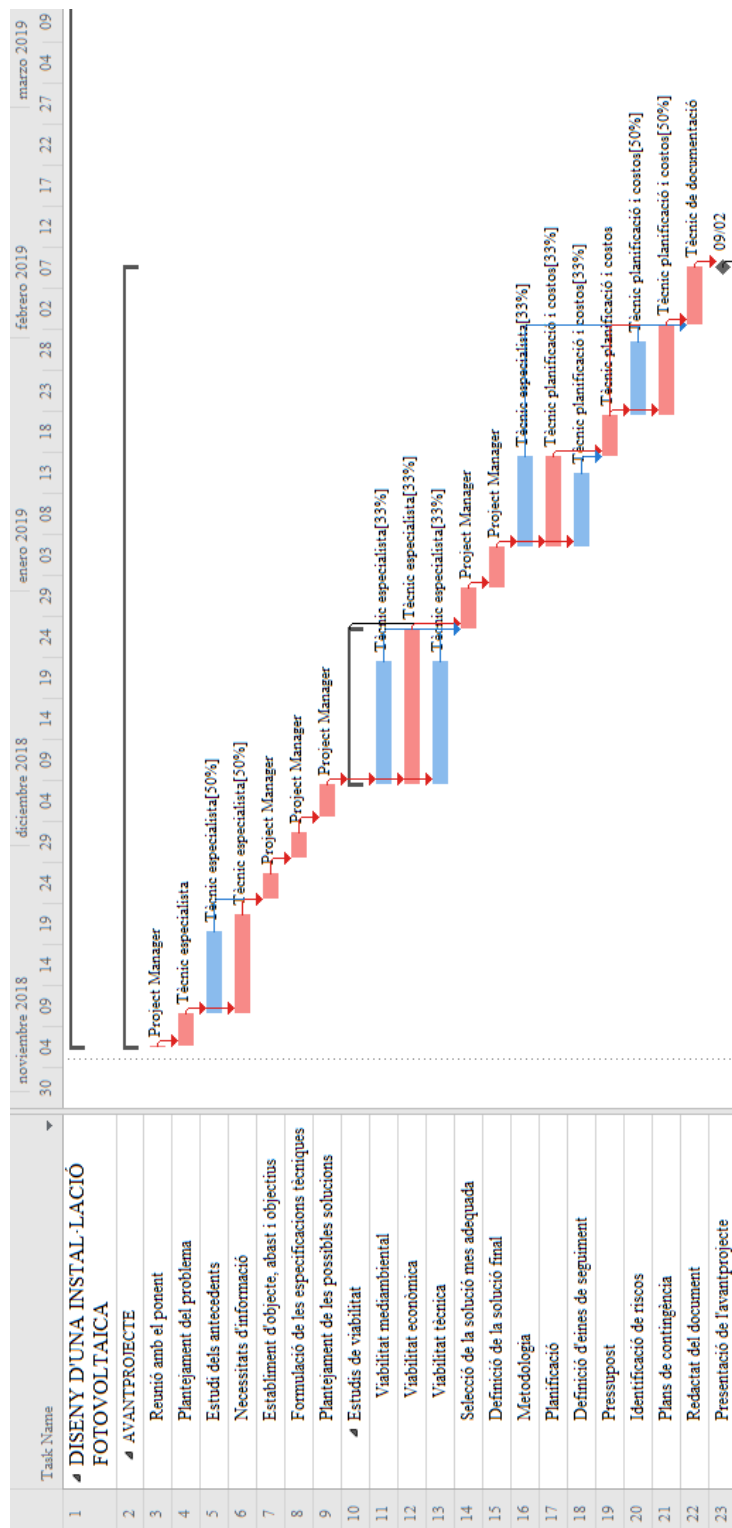


Figura 7.1: Diagrama de Gantt avantprojecte. Planificació Inicial [Elaboració Pròpia mitjançant MS Project].

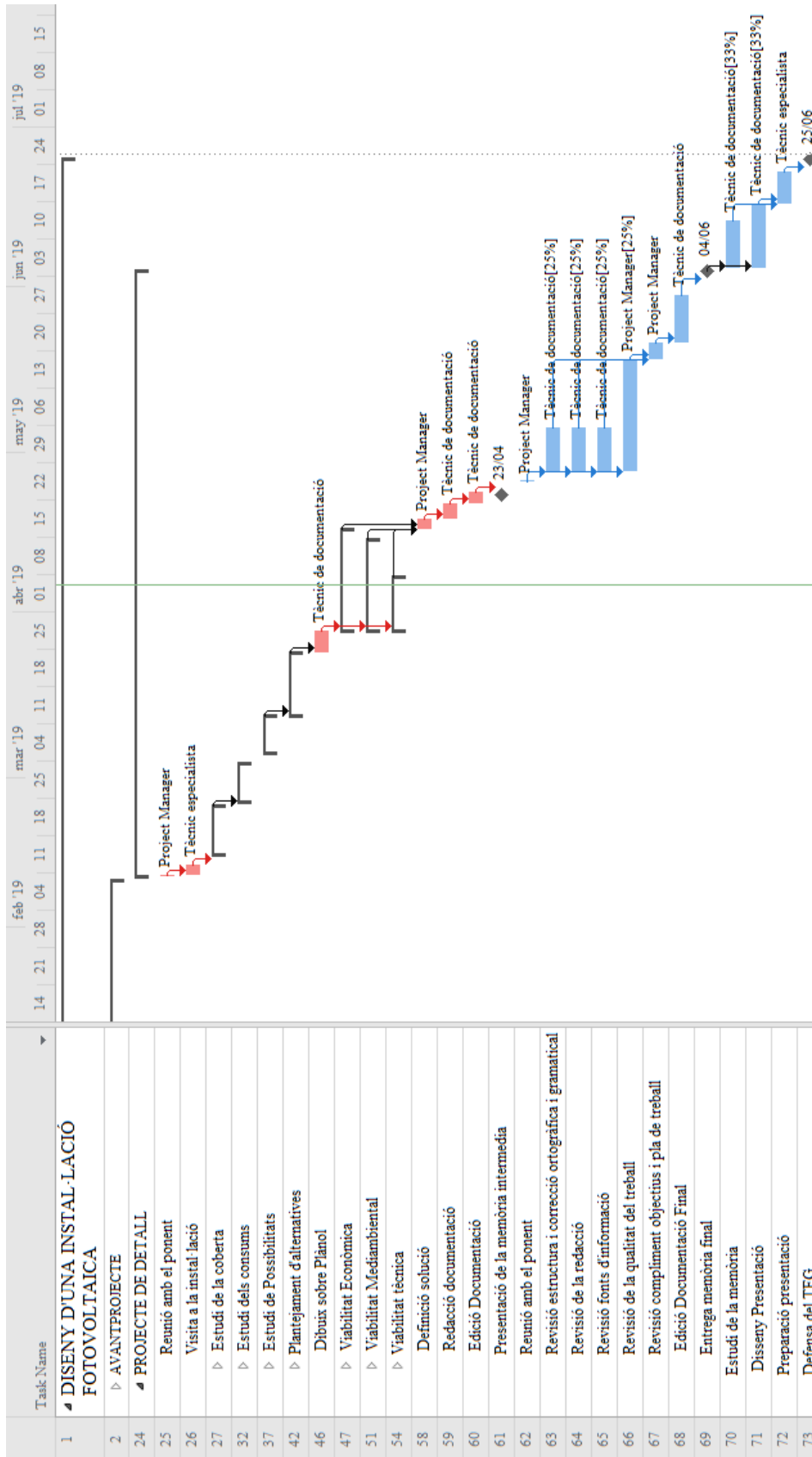


Figura 7.2: Diagrama de Gantt projecte de detall i defensa. Planificació Inicial [Elaboració Pròpia mitjançant MS Project].

