

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS**

# **TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**Gestión en la implementación de una instalación fotovoltaica en un centro escolar.**

**Estudiante : Loriaux Iraragorri, Eleder**

**Director/Directora:** *Echevarria Robledo, María Begoña*

**Departamento:** *Organización de Empresas*

**Curso académico : 2021 - 2022**

*Bilbao, 18 de septiembre de 2022*

## **Resumen**

El objetivo principal de este trabajo se dirige a la gestión de un proyecto de implementación de una instalación de placas fotovoltaicas en un centro educativo, concretamente el colegio La Salle Bilbao. Este proyecto se centra en diferentes aspectos técnicos, económicos, sociales y medioambientales.

En primer lugar, se considerarán los aspectos técnicos de la instalación: dimensionamiento, diseño técnico y constructivo, considerando todos los diferentes elementos que la constituyen. Se realizarán diversos cálculos acerca del consumo eléctrico actual, autoconsumo necesario, el autoconsumo teórico, cálculo de los ángulos de inclinación de las instalaciones...

Una vez realizado este estudio técnico, se procederá a detallar la gestión del proyecto en base a la metodología PMBOK (Project Management Body of Knowledge) y a sus diferentes áreas de conocimiento. A lo largo del documento, se expondrá de manera completa los aspectos relacionados a todas las partes del proyecto: integración del proyecto, alcance, calendario, costes y presupuesto, calidad, recursos, plan de comunicación, análisis de riesgos, adquisiciones del proyecto y plan de stakeholders.

Todos estos aspectos serán tratados con la misión de cumplir con los objetivos marcados al inicio del proyecto: entregar la instalación fotovoltaica al colegio La Salle Bilbao en base a las especificaciones técnicas acordadas previamente y bajo el tiempo y presupuesto previstos.

## **Palabras clave**

Energía solar, medio ambiente, instalación fotovoltaica, gestión del proyecto, presupuesto, costes, calidad, comunicación, riesgos, stakeholders, PMBOK.

## **Laburpena**

Lan honen helburu nagusia ikastetxe batean, zehazki La Salle Bilbao ikastetxean, plaka fotovoltaikoen instalazioa ezartzeko proiektua kudeatzea da. Proiektu hau alderdi tekniko, ekonomiko, sozial eta ingurumenekoetan oinarritzen da.

Lehenik, instalazioaren alderdi teknikoak hartuko dira kontuan: dimentsionamendua, diseinu teknikoa eta eraikuntza, instalazioa osatzen duten elementu guztiak kontuan hartuta. Gaur egungo elektrizitate-kontsumoari, behar den autokontsumoari, autokontsumo teorikoari, instalazioen inklinazio-angeluen kalkuluari eta abarri buruzko hainbat kalkulu egingo dira.

Azterketa tekniko hau egin ondoren, proiektuaren kudeaketa zehaztuko da, PMBOK (Project Management Body of Knowledge) metodologian eta haren ezagutza-arloetan oinarrituta. Dokumentuan, osorik azalduko dira proiektuaren alderdi guztiei buruzko alderdiak: proiektuaren integrazioa, irismena, egutegia, kostuak eta aurrekontua, kalitatea, baliabideak, komunikazio-plana, arriskuen azterketa, proiektuaren erosketak eta stakeholder-en plana.

Aspektu horiek guztiak proiektuaren hasieran ezarritako helburuak betetzeko erabiliko dira: instalazio fotovoltaiko bat La Salle Bilbao ikastetxeari ematea, aldez aurretik adostutako zehaztapen teknikoetan oinarrituta, aurreikusitako denbora eta aurrekontuarekin.

## **Gako – hitzak**

Eguzki-energia, ingurumena, instalazio fotovoltaikoa, proiektu kudeaketa, aurrekontua, kostuak, kalitatea, komunikazioa, arriskuak, stakeholder-ak, PMBOK.

## **Summary**

The main objective of this work is directed to the management of a project for the implementation of a photovoltaic panels installation in an educational center, specifically the school La Salle Bilbao. This project focuses on different technical, economic, social and environmental aspects.

First of all, the technical aspects of the installation will be considered: sizing, technical and constructive design, considering all the different elements that constitute it. Several calculations will be made about the current electricity consumption, the necessary self-consumption, the theoretical self-consumption, calculation of the inclination angles of the installations...

Once this technical study has been carried out, the details of the project management based on the PMBOK (Project Management Body of Knowledge) methodology and its different areas of knowledge will be proceeded. Throughout the document, the aspects related to all parts of the project will be fully explained: project integration, scope, schedule, costs and budget, quality, resources, communication plan, risk analysis, project procurement and stakeholder plan.

All these aspects will be addressed with the mission to meet the objectives set at the beginning of the project: to deliver the photovoltaic installation to La Salle Bilbao school based on the technical specifications previously agreed and under the time and budget foreseen.

## **Keywords**

Solar energy, environment, photovoltaic installation, project management, budget, costs, quality, communication, risks, stakeholders, PMBOK.

## **ÍNDICE DE CONTENIDOS**

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
2.	JUSTIFICACIÓN.....	3
3.	OBJETIVOS Y ALCANCE .....	4
4.	METODOLOGÍA.....	6
5.	ESTUDIO TÉCNICO .....	12
6.	GESTIÓN DEL PROYECTO .....	27
7.	RESULTADOS ESPERADOS .....	62
8.	CONCLUSIONES .....	65
9.	BIBLIOGRAFÍA .....	67
10.	ANEXOS.....	69

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Matriz de Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento del PMBOK .....	8
Figura 2. Metodología Scrum. ....	10
Figura 3. Vista de la cubierta donde se realizará la instalación fotovoltaica .....	12
Figura 4. Equipamiento de la instalación .....	17
Figura 5. Reparto de áreas para la colocación de paneles solares.....	19
Figura 6. Disposición de las placas solares en la cubierta. ....	24
Figura 7. Esquema eléctrico de la instalación fotovoltaica. ....	24
Figura 8. Datos para la simulación en PVGIS.....	25
Figura 9. Producción de energía mensual de la instalación, según PVGIS. ....	25
Figura 10. Áreas de conocimiento del PMBOK.....	27
Figura 11. Work Breakdown Structure.....	31
Figura 12. Plazos de fases del proyecto. ....	34
Figura 13. Secuencia de actividades de la Fase 1.....	34
Figura 14. Secuencia de actividades de la Fase 2.....	34
Figura 15. Secuencia de actividades de la Fase 3.....	35
Figura 16. Secuencia de actividades de la Fase 4.....	35
Figura 17. Diagrama de Gantt del proyecto .....	35
Figura 18. Presupuesto Fase 1.....	36
Figura 19. Presupuesto Fase 3.....	38
Figura 20. Presupuesto Fase 4.....	38
Figura 21. Organigrama del proyecto.....	42
Figura 22. Matriz RACI.....	44
Figura 23. Simulación de Monte Carlo. Fase 1. ....	49
Figura 24. Simulación de Monte Carlo. Fase 2. ....	49
Figura 25. Simulación de Monte Carlo. Fase 3. ....	50
Figura 26. Simulación de Monte Carlo. Fase 4. ....	50
Figura 27. Simulación de Monte Carlo. Presupuesto total.....	51
Figura 28. Matriz Interés-Poder .....	58
Figura 29. Catálogo de inversores Fronius. ....	69
Figura 30. Catálogo de inversores Solar Solarmax .....	69
Figura 31. Catálogo de fusibles del fabricante Schneider. ....	69
Figura 32. Catálogo de interruptores-seccionadores del fabricante Schneider.....	69
Figura 33. Características del interruptor magnetotérmico IC60N del fabricante Schneider.....	69
Figura 34. Características del VIGI IC60 del fabricante Schneider .....	69
Figura 35. Triángulo de Hierro del PMBOK .....	69

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Consumos de energía 2019. Contrato 75 KW.....	16
Tabla 2. Consumos de energía 2019. Contrato 50 KW.....	16
Tabla 3. Consumos de energía 2019. Contrato 13,86 KW.....	17
Tabla 4. Consumo de energía total del colegio La Salle Bilbao .....	17
Tabla 5. Parámetros técnicos del panel 310W Monocristalino ERA.....	18
Tabla 6. Características físicas del panel 310W Monocristalino ERA.....	18
Tabla 7. Cálculo del número total de placas solares.....	19
Tabla 8. Párametros de decisión para la elección del inversor.....	22
Tabla 9. Dimensionado del cableado.....	23
Tabla 10. Comparación de la energía producida por la instalación con el consumo del colegio.....	26
Tabla 11. Acta de constitución del proyecto.....	29
Tabla 12. Alcance del proyecto .....	30
Tabla 13. Entregables del proyecto.....	33
Tabla 14. Costes/hora de los recursos humanos .....	36
Tabla 15. Presupuesto Fase 2.....	37
Tabla 16. Presupuesto total del proyecto.....	38
Tabla 17. Objetivos de calidad .....	39
Tabla 18. Matriz de actividades de calidad.....	42
Tabla 19. Reuniones externas.....	45
Tabla 20. Reuniones internas.....	45
Tabla 21. Gestión de la comunicación.....	46
Tabla 22. Identificación de los riesgos.....	47
Tabla 23. Análisis cualitativo de los riesgos.....	48
Tabla 24. Probabilidad de riesgo de cada fase del proyecto.....	48
Tabla 25. Presupuesto del proyecto según cada escenario de riesgos.....	49
Tabla 26. Gestión de adquisiciones del proyecto.....	54
Tabla 27. Elección de proveedores.....	55
Tabla 28. Registro de Stakeholders.....	57
Tabla 29. Datos para matriz Interés-Poder.....	58
Tabla 30. Estrategias para cada grupo de interés.....	59
Tabla 31. Matriz de Evaluación de la Participación de Stakeholders.....	60
Tabla 32. Ahorro de costes en época de invierno.....	63
Tabla 33. Ahorro de costes en época de verano.....	63





## 1. INTRODUCCIÓN

Las placas solares son dispositivos que captan la energía solar y están compuestas por celdas que convierten esa luz en electricidad, permitiendo el aprovechamiento de una energía renovable como la solar, que además cuida de una mayor manera el medio ambiente que la energía eléctrica. Una instalación fotovoltaica es una propuesta interesante para un ahorro de costes y un mejor impacto medioambiental, ya que se trata de un tipo de energía limpia que se transforma tanto en energía eléctrica como en energía térmica para su posterior uso.

La energía solar comenzó a ser utilizada en la segunda mitad del siglo XIX, con el intento de fabricación de celdas para su utilización. Sin embargo, debido a los altos costes de materiales, se concluyó que no valía la pena estudiarla hasta que en los años 90 se comenzaron a establecer políticas sobre el uso de la energía solar, mayormente en Estados Unidos. Hoy en día, el uso de la energía solar ha aumentado enormemente en su empleo más frecuente, la transformación a electricidad, siendo la energía solar la energía renovable que más ha crecido en los últimos veinte años. (Sánchez, 2019)

Debido a esta creciente actividad en el sector fotovoltaico, coge una gran relevancia el conocimiento y aplicación adecuada de las diferentes metodologías, desde las tradicionales hasta las ágiles, cada vez más empleadas para la gestión de proyectos y equipos de trabajo. Se trata, por tanto, de establecer una hoja de ruta clara y eficiente del proyecto, basándose en todos los aspectos reflejados por el PMBOK (Project Management Body of Knowledge) y todas las actividades interrelacionadas que se deberán llevar a cabo para poder concluir con la prestación de un servicio satisfactorio para todas las partes.

Para reflejar unos estándares de proceso y optimizar todas las actividades de un proyecto, el PMBOK refleja 10 áreas de conocimiento que justifican la necesidad de implementar una metodología común para este tipo de proyectos:

- Gestión de la integración del proyecto
- Gestión del alcance del proyecto
- Gestión del calendario del proyecto
- Gestión de los costes del proyecto
- Gestión de la calidad del proyecto
- Gestión de recursos del proyecto
- Gestión de la comunicación del proyecto
- Gestión de riesgos del proyecto
- Gestión de adquisiciones del proyecto

## 1. INTRODUCCIÓN

- Gestión de los stakeholders del proyecto

Todas estas áreas serán relevantes a la hora de afrontar la ejecución del presente proyecto y por lo tanto, tendrán un impacto directo sobre el éxito del mismo.

## 2. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo del proyecto se realizará en el colegio La Salle Bilbao. Hoy en día, el centro educativo es suministrado por la empresa eléctrica Endesa, una de las tres compañías más grandes del sector junto a Iberdrola y Naturgy.

Recientemente, el colegio ha considerado la posibilidad de instalar un conjunto de placas solares con el fin de autoabastecerse parcialmente de energía eléctrica, modernizando sus actuales instalaciones y sufriendo parte de la demanda energética, con su respectivo ahorro en costes. Según los datos de PVinsights (firma internacional de investigación de energía solar fotovoltaica), el precio de los paneles solares ha decaído hasta un 72% en los últimos años, lo que ha convertido a la energía solar en la forma más barata de lograr electricidad. Por lo tanto, estas políticas empleadas para impulsar iniciativas de aprovechamiento de energía solar, ayudadas del apoyo que ofrecen al medioambiente y de las mejoras tecnológicas de los propios módulos solares, permiten a las empresas o instituciones plantearse el autoconsumo como método de reducción de gastos y producción de electricidad.

Por otro lado, se debe destacar el entorno macroeconómico en el que se encuentra actualmente la realización de este proyecto, en el que, debido principalmente a la invasión rusa en Ucrania, el precio de la electricidad se ha impulsado desorbitadamente, alcanzado su punto más álgido el 8 de marzo de 2022, cuando el precio medio de la electricidad en el mercado mayorista llegó a ser de 544,98 €/MWh. Debido a esta circunstancia, la energía solar puede presentarse como la mejor alternativa de ser independientes a nivel económico y escapar de dicha espiral alcista. España es uno de los países europeos con más horas pico de sol, con lo cual resulta importante impulsar este tipo de iniciativas fotovoltaicas, al que hay que añadir la eliminación de trabas económicas y administrativas como el Impuesto al Sol. En el año 2021, por ejemplo, se cerró con 1.151 MW instalados para autoconsumo, doblando la cifra de 2020.

Por último, el hecho de que un centro docente comience a llevar a cabo este tipo de iniciativas para la mejora del medio ambiente se debe considerar algo positivo para la educación o, al menos, para la concienciación social de los y las más jóvenes sobre temas tan relevantes como el cambio climático o la transición energética. Dicha transición supone una gran oportunidad de generar crecimiento económico y bienestar social, impulsando nuevos modelos de generación y consumo que permitan el ahorro en la factura energética, así como la reducción de gases contaminantes a la atmósfera. Para ello, se requiere la suma de conciencias individuales y colectivas capaces de movilizarse acerca de esta urgencia. Es por esto por lo que llevar estos proyectos al ámbito educativo puede resultar muy satisfactorio.

### 3. OBJETIVOS Y ALCANCE

### 3. OBJETIVOS Y ALCANCE

#### 3.1.1. Objetivo general

El objetivo principal de este trabajo se dirige a la gestión de un proyecto de implementación de una instalación de placas fotovoltaicas en un centro educativo, concretamente el colegio La Salle Bilbao, ubicado en el barrio de Deusto (Bilbao).

Para ello, se diseñará una metodología única basada en los conocimientos adquiridos en el Máster de Gestión de Proyectos que permita abarcar todos los aspectos referidos a la gestión de un proyecto en sus etapas e incluyendo a los grupos de interés tanto directos como indirectos.

#### 3.1.2. Objetivos específicos

A lo largo del proyecto, se detallarán todos aquellos aspectos relevantes para una correcta gestión en la implementación de la instalación fotovoltaica:

- Análisis de los aspectos técnicos del proyecto y cálculo de la demanda de energía.
- Estudio de las diferentes metodologías para la gestión de proyectos y elección de aquella más adecuada y eficiente de acuerdo al PMBOK.
- Gestión de la integración y planificación del proyecto en función del equipo y las actividades requeridas desde el inicio del proyecto hasta la puesta en marcha de la instalación fotovoltaica.
- Determinación de los costes y el presupuesto.
- Análisis y aplicación de aquellas herramientas de control que permitan detectar las posibles desviaciones en tiempo y costes y su consecuente plan de acción para lograr una ágil solución.
- Estudio de los posibles riesgos y selección de herramientas para eliminar, mitigar o reaccionar ante ellos.
- Diseñar y ejecutar un plan de gestión de recursos humanos y comunicación interna y externa.
- Diseñar y ejecutar un plan de gestión de stakeholders directos e indirectos para evaluar su impacto.
- Desarrollo de un plan de calidad.

#### 3.2. Alcance

A continuación, se detalla el alcance de este trabajo para concretar expresamente los apartados que serán documentados en el mismo y también aquellos que no formarán parte de él. Para evitar malentendidos, cabe destacar que se hará alusión a otro apartado llamado "4.1. Definición del alcance" más adelante. No obstante, la diferencia radica en que este primer apartado de alcance se refiere a todo el documento presentado por el autor, y el alcance presentado posteriormente se

referirá únicamente al entregable del proyecto en cuestión.

Por lo tanto, los aspectos que recogerá y serán tratados en el presente estudio serán los siguientes:

- Breve mención a las diferentes metodologías de gestión de proyectos y elección de la más adecuada para este proyecto.
- Descripción del emplazamiento del colegio La Salle Bilbao en el que se realizará la instalación fotovoltaica.
- Selección de la normativa aplicable vigente
- Análisis de la demanda energética anual del colegio La Salle Bilbao.
- Estudio técnico que recogerá el siguiente contenido:
  - Cálculo de la inclinación y orientación óptima para que las placas solares capturen la mayor cantidad de energía solar posible.
  - Elección de todo el equipamiento: paneles solares, estructura, inversor, caja de conexión, cableado y protecciones.
  - Cálculo del número de placas solares para optimizar la mayor superficie aprovechable posible en la cubierta del colegio
  - Disposición y agrupación de las placas solares para optimizar dicho espacio (debido a la irregularidad del mismo).
  - Esquema eléctrico de la instalación.
- Estudio del balance energético con la herramienta software PVGIS
- Gestión del proyecto bajo la metodología PMBOK

Por lo tanto, el alcance recogerá la realización del estudio del proyecto, quedándose fuera del mismo tanto la implantación como la puesta en marcha.