Es pot veure que les activitats de resum es troben tancades i s'ha decidit així per facilitar la visualització del global de la planificació. Més endavant es detallen les activitats que les conformen. Les activitats de que es consta i les seves prelacions s'han definit a partir de la revisió d'antecedents [2.1 Revisió d'antecedents.], on s'han estudiat projectes anteriors realitzats. D'aquesta manera s'han seleccionat com a punt de partida diversos projectes d'unes dimensions i requeriments similars per part del promotor. A continuació s'ha fet una revisió de les activitats existents i la seva adequació a la feina a realitzar, afegint les activitats necessàries per a fer les entregues del TFG i complir amb les fites definides.

En la planificació inicial s'ha arribat a la possibilitat de fer una programació factible, ajustada a les fites i al calendari sense necessitat de realitzar hores extra per part del recurs.

A continuació, es disposen les activitats projectades a la planificació inicial [Taula 7.3] i [Taula 7.4], numerades (N), amb el treball (T) i la duració (D). La duració fa referència a la durada real de l'activitat, fent la durada del treball (T) per l'assignació del recurs. La durada del treball es refereix al temps necessari de feina per desenvolupar l'activitat. Amb l'inici i el final, les prelacions entre activitats (P) i els recursos assignats a cadascuna d'elles (R). També s'hi pot veure la dedicació dels recursos (%) i el cost associat, que en el cas de les activitats de resum recull el cost de les diferents activitats que la integren. No es disposa una columna d'hores extra ja que, com s'ha comentat, no ha estat necessari realitzar-ne.

S'han destacat les activitats de resum en Negreta i s'hi poden observar, tabulades, les activitats que la integren. També es mostren les fites a assolir.

<b>N</b>	<b>Tasca</b>	<b>T</b>	<b>D</b>	<b>Inici</b>	<b>Final</b>	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>%</b>	<b>Cost</b>
1	<b>▼DISENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA</b>	<b>364 h</b>	<b>429 h</b>	<b>mar 06/11/18</b>	<b>mar 25/06/19</b>	-	-	-	<b>5.519,00 €</b>
2	<b>▼AVANTPROJECTE</b>	<b>168 h</b>	<b>177,58 h</b>	<b>mar 06/11/18</b>	<b>sáb 09/02/19</b>	-	-	-	<b>2.717,00 €</b>
3	Reunió amb el ponent	2 h	2 h	mar 06/11/18	mar 06/11/18	-	PM	100%	50,00 €
4	Plantejament del problema	6 h	6 h	mar 06/11/18	sáb 10/11/18	3	TE	100%	72,00 €
5	Estudi dels antecedents	10 h	20 h	sáb 10/11/18	mar 20/11/18	4	TE	50%	120,00 €
6	Necessitats d'informació	12 h	24 h	sáb 10/11/18	jue 22/11/18	4	TE	50%	144,00 €
7	Establiment d'objecte, abast i objectius	10 h	10 h	sáb 24/11/18	mar 27/11/18	5 6	PM	100%	250,00 €

N	Tasca	T	D	Inici	Final	P	R	%	Cost
8	Formulació de les especificacions tècniques	10 h	10 h	jue 29/11/18	dom 02/12/18	7	PM	100%	250,00 €
9	Plantejament de les possibles solucions	8 h	8 h	mar 04/12/18	sáb 08/12/18	8	PM	100%	200,00 €
10	<b>▼ Estudis de viabilitat</b>	<b>31 h</b>	<b>36,36 h</b>	<b>sáb 08/12/18</b>	<b>jue 27/12/18</b>	<b>9</b>	-	-	<b>372,00 €</b>
11	Viabilitat mediambiental	9 h	27,27 h	sáb 08/12/18	dom 23/12/18	9	TE	33%	108,00 €
12	Viabilitat econòmica	12 h	36,36 h	sáb 08/12/18	jue 27/12/18	9	TE	33%	144,00 €
13	Viabilitat tècnica	10 h	30,3 h	sáb 08/12/18	dom 23/12/18	9	TE	33%	120,00 €
14	Selecció de la solució més adequada	8 h	8 h	jue 27/12/18	mar 01/01/19	11 12 13	PM	100%	200,00 €
15	Definició de la solució final	9 h	9 h	mar 01/01/19	dom 06/01/19	14	PM	100%	225,00 €
16	Metodologia	7 h	21,21 h	dom 06/01/19	jue 17/01/19	15	TE	33%	84,00 €
17	Planificació	7 h	21,21 h	dom 06/01/19	jue 17/01/19	15	TPC	33%	105,00 €
18	Definició d'eines de seguiment	6 h	18,18 h	dom 06/01/19	mar 15/01/19	15	TPC	33%	90,00 €
19	Pressupost	10 h	10 h	jue 17/01/19	mar 22/01/19	17 18	TPC	100%	150,00 €
20	Identificació de riscos	8 h	16 h	mar 22/01/19	jue 31/01/19	19	TPC	50%	120,00 €
21	Plans de contingència	9 h	18 h	mar 22/01/19	sáb 02/02/19	19	TPC	50%	135,00 €
22	Redactat del document	15 h	15 h	sáb 02/02/19	sáb 09/02/19	16 19 20 21	TD	100%	150,00 €
23	<b>Fita:</b> Presentació de l'avantprojecte	-	-	sáb 09/02/19	sáb 09/02/19	22	-	-	-

Taula 7.3: Activitats de l'avantprojecte. Planificació inicial [Elaboració pròpia].

N	Tasca	T	D	Inici	Final	P	R	%	Cost
24	<b>▼ PROJECTE DE DETALL</b>	<b>172 h</b>	<b>212 h</b>	<b>dom 10/02/19</b>	<b>mar 04/06/19</b>	<b>23</b>	-	-	<b>2.542,00 €</b>
25	Reunió amb el ponent	3 h	3 h	dom 10/02/19	dom 10/02/19	23	PM	100%	75,00 €
26	Visita a la instal·lació	4 h	4 h	dom 10/02/19	mar 12/02/19	25	TE	100%	48,00 €
27	<b>▼ Estudi de la coberta</b>	<b>19 h</b>	<b>19 h</b>	<b>jue 14/02/19</b>	<b>sáb 23/02/19</b>	<b>26</b>	-	-	<b>228,00 €</b>



N	Tasca	T	D	Inici	Final	P	R	%	Cost
28	Definició obstacles evitar	4 h	8 h	jue 14/02/19	dom 17/02/19	26	TE	50%	48,00 €
29	Estudi d'ombres	4 h	8 h	jue 14/02/19	dom 17/02/19	26	TE	50%	48,00 €
30	Definició superfícies disponibles	3 h	3 h	dom 17/02/19	mar 19/02/19	29 28	TE	100%	36,00 €
31	Estudi Inclinió i Orientació	8 h	8 h	mar 19/02/19	sáb 23/02/19	30	TE	100%	96,00 €
32	<b>▼Estudi dels consums</b>	<b>15 h</b>	<b>17 h</b>	<b>dom 24/02/19</b>	<b>dom 03/03/19</b>	<b>27</b>	-	-	<b>180,00 €</b>
33	Obtenció de les dades de consum	5 h	10 h	dom 24/02/19	jue 28/02/19	31	TE	50%	60,00 €
34	Estudi de la producció teòrica	3 h	6 h	dom 24/02/19	mar 26/02/19	31	TE	50%	36,00 €
35	Estudi d'excedents	5 h	5 h	sáb 02/03/19	dom 03/03/19	34;3 3	TE	100%	60,00 €
36	Definició de la potència objectiu	2 h	2 h	dom 03/03/19	dom 03/03/19	35	TE	100%	24,00 €
37	<b>▼Estudi de Possibilitats</b>	<b>13 h</b>	<b>15,12 h</b>	<b>mar 05/03/19</b>	<b>mar 12/03/19</b>	<b>36</b>	-	-	<b>156,00 €</b>
38	Estudi mòduls	4 h	12,12 h	mar 05/03/19	dom 10/03/19	36	TE	33%	48,00 €
39	Estudi Inversors	3 h	9,09 h	mar 05/03/19	dom 10/03/19	36	TE	33%	36,00 €
40	Estudi Monitoratge	3 h	9,09 h	mar 05/03/19	dom 10/03/19	36	TE	33%	36,00 €
41	Estudi Estructura Suport	3 h	3 h	dom 10/03/19	mar 12/03/19	38	TE	100%	36,00 €
42	<b>▼Plantejament d'alternatives</b>	<b>18 h</b>	<b>21 h</b>	<b>mar 12/03/19</b>	<b>dom 24/03/19</b>	<b>37</b>	-	-	<b>333,00 €</b>
43	Alternatives d'ubicacions	3 h	6 h	mar 12/03/19	sáb 16/03/19	27	TE	50%	36,00 €
44	Alternatives de components	6 h	12 h	mar 12/03/19	mar 19/03/19	37	TE	50%	72,00 €
45	Alternatives de gestió d'excedents	9 h	9 h	mar 19/03/19	dom 24/03/19	44	PM	100%	225,00 €
46	Dibuix sobre Plànol	8 h	8 h	dom 24/03/19	jue 28/03/19	43 44 45	TD	100%	80,00 €
47	<b>▼Viabilitat Econòmica</b>	<b>13 h</b>	<b>34 h</b>	<b>jue 28/03/19</b>	<b>mar 16/04/19</b>	<b>46</b>	-	-	<b>234,00 €</b>

N	Tasca	T	D	Inici	Final	P	R	%	Cost
48	Opcions Gestió excedents	3 h	20 h	jue 28/03/19	dom 07/04/19	45	TE	15%	36,00 €
49	Estudis econòmics opcions	4 h	8 h	dom 07/04/19	sáb 13/04/19	48	TE	50%	48,00 €
50	Estudi econòmic	6 h	6 h	sáb 13/04/19	mar 16/04/19	49	PM	100%	150,00 €
51	<b>▼ Viabilitat Mediambiental</b>	<b>6 h</b>	<b>33,33 h</b>	<b>jue 28/03/19</b>	<b>dom 14/04/19</b>	<b>46</b>	-	-	<b>72,00 €</b>
52	Estudis mediambientals opcions	4 h	20 h	jue 28/03/19	dom 07/04/19	46	TE	20%	48,00 €
53	Verificació compliment normativa	2 h	13,33 h	dom 07/04/19	dom 14/04/19	52	TE	15%	24,00 €
54	<b>▼ Viabilitat tècnica</b>	<b>8 h</b>	<b>20 h</b>	<b>jue 28/03/19</b>	<b>dom 07/04/19</b>	<b>46</b>	-	-	<b>96,00 €</b>
55	Connexionat	3 h	20 h	jue 28/03/19	dom 07/04/19	46	TE	15%	36,00 €
56	Pas de cablejat	3 h	20 h	jue 28/03/19	dom 07/04/19	46	TE	15%	36,00 €
57	Càlcul de Càrregues	2 h	13,33 h	jue 28/03/19	jue 04/04/19	46	TE	15%	24,00 €
58	Definició solució	5 h	5 h	mar 16/04/19	jue 18/04/19	50 53 55 56 57	PM	100%	125,00 €
59	Redacció documentació	5 h	5 h	jue 18/04/19	dom 21/04/19	58	TD	100%	50,00 €
60	Edició Documentació	4 h	4 h	dom 21/04/19	mar 23/04/19	59	TD	100%	40,00 €
61	<b>Fita: Presentació de la memòria intermèdia</b>	-	-	mar 23/04/19	mar 23/04/19	60	-	-	-
62	Reunió amb el ponent	3 h	3 h	jue 25/04/19	jue 25/04/19	-	PM	100%	75,00 €
63	Revisió estructura i correcció ortogràfica i gramatical	5 h	20 h	sáb 27/04/19	dom 05/05/19	62	TD	25%	50,00 €
64	Revisió de la redacció	5 h	20 h	sáb 27/04/19	dom 05/05/19	62	TD	25%	50,00 €
65	Revisió fonts d'informació	5 h	20 h	sáb 27/04/19	dom 05/05/19	62	TD	25%	50,00 €
66	Revisió de la qualitat del treball	10 h	40 h	sáb 27/04/19	sáb 18/05/19	62	PM	25%	250,00 €

N	Tasca	T	D	Inici	Final	P	R	%	Cost
67	Revisió compliment objectius i pla de treball	8 h	8 h	sáb 18/05/19	mar 21/05/19	63 64 65 66	PM	100%	200,00 €
68	Edició Documentació Final	15 h	15 h	mar 21/05/19	jue 30/05/19	67	TD	100%	150,00 €
69	<b>Fita:</b> Entrega memòria final	-	-	mar 04/06/19	mar 04/06/19	68	-	-	-
70	Estudi de la memòria	6 h	18,18 h	mar 04/06/19	jue 13/06/19	69	TD	33%	60,00 €
71	Disseny Presentació	8 h	24,24 h	mar 04/06/19	dom 16/06/19	69	TD	33%	80,00 €
72	Preparació presentació	10 h	10 h	dom 16/06/19	sáb 22/06/19	71 70	TE	100%	120,00 €
73	<b>Fita:</b> Defensa del TFG	-	-	mar 25/06/19	mar 25/06/19	72	-	-	-

Taula 7.4: Activitats del projecte de detall. Planificació inicial [Elaboració pròpia].