## 4. METODOLOGÍA

### 4. METODOLOGÍA

Las metodologías de gestión de proyectos sirven para proporcionar las pautas que pueden guiar hacia el éxito o fracaso de un proyecto, por lo que a la hora de decidir la metodología de gestión se deben considerar múltiples aspectos como la complejidad, los recursos disponibles, las necesidades o requerimientos del cliente, las restricciones, el calendario y las herramientas.

Las metodologías de gestión de proyectos se diferencian mayormente por ser predictivas o ágiles. A lo largo de este apartado, se procederá a detallar las diferencias entre ambas para aportar finalmente una conclusión acerca de la metodología elegida para la ejecución de este proyecto.

#### 4.1. Metodologías predictivas

La gestión de proyectos predictiva es una disciplina formal de gestión basada en la planificación, ejecución y seguimiento a través de procesos sistemáticos y repetibles con el objetivo de conseguir que el desarrollo se lleve de la manera prevista, basando el éxito del proyecto en plazos, costes y calidad.

Las dos principales características que definen a una metodología como predictiva son las siguientes: universalidad (todos los proyectos tienen características comunes por lo que comparten unos patrones en la ejecución) y carácter predictivo (los requerimientos del proyecto están claramente definidos, por lo que se puede realizar una planificación para satisfacerlos).

Debido a esto, las metodologías predictivas dividen un proyecto en diferentes fases compuestas por tareas y características comunes y mediante ellas se debe lograr el objetivo del proyecto, que es ofrecer un producto o servicio bajo unas especificaciones técnicas acordadas dentro del tiempo y coste establecido previamente.

Dentro de las metodologías predictivas, se deben destacar dos de ellas, que son las más ampliamente implementadas: PMBOK (Project Management Body of Knowledge) desarrollada por el Project Management Institute (PMI), y PRINCE2 (PRojects IN Controlled Environments 2), desarrollada por la Oficina de Comercio Gubernamental del Reino Unido. A continuación, se procede a detallar brevemente los aspectos más relevantes de ambas. (Fernández, 2016)

##### 4.1.1. PMBOK

El PMBOK (Project Management Body of Knowledge) es un modelo de metodología predictiva que pertenece al Project Management Institute (PMI), asociación líder en la gestión de proyectos. Se trata de una colección de procesos y áreas de conocimiento generalmente aceptadas como las mejores

prácticas dentro de la gestión de proyectos, al ser un estándar reconocido internacionalmente. El PMBOK reconoce 5 grupos de procesos básicos y 10 áreas de conocimiento que son comunes a casi todos los proyectos. (García, 2018)

Los 5 grupos de procesos básicos son los siguientes:

- 1- Iniciación: aquellos procesos realizados para definir un nuevo proyecto o una nueva fase del proyecto mediante la autorización para comenzar dicho proyecto o fase.
- 2- Planificación: aquellos procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción necesario para alcanzar los objetivos.
- 3- Ejecución: aquellos procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto a fin de cumplir con las especificaciones del mismo.
- 4- Seguimiento y control: aquellos procesos requeridos para dar seguimiento, analizar y regular el progreso y desempeño del proyecto, identificar áreas en las que el plan requiera cambios e iniciar dichos cambios.
- 5- Cierre: aquellos procesos para finalizar todas las actividades a través de todos los grupos de procesos con el fin de cerrar formalmente el proyecto.

Por otro lado, las 10 áreas de conocimiento, que serán detalladas a lo largo de este documento, son las siguientes:

- 1- Gestión de la integración del proyecto
- 2- Gestión del alcance del proyecto
- 3- Gestión del calendario del proyecto
- 4- Gestión de los costes del proyecto
- 5- Gestión de la calidad del proyecto
- 6- Gestión de recursos del proyecto
- 7- Gestión de la comunicación del proyecto
- 8- Gestión de riesgos del proyecto
- 9- Gestión de adquisiciones del proyecto
- 10- Gestión de los stakeholders del proyecto

De esta manera, se presenta a continuación la matriz de grupo de procesos y áreas de conocimiento de la Dirección de Proyectos, según PMBOK.

#### 4. METODOLOGÍA

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
4. Gestión de la Integración del Proyecto	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto	4.4 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto 4.5 Realizar el Control Integrado de Cambios	4.6 Cerrar Proyecto o Fase
5. Gestión del Alcance del Proyecto		5.1 Planificar la Gestión del Alcance 5.2 Recopilar Requisitos 5.3 Definir el Alcance 5.4 Crear la EDT/WBS		5.5 Validar el Alcance 5.6 Controlar el Alcance	
6. Gestión del Tiempo del Proyecto		6.1 Planificar la Gestión del Cronograma 6.2 Definir las Actividades 6.3 Secuenciar las Actividades 6.4 Estimar los Recursos de las Actividades 6.5 Estimar la Duración de las Actividades 6.6 Desarrollar el Cronograma		6.7 Controlar el Cronograma	
7. Gestión de los Costes del Proyecto		7.1 Planificar la Gestión de los Costos 7.2 Estimar los Costos 7.3 Determinar el Presupuesto		7.4 Controlar los Costos	
8. Gestión de la Calidad del Proyecto		8.1 Planificar la Gestión de la Calidad	8.2 Realizar el Aseguramiento de Calidad	8.3 Controlar la Calidad	
9. Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto		9.1 Planificar la Gestión de los Recursos Humanos	9.2 Adquirir el Equipo del Proyecto 9.3 Desarrollar el Equipo del Proyecto 9.4 Dirigir el Equipo del Proyecto		
10. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto		10.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones	10.2 Gestionar las Comunicaciones	10.3 Controlar las Comunicaciones	
11. Gestión de los Riesgos del Proyecto		11.1 Planificar la Gestión de los Riesgos 11.2 Identificar los Riesgos 11.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos 11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos		11.6 Controlar los Riesgos	
12. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones	12.2 Efectuar las Adquisiciones	12.3 Controlar las Adquisiciones	12.4 Cerrar las Adquisiciones
13. Gestión de los Interesados del Proyecto	13.1 Identificar a los Interesados	13.2 Planificar la Gestión de los Interesados	13.3 Gestionar la Participación de los Interesados	13.4 Controlar la Participación de los Interesados	

Figura 1. Matriz de Grupos de Procesos y Áreas de Conocimiento del PMBOK

La principal fortaleza de esta metodología es su facilidad de implementación, al ser muy utilizada y conocida. El principal objetivo del PMBOK es, por tanto, constituir una guía de métodos, herramientas y técnicas agrupadas en áreas de conocimiento para permitir entregar un producto o servicio bajo el alcance y especificaciones definidas previamente en un plazo y con unos costes establecidos. Se trata del llamado Triángulo de Hierro, matriz que muestra que la calidad de un proyecto depende de las tres mencionadas limitaciones: alcance, tiempo y coste.



#### **4.1.2. PRINCE2**

El modelo predictivo PRINCE2 (PROjects IN Controlled Environments 2), se basa en los mismos principios que el PMBOK y amplía los conceptos que éste presenta, proporcionando técnicas complementarias para reducir el riesgo e incrementar la calidad en los proyectos. Dentro de la metodología PRINCE2 se deben destacar 7 principios, 7 temas y 7 procesos. (Montoro, 2020)

Los 7 principios en la metodología PRINCE2 son los siguientes:

- Justificación comercial continua
- Gestión basada en la experiencia
- Roles y responsabilidades definidos
- Gestión por fases
- Enfoque en productos y no actividades
- Gestión por excepción
- Capacidad de adaptar la metodología PRINCE2 a cualquier proyecto

Las 7 temáticas son las siguientes: Business Case, organización, calidad, cambio, riesgos, progreso y planes, mientras que los 7 procesos de esta metodología son los siguientes:

- Puesta en marcha
- Dirección de un Proyecto
- Inicio
- Control de una fase
- Gestión de entrega de productos
- Gestión de los límites de fase
- Cierre de proyecto.

Por último, cabe destacar las principales fortalezas de este modelo: metodología extensamente reconocida, control en el uso de recursos y manejo de riesgos, mejor gestión del cambio mediante controles a comienzo, mitad y final del proyecto y definición de roles y responsabilidades a cada nivel.

#### **4.2. Metodologías ágiles**

Las metodologías ágiles son aquellas que permiten adaptar la forma de trabajo a las condiciones de cada proyecto particular, consiguiendo una mayor flexibilidad e inmediatez ante imprevistos. Son adecuadas para actuar en entornos dinámicos y cambiantes, donde los lanzamientos de productos y

#### 4. METODOLOGÍA

la competencia se producen en intervalos de tiempo menores. Su origen se remonta a los años 70, momento en el cual las metodologías predictivas dejaron de ser eficientes para proyectos en entornos inestables. Los principales valores de estas metodologías son la anticipación y la adaptación. De igual manera que con las predictivas, la metodología ágil más reconocidas es la Scrum. (Garrido, 2021)

##### 4.2.1. SCRUM

Scrum es una metodología con origen en los años 80 basada en el principio ágil y de desarrollo iterativo que tiene como objetivos la obtención de conocimiento, establecimiento de compromisos razonables y velocidad del equipo de trabajo. Se trata de un modelo en el que los stakeholders tienen un mayor control y transparencia sobre el proyecto, permitiendo una mejor organización en un entorno dinámico y cambiante. (West, 2022)

En Scrum, un proyecto se ejecuta en ciclos temporales cortos y de duración fija (2 semanas generalmente) denominados sprints. Las principales características de esta metodología son las siguientes:

- Equipos autónomos para operar ágilmente sobre la marcha con un orden y dinámica que carece de jerarquía.
- Fases de desarrollo solapadas en las que las personas del equipo deben trabajar para sincronizar sus ritmos y cumplir con los plazos de entrega.
- Aprendizaje múltiple basado mayormente en prueba y error en los que los miembros del equipo deben mantenerse al día de las condiciones cambiantes del mercado.
- Seguimiento sin control.

En la Figura 2, se muestra gráficamente el proceso de esta metodología:

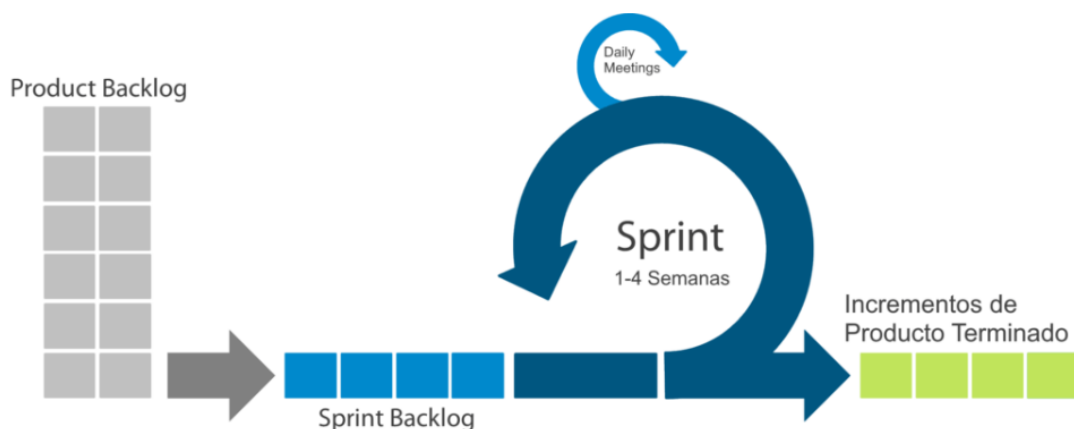


Figura 2. Metodología Scrum.

- Product Backlog: archivo genérico que recoge el conjunto de tareas, requerimientos y funcionalidades del proyecto.
- Sprint Backlog: documento que recoge las tareas a realizar y quién las desempeña.
- Sprint: ciclo de 2 semanas (generalmente) dentro de un proyecto de metodología Scrum para completar una cantidad de trabajo establecida.

Las principales fortalezas de esta metodología son la capacidad de priorización de requerimientos, trabajo en equipo y comunicación, dinamismo y permitir un seguimiento cercano durante la ejecución del proyecto sin tener que esperar al resultado final.

#### **4.3. Elección de la metodología**

Una vez detalladas las metodologías de proyectos predictivas y ágiles más utilizadas, se procede a explicar la elección de la metodología escogida. A lo largo de este proyecto de gestión de una implantación de instalación fotovoltaica, se seguirá la metodología predictiva PMBOK.

Tal y como se ha desarrollado previamente, el principal objetivo del PMBOK es entregar un proyecto bajo un alcance y unas especificaciones definidas dentro de un plazo y presupuesto establecidos. A pesar de que las instalaciones fotovoltaicas son recientes, se tratan de proyectos similares entre ellos, con lo que el entorno en el que se moverá el proyecto va a resultar estable, siendo PMBOK una metodología adecuada en este caso (Aguilar Sanchez, 2021).

Una vez desarrollado el estudio del proyecto para obtener las especificaciones técnicas, se trabajarán en las 10 áreas de conocimiento presentadas anteriormente para detallar una gestión global de todo el proyecto.

## 5. ESTUDIO TÉCNICO

### 5. ESTUDIO TÉCNICO

A lo largo de este apartado se detallarán los aspectos más relevantes del estudio técnico realizado: emplazamiento, normativa, cálculo de la orientación e inclinación, análisis de la demanda energética del centro, dimensionamiento del equipamiento y balance energético.

#### 5.1 LUGAR DE APLICACIÓN

La instalación fotovoltaica se ubicará, tal y como se ha mencionado en apartados anteriores, en el colegio La Salle Bilbao. Este centro escolar está situado en el barrio de Deusto, concretamente en la calle Avenida Madariaga 67. Las coordenadas geográficas son las siguientes:

Latitud: 43° 16' 13,5" N; Longitud: 2° 57' 16,9" W

El colegio está formado por cuatro edificios: aquel destinado a educación infantil y primaria, el destinado a educación secundaria, un tercero destinado a bachillerato y el polideportivo. La instalación fotovoltaica propuesta será realizada en la cubierta del edificio de secundaria. Se trata de una construcción que comprende tres plantas, además de la planta baja.

En la Figura 3 se puede observar dicha cubierta, cuya superficie total supera los 2.100m<sup>2</sup>, de los que 1.014,07 m<sup>2</sup> son los aprovechables para proceder a la instalación.



*Figura 3. Vista de la cubierta donde se realizará la instalación fotovoltaica*

#### 5.2 NORMATIVA

##### 5.2.1 Disposiciones legales y normas

A la hora de llevar a cabo este proyecto, se ha tenido en cuenta la normativa de aplicación que se presenta a continuación. (Soria, 2021)

- Real Decreto 842/2002, del 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico

de Baja Tensión. Actualizado según RD 560/2010 y RD 1053/2014.

Dentro del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, la norma ITC-BT-40 es la referida para instalaciones generadoras de baja tensión, como es la presente en este proyecto. A lo largo del dimensionamiento de la instalación, más concretamente en los apartados de cableado, elementos de protección y circuito de puesta a tierra, se harán referencia a otras normas del REBT, que son precisas para esas partes de la instalación. Todas estas normas son derivadas de la ITC-BT-40 y serán utilizadas en la medida que la ITC-BT-40 lo ordene.

- Real Decreto 244/2019, del 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo individual y colectivo de energía eléctrica.

Este decreto-ley establece ciertas modificaciones a las anteriores regulaciones y son aquellas a la que la instalación fotovoltaica de este proyecto deberá atender:

- Se realiza una nueva definición de autoconsumo, entendiéndose como tal el consumo por parte de uno o varios consumidores de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación próximas a las de consumo y asociadas a las mismas.
- Se reducen a dos las modalidades de autoconsumo: autoconsumo sin excedentes y autoconsumo con excedentes.
- Según el Artículo 3 del Capítulo 2 “Clasificación y definiciones”, la instalación prevista para este proyecto es una instalación conectada a la red, ya que es una instalación de generación conectada en el interior de una red de un consumidor y que tiene en algún momento conexión eléctrica con la red de transporte o distribución.
- Según el Artículo 4 de este mismo Capítulo, la modalidad de autoconsumo de la instalación fotovoltaica es de “autoconsumo con excedentes acogida a compensación”, para los que se deben cumplir los siguientes requisitos:
  - i. La fuente de energía debe ser de origen renovable.
  - ii. La potencia total de las instalaciones no puede ser superior a los 100 KW
  - iii. El consumidor y el productor deberán suscribir un contrato de compensación de excedentes de autoconsumo.
  - iv. La instalación de producción no tendrá otorgado un régimen retributivo adicional.
- Real Decreto-Ley 15/2018, por el que se deroga el denominado Impuesto al Sol.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

## 5. ESTUDIO TÉCNICO

- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regulan las condiciones de conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas.
- Ley 3/1998, de 27 de febrero, general de protección del medio ambiente del País Vasco.

### 5.2.2 Autorizaciones sectoriales y trámites organizativos

La tramitación de la instalación de autoconsumo se realizará de manera telemática, ya que es esta la manera en la que se trabaja en la Comunidad Autónoma Vasca. La normativa general en el País Vasco que regula estos procedimientos es la siguiente.

- Decreto 229/2012, por el que se simplifican los procedimientos para la puesta en servicio de instalaciones industriales.
- Decreto 282/2002 de 3 de diciembre, por el que se regulan los procedimientos de autorización administrativa para la construcción, modificación, explotación, transmisión y cierre de las instalaciones de producción, transporte y distribución de energía eléctrica.

La inscripción en el registro de autoconsumo se realizará por la propia Administración cuando se tramite la puesta en servicio de la instalación. Por otro lado, se seguirá la documentación y formatos necesarios, que se encuentran en la página web del Departamento de Desarrollo Económico e Infraestructuras del Gobierno Vasco.

## 5.3 ORIENTACIÓN E INCLINACION DE LAS PLACAS FOTOVOLTAICAS

En el diseño de una instalación fotovoltaica es esencial la correcta elección del lado del tejado en el que se instalarán los paneles. Las placas fotovoltaicas son más productivas cuando los rayos de sol son perpendiculares a su superficie, por lo que la orientación óptima es hacia el sur geográfico, siempre y cuando no se tengan problemas o restricciones de sombreado. Teniendo en cuenta que el colegio no dispone de dichos problemas y que no hay razones estéticas para un cambio de orientación, se ha optado por orientar la instalación hacia el sur.

Una vez elegida la orientación de la instalación, se procede al cálculo de la inclinación óptima de los módulos solares para maximizar la captación de energía solar. A la hora de encontrar la inclinación más adecuada, hay que tener en cuenta dos factores: la latitud del lugar geográfico donde se procederá a la instalación, y la época del año en la que se necesitará una mayor energía.

El número de horas de sol es distinto a lo largo de las épocas del año, por lo que la inclinación óptima también será diferente en cada época. Para ello, se han tenido en cuenta las curvas de carga del consumo del colegio, donde se concluye que invierno es la estación del año en la que el consumo de energía eléctrica. Se ha decidido que la inclinación de la instalación será aquella que maximice la captación de energía solar en invierno.

El procedimiento para el cálculo del ángulo de inclinación en invierno ha sido el siguiente. Se requiere la latitud del emplazamiento ( $43,23^\circ$ ) y el ángulo de inclinación estimado de la Tierra ( $23^\circ$ ). La inclinación de los rayos de sol será la siguiente:

$$90^\circ - (\text{Latitud} + \text{Ángulo de inclinación de la Tierra}) = 90^\circ - (43,16^\circ + 23^\circ) = 23,84^\circ.$$

Para obtener el máximo rendimiento durante el solsticio de invierno, los módulos fotovoltaicos deberán ser perpendiculares a los rayos de sol en el mediodía. La inclinación de la instalación se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Ángulo óptimo para el solsticio de invierno} = 90^\circ - 23,77^\circ = 66,16^\circ$$

Por último, se ha valorado también la alternativa de instalar los paneles solares con seguimiento, para lograr también la inclinación óptima durante el solsticio de verano, aunque se ha rechazado debido al incremento de costes que supone. De igual manera, el cálculo realizado para obtener el ángulo en época de verano es el siguiente: primero se obtiene el ángulo del pico de Sol para posteriormente obtener el ángulo perpendicular a él.

$$90^\circ - (\text{Latitud} - \text{Ángulo de inclinación de la Tierra}) = 90^\circ - (43,16 - 23^\circ) = 69,84^\circ$$

$$\text{Ángulo óptimo para el solsticio de verano} = 90^\circ - 69,84^\circ = 20,16^\circ$$

#### 5.4 DEMANDA ENERGÉTICA

Antes de realizar el estudio sobre el consumo actual de energía eléctrica del colegio para calcular sus necesidades anuales, se procederá a una breve explicación para detallar el método en el que se ha realizado este análisis. El colegio La Salle Bilbao cuenta con tres contratos diferentes, cada uno de los cuales cubre una parte del colegio. Los tres contratos son los siguientes:

- Contrato de 75 KW: cubre el edificio de Educación Primaria e Infantil
- Contrato de 50 KW: cubre los edificios de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y el polideportivo.
- Contrato de 13,86 KW: cubre el consumo de calderas.

## 5. ESTUDIO TÉCNICO

Cada uno de los contratos tiene su propio contador, mediante los cuales se obtienen los consumos de energía eléctrica. Mediante las curvas de carga proporcionadas por la empresa comercializadora, Iberdrola, se ha podido realizar un análisis exhaustivo acerca de las necesidades del colegio en función de la época del año. A continuación, se procede a explicar el estudio del consumo anual de cada tipo de contrato.

- Contrato de 75 KW referido al edificio de Educación Primaria e Infantil

En primer lugar, se presentan los consumos de energía obtenidos mediante el contador del contrato de 75 KW. Se ha accedido a las facturas de energía del año 2019 (2020 no es un año representativo por la pandemia) con el fin de obtener los consumos mensuales. El consumo anual total del edificio de Educación Primaria e Infantil es de 121.419 KWh.

Periodo (meses)	5 Dic- 7 Ene	7 Ene- 7 Feb	7 Feb- 7 Mar	7 Mar- 3 Abr	3 Abr- 6 May	6 May- 4 Jun	
Consumo (KWh)	9.523,00	16.078,00	10.692,00	10.949,00	9.058,00	12.196,00	
Periodo (meses)	4 Jun- 1 Jul	1 Jul- 7 Ago	7 Ago- 3 Sep	3 Sep- 1 Oct	1 Oct- 7 Nov	7 Nov- 4 Dic	AÑO 2019
Consumo (KWh)	8.284,00	4.201,00	2.801,00	9.247,00	15.236,00	13.154,00	<b>121.419,00</b>

Tabla 1. Consumos de energía 2019. Contrato 75 KW

- Contrato de 50 KW referido al edificio de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y polideportivo.

De igual manera, se han obtenido las facturas de energía del año 2019 para obtener los consumos mensuales. Para calcular los datos de los meses restantes, se han realizado las siguientes estimaciones, tomando como mes base en todos los casos el consumo de junio. En julio, el consumo disminuirá un 20%; en agosto, un 50%, y en septiembre, aumentará 10%. Por otro lado, para los 20 días de octubre que no están reflejados, se ha supuesto que el consumo de electricidad sigue los valores de los 10 últimos días. El consumo anual total de este conjunto de 3 edificios será el siguiente: 114.254,17 KWh obtenidos desde el 20 de octubre de 2018 hasta el 30 junio de 2019, añadiéndole 34.831,57 KWh de los meses restantes. El consumo total será **149.085,74 KWh**.

Periodo	20-Oct-31Oct	1 Nov-30 Nov	1 Dic-31 Dic	1 Ene-31 Ene	1 Feb-28 Feb
Consumo (KWh)	5.588,32	16.328,41	12.971,44	14.550,58	14.612,88
Periodo	1 Mar-31 Mar	1 Abr-30 Abr	1 May- 31 May	1 Jun- 30-Jun	TOTAL
Consumo (KWh)	14.539,39	12.561,36	13.245,57	9.856,22	<b>114.254,17</b>

Tabla 2. Consumos de energía 2019. Contrato 50 KW

- Contrato de 13,86 KW referido al consumo de calderas.

Las calderas son las encargadas de proporcionar agua caliente a diferentes partes de todo el colegio: duchas de los vestuarios, cocina del comedor, comunidad de hermanos, entre otros. En este caso, se ha obtenido la curva de carga completa del periodo 2019. A continuación, se presenta el resultado obtenido.



Periodo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	
Consumo (KWh)	2.334,48	1.872,51	1.583,01	1.243,75	825,17	567,61	
Periodo	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	AÑO 2019
Consumo (KWh)	516,03	505,30	528,31	593,54	1.889,19	1.875,12	<b>14.334,03</b>

Tabla 3. Consumos de energía 2019. Contrato 13,86 KW

Por lo tanto, el consumo anual en del colegio La Salle Bilbao sería el siguiente:

CONTRATO	CONSUMO ANUAL (KWh)
Edificio de Educación Primaria e Infantil (75 KW)	121.419,00
Edificios de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y polideportivo (50 KW)	149.085,74
Calderas (13,86 KW)	14.334,03
<b>NECESIDADES ANUALES TOTALES</b>	<b>284.838,77</b>

Tabla 4. Consumo de energía total del colegio La Salle Bilbao

## 5.5 EQUIPAMIENTO

En el presente apartado se van a detallar todos los componentes seleccionados para la instalación: paneles solares (cantidad y conexión entre ellos), estructura, inversor, caja de conexión, cableado y elementos de protección. Se detalla a continuación una imagen (Figura 4) que engloba a todos ellos.



Panel solar



Estructura



Inversor



Caja de conexión de grupo



Cableado



Elementos de protección

Figura 4. Equipamiento de la instalación

## 5. ESTUDIO TÉCNICO

### 5.5.1 PANELES SOLARES

Los paneles solares a utilizar en la instalación serán de material silicio monocristalino, debido a su mayor eficiencia frente al silicio policristalino. Se ha optado por el fabricante Era Solar, mientras que el modelo será 310W Monocristalino ERA. Los paneles solares constarán de 60 células. Este modelo de placas solares trabaja eficazmente en condiciones atmosféricas adversas, como en casos de irradiación baja. Se trata, por tanto, de un modelo de placas solares coherente con las necesidades de consumo del colegio, que son mayores en épocas de otoño e invierno y por tanto, de peores condiciones atmosféricas.

A continuación, se presentan las tablas de características técnicas y físicas de cada panel solar en condiciones estándar de prueba: 1000 W/m<sup>2</sup> y 25°.

<b>PARÁMETROS TÉCNICOS</b>	<b>VALOR</b>
Potencia de salida	310 W
Tensión de máxima potencia	33,5 V
Intensidad de máxima potencia	9,25 A
Tensión en circuito abierto	39,2 V
Intensidad de cortocircuito	9,95 A
Eficiencia	19%

*Tabla 5. Parámetros técnicos del panel 310W Monocristalino ERA.*

<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>	<b>VALOR</b>
Dimensiones	1650 x 990 x 35 mm
Peso	17,75 Kg
Número de células	60
Garantía	25 años

*Tabla 6. Características físicas del panel 310W Monocristalino ERA.*

#### Cálculo de número de placas solares

Debido a la superficie irregular del colegio para la instalación fotovoltaica, el número de paneles solares será el máximo posible para el uso total de la superficie aprovechable. Para ello, se ha dividido la superficie en 7 diferentes áreas y en cada una de ellas el número de filas y paneles será diferente.

En la Figura 5 se muestra tanto el reparto de áreas sobre el plano de la superficie total y el número de paneles por cada una.

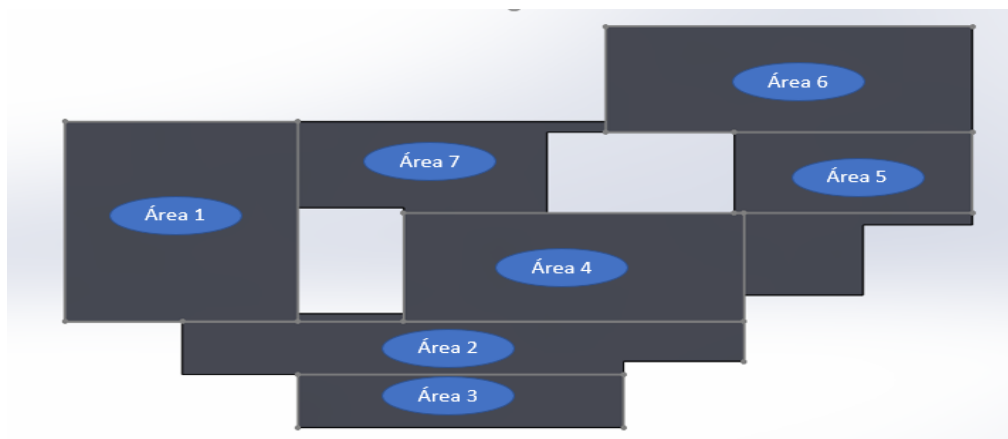


Figura 5. Reparto de áreas para la colocación de paneles solares.

Nº de área	Superficie (m <sup>2</sup> )	Filas	Módulos por fila	Módulos totales	Potencia (KWp)
1	215,93	3	14	42	13,02
2	138	1	18	18	5,58
3	80	1	18	18	5,58
4	140	1	18	18	5,58
5	88,45	1	14	14	4,34
6	162	2	20	40	12,4
7	90	2	14	28	8,68
<b>TOTAL</b>	<b>914,38</b>	-	-	<b>178</b>	<b>55,18</b>

Tabla 7. Cálculo del número total de placas solares.

En función de los cálculos expresados en la Tabla 7, **la cantidad de módulos solares para esta instalación será de 178** unidades.

### 5.5.2 ESTRUCTURA

La estructura soporte tiene la misión de fijar las placas solares al suelo donde se situará la instalación para que los paneles no puedan sufrir ningún daño debido a las diferentes situaciones adversas que puedan ocurrir.

Los módulos solares precisan estructuras que sean estables, rígidas, resistentes frente al desgaste, viento, nieve y condiciones atmosféricas adversas y que tengan una duración considerable. Las estructuras para estas instalaciones pueden ser fijas o con seguimiento, es decir, permiten adaptarse a las diferentes épocas el año y por tanto, a las distintas posiciones del sol. En este caso, se ha optado

## 5. ESTUDIO TÉCNICO

por una estructura fija que dota a la instalación de un ángulo fijo (66, 16°). Frente a las estructuras móviles, las fijas permiten una reducción de costes instalación y de mantenimiento, una mayor fiabilidad y un menor peso.

El fabricante que se ha escogido para la adquisición de la estructura soportante es Sunfer, y el modelo elegido es Estructura Suelo FV915 1 Fila. Dentro de este modelo, se pueden obtener estructuras para diferentes números de paneles, lo que es interesante para este proyecto ya que, dependiendo del área de la cubierta, el número de filas y de módulos no es el mismo. Este modelo de estructura está diseñado para poder soportar cargas de nieve de hasta 200 N/m<sup>2</sup> y vientos de hasta 105 km/h.

El material escogido para la estructura de la presente instalación es el aluminio EN AW 6005A T6, por diversas razones. En primer lugar, se trata de una aleación muy resistente a la mayoría de las formas de corrosión, ya que la capa natural de óxido que se forma en el material actúa de barrera efectiva que protege el material. En segundo lugar, posee unas muy buenas cualidades físicas que le otorgan una gran estabilidad ante cambios de temperatura, humedad y radiación. Por último, a pesar de que se trata de un material más caro que los sustitutivos, no es tóxico y es totalmente reciclable, por lo que la huella de carbono será menor, otro de los aspectos importantes del proyecto.

La tornillería empleada para el anclaje de la estructura a la cubierta será de acero inoxidable. A continuación, se presenta la ficha técnica del modelo de estructura elegido.

### 5.5.3 CONEXIÓN DE LOS PANELES

En el presente apartado se procede a explicar el método de conexión entre los paneles solares y entre las filas de paneles solares. Para ello, se deberán tener en cuenta varios parámetros y características que se han comentado en apartados previos de la instalación.

Por un lado, cabe recordar que la cubierta del tejado del colegio donde se llevará a cabo la instalación se ha dividido en siete pequeñas superficies, en cada una de las cuales tenemos diferentes cantidades tanto de módulos como de filas.

Teniendo todo esto en cuenta, se ha optado por realizar una conexión separada en tres bloques en función de las áreas subdivididas.

#### Bloque 1: conexiones referidas a las áreas 2,3 y 4

Las áreas 2, 3 y 4 incluyen una fila de 18 paneles solares en cada una, tal y como se ha mostrado previamente en el apartado de los paneles fotovoltaicos. El sistema de conexión de este bloque será el siguiente (conexión serie-paralelo)

- Conexión en serie de cada fila de 18 paneles

- Conexión en paralelo de las 3 filas de paneles.

Mediante este sistema de conexión, los parámetros obtenidos y que deberán ser contrastados con el correspondiente inversor (ver apartado 6.3.5 *Inversor*) son los siguientes:

- Tensión máxima de una fila= Tensión de entrada al inversor =  $N^{\circ}$  placas\* $V_p$  =  $18*33,5= 603 \text{ V}$
- $3*$  Corriente máxima de una fila = Corriente de entrada al inversor=  $3* 9,25 = 27,75 \text{ A}$

#### Bloque 2: conexiones referidas al área 6

El área 6 incluye dos filas de 20 paneles solares en cada una, tal y como se ha mostrado previamente en el apartado de los paneles fotovoltaicos. El sistema de conexión de este bloque será el siguiente (conexión serie-paralelo)

- Conexión en serie de cada fila de 20 paneles
- Conexión en paralelo de las 2 filas de paneles.

Mediante este sistema de conexión, los parámetros obtenidos y que deberán ser contrastados con el correspondiente inversor son los siguientes:

- Tensión máxima de una fila = Tensión de entrada al inversor=  $N^{\circ}$  placas\* $V_p$  =  $20*33,5= 670 \text{ V}$
- $2*$  Corriente máxima de una fila = Corriente de entrada al inversor=  $2* 9,25 = 18,5 \text{ A}$

#### Bloque 3: conexiones referidas a las áreas 1,5 y 7

Las áreas 1, 5 y 7 incluyen seis filas de 14 paneles solares en cada una, tal y como se ha mostrado previamente en el apartado de los paneles fotovoltaicos. (3 filas en el área 1, 2 filas en el área 7 y 1 fila en el área 5) El sistema de conexión de este bloque será el siguiente (conexión serie-paralelo):

- Conexión en serie de cada fila de 14 paneles
- Conexión en paralelo de las 6 filas de paneles.

Mediante este sistema de conexión, los parámetros obtenidos y que deberán ser contrastados con el correspondiente inversor son los siguientes:

- Tensión máxima de una fila= Tensión de entrada al inversor=  $N^{\circ}$  placas\* $V_p$  =  $14*33,5= 469 \text{ V}$
- $6*$  Corriente máxima de una fila = Corriente de entrada al inversor=  $6* 9,25 = 55,5 \text{ A}$

#### **5.5.4 INVERSOR**

Los inversores solares, en este caso de conexión a red, son dispositivos cuya función es transformar el voltaje de entrada de corriente continua que proviene de las placas solares en un voltaje de salida

## 5. ESTUDIO TÉCNICO

de corriente alterna, en función de la magnitud y frecuencia deseada por el usuario. Con este tipo de inversores conectados a red, no se permite la conexión a baterías.

Los inversores para esta instalación serán trifásicos, y el número de filas y módulos a conectar a cada inversor se realizará de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y al voltaje e intensidad máxima que pueden soportar los aparatos. La instalación contará con un total de 3 inversores, cada uno de los cuales estará conectado a un bloque de conexión determinado en el apartado anterior. Cada inversor deberá tener las características suficientes para poder soportar los voltajes y corrientes de entrada. Para ello, se muestra a continuación una tabla con los dichos valores de entrada.