La planificació inicial proposa una duració total que va des del dimarts 6 de novembre de 2018 fins al dimarts 25 de juny de 2019, que suposen 231 dies. Es pot consultar el diagrama de PERT de la planificació a [Annex V]. També es conclou que el treball fet ha estat de 364 hores, que s'aproxima a les 400 hores definides inicialment. Amb tot, es conclou un cost associat al projecte de 5.519,00 €.

## 7.2. Planificació d'execució.

La planificació d'execució s'ha fet a partir de la planificació inicial que s'ha explicat anteriorment [7.1]. Les activitats planificades es van definir en la fase d'avantprojecte a partir d'un estudi d'antecedents i de la feina a fer, i una vegada s'ha realitzat el projecte es revisa l'avantprojecte per avaluar-les. D'aquesta manera, s'han revisat les desviacions de duracions, activitats que cal afegir o treure, hores treballades i pressupost entre les dues planificacions realitzades. A continuació es mostra el diagrama de Gantt generat en l'elaboració de la planificació d'execució:

Tot seguit es mostra el diagrama de Gantt generat en la fase de planificació inicial:

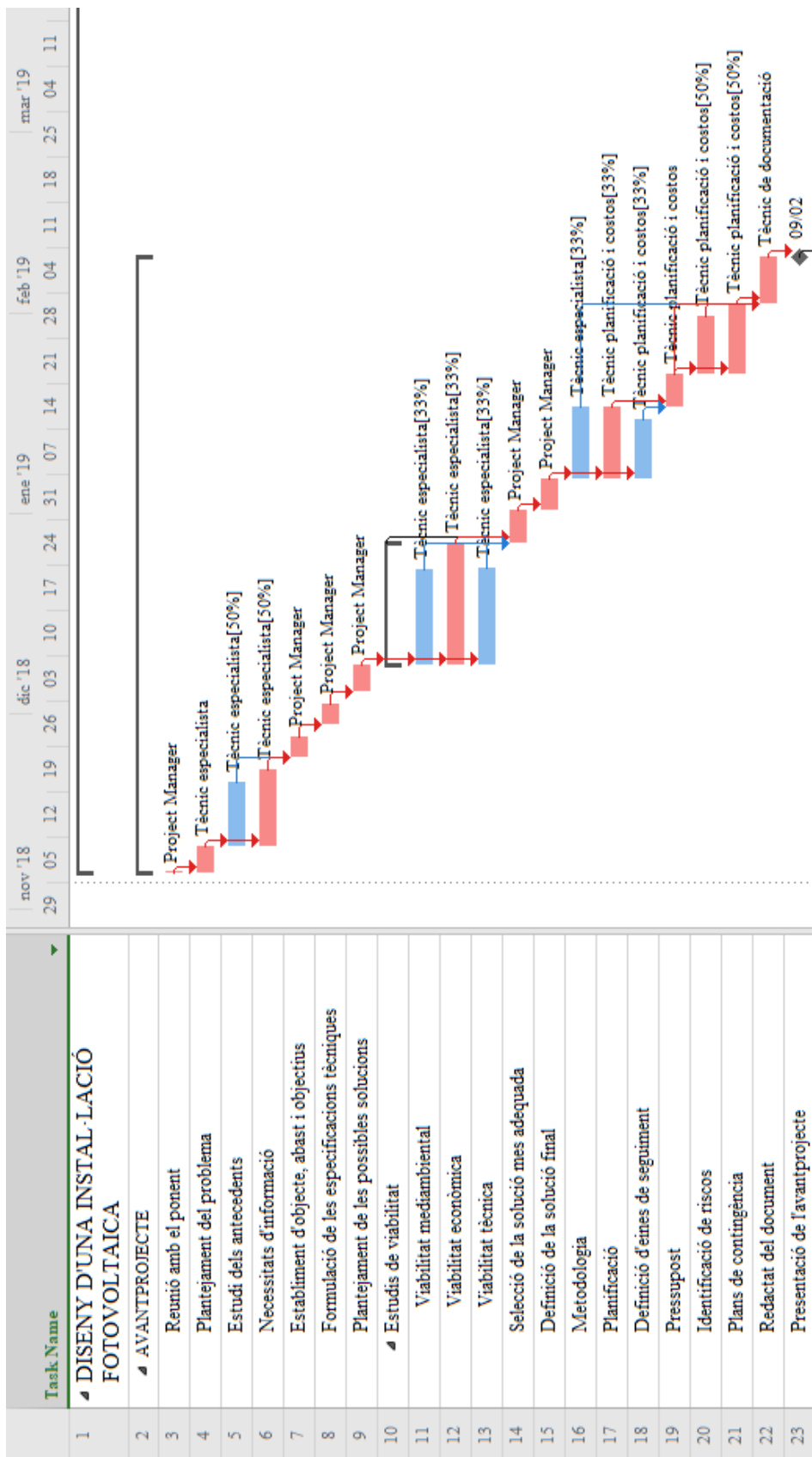


Figura 7.3: Diagrama de Gantt avantprojecte. Planificació Inicial [Elaboració Pròpia mitjançant MS Project].