Parámetros	Inversor 1 (Bloque 1)	Inversor 2 (Bloque 2)	Inversor 3 (Bloque 3)
Tensión de entrada (V)	603	670	469
Corriente de entrada (A)	27,75	18,5	55,5
Potencia de entrada (KWp)	16,74	12,40	26,04

*Tabla 8. Parámetros de decisión para la elección del inversor.*

Tras analizar diferentes tipos de inversores en el mercado, se ha escogido el Inversor Red Fronius Eco 27.0-3 27 KW para los Bloques 1 y 2, y el inversor Inversor Solar Solarmax 30C para el bloque 3, ya que todos cumplen con los parámetros requeridos.

### 5.5.5 CAJA DE CONEXIÓN

La función de las cajas de conexiones consistirá en conectar en paralelo todas las filas de paneles solares que se encuentren conectadas en serie. En el caso de esta instalación, se requieren 3 cajas de conexiones de grupo distintas, una para cada bloque de conexiones.

El bloque 1 de conexión cuenta con 3 ramales, por lo que a la caja de conexión de este grupo le llegarán 6 conductores (3 de polos positivos y 3 de negativos). El bloque 2 cuenta con 2 ramales, por lo que a su caja de conexiones le llegarán 4 conductores. Por último, el bloque 3 está formado por 6 ramales. La caja de conexión estará unida, por tanto, por 12 conductores.

Se ha optado por el fabricante Elecnor para la adquisición de las cajas de conexiones de grupo. Se utilizarán tres unidades del mismo modelo: CSP-12. Se trata de un elemento que cuenta con la posibilidad de conectar hasta 12 series de paneles en paralelo, por lo que es válido para los tres bloques de conexión de la instalación. Además, admite corrientes de hasta 10 A en cada ramal.

### 5.5.6 CABLEADO

El fabricante elegido para el cableado de esta instalación fotovoltaica es Top Cable. A la hora del dimensionamiento de los cables, se deberá tener en cuenta la reglamentación existente, en este caso el REBT de España. Más concretamente, la norma a utilizar para esta instalación es la ITC-BT-40.

El dimensionado del cableado no será objetivo de este trabajo, pero se deben destacar algunos aspectos para entender los diferentes tramos de cableado de la instalación:

- Tramo 1: desde los módulos solares hasta la caja de conexión del grupo (para cada bloque)
- Tramo 2: desde la caja de conexión de cada grupo hasta cada inversor
- Tramo 3: desde cada inversor hasta la Red de Baja Tensión.

Los tramos 1 y 2 serán de corriente continua, mientras que el tramo 3, la salida del inversor, será de corriente alternativa.

Una vez realizados los cálculos del cableado, los resultados son los siguientes:

	Paneles → caja de conexión de grupo	Caja de conexión de grupo → inversor	Inversor → Red de Baja Tensión
Bloque 1	1,5 mm <sup>2</sup>	6 mm <sup>2</sup>	-
Bloque 2	1,5 mm <sup>2</sup>	4 mm <sup>2</sup>	-
Bloque 3	1,5 mm <sup>2</sup>	16 mm <sup>2</sup>	-
Inversor Fronius	-	-	6 mm <sup>2</sup>
Inversor Solarmax 30C	-	-	6 mm <sup>2</sup>

*Tabla 9. Dimensionado del cableado.*

### 5.5.7 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Los elementos de protección de la instalación servirán para proporcionar seguridad tanto a los elementos que forman parte de la instalación como al personal encargado del mantenimiento y supervisión. Durante la realización del cálculo y elección de las protecciones, se deberán distinguir entre la parte de corriente continua, que corresponde con los tramos entre los generadores eléctricos y el inversor y la parte de corriente alterna, es decir, la salida del inversor. Las protecciones serán distintas dependiendo del tramo.

De igual manera que en el cableado, el dimensionado de los elementos de protección no serán objeto de este proyecto.

## 5. ESTUDIO TÉCNICO

No obstante, en la Figura 6 se muestra la disposición de las placas solares agrupadas en los tres bloques previamente explicados, así como el esquema eléctrico de la instalación en la Figura 7.

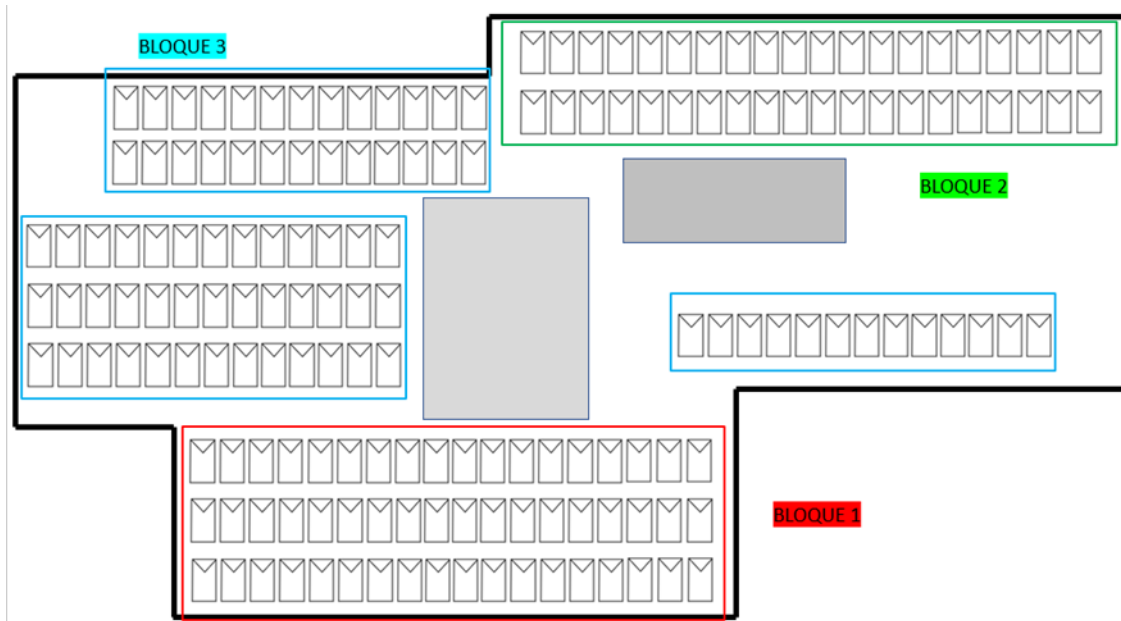


Figura 6. Disposición de las placas solares en la cubierta.

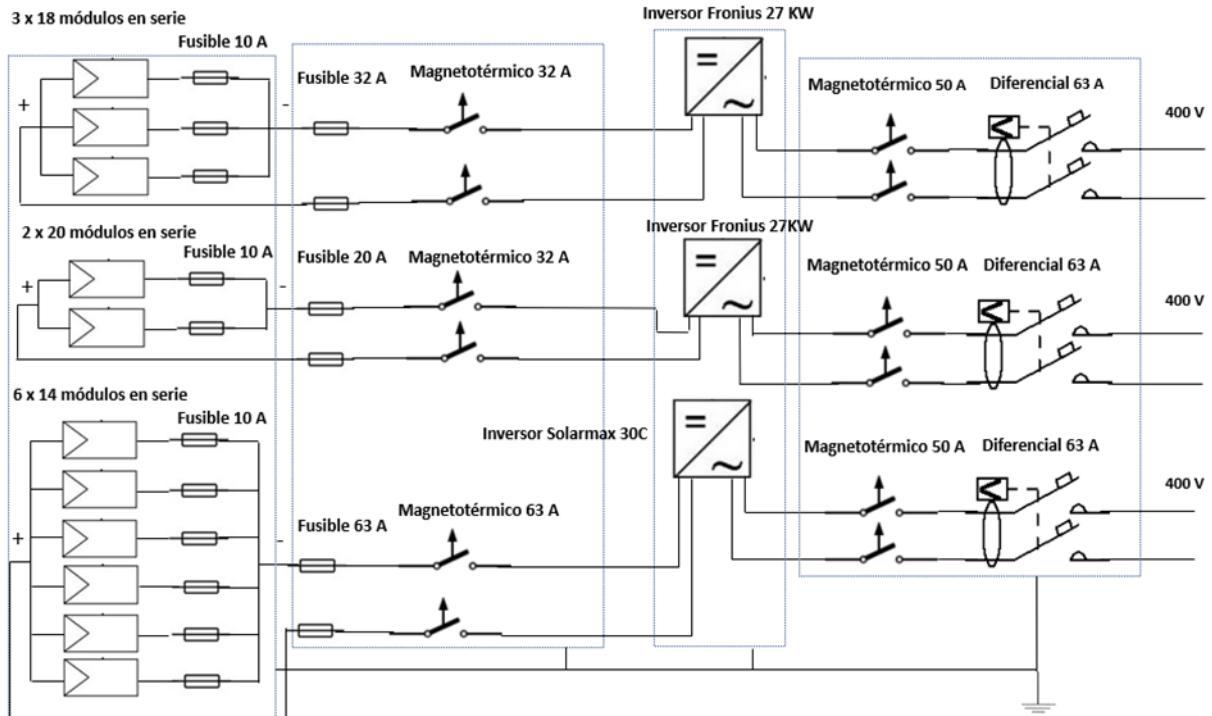


Figura 7. Esquema eléctrico de la instalación fotovoltaica.

### 5.6 BALANCE ENERGÉTICO

En el presente apartado se realizará el cálculo de la producción eléctrica anual de la instalación



fotovoltaica, para el cual se empleará el programa PVGIS. Esta herramienta permite obtener la energía total que obtendrá el colegio La Salle Bilbao en el plazo de un año, además de detallar la producción mensual. Para obtener esos datos, PVGIS requiere una serie de parámetros relacionados con la instalación: ubicación del emplazamiento, material de los paneles solares, potencia fotovoltaica de pico instalada, pérdidas del sistema, posición de montaje y grado de inclinación de las placas.

Datos proporcionados:	
Localización [Lat/Lon]:	43.270, -2.955
Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-CMSAF
Tecnología FV:	Silicio cristalino
FV instalada [kWp]:	55.18
Pérdidas sistema [%]:	10
Ángulo de inclinación [°]:	66
Ángulo de azimut [°]:	0

Figura 8. Datos para la simulación en PVGIS.

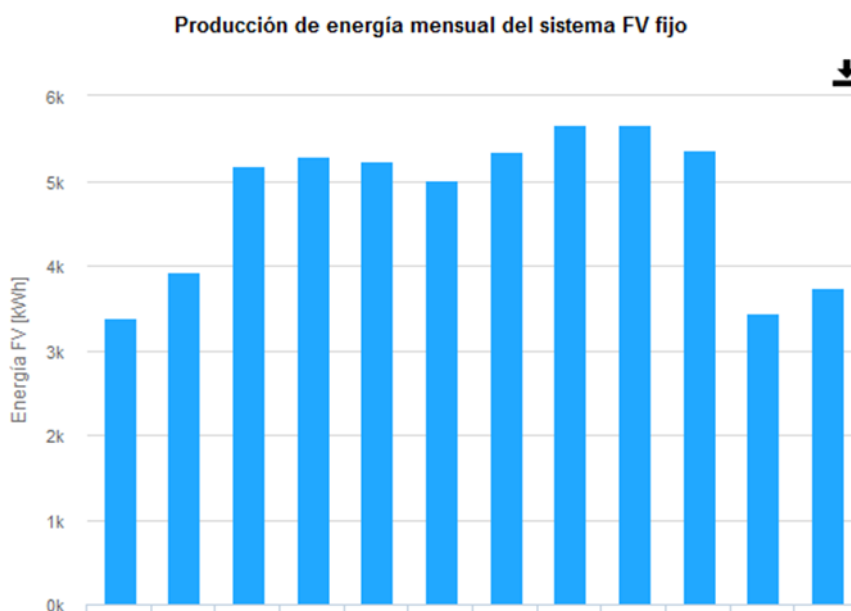


Figura 9. Producción de energía mensual de la instalación, según PVGIS.

Según la simulación de PVGIS mostrada en la Figura 9, la producción anual de energía eléctrica de la instalación solar será de 57.226,91 KWh. Atendiendo a las necesidades del colegio La Salle Bilbao, esta cifra supone un 20,09 % del consumo anual (284.838,77 KWh).

Para detallar más el resultado de la simulación, se muestra una tabla con las cifras de producción de energía mes a mes y la fracción que representa dicha energía eléctrica producida por la instalación frente al consumo mensual del colegio.

## 5. ESTUDIO TÉCNICO

Mes	Producción de energía mensual (KWh)	Consumo mensual (KWh)	Producción / Consumo (%)
Enero	3.382,92	32.963,06	10,26
Febrero	3.928,27	27.177,39	14,45
Marzo	5.183,02	27.071,40	19,15
Abril	5.295,52	22.863,11	23,16
Mayo	5.225,73	26.266,74	19,89
Junio	5.008,28	18.707,83	26,77
Julio	5.344,27	12.602,01	42,41
Agosto	5.667,90	8.234,41	68,83
Septiembre	5.657,10	20.617,15	27,43
Octubre	5.356,05	32.594,50	16,43
Noviembre	3.441,54	31.371,60	10,97
Diciembre	3.736,32	24.369,56	15,33
TOTAL AÑO	57.226,91	284.838,77	20,09

*Tabla 10. Comparación de la energía producida por la instalación con el consumo del colegio.*

A modo de conclusión de este apartado, el objetivo de este primer tramo del proyecto ha sido detallar brevemente el estudio de una instalación fotovoltaica en el centro escolar La Salle Bilbao. Los cálculos realizados no han sido objeto de trabajo, ya que lo que se quiere mostrar en este documento es la gestión de dicho proyecto previo a su puesta en marcha.

A partir de ahora, se trabajará bajo la metodología PMBOK atendiendo a las 9 áreas de conocimiento para la gestión de proyectos.

## 6. GESTIÓN DEL PROYECTO

La gestión de este proyecto se llevará a cabo bajo las áreas de conocimiento del PMBOK tal y como se muestra en la Figura 10.



Figura 10. Áreas de conocimiento del PMBOK

### 6.1. GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN DE UN PROYECTO

La gestión de la integración del proyecto se desarrollará bajo la coordinación del Project Manager, quien identificará y coordinará todas las actividades necesarias que se llevarán a cabo durante el mismo. En este apartado inicial se realizará el acta de constitución del proyecto, documento que autoriza formalmente el comienzo del proyecto, que deberá ser emitido por la gerencia de la organización y que contendrá todos los requisitos iniciales que satisfacen las necesidades y expectativas del cliente.

El acta de constitución, mostrada a continuación en la Tabla 11, deberá contener aspectos fundamentales como el nombre del proyecto, justificación, alcance, objetivos a gran nivel, breve descripción del producto a entregar, hitos y plazos, presupuesto, oportunidades y amenazas, grupos de interés implicados y la firma de aprobación.

<b>ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO (PROJECT CHARTER)</b>	
<b>Nombre del proyecto</b>	Realización de una instalación fotovoltaica en el colegio La Salle Bilbao
<b>Fecha de preparación</b>	6 de febrero de 2022
<b>Justificación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autoabastecimiento parcial de energía eléctrica mediante el uso de la energía solar.</li> <li>- Reducción de costes energéticos en un entorno macroeconómico de precios alcistas por la invasión rusa en Ucrania.</li> <li>- Mejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona.</li> <li>- Fomentar iniciativas de transformación energética una visión crítica sobre el cambio climático en los alumnos/as.</li> </ul>
<b>Objetivos principales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrega de la instalación fotovoltaica de 178 módulos solares al colegio La Salle Bilbao bajo las especificaciones técnicas acordadas.</li> <li>- Cumplir con el presupuesto del proyecto.</li> <li>- Entregar el proyecto finalizado bajo los plazos previstos y acordados con el cliente.</li> <li>- Lograr una satisfacción notable (75-80%) del cliente con respecto al trabajo realizado.</li> </ul>
<b>Descripción del producto</b>	<p>Instalación fotovoltaica compuesta por 178 módulos solares modelo 310 W Monocristalino ERA conectados en serie-paralelo (<i>explicado en apartado 5.5.3. Conexión de los paneles</i>)</p> <p>Otras partes de la instalación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructura soporte Suelo FV915 de 4,6 y 7 Filas</li> <li>- 2 inversores Fronius de 27 KW y 1 inversor Solarmax 30 C</li> <li>- 3 cajas de conexión de grupo CSP-12</li> <li>- Elementos de protección: fusibles (10 -20- 32 y 63 A), magnetotérmicos (32-50-60 A), diferencial de 63 A</li> <li>- Cableado de diferentes secciones: 1,5 – 4 – 6 – 16 – 25 mm<sup>2</sup></li> </ul>

<b>Hitos y plazos</b>	<p>Fecha inicio del proyecto: 12 de septiembre del 2022</p> <p>Fecha final del proyecto: 17 de marzo de 2023</p> <p>Duración total: 135 días</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Duración Fase 1 – Estudio inicial : 14 días (12/09 – 29/09)</li> <li>• Duración Fase 2 – Compra de equipos: 30 días (03/10 – 11/11)</li> <li>• Duración Fase 3 – Montaje e instalación: 85 días (14/11 – 10/03)</li> <li>• Duración Fase 4 – Plan de mantenimiento: 5 días (13/03 – 17/03)</li> </ul>
<b>Presupuesto</b>	93.951,50 €
<b>Oportunidades del proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fomento de energías renovables y reducción del consumo y costes energéticos.</li> <li>- Mejorar a la comunidad por reducción del uso de combustibles fósiles.</li> <li>- Acercamiento a los y las más jóvenes a iniciativas y conceptos como: cambio climático, transformación energética, energías renovables.</li> </ul>
<b>Amenazas del proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Errores en la previsión de presupuesto y plazos</li> <li>- Calidad insuficiente del equipamiento comprado</li> <li>- Retrasos de proveedores</li> <li>- Climatología adversa para el montaje de la instalación en la cubierta</li> </ul>
<b>Firma del Gerente del proyecto</b>	ELEDER LORIAUX IRARAGORRI

*Tabla 11. Acta de constitución del proyecto.*

## 6.2. GESTIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO

### 6.2.1. Definición del alcance

A continuación, se procede a detallar el alcance que tendrá el proyecto de la instalación fotovoltaica en el centro escolar La Salle Bilbao. Para ello, se diferenciarán los aspectos que sí se llevarán a cabo durante la ejecución del proyecto y aquellos que, por contrario, no entrarán en el alcance del mismo.