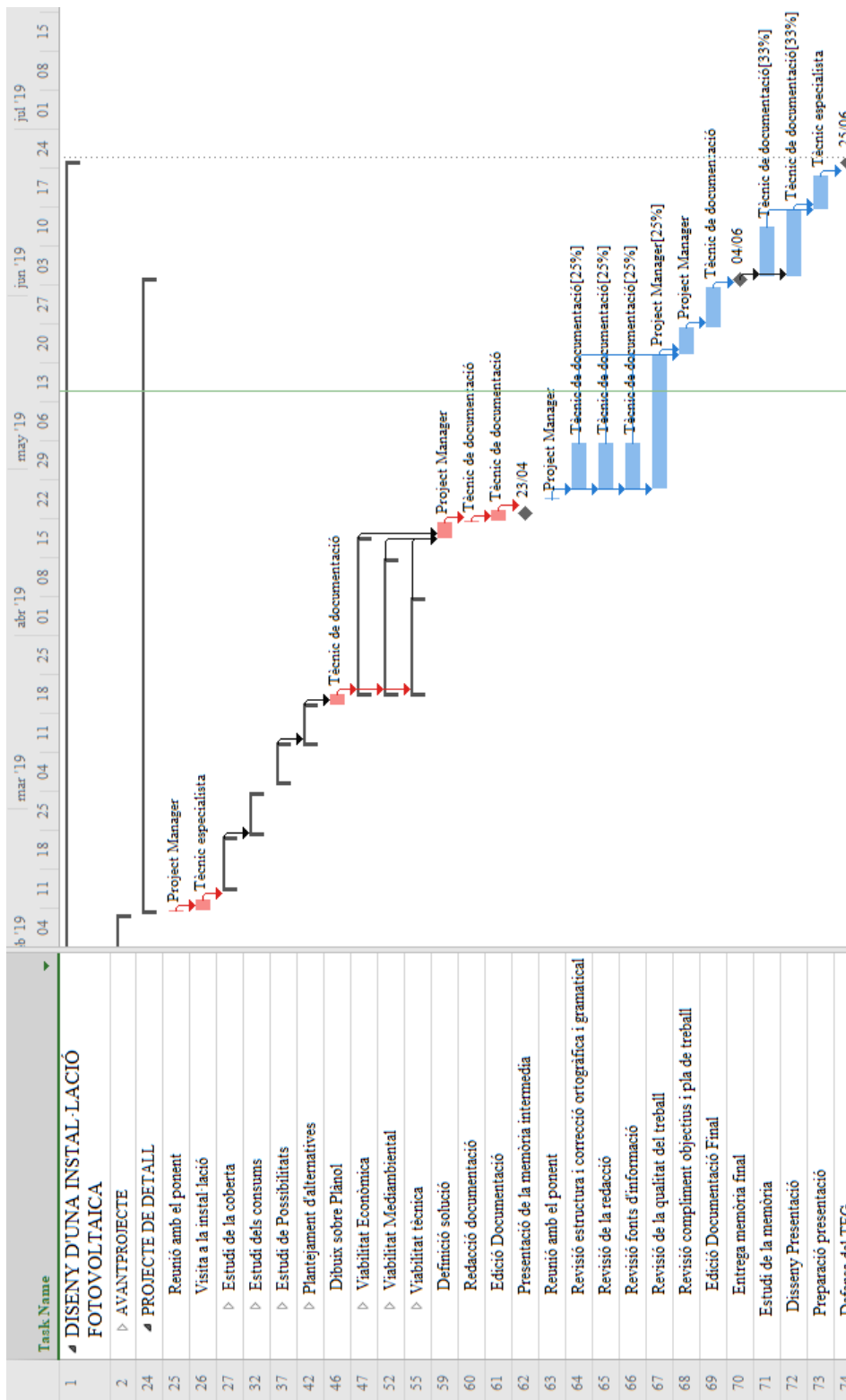


Figura 7.4: Diagrama de Gantt projecte de detall i defensa. Planificació Inicial [Elaboració Pròpia mitjançant MS Project].

La planificació d'execució s'ha ajustat a les fites i al calendari sense necessitat de realitzar hores extra per part del recurs i no hi ha hagut grans canvis en aquesta.

A continuació, es disposen les activitats de què conta la planificació d'execució [Taula 7.5] i [Taula 7.6], numerades (N), amb el treball (T) i la duració (D). La duració fa referència a la durada real de l'activitat, fent la durada del treball (T) per l'assignació del recurs. La durada del treball es refereix al temps necessari de feina per desenvolupar l'activitat. Amb l'inici i el final, les prelacions entre activitats (P) i els recursos assignats a cadascuna d'elles (R). També s'hi pot veure la dedicació dels recursos (%) i el cost associat, que en el cas de les activitats de resum recull el cost de les diferents activitats que la integren. No es disposa una columna d'hores extra ja que, com s'ha comentat, no ha estat necessari realitzar-ne.

S'ha destacat les activitats de resum en Negreta i s'hi poden observar, tabulades, les activitats que la integren. També es mostren les fites a assolir.

N	Tasca	T	D	Inici	Final	P	R	%	Cost
1	<b>▼ DISENY D'UNA INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA</b>	363 h	429 h	mar 06/11/18	mar 25/06/19	-	-	-	5.467,00 €
2	<b>▼ AVANTPROJECTE</b>	168 h	177,58 h	mar 06/11/18	sáb 09/02/19	-	-	-	2.717,00 €
3	Reunió amb el ponent	2 h	2 h	mar 06/11/18	mar 06/11/18	-	PM	100%	50,00 €
4	Plantejament del problema	6 h	6 h	mar 06/11/18	sáb 10/11/18	3	TE	100%	72,00 €
5	Estudi dels antecedents	10 h	20 h	sáb 10/11/18	mar 20/11/18	4	TE	50%	120,00 €
6	Necessitats d'informació	12 h	24 h	sáb 10/11/18	jue 22/11/18	4	TE	50%	144,00 €
7	Establiment d'objecte, abast i objectius	10 h	10 h	sáb 24/11/18	mar 27/11/18	5 6	PM	100%	250,00 €
8	Formulació de les especificacions tècniques	10 h	10 h	jue 29/11/18	dom 02/12/18	7	PM	100%	250,00 €
9	Plantejament de les possibles solucions	8 h	8 h	mar 04/12/18	sáb 08/12/18	8	PM	100%	200,00 €
10	<b>▼ Estudis de viabilitat</b>	<b>31 h</b>	<b>36,36 h</b>	<b>sáb 08/12/18</b>	<b>jue 27/12/18</b>	<b>9</b>	-	-	<b>372,00 €</b>
11	Viabilitat mediambiental	9 h	27,27 h	sáb 08/12/18	dom 23/12/18	9	TE	33%	108,00 €
12	Viabilitat econòmica	12 h	36,36 h	sáb 08/12/18	jue 27/12/18	9	TE	33%	144,00 €
13	Viabilitat tècnica	10 h	30,3 h	sáb 08/12/18	dom 23/12/18	9	TE	33%	120,00 €
14	Selecció de la solució més adequada	8 h	8 h	jue 27/12/18	mar 01/01/19	11 12 13	PM	100%	200,00 €
15	Definició de la solució final	9 h	9 h	mar 01/01/19	dom 06/01/19	14	PM	100%	225,00 €
16	Metodologia	7 h	21,21 h	dom 06/01/19	jue 17/01/19	15	TE	33%	84,00 €

N	Tasca	T	D	Inici	Final	P	R	%	Cost
17	Planificació	7 h	21,21 h	dom 06/01/19	jue 17/01/19	15	TPC	33%	105,00 €
18	Definició d'eines de seguiment	6 h	18,18 h	dom 06/01/19	mar 15/01/19	15	TPC	33%	90,00 €
19	Pressupost	10 h	10 h	jue 17/01/19	mar 22/01/19	17 18	TPC	100%	150,00 €
20	Identificació de riscos	8 h	16 h	mar 22/01/19	jue 31/01/19	19	TPC	50%	120,00 €
21	Plans de contingència	9 h	18 h	mar 22/01/19	sáb 02/02/19	19	TPC	50%	135,00 €
22	Redactat del document	15 h	15 h	sáb 02/02/19	sáb 09/02/19	16 19 20 21	TD	100%	150,00 €
23	<b>Fita:</b> Presentació de l'avantprojecte	-	-	sáb 09/02/19	sáb 09/02/19	22	-	-	-

Taula 7.5: Activitats de l'avantprojecte. Planificació d'execució [Elaboració pròpia].