6. GESTIÓN DEL PROYECTO

<b><i>Includes ("IN" Scope)</i></b>	<b><i>Excludes ("OUT" Scope)</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudio sobre la superficie sobre la que se ejecutará la instalación fotovoltaica.</li> <li>- Investigación sobre la normativa de instalación fotovoltaicas en la provincia de Vizcaya.</li> <li>- Acceso a las facturas mensuales de energía eléctrica y curvas de carga facilitadas por la empresa distribuidora.</li> <li>- Análisis de la climatología en la ubicación.</li> <li>- Cálculo de la orientación, inclinación y dimensionamiento de la instalación.</li> <li>- Dimensionamiento de los elementos de la instalación: paneles, estructura, inversor, cableado y protecciones.</li> <li>- Compra del equipamiento.</li> <li>- Se realizará toda la obra y montaje de la instalación.</li> <li>- Análisis de resultados que otorgará la instalación fotovoltaica para evaluar la viabilidad.</li> <li>- Presupuesto del Proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se realizarán los trámites administrativos pertinentes para reducir el coste total del proyecto. El colegio será el encargado de realizar el mismo.</li> <li>- No se realizará un estudio medioambiental para calcular la reducción de huella de carbono debido a esta instalación de energía renovable.</li> <li>- No se realizará un estudio de proveedores profundo para la elección del equipamiento.</li> </ul>

*Tabla 12. Alcance del proyecto*

## 6.2.2. Creación del WBS (Work Breakdown Structure)

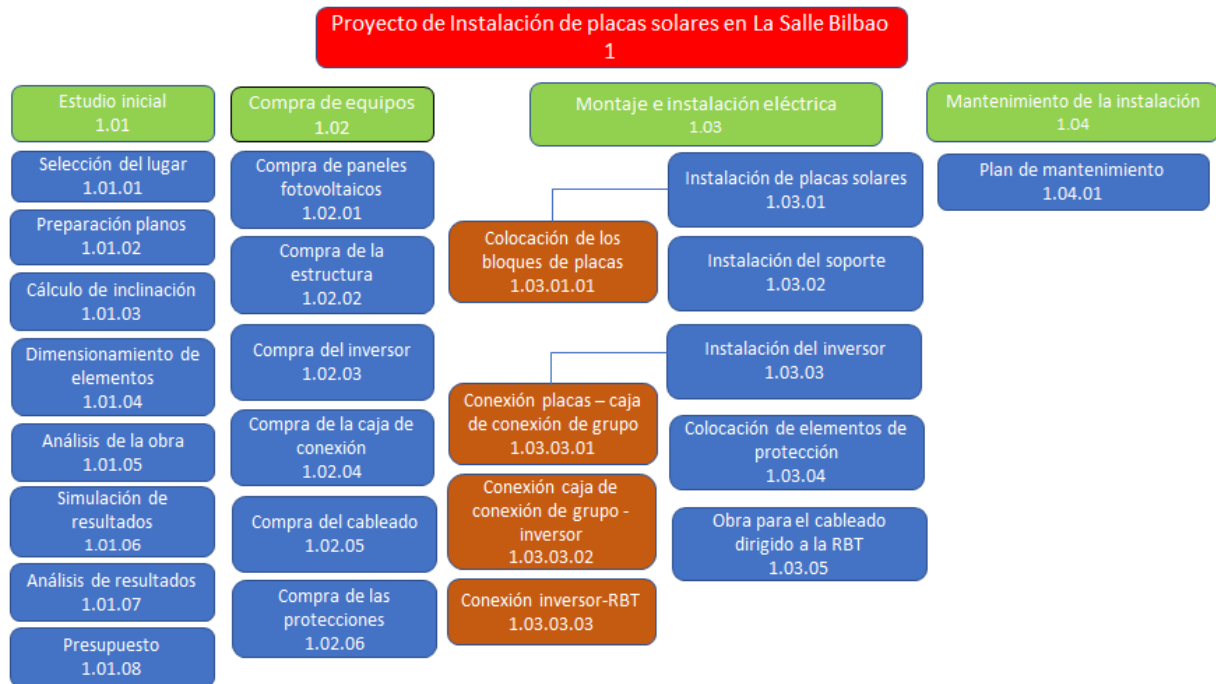


Figura 11. Work Breakdown Structure.

### WBS Dictionary

1.01: Estudio inicial: estudio teórico y técnico de todas las partes del proyecto

1.01.01: Selección del lugar: se seleccionará, tras un análisis previo, el lugar del colegio en el que se realizará la instalación fotovoltaica.

1.01.02: Preparación de planos: se prepararán los planos eléctricos de la instalación, así como los que detallen la disposición de las placas solares.

1.01.03: Cálculo de la inclinación: se calculará la orientación e inclinación óptima de los paneles solares para optimizar la captación de energía solar.

1.01.04: Dimensionamiento de elementos: se realizarán todos los cálculos necesarios para dimensionar el tipo de paneles solares, su cantidad, la estructura soporte, los inversores necesarios, cableado y protecciones adecuadas para cada caso.

1.01.05: Análisis de la obra: se detallará la obra necesaria para toda la instalación.

1.01.06: Simulación de resultados: se utilizará la herramienta PVGIS para simular los resultados del proyecto y analizar su posterior viabilidad.

1.01.07: Análisis de resultados: se analizarán los resultados obtenidos por con el software PVGIS para concluir la viabilidad del proyecto para el colegio La Salle Bilbao

## 6. GESTIÓN DEL PROYECTO

1.01.08: Presupuesto: se realizará un presupuesto del proyecto para la posterior aprobación por parte del colegio.

1.02: Compra de equipos: se realizarán las adquisiciones de todos los elementos requeridos en la instalación fotovoltaica.

1.02.01: Compra de paneles fotovoltaicas: dimensionados según cálculos realizados.

1.02.02: Compra de la estructura soporte: dimensionada según cálculos realizados.

1.02.03: Compra de los inversores: dimensionados según cálculos realizados.

1.02.04: Compra de las cajas de conexión de grupo: dimensionadas según cálculos realizados.

1.02.05: Compra del cableado: dimensionado según cálculos realizados.

1.02.06: Compra de elementos de protección: dimensionados según cálculos realizados.

1.03: Montaje e instalación eléctrica

1.03.01: Instalación de placas solares en la cubierta elegida

1.03.01.01: Colocación de los bloques de placas: según el estudio realizado de la superficie aprovechable del colegio.

1.03.02: Instalación del soporte: para la correcta sujeción de las placas solares bajo condiciones climatológicas desfavorables.

1.03.03: Instalación del inversor adecuado para cada bloque de placas solares

1.03.03.01: Conexión placas – caja de conexión de grupo: se conectarán todas las filas de placas solares con la caja de conexión de cada grupo

1.03.03.02: Conexión caja de conexión de grupo – inversor: se conectará cada caja de conexión con el inversor escogido para cada bloque

1.03.03.03: Conexión inversor – RBT: se conectará cada inversor con la Red de Baja Tensión que alimenta al colegio.

1.03.04: Colocación de elementos de protección: se conectarán todos los elementos de conexión según los planos eléctricos establecidos para garantizar la seguridad de la instalación y los operarios

1.03.05: Obra para el cableado dirigido al RBT: se realizarán las excavaciones y obras necesarias para unir la instalación fotovoltaica con la Red de Baja Tensión del colegio.

1.04: Mantenimiento de la instalación



1.04.01: Plan de mantenimiento: se propondrá al colegio un plan de mantenimiento para la limpieza y corrección de cualquier incidente referido a la instalación

### 6.2.3. Definición de entregables

A continuación, en la Tabla 13 se detallan los entregables que se irán realizando a lo largo del proyecto con el objetivo de verificar y cumplir con el alcance del mismo.

ENTREGABLE	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
Estudio teórico - técnico	Se detallarán todos los aspectos teóricos y técnicos del proyecto: cálculos de orientación e inclinación, dimensionamiento de elementos, simulación...	Jefe de proyecto
Presupuesto	Presupuesto detallado del coste total y desglosado del proyecto	Jefe de proyecto
Compra de equipos	Compra de todo el equipamiento para la instalación	Ingeniero
Instalación eléctrica	Instalación de las placas solares, conexiones al inversor, conexión a la RBT	Ingeniero eléctrico
Obra	Excavaciones para conexión a RBT, soldadura de la estructura a los paneles	Jefe de obra y operario
Plan mantenimiento	Plan de acciones preventivas y correctivas para el correcto mantenimiento de la instalación	Jefe de proyecto

*Tabla 13. Entregables del proyecto.*

### 6.3. GESTIÓN DEL CALENDARIO DEL PROYECTO

En este apartado se detalla el calendario del proyecto que se ha previsto para la consecución del alcance. A lo largo de este apartado, se mostrarán en diferentes ilustraciones las fechas previstas para cada fase del proyecto, las secuencias de actividades por cada fase, así como un cronograma a modo de Diagrama de Gantt.

El objetivo durante la ejecución será ir analizando las posibles desviaciones en tiempo y costes que puedan darse por imprevistos, cambios o modificaciones requeridas. No obstante, no se detallarán los costes del proyecto hasta el siguiente apartado.

Previo a la muestra del cronograma del proyecto, los recursos humanos que se emplearán serán los siguientes:

## 6. GESTIÓN DEL PROYECTO

- 1 Jefe de Proyecto o Project Manager
- Ingenieros: 1 Senior, 1 Junior y 1 Ingeniero Eléctrico
- Personal de obra: 1 Jefe de Obra, 1 Operario y 1 Técnico Eléctrico

### Duración de fases clave del proyecto.

El plazo de cada fase de proyecto representado según el WBS será el siguiente:

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
<b>PROYECTO INSTALACIÓN PLACAS FOTOVOLTAICAS</b>	<b>135 días</b>	<b>lun 9/12/22</b>	<b>vie 3/17/23</b>
▷ Fase 1. Estudio inicial	14 días	lun 9/12/22	jue 9/29/22
▷ Fase 2. Compra de equipamiento	30 días	lun 10/3/22	vie 11/11/22
▷ Fase 3. Montaje e instalación eléctrica	85 días	lun 11/14/22	vie 3/10/23
▷ Fase 4. Plan de mantenimiento	5 días	lun 3/13/23	vie 3/17/23
<b>Fin de proyecto</b>	<b>0 días</b>	<b>vie 3/17/23</b>	<b>vie 3/17/23</b>

Figura 12. Plazos de fases del proyecto.

El proyecto comenzará, por tanto, el 12 de septiembre de 2022 y la expectativa de finalización será el 17 de marzo de 2023.

### Secuencia de actividades del proyecto por cada fase

- Fase 1: Estudio inicial

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos
<b>PROYECTO INSTALACIÓN PLACAS FOTOVOLTAICAS</b>	<b>135 días</b>	<b>lun 9/12/22</b>	<b>vie 3/17/23</b>		
▷ Fase 1. Estudio inicial	14 días	lun 9/12/22	jue 9/29/22		
Reunión inicial	0 días	lun 9/12/22	lun 9/12/22		Jefe de Proyecto[25%]
Selección de lugar	1 día	lun 9/12/22	lun 9/12/22	3	Jefe de Proyecto[25%]
Cálculo de inclinación y orientación óptima	1 día	mar 9/13/22	mar 9/13/22	4	Ingeniero Junior[50%],Ingeniero Senior[13%]
Realización de planos	2 días	mié 9/14/22	jue 9/15/22	5	Ingeniero Senior,Ingeniero Electrico[50%]
Dimensionamiento de elementos	6 días	vie 9/16/22	vie 9/23/22	6	Ingeniero Senior,Ingeniero Junior[50%],Ingeniero Electrico[25%]
Análisis de la obra	6 días	vie 9/16/22	vie 9/23/22	6	Jefe de Proyecto[25%],Jefe de Obra
Simulación de captación de energía	1 día	vie 9/16/22	vie 9/16/22	6	Ingeniero Junior[50%]
Elaboración del presupuesto	1 día	lun 9/26/22	lun 9/26/22	7,8	Jefe de Proyecto[50%]
Reunión de presentación del proyecto	0 días	lun 9/26/22	lun 9/26/22	10	Jefe de Proyecto[0%]
Modificaciones en el proyecto tras presentación	3 días	mar 9/27/22	jue 9/29/22	11	Ingeniero Senior[25%]
Reunión para aprobación de proyecto	0 días	vie 9/30/22	vie 9/30/22	12	Jefe de Proyecto[0%]

Figura 13. Secuencia de actividades de la Fase 1.

### Fase 2: Compra de equipos

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
<b>Fase 2. Compra de equipamiento</b>	<b>30 días</b>	<b>lun 10/3/22</b>	<b>vie 11/11/22</b>	
Compra de paneles fotovoltaicos	30 días	lun 10/3/22	vie 11/11/22	13
Compra de la estructura soporte	30 días	lun 10/3/22	vie 11/11/22	13
Compra del inversor	10 días	lun 10/3/22	vie 10/14/22	13
Compra de elementos de protección	5 días	lun 10/3/22	vie 10/7/22	13
Compra de cableado	2 días	lun 10/3/22	mar 10/4/22	13

Figura 14. Secuencia de actividades de la Fase 2.



## 6. GESTIÓN DEL PROYECTO

Recursos humanos	Coste /hora
Project Manager	80 €/h
Ingeniero Senior	70 €/h
Ingeniero Junior	35 €/h
Ingeniero Eléctrico	45 €/h
Jefe de Obra	55 €/h
Técnico Eléctrico	40 €/h
Operario de obra	30 €/h

Tabla 14. Costes/hora de los recursos humanos

- Presupuesto Fase 1: Estudio Inicial – 10.932,80 €**

Nombre de tarea	Duración	Nombres de los recursos	Costo
<b>4 Fase 1. Estudio inicial</b>	<b>14 días</b>		<b>\$10,932.80</b>
Reunión inicial	0 días	Jefe de Proyecto[25%]	\$0.00
Selección de lugar	1 día	Jefe de Proyecto[25%]	\$160.00
Cálculo de inclinación y orientación óptima	1 día	Ingeniero Junior[50%],Ingeniero Senior[13%]	\$212.80
Realización de planos	2 días	Ingeniero Senior,Ingeniero Electrico[50%]	\$1,480.00
Dimensionamiento de elementos	6 días	Ingeniero Senior,Ingeniero Junior[50%],Ingeniero Electrico[25%]	\$4,740.00
Análisis de la obra	6 días	Jefe de Proyecto[25%],Jefe de Obra	\$3,600.00
Simulación de captación de energía	1 día	Ingeniero Junior[50%]	\$140.00
Elaboración del presupuesto	1 día	Jefe de Proyecto[50%]	\$320.00
Reunión de presentación del proyecto	0 días	Jefe de Proyecto[0%]	\$0.00
Modificaciones en el proyecto tras presentación	2 días	Ingeniero Senior[25%]	\$280.00
Reunión para aprobación de proyecto	0 días	Jefe de Proyecto[0%]	\$0.00

Figura 18. Presupuesto Fase 1

• **Presupuesto Fase 2: Compra de equipos – 55.928,71 €**

Elemento	Precio ud (€)	Cantidad (ud)	Total (€)
Panel fotovoltaico: 310W Monocristalino ERA	133,78	178	23.812,84
Estructura soporte: Estructura Suelo 6 Panel FV915	390,66	9	3.515,94
Estructura soporte: Estructura Suelo 7 Panel FV915	454,89	12	5.458,68
Estructura soporte: Estructura Suelo 4 Panel FV915	276,28	10	2.762,80
Inversor: Red Fronius Eco 27.0-3 27 KW	3.358,29	2	6.716,58
Inversor: Solarmax 25C	4.475,87	1	4.475,87
Fusible de 10 A	3,82	22	84,04
Fusible de 20 A	4,66	2	9,32
Fusible de 32 A	4,66	2	9,32
Fusible de 63 A	16,75	2	33,50
Interruptor-seccionador OTP32BA8MS	17,91	4	71,64
Interruptor-seccionador OS63B22N1	24,85	2	49,70
Descargador 5SD7483-0	119,89	3	359,67
Interruptor magnetotérmico IC60N 50 A	144,00	6	864,00
Interruptor diferencial VIGI IC60 63 A	441,32	6	2.647,92
Cable de cobre tipo PV ZZ-F de sección 1,5 mm2	0,31	400	124,00
Cable de cobre tipo PV ZZ-F de sección 4 mm2	0,85	25	21,25
Cable de cobre tipo PV ZZ-F de sección 6 mm2	1,21	25	30,23
Cable de cobre tipo PV ZZ-F de sección 16 mm2	3,06	50	153,00
Cable de cobre tipo PV ZZ-F de sección 25 mm2	3,70	50	185,00
Cable de cobre tipo 1KV tripolar de sección 6 mm2	3,05	25	76,25
Repartidor Legrand de 100 A	1.267,11	3	3.801,33
<b>TOTAL</b>	-	-	<b>55.298,70</b>

Tabla 15. Presupuesto Fase 2.

## 6. GESTIÓN DEL PROYECTO

- **Presupuesto Fase 3: Montaje e instalación eléctrica – 25.490 €**

Nombre de tarea	Duración	Nombres de los recursos	Costo
▲ Fase 3. Montaje e instalación eléctrica	85 días		\$25,490.00
Adecuación del terreno	15 días	Jefe de Obra[25%], Operario[75%]	\$4,350.00
Excavaciones para instalación del soporte	5 días	Operario	\$1,200.00
Instalación del soporte	30 días	Jefe de Obra[25%], Operario	\$10,500.00
Instalación de placas solares	30 días	Operario	\$7,200.00
Conexiones eléctrica al inversor	1 día	Técnico eléctrico[50%]	\$160.00
Conexión al RBT	2 días	Técnico eléctrico[50%]	\$320.00
Pruebas de seguridad iniciales	2 días	Jefe de Obra, Técnico eléctrico, Operario[50%]	\$1,760.00

Figura 19. Presupuesto Fase 3.

- **Presupuesto Fase 4: Plan de mantenimiento -- 1.600 €**

Nombre de tarea	Duración	Nombres de los recursos	Costo
▲ Fase 4. Plan de mantenimiento	5 días		\$1,600.00
Diseño del plan de mantenimiento	5 días	Jefe de Proyecto[50%]	\$1,600.00
Fin de proyecto	0 días		\$0.00

Figura 20. Presupuesto Fase 4.

- **Presupuesto total**

Fase del proyecto	Importe
Estudio inicial	10.932,80 €
Compra de equipos	55.928,70 €
Montaje e instalación eléctrica	25.490 €
Plan de mantenimiento	1.600 €
<b>TOTAL</b>	<b>93.951,50 €</b>

Tabla 16. Presupuesto total del proyecto.

### 6.5. GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL PROYECTO

El plan de calidad referido al presente proyecto presentará los objetivos de calidad prioritarios para la instalación y sus métodos de medición y control, así como una matriz de actividades de calidad de aquellos procesos vitales para el proyecto, en el que se concretarán sus estándares de calidad, responsables y las actividades de control.

La calidad resultará un factor clave para determinar si el proyecto se ha concluido de manera satisfactoria en sus diferentes vertientes: plazos, costes y especificaciones.

### 6.5.1. Objetivos de calidad

Los objetivos de calidad propuestos para este proyecto son los siguientes:

- Cumplir con los tiempos requeridos para el proyecto.
- Cumplir con el presupuesto del proyecto.
- Cumplir con las especificaciones técnicas detalladas en el equipamiento.
- Lograr una satisfacción notable (75-80%) del cliente con respecto al trabajo realizado.

En la Tabla 17 se detallan con mayor concreción los estándares de calidad y métodos de medición.

Objetivo	Resultado deseado	Método de medición	Frecuencia
Cumplir con los tiempos requeridos del proyecto	6 meses y 5 días	Diagrama de Gannt propuesto	Quincenal
Cumplir el presupuesto del proyecto	93.951,50€	Seguimiento de costes y flujo de caja	Quincenal
Cumplir con las especificaciones técnicas del proyecto	<p><b>Panel Solar:</b> 178 uds, 310 W y 1650 x 990 x 35 mm</p> <p><b>Estructura:</b> Suelo FV915 1 Fila de aluminio EN AW 6005A T6</p> <p><b>Inversor:</b> 2 Red Fronius Eco 27.0-3 27 KW + 1 Solar Solarmax 30C</p> <p><b>Caja de conexión:</b> modelo CSP-12</p> <p><b>Elementos de protección</b> según planos eléctricos.</p>	Comprobación de todo el equipamiento antes de iniciar el montaje de la instalación.	A la llegada del material
Lograr una satisfacción del cliente del 75-80%	Mínimo: 7,5-8 / 10	Encuesta de satisfacción	Tras finalización del proyecto

Tabla 17. Objetivos de calidad

## 6. GESTIÓN DEL PROYECTO

### 6.5.2. Matriz de actividades de calidad

La matriz de actividades de calidad mostrada en la Tabla 18 recogerá los entregables de cada actividad del proyecto, los estándares de calidad aplicados a cada uno de ellos y las acciones de control y prevención de calidad. De esta manera, se incluirán los apartados de aseguramiento y control de calidad aplicados a cada proceso de la instalación.

Fase del proyecto	Entregable del proceso	Estándar de calidad aplicable	Actividad de control/prevención	Responsables
Inicio	Acta de constitución	Definición clara de alcance, coste y plazos	Reunión inicial de proyecto.	Project Manager
Estudio inicial	Cálculo inclinación y orientación de la instalación	Metodología de cálculo del ángulo óptimo	Verificación del Ingeniero Senior.	Ingeniero Senior Ingeniero Junior
Estudio inicial	Planos eléctricos	Normativa de instalaciones eléctricas	Verificación del Ingeniero eléctrico.	Ingeniero Senior Ing. Eléctrico
Estudio inicial	Dimensionamiento de equipamiento	Especificaciones técnicas	Inspección de especificaciones. Verificación del Ingeniero Senior.	Ingeniero Senior Ingeniero Junior Ing. Eléctrico
Estudio inicial	Estudio de la obra a realizar bajo especificaciones técnicas	Cumplimiento de métricas de calidad	Inspección del terreno. Verificación del Jefe de Obra	Project Manager Jefe de Obra
Estudio inicial	Estudio simulado de captación de energía	Herramienta PVGIS	Comparación con estudios similares	Ingeniero Junior



Estudio inicial	Estudio inicial documentado	Todos los anteriores	Reuniones de seguimiento internas Reunion kick-off con cliente.	Project Manager
Compras de equipamiento	Suministro del equipamiento	Especificaciones técnicas	Verificación del equipamiento y funcionamiento a su llegada	Ingeniero Senior
Montaje e instalación	Adecuación y limpieza de la cubierta	Cumplimiento de métricas de calidad	Informes de avances. Reuniones de seguimiento	Jefe de Obra Operario
Montaje e instalación	Excavaciones para estructura, cableado, conexión a RBT	Cumplimiento de métricas de calidad	Informes de avances. Reuniones de seguimiento	Jefe de Obra Operario
Montaje e instalación	Instalaciones de estructura fija	Cumplimiento de métricas de calidad	Informes de avances. Reuniones de seguimiento	Jefe de Obra Operario
Montaje e instalación	Instalación de paneles y fijación a la estructura	Cumplimiento de métricas de calidad	Informes de avances. Reuniones de seguimiento	Jefe de Obra Operario
Montaje e instalación	Conexiones eléctricas al inversor y RBT	Cumplimiento de métricas de calidad	Informes de avances. Reuniones de seguimiento	Jefe de Obra Operario Tecnico Eléctrico

## 6. GESTIÓN DEL PROYECTO

Montaje e instalación	Informe de cierre de obra	Cumplimiento de métricas de calidad	Validación del Jefe de Obra	Project Manager Jefe de Obra
-----------------------	---------------------------	-------------------------------------	-----------------------------	---------------------------------

Tabla 18. Matriz de actividades de calidad.

Como conclusión, mediante esta matriz de actividades de calidad se tratará de asegurar la calidad del proyecto en su conjunto, teniendo un control cercano de cada fase de la instalación para poder actuar ante cualquier imprevisto y garantizar la calidad ante el colegio.

### 6.6. GESTIÓN DE RECURSOS DEL PROYECTO

En el presente apartado se detallarán los roles y las responsabilidades de todos los recursos humanos comentados previamente mediante la matriz RACI, además de exponer el organigrama funcional del propio proyecto.

#### 6.6.1. Organigrama del proyecto

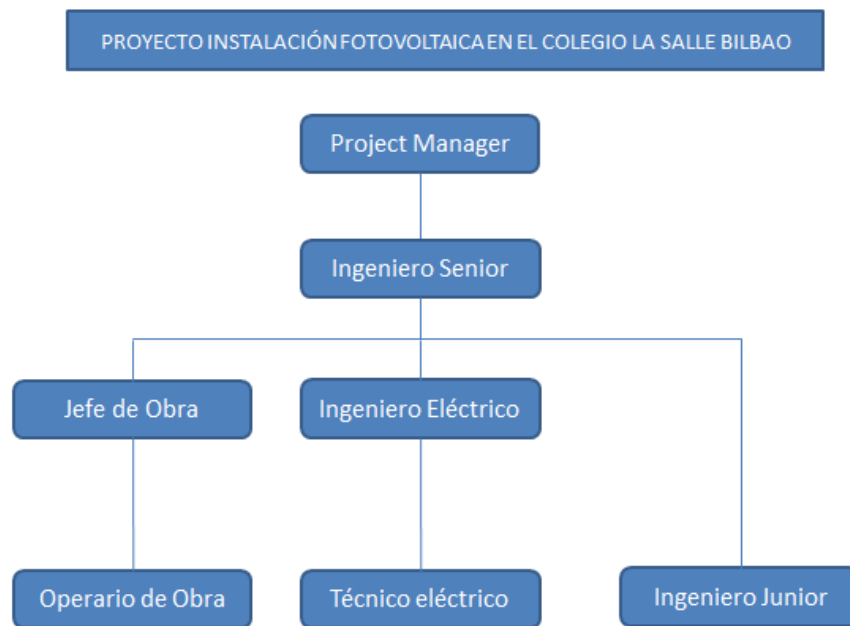


Figura 21. Organigrama del proyecto

#### 6.6.2. Definición de los roles

Los roles de cada miembro del equipo encargado del proyecto serán los siguientes:

- **Project Manager:** responsable directo de dirigir a todo el equipo del proyecto en cuestión, con el objetivo de ejecutar la instalación fotovoltaica adecuándose a las necesidades del cliente, el colegio La Salle Bilbao en este caso, bajo unos costes y plazos previstos. Tendrá que atenerse de igual manera a los demás requerimientos como la gestión de los recursos necesarios para el proyecto, la relación con todos los stakeholders, la comunicación a todo el equipo y por

supuesto, tener en muy estudiados todos los riesgos y desviaciones para actuar de acuerdo a un plan preestablecido.

- **Ingeniero Senior:** su labor principal se dará en la fase primera del proyecto, es decir, en la elaboración del estudio técnico del proyecto. Será por tanto el ingeniero designado por el Project Manager para el dimensionamiento de los elementos de la instalación y el posicionamiento de las placas solares de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto.
- **Ingeniero Junior:** será un ingeniero con algo menos de experiencia cuyo objetivo será dar soporte al ingeniero senior en aquellas tareas más complejas, y responsable directo de tareas de menos exigencia técnica como el cálculo de la inclinación de los paneles o la simulación de la captación de energía solar. Además de ello, será también el encargado de realizar un breve estudio de mercado para elegir los elementos de la instalación.
- **Ingeniero Eléctrico:** su rol principal será el de ejecutar los planos eléctricos y coordinar todos los aspectos referidos a las conexiones eléctricas de la instalación en todas las fases.
- **Jefe de obra:** será la persona encargada de liderar toda la obra necesaria para la puesta en marcha de la instalación, principalmente las acciones necesarias para anclar la estructura soporte a la cubierta del colegio y la obra necesaria para unir la instalación con la Red de Baja Tensión del colegio.
- **Técnico eléctrico:** su rol será la realización de todas las conexiones eléctricas de la instalación de acuerdo con los planos presentados previamente por el ingeniero eléctrico y aprobados por el Project Manager.
- **Operario de obra:** bajo la supervisión del jefe de obra, será el encargado de ir montando la instalación y colaborar con aquellas funciones que requieran un esfuerzo físico durante la puesta en marcha del proyecto.

### 6.6.3. Matriz de asignación de responsabilidades (RACI)

La matriz RACI se utiliza para asignar y definir el grado de responsabilidad que le corresponde a cada una de las personas que están involucradas en la realización de un proyecto:

- R = Responsable (Responsible): dirigida a quienes realizan el trabajo para completar una tarea.
- A = Autoridad (Accountable): responsable por la finalización adecuada de una tarea.
- C = Consultor (Consulted): expertos en el tema que brindan opiniones de valor.
- I = Informado (Informed): aquellos informados sobre las actualizaciones del proyecto.

## 6. GESTIÓN DEL PROYECTO

A continuación, en la Figura 21 se presenta la matriz RACI propuesta para este proyecto:

	Project Manager	Ingeniero Senior	Ingeniero Junior	Ingeniero Eléctrico	Jefe de Obra	Técnico Eléctrico	Operario de obra	Colegio
<b>Fase 1. Estudio inicial</b>								
Reunión inicial	R							R
Selección de lugar	R							I
Cálculo de inclinación y orientación óptima	A	C	R-C					I
Realización de planos	A	C		R				I
Dimensionamiento de elementos	A	R-C	R	R				I
Análisis de la obra	A-C				R			I
Simulación de captación de energía	A	C	R					I
Elaboración del presupuesto	R	C			C			I
Reunión de presentación del proyecto	R							R
Modificaciones en el proyecto tras presentación	A-C	R						I
Reunión para aprobación de proyecto	R							R
<b>Fase 2. Compra de equipamiento</b>								
Compra de paneles fotovoltaicos	I	A	R	C				
Compra de la estructura soporte	I	A	R	C				
Compra del inversor	I	A	R	C				
Compra de elementos de protección	I	A	R	C				
Compra de cableado	I	A	R	C				
<b>Fase 3. Montaje e instalación eléctrica</b>								
Adecuación del terreno	I				A-C		R	
Excavaciones para instalación del soporte	I				A-C		R	
Instalación del soporte	I				A-C		R	
Instalación de placas solares					A-C		R	
Conexión eléctrica al inversor	I			C	A	R		
Conexión al RBT	I			C	A	R		
Pruebas de seguridad iniciales	I			R	A-C	R		I
<b>Fase 4. Plan de mantenimiento</b>								
Diseño del plan de mantenimiento	R							I

Figura 22. Matriz RACI

### 6.7. GESTIÓN DE LA COMUNICACIÓN DEL PROYECTO

La gestión de la comunicación del proyecto incluye todos aquellos procesos o actividades necesarias para garantizar la adecuada recopilación, distribución, almacenamiento y disposición de toda la información referida al proyecto. La comunicación deberá ser eficaz entre todos los interesados e involucrados en el proyecto a pesar de las diferentes jerarquías, niveles de experiencia o incluso intereses en la ejecución del proyecto.

Para ello, habrá que tener en cuenta todos los diferentes tipos de comunicación que convivirán a lo largo de la ejecución del proyecto:

- Interna: propia del equipo ejecutor del proyecto
- Externa: equipo ejecutor con proveedores o con el cliente final.

- Formal: mediante las reuniones equipo ejecutor-cliente, agendas de reunión, memorandos, informes de viabilidad, presupuesto, simulación del proyecto...
- Informal: comunicación entre miembros del equipo ejecutor

De acuerdo con el PMBOK, se detallan a continuación los tres procesos relacionados con la comunicación en la gestión de proyectos, aplicado a este caso.

- Planificación de la comunicación

La principal fuente de comunicación con el cliente, colegio La Salle Bilbao, se realizará de manera formal y presencial mediante reuniones iniciales o de seguimiento. Adicionalmente, también se hará un seguimiento más diario del proyecto mediante llamadas telefónicas o correo electrónico para resolver cualquier duda o consulta urgente.

1) Reuniones externas: colegio – empresa ejecutora

Tipo de reunión	Objetivo	Lugar	Fase
Reunión inicial	Conocer las necesidades del cliente para realizar el estudio inicial	Colegio La Salle Bilbao	1
Reunión presentación	Presentar estudio inicial para recibir feedback y consensuar modificaciones	Colegio La Salle Bilbao	1
Reunión Kick-Off	Presentar el estudio modificado para comenzar con la instalación técnica	Colegio La Salle Bilbao	1
Reunión Follow-up	Controlar con el cliente el estado actual del proyecto.	Colegio La Salle Bilbao	3

Tabla 19. Reuniones externas.

2) Reuniones internas: equipo ejecutor del proyecto

Tipo de reunión	Objetivo
Reuniones de coordinación	de Coordinar las tareas de cada miembro del equipo, duración, prioridades, aspectos a tener en cuenta
Reuniones técnicas	Revisión de documentación
Reuniones de seguimiento	de Briefings diarios para coordinar las tareas diarias y resolver asuntos pendientes
Reuniones extraordinarias	Resolver conflictos inesperados

Tabla 20. Reuniones internas.

## 6. GESTIÓN DEL PROYECTO

- *Gestión de la comunicación*

Tipo de mensaje	Emisor	Receptor	Frecuencia	Canal
Actas de reunión	Project Manager	Colegio La Salle	Tras cada reunión	E-mail
Plan de proyecto	Project Manager	Equipo ejecutor	Inicio proyecto	Presencial
Cronograma del proyecto	Project Manager	Equipo ejecutor	Inicio proyecto	Presencial
Estudio teórico del proyecto	Project Manager	Colegio La Salle	Entrega única	Presencial
Informes seguimiento del plan de proyecto	Ingeniero Senior y Junior	Project Manager	Semanal	Drive
Presupuesto	Project Manager	Colegio La Salle	Entrega única	E-mail
Planos eléctricos	Ingeniero Eléctrico	Project Manager, Técnico Eléctrico	Entrega única	Presencial
Informe incidencias y progresos en la obra	Jefe de obra	Project Manager, Colegio La Salle	Semanal	E-mail
Cálculos de balance energético e inclinación	Ingeniero Junior	Ingeniero Senior	Entrega única	Drive

*Tabla 21. Gestión de la comunicación.*

- *Control de la comunicación*

La comunicación a lo largo de todo el proyecto, tanto interna como externa, deberá ser controlada para que todos los agentes puedan estar alineados con el estado actual, objetivos y siguientes pasos del proyecto. Para ello, se determinarán previamente algunas acciones a realizar:

- Briefings diarios: el equipo ejecutor se reunirá brevemente durante el inicio de cada jornada para consensuar las acciones a llevar a cabo durante el día, así como los problemas encontrados previamente.
- Informes de seguimiento: semanalmente, se realizarán informes de seguimiento que, tras ser aprobados por el Project Manager, se compartirán con el cliente.
- Reportes de incidencias: en el caso de que ocurran incidencias, se deberá compartir un informe con todo el equipo del proyecto para analizar el fallo y mejorar prácticas para futuras ocasiones. De igual manera, se compartirá de manera transparente ese informe con el cliente

### 6.8. RIESGOS DEL PROYECTO

La gestión de riesgos de este proyecto está basada en la identificación, análisis, planificación de respuesta y control de los riesgos a lo largo de todo el proceso, cuyo objetivo se centra disminuir la probabilidad de los riesgos negativos. Debido a ello, el plan de gestión de riesgos determinado para el

proyecto incluirá los siguientes aspectos: identificación de los riesgos, análisis cualitativo y cuantitativo de los mismos, planificación de la respuesta ante los riesgos y acciones de control.