N	Tasca	T	D	Inici	Final	P	R	%	Cost
24	<b>▼PROJECTE DE DETALL</b>	<b>172 h</b>	<b>212 h</b>	<b>dom 10/02/19</b>	<b>mar 04/06/19</b>	<b>23</b>	-	-	<b>2.490,00 €</b>
25	Reunió amb el ponent	3 h	3 h	dom 10/02/19	dom 10/02/19	23	PM	100%	75,00 €
26	Visita a la instal·lació	4 h	4 h	dom 10/02/19	mar 12/02/19	25	TE	100%	48,00 €
27	<b>▼Estudi de la coberta</b>	<b>19 h</b>	<b>19 h</b>	<b>jue 14/02/19</b>	<b>sáb 23/02/19</b>	<b>26</b>	-	-	<b>228,00 €</b>
28	Definició obstacles evitar	4 h	8 h	jue 14/02/19	dom 17/02/19	26	TE	50%	48,00 €
29	Estudi d'ombres	4 h	8 h	jue 14/02/19	dom 17/02/19	26	TE	50%	48,00 €
30	Definició superfícies disponibles	3 h	3 h	dom 17/02/19	mar 19/02/19	29 28	TE	100%	36,00 €
31	Estudi Inclinatori i Orientació	8 h	8 h	mar 19/02/19	sáb 23/02/19	30	TE	100%	96,00 €
32	<b>▼Estudi dels consums</b>	<b>15 h</b>	<b>17 h</b>	<b>dom 24/02/19</b>	<b>dom 03/03/19</b>	<b>27</b>	-	-	<b>180,00 €</b>
33	Obtenció de les dades de consum	5 h	10 h	dom 24/02/19	jue 28/02/19	31	TE	50%	60,00 €
34	Estudi de la producció teòrica	3 h	6 h	dom 24/02/19	mar 26/02/19	31	TE	50%	36,00 €
35	Estudi d'excedents	5 h	5 h	sáb 02/03/19	dom 03/03/19	34;3 3	TE	100%	60,00 €

N	Tasca	T	D	Inici	Final	P	R	%	Cost
36	Definició de la potència objectiu	2 h	2 h	dom 03/03/19	dom 03/03/19	35	TE	100%	24,00 €
37	<b>▼ Estudi de Possibilitats</b>	<b>13 h</b>	<b>15,12 h</b>	<b>mar 05/03/19</b>	<b>mar 12/03/19</b>	<b>36</b>	-	-	<b>156,00 €</b>
38	Estudi mòduls	4 h	12,12 h	mar 05/03/19	dom 10/03/19	36	TE	33%	48,00 €
39	Estudi Inversors	3 h	9,09 h	mar 05/03/19	dom 10/03/19	36	TE	33%	36,00 €
40	Estudi Monitoratge	3 h	9,09 h	mar 05/03/19	dom 10/03/19	36	TE	33%	36,00 €
41	Estudi Estructura Suport	3 h	3 h	dom 10/03/19	mar 12/03/19	38	TE	100%	36,00 €
42	<b>▼ Plantejament d'alternatives</b>	<b>13 h</b>	<b>11 h</b>	<b>mar 12/03/19</b>	<b>mar 19/03/19</b>	<b>37</b>	-	-	<b>221,00 €</b>
43	Alternatives d'ubicacions	5 h	10 h	mar 12/03/19	dom 17/03/19	27	TE	50%	60,00 €
44	Alternatives de components	3 h	6 h	mar 12/03/19	sáb 16/03/19	37	TE	50%	36,00 €
45	Alternatives de gestió d'excedents	5 h	5 h	sáb 16/03/19	mar 19/03/19	44	PM	100%	125,00 €
46	Dibuix sobre Plànol	5 h	5 h	mar 19/03/19	jue 21/03/19	43 44 45	TD	100%	50,00 €
47	<b>▼ Viabilitat Econòmica</b>	<b>16 h</b>	<b>51,33 h</b>	<b>jue 28/03/19</b>	<b>jue 18/04/19</b>	<b>46</b>	-	-	<b>244,00 €</b>
48	Opcions Gestió excedents	5 h	33,33 h	jue 21/03/19	dom 07/04/19	45	TE	15%	60,00 €
49	Estudis econòmics opcions	4 h	8 h	dom 07/04/19	sáb 13/04/19	48	TE	50%	48,00 €
50	Estudi econòmic	4 h	4 h	sáb 13/04/19	dom 14/04/19	49	PM	100%	100,00 €
51	Estudi de mercat	4 h	4 h	dom 14/04/19	jue 18/04/19	50	TE	50%	36,00€
52	<b>▼ Viabilitat Mediambiental</b>	<b>8 h</b>	<b>46,67 h</b>	<b>jue 21/03/19</b>	<b>dom 14/04/19</b>	<b>46</b>	-	-	<b>96,00 €</b>
53	Estudis mediambientals opcions	4 h	20 h	jue 21/03/19	jue 31/03/19	46	TE	20%	48,00 €
54	Verificació compliment normativa	4 h	26,67 h	jue 31/03/19	dom 14/04/19	53	TE	15%	48,00 €
55	<b>▼ Viabilitat tècnica</b>	<b>11 h</b>	<b>33,33 h</b>	<b>jue 21/03/19</b>	<b>dom 07/04/19</b>	<b>46</b>	-	-	<b>132,00 €</b>



N	Tasca	T	D	Inici	Final	P	R	%	Cost
56	Connexionat	3 h	20 h	jue 21/03/19	jue 31/03/19	46	TE	15%	36,00 €
57	Pas de cablejat	3 h	20 h	jue 21/03/19	jue 31/03/19	46	TE	15%	36,00 €
58	Càlcul de Càrregues	5 h	33,33 h	jue 21/03/19	jue 07/04/19	46	TE	15%	60,00 €
59	Definició solució	5 h	5 h	jue 18/04/19	dom 21/04/19	47 51 52 55 56 57 58	PM	100%	125,00 €
60	Redacció documentació	2 h	2 h	dom 21/04/19	dom 21/04/19	59	TD	100%	20,00 €
61	Edició Documentació	4 h	4 h	dom 21/04/19	mar 23/04/19	60	TD	100%	40,00 €
62	<b>Fita:</b> Presentació de la memòria intermèdia	-	-	mar 23/04/19	mar 23/04/19	61	-	-	-
63	Reunió amb el ponent	3 h	3 h	jue 25/04/19	jue 25/04/19	-	PM	100%	75,00 €
64	Revisió estructura i correcció ortogràfica i gramatical	5 h	20 h	sáb 27/04/19	dom 05/05/19	63	TD	25%	50,00 €
65	Revisió de la redacció	5 h	20 h	sáb 27/04/19	dom 05/05/19	63	TD	25%	50,00 €
66	Revisió fonts d'informació	5 h	20 h	sáb 27/04/19	dom 05/05/19	63	TD	25%	50,00 €
67	Revisió de la qualitat del treball	12 h	48 h	sáb 27/04/19	mar 21/05/19	63	PM	25%	300,00 €
68	Revisió compliment objectius i pla de treball	8 h	8 h	mar 21/05/19	dom 26/05/19	64 65 66 67	PM	100%	200,00 €
69	Edició Documentació Final	15 h	15 h	dom 26/05/19	dom 02/06/19	68	TD	100%	150,00 €
70	<b>Fita:</b> Entrega memòria final	-	-	mar 04/06/19	mar 04/06/19	69	-	-	-
71	Estudi de la memòria	6 h	18,18 h	mar 04/06/19	jue 13/06/19	69	TD	33%	60,00 €
72	Disseny Presentació	8 h	24,24 h	mar 04/06/19	jue 13/06/19	70	TD	33%	60,00 €
73	Preparació presentació	10 h	10 h	dom 16/06/19	sáb 22/06/19	71 72	TE	100%	120,00 €
74	<b>Fita:</b> Defensa del TFG	-	-	mar 25/06/19	mar 25/06/19	72	-	-	-