Identificación de los riesgos

Riesgos técnicos	Selección incorrecta del espacio en el que ejecutar la instalación
	Dimensionamiento incorrecto de alguno de los elementos
	Retrasos en la ejecución de la obra o instalación de los paneles
	Elección de compra de elementos incorrecta o no apta para el proyecto
	Errores en el diseño de la instalación (tanto disposición como planos eléctricos)
Riesgos externos	Retraso en en el transporte de los aprovisionamientos
	Elementos comprados dañados
	Retraso en la obra por la climatología
	Falta de contacto o feedback con el cliente
Riesgos internos	Errores de interpretación de las tareas a realizar
	Priorización con otros proyectos paralelos
	Falta de capacidad de las personas asignadas al proyecto
Riesgos de gestión	Mala identificación del alcance del proyecto y necesidades del cliente
	Desviaciones en los plazos estimados por actividad
	Desviaciones de costes estimados por actividad
	Acciones correctivas insuficientes para reconducir incidentes
	Comunicación ineficaz y falta de claridad de roles

*Tabla 22. Identificación de los riesgos*

Análisis cualitativo de los riesgos

Una vez identificados todos los riesgos, se realizará un análisis de los mismos bajo la matriz probabilidad vs impacto. Los criterios de probabilidad serán 4: muy probable, probable, poco probable, improbable. Por contrario, los criterios de impacto serán 3: elevado, moderado, bajo.

A continuación, se muestra dicha matriz en la que se reflejará la importancia de cada riesgo:

## 6. GESTIÓN DEL PROYECTO

Probabilidad vs Impacto	Bajo	Moderado	Elevado
Muy probable		Desviación plazos	Climatología
Probable	Retraso transporte compras	Retrasos en la obra Desviación costes	
Poco probable		Elección de elementos Falta de priorización Acciones correctivas insuficientes	Dimensionamiento Diseño de instalación Comunicación ineficaz
Improbable	Elementos compras dañados	Falta de contacto con cliente	Selección del lugar Falta de capacidades Mala identificación de necesidades

*Tabla 23. Análisis cualitativo de los riesgos.*

A la vista de este análisis cualitativo, los riesgos más importantes y sobre los que se tendrá que centrar el plan de acciones preventivas y correctivas serán la climatología y las desviaciones de plazos. A pesar de ser tipos de riesgos totalmente diferentes (la climatología no depende del equipo ejecutor del proyecto), todos ellos deberán ser mitigados o al menos analizados para que su impacto sea lo menos negativo posible.

Adicionalmente, todos aquellos riesgos cuyo impacto sea elevado y moderado también deberán ser tratados como relevantes, sobre todo aquellos cuya probabilidad es media o alta.

### Análisis cuantitativo de los riesgos

Con el objetivo de apoyar el análisis cualitativo de los riesgos previo, se ha realizado de igual manera una simulación Monte Carlo para analizar las potenciales desviaciones en costes que puede haber en las fases del proyecto debido a los impactos de los riesgos comentados anteriormente.

Evidentemente, cada fase del proyecto tiene un riesgo diferente, por lo que se ha aplicado una probabilidad distinta a cada una de ellas, donde las partes de estudio inicial y montaje de instalación suponen la mayor incertidumbre con respecto a costes (y a plazos). Por contrario, las tareas de compra de equipos y plan de mantenimiento resultan más certeras:

Costes	Valor mínimo	Valor más probable	Valor máximo
<b>Estudio inicial</b>	90%	100%	120%
<b>Compra de equipos</b>	97%	100%	105%
<b>Montaje e instalación</b>	90%	100%	125%
<b>Plan de mantenimiento</b>	98%	100%	102%

*Tabla 24. Probabilidad de riesgo de cada fase del proyecto*



Los resultados, de manera cuantitativa, son los siguientes:

Costes	Valor mínimo	Valor más probable	Valor máximo	Distribución
Estudio inicial	9.840 €	10.933 €	13.119 €	11.297 €
Compra de equipos	54.251 €	55.929 €	58.725 €	56.302 €
Montaje e instalación	22.941 €	25.490 €	31.863 €	26.765 €
Plan de mantenimiento	1.568 €	1.600 €	1.632 €	1.600 €
<b>Presupuesto</b>	<b>84.684 €</b>	<b>93.952 €</b>	<b>105.339 €</b>	<b>94.658 €</b>

Tabla 25. Presupuesto del proyecto según cada escenario de riesgos.

A continuación, se muestra el resultado de la simulación Monte Carlo para cada fase del proyecto:

- **Fase 1: Estudio inicial**

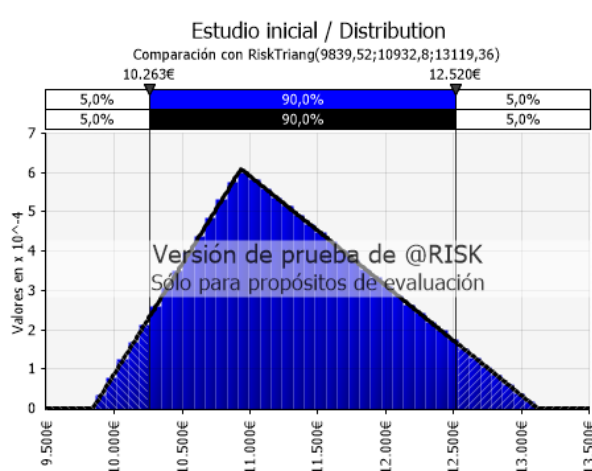


Figura 23. Simulación de Monte Carlo. Fase 1.

- Valor mínimo: 9.857,90 €
- Valor máximo: 13.103,06 €
- Moda – Valor esperado: 10.935, 54 €

- **Fase 2: Compra de equipos**

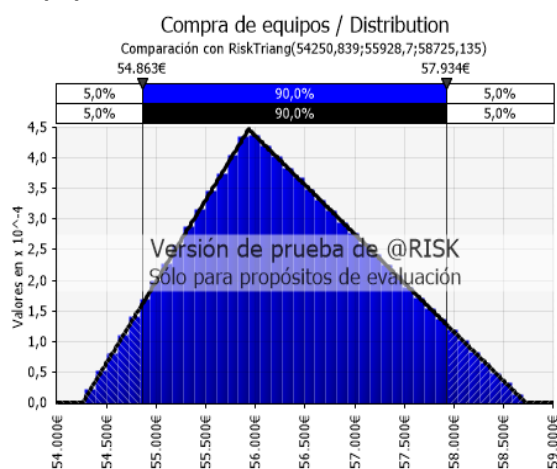


Figura 24. Simulación de Monte Carlo. Fase 2.

## 6. GESTIÓN DEL PROYECTO

- Valor mínimo: 54.277,23 €
- Valor máximo: 56.301,56 €
- Moda – Valor esperado: 55.928,69 €

### • Fase 3: Montaje e instalación

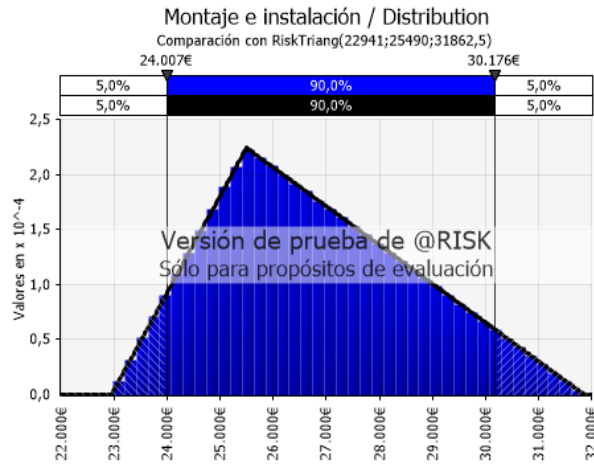


Figura 25. Simulación de Monte Carlo. Fase 3.

- Valor mínimo: 22.968,34 €
- Valor máximo: 31.854,33 €
- Moda – Valor esperado: 25.486,81 €

### • Fase 4: Plan de mantenimiento

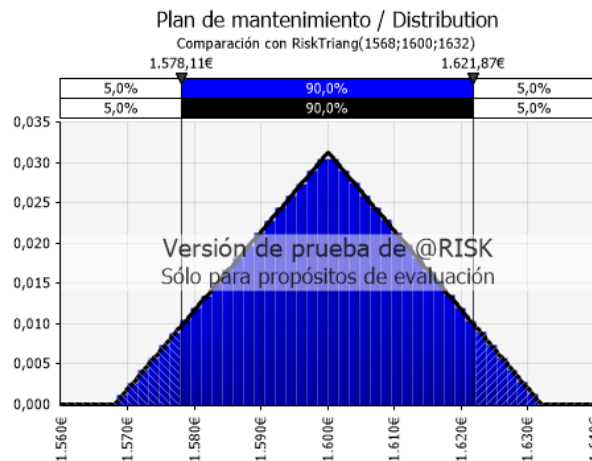


Figura 26. Simulación de Monte Carlo. Fase 4.

- Valor mínimo: 1.568,39 €
- Valor máximo: 1.631,57 €
- Moda – Valor esperado: 1.600,16 €

## Presupuesto total

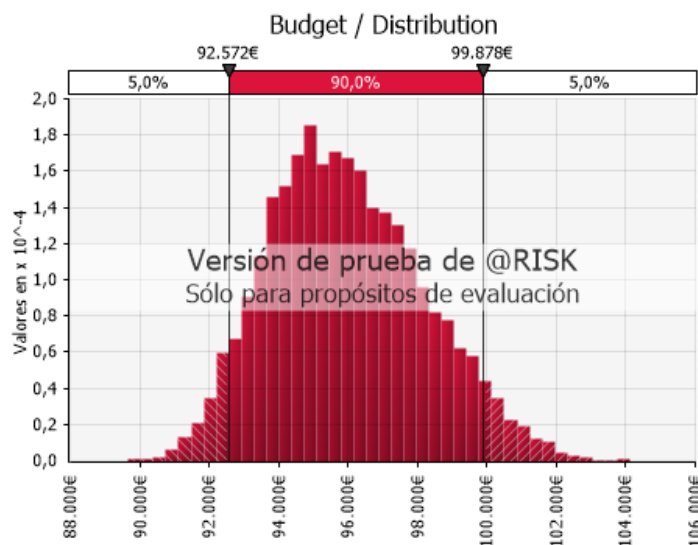


Figura 27. Simulación de Monte Carlo. Presupuesto total.

A modo de conclusión general, se puede afirmar con una probabilidad del 90% que el coste total del proyecto, una vez analizados todos los potenciales impactos y riesgos, se encontrará en un rango entre 89.675,59€ y 104.109,13€, siendo el valor del coste total esperado 94.767,62 €.

Para completar esta conclusión, se ha realizado un análisis de sensibilidad mediante un gráfico de tornado, reflejado en la Figura 27 donde se puede apreciar cómo cambia el presupuesto global del proyecto cuando se producen desviaciones positivas o negativas en cualquiera de las cuatro fases del proyecto. A pesar de que la fase de compra de equipos es aquella que supone más coste para el proyecto, al no presentar mucho riesgo, es la fase de montaje e instalación la que causará un mayor impacto en el presupuesto cuando haya desviaciones.

### Planificación de respuesta ante los riesgos

Las respuestas ante los riesgos del proyecto serán de vital importancia para poder, en su caso, minimizar el impacto de estos y que las desviaciones, en plazos y costes principalmente, sean las menores posibles. De acuerdo con la matriz de riesgos cualitativa presentada anteriormente, los riesgos se deberán aceptar, reducir, transferir o evitar totalmente, en función de su impacto y probabilidad:

Los riesgos que se aceptarán serán aquellos cuya probabilidad sea muy reducida y el impacto sea bajo o moderado, o aquellos cuya probabilidad sea baja y el impacto también:

- Elementos comprados a los proveedores para la instalación se encuentren dañados
- Falta de contacto habitual con el cliente para el seguimiento del proyecto.

## 6. GESTIÓN DEL PROYECTO

Por otro lado, la mayoría de los riesgos de este proyecto se intentarán reducir o transferir de diferentes maneras, como se detalla a continuación:

- Aquellos riesgos de naturaleza más interna, como lo son la comunicación ineficaz, falta de priorización de actividades, acciones correctivas insuficientes, retrasos en la obra o desviaciones de costes se tratarán de monitorizar mediante controles del equipo gestor del proyecto (Project Manager), que deberá encargarse diariamente de que las actividades sigan una secuencia lógica según las previsiones realizadas.
- Los riesgos de naturaleza técnica: elección y dimensionamiento de los elementos de la instalación, diseño de la instalación, selección de lugar o falta de capacidades técnicas del personal se tratarán de reducir mediante formaciones y asesoramiento del equipo más senior del proyecto (Project Manager, Ingeniero Senior e incluso Jefe de Obra). El objetivo será que todos los recursos humanos implicados obtengan los conocimientos suficientes para elaborar sus tareas asignadas.
- Por último, los riesgos de naturaleza externo, como es el retraso en el transporte de los aprovisionamientos del proyecto, se tratarán de transferir mediante el contrato de compraventa de dichos elementos, mediante algún tipo de compensación económica por el retraso en la entrega.

Por último, existen dos riesgos, de naturaleza totalmente diferente que se deberán evitar al suponer un impacto moderado con alta probabilidad o elevado para el proyecto:

- Desviación de plazos: los entregables del proyecto se deberán finalizar de acuerdo a los plazos previstos y consensuados con el cliente, por lo que para evitar retrasos, se deberán realizar acciones preventivas diarias, como reuniones diarias (breves) en las cuales se exponga el seguimiento del proyecto, los problemas encontrados y las medidas adoptadas. Será responsabilidad directa del Project Manager la gestión de dichos plazos.
- Climatología: en este caso, se trata de un riesgo que no depende del personal del proyecto sino de factores meteorológicos. No obstante, se tratarán de estudiar al detalle las condiciones óptimas para que la obra realizada en la cubierta del colegio, momento en el cual nace este riesgo, pueda ser ejecutada sin la necesidad de detenerse parcial o totalmente por condiciones desfavorables.

### Control de los riesgos

Como se ha ido detallando a lo largo de este apartado referido a los riesgos, se realizarán diferentes actividades de control para evitar las desviaciones en plazos y coste del proyecto:

- Reuniones diarias (briefings) de los sub-equipos del proyecto en cada fase: ingeniero senior-ingeniero junior, jefe de obra – operario – técnico eléctrico...
- Sprints semanales bajo la responsabilidad y el seguimiento del gerente del proyecto
- Lista compartida de los problemas encontrados a lo largo del proyecto y acciones correctivas a ejecutar y/o ejecutadas.

## 6.9. GESTIÓN DE ADQUISICIONES DEL PROYECTO

La gestión de las adquisiciones del proyecto es una de las partes esenciales para garantizar el control de las compras del equipamiento necesario, que permitirá evitar gastos innecesarios o problemas en el desarrollo del proyecto por falta de recursos.

A lo largo de este apartado se detallarán todos los equipamientos necesarios, reflejados en el punto 5.5 *Equipamiento*, así la elección de los proveedores en cada caso y el control sobre las adquisiciones.

### 6.9.1. Gestión de las adquisiciones del Proyecto

Las adquisiciones a llevar a cabo en este proyecto están únicamente formadas por el equipamiento necesario para el montaje de la instalación fotovoltaica. Todos ellos han sido detallados en apartados anteriores, pero en este caso, se procede a detallar la gestión a realizar para su compra. Para ello, en primer lugar, en la Tabla 26 se muestra un resumen del equipamiento necesario y sus especificaciones, para más adelante realizar la elección de proveedores.

Equipamiento	Especificaciones técnicas	Unidades requeridas
Paneles solares	310 W ; 1650 x 990 x 35 mm	178
Estructura soporte	6 Panel FV915; Aluminio EN AW 6005A T6	9
	7 Panel FV915, Aluminio EN AW 6005A T6	12
	4 Panel FV915, Aluminio EN AW 6005A T6	10
Inversor Bloque 1	Tensión entrada: 603 V Corriente entrada: 27,75 A Potencia entrada: 16,74 KWh	1
Inversor Bloque 1	Tensión entrada: 670 V Corriente entrada: 18,5 A	1

## 6. GESTIÓN DEL PROYECTO

	Potencia entrada: 12,40 KWh	
Inversor Bloque 1	Tensión entrada: 469 V Corriente entrada: 55,5 A Potencia entrada: 26,04 KWh	1
Caja de conexión de grupo	Ramales a conectar: 12 Intensidad entrada: 10 A	3
Elementos de protección	Fusible: 10 A	22
	Fusible: 20 A	2
	Fusible: 32 A	2
	Fusible: 63 A	2
	Interruptor magnetotérmico: 32 A	4
	Interruptor magnetotérmico: 50 A	2
	Interruptor magnetotérmico: 63 A	6
	Interruptor diferencial: 63 A	6
Cableado	Sección: 1,5 mm <sup>2</sup>	400 m
	Sección: 4 mm <sup>2</sup>	25 m
	Sección: 6 mm <sup>2</sup>	25 m
	Sección: 16 mm <sup>2</sup>	50 m
	Sección: 25 mm <sup>2</sup>	50 m
	Tripolar sección: 6 mm <sup>2</sup>	25 m

*Tabla 26. Gestión de adquisiciones del proyecto*

### 6.9.2. Elección de proveedores

Una vez listadas las adquisiciones acerca del equipamiento de la instalación y tras realizar una comparativa entre las diferentes alternativas en el mercado, en la Tabla 27 se detalla la elección de proveedores para los distintos equipos. No se incluyen los costes de compra al haber sido especificados en el apartado 6.4. *Elaboración del presupuesto.*

Equipamiento	Modelo seleccionado	Proveedor	Centro de distribución	Entrega
Panel solar	310W Monocristalino ERA	Era Solar	Carrer de Traginers, 20, 46290, Valencia	10 días
Estructura	Estructura Suelo FV915 de 4,6 y 7 Filas	Sunfer	Camino de la Dula, s/n de Albalat de la Ribera, 46687 Valencia	10 días
Inversor	<b>Inversor Bloque 1 y 2:</b> Red Fronius Eco 27.0-3 27 KW	Fronius	Calle Miguel Faraday 2, 28906 Getafe, Madrid.	5 días
	<b>Inversor Bloque 3:</b> Solar Solarmax 30C	Solarmax	Zur Schönhalde 10, 89352 Ellzee, Germany	7 días
Caja de conexión	CSP-12	Elecnor	Paseo de la Castellana, 81, 28046, Madrid	3 días
Elementos de protección	Fusibles: 10, 20, 32 Y 63 A	Schneider	Estartetxe Kalea, 5, 48940 Leioa, Bizkaia	3 días
	Interruptor magnetotérmico 32 A: OTP32BA8MS			
	Interruptor magnetotérmico 50 A: IC60N 3P de 50 A			
	Interruptor magnetotérmico 63 A: OS63B22N1			
	Interruptor diferencial 63 A: VIGI IC60 de calibre 63 A			
Cableado	Cable de cobre tipo PV ZZ-F de sección 1,5 – 4 – 6 – 16mm	Top Cable	Leonardo da Vinci 1, Rubi, 08191 Barcelona	2 días
	Cable de cobre tipo 1KV tripolar de sección 6 mm <sup>2</sup>			

Tabla 27. Elección de proveedores.