Taula 7.6: Activitats del projecte de detall. Planificació d'execució [Elaboració pròpia].

A continuació es disposa la relació de canvis fets en la planificació inicial per coincidir amb l'execució real del projecte.

<b>Canvis en la duració</b>		
Activitat	Duració planificació inicial	Duració en fase d'execució
Alternatives d'ubicacions	3 h	5 h
Alternatives de components	6 h	3 h
Alternatives de gestió d'excedents	9 h	5 h
Dibuix sobre plànol	8 h	5 h
Opcions gestió excedents	3 h	5 h
Estudi econòmic	6 h	4 h
Verificació compliment normativa	2 h	4 h
Càlcul de càrregues	2 h	5 h
Revisió de la qualitat del treball	10 h	12 h
<b>Activitats afegides</b>		
Activitat	Duració planificació inicial	Duració en fase d'execució
Estudi de mercat	-	3 h

Taula 7.7: Relació de canvis en la planificació [Elaboració pròpia].

La planificació final proposa una duració total que va des del dimarts 6 de novembre de 2018 fins al dimarts 25 de juny de 2019, que suposen 231 dies. Es pot consultar el diagrama de PERT de la planificació a [Annex V]. També es conclou que el treball fet ha estat de 363 hores, que s'aproxima a les 400 hores definides com a disponibles. Amb tot, es conclou un cost associat al projecte de 5.467,00 €.

Referent al tancament de la planificació, s'ha fet una comparació entre la planificació inicial i la final, realitzada a l'acabar el projecte. No hi ha hagut grans diferències, bàsicament canvis en les duracions d'algunes activitats i aparició d'altres que no s'havien contemplat en la realització de la planificació inicial.

## **8. Impacte mediambiental.**

El projecte té com a objecte la definició de les condicions tècniques i econòmiques per tal de projectar una instal·lació fotovoltaica en les cobertes d'una escola a Mataró. El present projecte defineix tots els components necessaris per tal de fer la instal·lació i posar-la en marxa. Aquesta permet a l'escola generar part de l'energia elèctrica que necessita de manera neta i planteja les alternatives de gestió dels excedents generats i les necessitats tècniques per fer-ho possible, juntament amb les condicions de seguretat per tal de poder visitar la instal·lació per part dels alumnes, professors, pares i mares i conscienciar als usuaris dels beneficis de la generació d'energia neta.

Mitjançant les taules realitzades a [Annex VII] s'ha identificat els principals aspectes d'impacte sobre el medi que es generaran en les fases de muntatge, posada en marxa i explotació del projecte. Es conclou que el principal impacte generat prové dels residus generats en la fase de muntatge, donat que la posada en marxa no requereix cap tipus de material o acció addicional i durant la fase d'explotació només cal realitzar un manteniment de manera periòdica, que es fa utilitzant els productes que puguin ser evacuats pels medis existents a l'edifici. Per tant, els residus en fase de muntatge seran caixes de cartró, provinents del transport dels mòduls fotovoltaics i restes de cablejat.

Aquests residus es portaran al següent gestor:

Raó social: Deixalleria Pla d'en Boet.

Adreça: Carrer Francesc Layret, 74, 08302 Mataró, Barcelona.

Telèfon de contacte: 937 58 21 00.



Figura 8.1: Ubicació del gestor de residus seleccionat [Font: Google Maps].

Finalment, en la fase de desmuntatge de la instal·lació, quan s'egoti la seva vida útil, apareixeran uns residus addicionals. Aquests són els mòduls fotovoltaics, els equips utilitzats i el cablejat disposat a la instal·lació. Es lliuraran a una de les empreses que es dediquen a oferir solucions integrals de gestió de tot tipus de residus per tal de retirar tots aquells materials que calgui retirar.

Adicionalment, la instal·lació plantejada té un impacte positiu sobre el medi ambient donat que és una font d'energia renovable. Aquestes, partint de la seva naturalesa i funcionament, redueixen els residus associats als processos de generació d'energia convencionals ja que es deixa de consumir un volum d'energia de la xarxa. Aquests residus són, principalment, emissions de CO<sub>2</sub> i altres gasos que causen efecte hivernacle. A partir de l'informe generat pel programa PvSol en la simulació de la instal·lació [Annex II Taula 8.1] es pot determinar que s'ha evitat la generació i emissió de 48.509 kg anuals de CO<sub>2</sub>, que, considerant una possible vida útil dels components de 35 anys, suposa evitar la generació i emissió de 1.697.815 kg de CO<sub>2</sub>.

## 9. Conclusions.

Al present treball s'ha fet el disseny d'una instal·lació fotovoltaica per autoconsum en un institut, partint dels consums i necessitats energètiques. A partir d'un profund estudi d'aquest s'ha definit la potència pic de generació necessària per poder definir la instal·lació. Una vegada s'ha tingut la dimensió general s'ha fet un estudi de les cobertes disponibles i els seus obstacles, per tal d'evitar les ombres i poder optimitzar la col·locació dels panells. Posteriorment s'ha fet un estudi dels components disponibles al mercat i s'han escollit els més adients.

A partir d'aquest punt s'ha definit la instal·lació a nivell tècnic, ubicació dels equips i generat tota la informació necessària per al seu correcte funcionament. S'ha aconseguit definir una instal·lació que no es troba afectada per cap tipus d'ombres, disposa de l'orientació i inclinació òptimes d'acord amb els consums del complex i els seus coeficients de funcionament es troben dins els marges habituals en aquest tipus d'instal·lacions. S'ha definit tots aquells elements necessaris per garantir la seguretat i comoditat d'aquelles persones que visitin la instal·lació i s'han disposat els equips de manera que s'hi tingui un fàcil accés i es trobin protegits.

Juntament amb això i gràcies al recent canvi de normativa, s'ha generat tres alternatives diferents per fer la gestió dels excedents de producció: no fer injecció dels excedents, fer-ne una compensació econòmica i finalment trobar una sortida de consum a part d'aquests excedents i fer compensació econòmica dels restants. S'ha fet els estudis econòmics d'aquestes i s'ha arribat a la conclusió que totes tres són viables. En primer lloc es conclou que fer una injecció zero permet una legalització més ràpida però per contrapartida presenta un TIR de 5,24 % i un retorn de la inversió de 13,5 anys.

La segona opció ofereix un TIR de 7,00 % i un retorn de la inversió de 11,5 anys, que millora substancialment els resultats econòmics donat que tan sols cal realitzar una tramitació lleugerament més lenta.

Finalment es proposa trobar un tercer consumidor que pugui assumir part dels excedents, reduint-los. Juntament amb la compensació econòmica dels restants s'aconsegueix arribar a

un TIR de 8,53 % i un retorn en 11 anys. Amb això s'ha aconseguit assolir els objectius i especificacions tècniques, definits inicialment.

Paral·lelament, s'ha fet un estudi de riscos de la implementació del projecte [Annex V], detectant els elements de possible conflictivitat i una planificació del projecte. Els principals riscos són el retard en el muntatge, que deriva en un retràs de la posada en marxa i la possible aturada del camp. Per acabar, es presenten mesures preventives i correctores per tal d'intentar evitar i minimitzar els efectes negatius d'aquests riscos.

A nivell de crítica del treball realitzat s'ha detectat certs aspectes millorables. En primer lloc i sempre que es trobés entre els objectius, es podria realitzar un redimensionat de la instal·lació per tal d'augmentar la potència instal·lada de manera que augmenti la cobertura i també els excedents. D'aquesta manera s'aconsegueix cobrir major part del consum del centre i fer una compensació d'uns excedents més elevats. Si alhora es troba un tercer consumidor que els pugui aprofitar la instal·lació passaria a ser molt més rendible econòmicament donat que s'aprofitaria una major part de l'energia generada, que també seria molta més.

En segon lloc també es considera que en un futur és possible que es faci una ampliació del camp, per la raó que sigui. En aquests cas es podria haver fet un dimensionat, a nivell tècnic, que sigui capaç d'assumir una possible ampliació del camp.

De cara a futur i lligat amb el punt anterior es considera que caldrà fer un seguiment dels possibles canvis de legislació. Amb aquests pot aparèixer algun canvi que motivi l'ampliació del camp i per tant s'aprofiti l'espai restant disponible, generant una energia que es consumeixi en altres complexes de la ciutat o simplement sigui injectada a la xarxa.

## 10. Referències.

- [1] UEH, «El Efecto Fotoeléctrico,» Unibertsitatea, Euskal Herriko, [En línia]. Available: <https://ja.cat/KAPSD>. [Últim accés: 22 abril 2019].
- [2] UPC, «Conceptes Bàsics,» UPCCommons, [En línia]. Available: <https://ja.cat/ExZWI>. [Últim accés: 15 4 2019].
- [3] XTEC, «Instal·lacions solars fotovoltaiques,» Institut Obert de Catalunya, [En línia]. Available: <https://ja.cat/FHcP4>. [Últim accés: 14 03 2019].
- [4] ICAEN, «Solar Fotovoltaica, tipus d'instal·lacions,» Generalitat de Catalunya, [En línia]. Available: <https://ja.cat/y3282>. [Últim accés: 15 abril 2019].
- [5] SolarEnergia, «Energia Solar Fotovoltaica,» 21 març 2017. [En línia]. Available: <https://ja.cat/O1XWl>. [Últim accés: 15 abril 2019].
- [6] Gencat, «Tipus d'autoconsum,» [En línia]. Available: <https://ja.cat/Dhz7Q>. [Últim accés: 15 abril 2019].
- [7] Colectivo, Curso de Experto Profesional en Energía Fotovoltaica, Sevilla, España: Promotora General de Estudios S.A., 2009.
- [8] T. Grinenko, «Bloomberg Tier 1 Solar Panels List 2019,» RENVU, 14 03 2019. [En línia]. Available: <https://ja.cat/k0OIp>. [Últim accés: 15 04 2019].
- [9] M. A. Abella, Sistemas fotovoltaicos, Madrid España: S.A.P.T. Publicaciones Técnicas S.L., 2005.

- [10] REBT, Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, 2017.
- [11] Guía-BT-22, Guía Técnica de Aplicación: Protección contra Sobreintensidades, Octubre 2005.
- [12] Guía-BT-23, Guía Técnica de Aplicación: Protección contra Sobre tensiones, Noviembre 2017.
- [13] Guía-BT-24, Guía Técnica de Aplicación: Protección contra contactos Directos e Indirectos, Octubre 2005.
- [14] Guía-BT-18, Guía Técnica de Aplicación: Instalaciones de Puesta a Tierra, Octubre 2005.
- [15] Guía-BT-Anexo 2, Guía Técnica de Aplicación: Cálculo de las Caidas de Tensión, Setembre 2003.
- [16] Guía-BT-Anexo 3, Guía Técnica de Aplicación: Cálculo de Corrientes de Cortocircuito, Setembre 2003.
- [17] Real Decreto 842/2002, Aprobación del Reglamento electrotécnico de Baja Tensión, 2 de Agosto de 2002.
- [18] «Norma UNE 20460-5-523:2004,» *para instalaciones de baja tensión*, AENOR. 2004.
- [19] Guía – BT – 21, Guía Técnica de Aplicación: Instalaciones Interiores. Tubos y Canales Protectoras, Setembre de 2003.
- [20] CYPE, «Generador de preus. Rehabilitació. Espanya,» CYPE Ingenieros, S.A., [En línia]. Available: <https://ja.cat/tObF9>. [Últim accés: 08 04 2019].



- [21] «PvSol,» Valentin Software GmbH, [En línia]. Available: <https://ja.cat/PICpZ>. [Últim accés: 18 04 2019].
- [22] J. Dominguez, «Cambio Energético,» 06 abril 2019. [En línia]. Available: <https://ja.cat/fc8Se>. [Últim accés: 2019 maig 16].
- [23] Gencat, «Informació i eines per a la gestió dels centres,» Generalitat de Catalunya. Departament d'Educació, [En línia]. Available: <https://ja.cat/uRu6W>. [Últim accés: 19 maig 2019].
- [24] Office, «Microsoft Project,» [En línia]. Available: <https://ja.cat/N58rd>. [Últim accés: 15 04 2019].
- [25] ESUPT, «Calendari TFG de l'ESUP Tecnocampus,» 2018/19. [En línia]. Available: [mpus.tecnocampus.cat](https://mpus.tecnocampus.cat). [Últim accés: 05 04 2019].
- [26] Office, «Guía básica para la administración de proyectos,» [En línia]. Available: <https://ja.cat/d8YAu>. [Últim accés: 06 04 2019].