## 6. GESTIÓN DEL PROYECTO

El proyecto contará por tanto con 7 proveedores distintos, especialistas en cada parte del equipamiento. En el caso de los inversores, se requerirá un proveedor por cada tipo de inversor, al no encontrarse un inversor compatible con el necesario para la instalación en ambos catálogos.

Además de esto, en los Anexos 1 a 6 se puede encontrar los catálogos empleados para la elección tanto de los modelos de inversores como de los elementos de protección suministrados por el fabricante Schneider Electric.

### 6.9.3. Control de las adquisiciones

Las adquisiciones y la actuación de los proveedores implicados deberán tener acciones de control y prevención al no depender del comportamiento interno del equipo ejecutor del proyecto. Para ello, se realizarán evaluaciones periódicas para garantizar que los suministradores cumplen con los plazos y requisitos acordados. Los indicadores que se utilizarán a modo de control serán los siguientes:

- Comprobación telefónica con cada uno de los proveedores de que el pedido ha sido de manera correcta y que ha sido recibido por ellos.
- Análisis de los plazos de entrega acordados.
- Análisis del cumplimiento de las especificaciones técnicas de cada uno de los equipos adquiridos.
- Control de calidad riguroso en el momento de recibir los materiales.

Como actividades reactivas, se propondrá un descuento del 5% del precio total de compra por cada día hábil de retraso en la entrega de los materiales. En el caso que la incidencia resulte tanto por un error del proveedor en las especificaciones del producto o un producto defectuoso, se deberá notificar en los siguientes 3 días hábiles de la ocurrencia y el proveedor deberá realizar la devolución del equipo en los siguientes 3 días hábiles de la notificación.

### 6.10. GESTIÓN DE LOS STAKEHOLDERS DEL PROYECTO

A lo largo de este apartado se detallará la gestión de todos los stakeholders, es decir, todos aquellos grupos de interés que englobará este proyecto de instalación fotovoltaica. Esta gestión será totalmente necesaria para satisfacer a todos ellos. Para ello, se registrarán los stakeholders del proyecto y se identificará el interés y el poder sobre el proyecto, así como acciones necesarias para cada grupo.

#### 6.10.1. Identificación de stakeholders

En la Tabla 28 se procede al registro de aquellos stakeholders que resultan relevantes en el proyecto, en el que se detallará su nombre, posición en la organización, rol en el proyecto, contacto y



tipo de stakeholder (externo o interno).

Nombre	Posición	Rol	Contacto	Externo/Interno
Eleder Loriaux	Project Manager	Gestión del proyecto	eloriaux@gmail.com	Interno
Asier Menica	Equipo directivo	Ingeniero Senior	<a href="mailto:amenica@gmail.com">amenica@gmail.com</a>	Interno
Aitor Arostegi		Jefe de Obra	<a href="mailto:aarostegi@gmail.com">aarostegi@gmail.com</a>	Interno
Empleados Junior		Tareas de apoyo al equipo directivo y gerente	soporte@gmail.com	Interno
La Salle Bilbao	Cliente	Reuniones de seguimiento	direccion@lasalle.es	Externo
Proveedores		Suministro de materiales	-	Externo
Comunidad		-	-	Externo

Tabla 28. Registro de Stakeholders.

### 6.10.2. Matriz Interés – Poder

A continuación, se muestra la matriz de stakeholders de interés-poder con el objetivo de detallar aquellos grupos de interés que tienen una mayor influencia en el proyecto y por tanto, poder concretar acciones para cada uno de ellos con el objetivo de conseguir llevar a cabo la instalación fotovoltaica de una manera plenamente satisfactoria. En primer lugar, se detalla en la Tabla 29 el interés y la influencia, de manera cuantitativa de cada uno de ellos, para finalmente obtener dicha matriz de manera gráfica.

6. GESTIÓN DEL PROYECTO

ID	Título	Poder	Interés	Influencia
PM	Project Manager	8	8	Alta
ED	Equipo Directivo	6	5	Media
EM	Empleados	6	3	Media
LSB	La Salle Bilbao (Cliente)	3	9	Alta
PV	Proveedores	3	1	Baja
CM	Comunidad	3	6	Media

Tabla 29. Datos para matriz Interés-Poder.

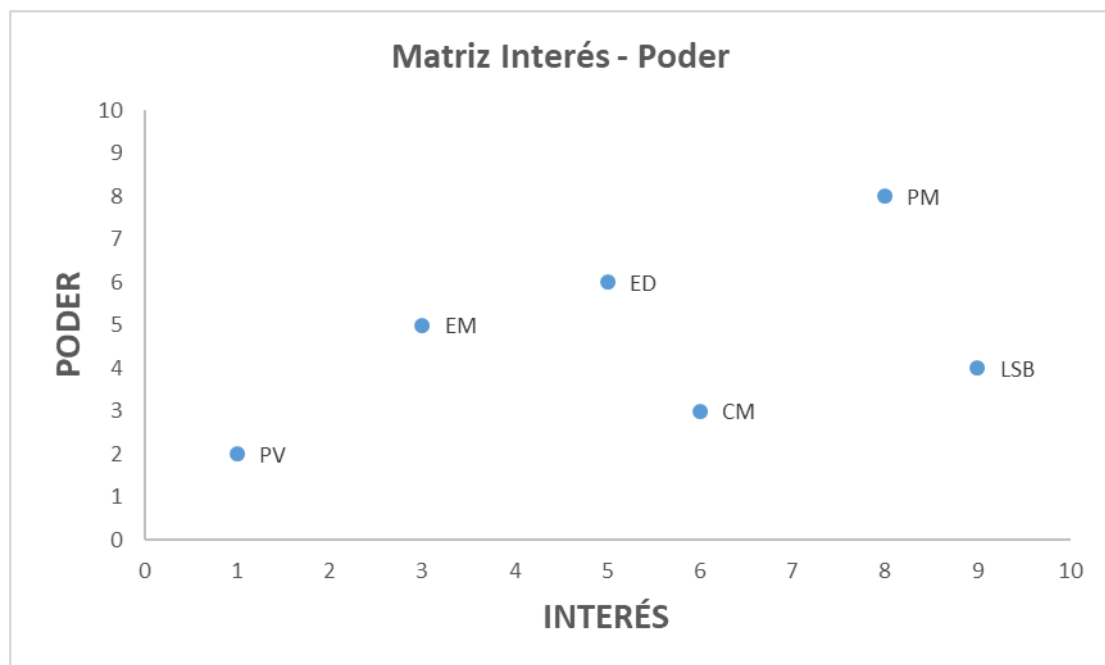


Figura 28. Matriz Interés-Poder

A la vista de los resultados obtenidos por la matriz de Interés-Poder, la estrategia que se deberá llevar a cabo con cada uno de los grupos de interés, y para la cual se detallarán las acciones correspondientes en apartados próximos, serán las siguientes:

ID	Título	Estrategia
PM	Project Manager	Gestionar de cerca
ED	Equipo Directivo	Mantener satisfecho
EM	Empleados	Mantener satisfecho
LSB	La Salle Bilbao (Cliente)	Mantener informado
PV	Proveedores	Monitorear
CM	Comunidad	Mantener informado

*Tabla 30. Estrategias para cada grupo de interés.*

### 6.10.3. Matriz de Evaluación de la Participación de Stakeholders

En este breve apartado, se detallará la matriz de evaluación de participación de stakeholders. Bajo esta matriz, el nivel de participación actual de todos los grupos interés se comparará con los niveles de participación planificados que se requieren para concluir el proyecto exitosamente. Para ello, los niveles de participación se clasificarán de la siguiente manera, según el PMBOK:

- Desconocedor: desconocedor del proyecto y de sus impactos potenciales.
- Reticente: conocedor del proyecto y de sus impactos potenciales, y reticente al cambio.
- Neutral: conocedor del proyecto, aunque ni lo apoya ni es reticente.
- Partidario: conocedor del proyecto y de sus impactos potenciales, y apoya el cambio.
- Líder: Conocedor del proyecto y de sus impactos potenciales, y activamente involucrado en asegurar el éxito del mismo.

A continuación, en la Tabla 31, se muestra la comparativa entre el nivel de participación actual de los grupos de interés identificados y los deseados.

## 6. GESTIÓN DEL PROYECTO

ID	Desconocedor	Reticente	Neutral	Partidario	Líder
PM					Actual / Deseado
ED			Actual	Deseado	
EM			Actual	Deseado	
LSB				Actual	Deseado
PV	Actual		Deseado		
CM	Actual			Deseado	

*Tabla 31. Matriz de Evaluación de la Participación de Stakeholders*

Por lo tanto, se debe concluir que, para que el proyecto resulte exitoso, tanto los stakeholders internos como la mayoría de los externos (cliente y comunidad/sociedad) deberán tener un nivel de participación elevado y partidario.

### 6.10.4. Gestión y monitorización de la participación de los stakeholders

La planificación y gestión de la participación de los stakeholders consiste en desarrollar y poner en práctica estrategias para lograr la involucración de dichos interesados a lo largo del ciclo de vida del proyecto. El objetivo, por tanto, es realizar un plan de acciones que consiga lograr una buena cooperación con el proyecto.

Tal y como se detalla en la Tabla 30 mostrada previamente, cada grupo de interés identificado tiene una influencia diferente en el proyecto y por consecuencia, las acciones a llevar a cabo serán diferentes en cada caso:

- *Project Manager: Gestionar de cerca*

Se trata del stakeholder más relevante del proyecto, ya que será el encargado de gestionar todas las partes del proyecto, tanto internas como externas, y por lo tanto su papel será vital para lograr la consecución satisfactoria de la instalación. La empresa encargada de llevar a cabo el proyecto deberá seguir de cerca los pasos y acciones del Project Manager, así como apoyarle en la gestión del personal.

- *Equipo directivo (del proyecto) y empleados de rango menor: Mantener satisfecho*

En este caso, se trata también de personal importante para la consecución del objetivo final, sin llegar a resultar tan claves como el Project Manager. En este caso, lo ideal resultará mantener satisfechas a todas las partes acerca del estado del proyecto en cada momento, con el objetivo de hacer a cada uno de ellos partícipes del éxito o de las mejoras a realizar. Para ello, resultarán

imprescindibles las reuniones programadas (ver apartado 6.7 Gestión de la Comunicación) tanto de coordinación como de seguimiento, principalmente. Además de ello, la relación entre Project Manager y equipo directivo (ingeniero senior y jefe de obra) deberá ser de confianza, para incentivar profesionalmente a este rango. Un equipo de personas motivadas y satisfechas con su desempeño será más sencillo de coordinar, con una probabilidad de éxito mayor.

- *La Salle Bilbao (Cliente): Mantener informado*

Nos encontramos con un stakeholder cuyo interés en el proyecto es muy elevado, y el poder es medio. Además de ello, será quien finalmente evalúe el éxito del proyecto y quien detallará si las necesidades expuestas inicialmente han sido satisfactoriamente cubiertas o no.

Debido a esto, el colegio deberá estar informado periódicamente acerca de los avances del proyecto, para lo cual se han previsto reuniones externas entre el propio centro docente y la empresa ejecutora.

- *Proveedores: Monitorear*

Los proveedores en este proyecto son el grupo de interés con menor influencia en el proyecto, ya que su misión será simplemente el suministro del equipamiento necesario para realizar la instalación. Debido a ello, no se deberá dedicar un tiempo excesivo a establecer una relación de confianza ya que el proyecto será un one-shot. No obstante, en la fase de compra de equipamiento se deberá realizar un seguimiento intenso con el objetivo de que no haya retrasos o fallos en la entrega, así como gestionar devoluciones si fuera necesario.

- *Comunidad: Mantener informado*

Dentro de este stakeholder se englobará tanto a la sociedad a nivel global como al entorno educativo del colegio. Como se ha comentado previamente, realizar un proyecto basado en energías renovables dentro de un centro docente significa una declaración de intención de formar una conciencia social en los y las más jóvenes acerca de la importancia de esta iniciativa. Es por esto que se considera una oportunidad muy interesante el informar a los alumnos y alumnas del centro acerca del proyecto, mostrando sus ventajas para la sociedad y el medio ambiente.

## 7. RESULTADOS ESPERADOS

### 7. RESULTADOS ESPERADOS

En el presente apartado se procede a detallar los resultados esperados que obtendrá el colegio La Salle Bilbao mediante la instalación fotovoltaica. Tal y como se ha detallado en el apartado "5.6. Balance energético", la producción de energía esperada por la instalación es de 57.226,91 KWh, que supone un 20,09 % del consumo anual (284.838,77 KWh) del colegio La Salle.

Una vez obtenidos los datos del balance energético, se procede a estimar los resultados financieros que otorgará este proyecto al colegio. Para ello, se deberán tener en cuenta diversos aspectos.

- **Presupuesto total de la instalación: 93.951, 50 €.**
- **Subvenciones y alternativas de financiación.** A pesar de que su detalle no es objeto de este proyecto, el Ente Vasco de Energía ofrece un programa de ayudas para fomentar este tipo de iniciativas medioambientales. En el caso concreto del colegio, la subvención en términos monetarios será, según las tablas del EVE, el 25% del 90% de la potencia nominal efectiva instalada:
  - o Potencia nominal efectiva instalada: 55.180 Wp
  - o Coste de referencia en €/Wp:  $0,9 * 55.180 = 49.662 \text{ €}$
  - o Subvención final: 25% del coste de referencia =  $0,25 * 49.662 = \mathbf{12.415,50 \text{ €}}$ .
- **Ahorro de costes:** para el cálculo de ahorro de costes energéticos, se trabajará bajo el contrato de tarifa 3.0, que factura en tres periodos: P1 (Punta), P2 (Llano) y P3 (Valle). Cada uno de estos periodos corresponde a una franja horaria durante el día, siendo el precio de la energía y la potencia diferente. Para la Península Ibérica, los horarios son los siguientes:
  - o P1 (Punta): de 10-14 h y de 18-22h en días laborables.
  - o P2 (Llano): de 08-10 h, 14-18h y 22-00 h en días laborables
  - o P3 (Valle): de 00-08h y las 24h de festivos y días laborables

A día de hoy, y teniendo en cuenta el contexto global en el que nos encontramos, el precio de la energía para el contrato de tarifa 3.0 en función de cada periodo es el siguiente:

- o P1: 0,199056 €/KWh
- o P2: 0,161410 €/KWh
- o P3: 0,149952 €/KWh

A continuación, se detalla la estimación de ahorro de costes previstos por la instalación. Para ello, se ha estimado que durante los meses de octubre a marzo se captará el 50% de la energía

en P1 y 50% en P2, mientras que en los meses de abril a septiembre será un 50% en P1, 45% en P2 y 5% en P3.

Mes	Energía generada (KWh)	Ahorro de costes (€)
Octubre	5.356,05	965,34
Noviembre	3.441,54	620,28
Diciembre	3.736,32	673,41
Enero	3.382,92	609,71
Febrero	3.928,27	708,01
Marzo	5.183,02	934,15
<b>TOTAL INVIERNO</b>	<b>25.037,12</b>	<b>4.519,90</b>

Tabla 32. Ahorro de costes en época de invierno.

Mes	Energía generada (KWh)	Ahorro de costes (€)
Abril	5.295,52	951,39
Mayo	5.225,73	938,85
Junio	5.008,28	899,79
Julio	5.344,27	960,15
Agosto	5.667,90	1.018,30
Septiembre	5.657,10	1.016,35
<b>TOTAL VERANO</b>	<b>32.198,80</b>	<b>5.784,83</b>

Tabla 33. Ahorro de costes en época de verano.

Por lo tanto, teniendo en cuenta la situación actual y el precio de la energía, el colegio obtendrá un ahorro de costes energéticos anuales por importe de **10.304,73. €**

- **Plazo de amortización de la instalación:**

Tiempo de amortización = (Inversión inicial – Subvención) / Ahorro de costes

**Tiempo de amortización = (93.951, 50 € - 12.415,50) / 10.304,73 = 7,9 años = 7 años y 11 meses**

## 7. RESULTADOS ESPERADOS

Para acabar, caben destacar dos aspectos importantes a tener en cuenta para entender estos resultados:

- 1- Las cifras de los ahorros en costes energéticos son estimaciones basadas en las horas pico de sol y climatología en la ubicación de la instalación.
- 2- Se debe tener en cuenta la situación actual, en la cual nos encontramos en un momento donde el precio de la energía ha ido aumentando en los últimos meses, con lo cual, el ahorro es mayor. De haberse dado este proyecto en 2020 o 2021, por ejemplo, el tiempo de amortización de la instalación sería mayor, ya que el presupuesto y la subvención serían del mismo valor, sin embargo, el ahorro en costes energéticos disminuiría.



## 8. CONCLUSIONES

Actualmente, resulta cada vez más necesario el planteamiento de un cambio en el sistema energético para eliminar la gran dependencia que existe sobre los combustibles fósiles y los principales problemas que acarrearán: contaminación y agotamiento de recursos no renovables. Para ello, existen alternativas tecnológicas que permiten la utilización, aprovechamiento y explotación de la energía solar, como son las instalaciones fotovoltaicas.

Estos sistemas suponen un cambio importante en el escenario energético y pueden ayudar tanto en el desarrollo tecnológico como en el de mercados. Además de ello, no se puede obviar la situación inflacionista actual y los recientes picos de precio de la energía, principalmente cosechados tras la invasión rusa en Ucrania. En base a ello, se debe afirmar que el entorno macroeconómico y social del hoy en día también favorece iniciativas fotovoltaicas, al aprovecharse de una energía renovable como la solar para autoabastecerse, parcial o completamente de energía y reducir dichos gastos.

Como conclusión general, se debe destacar la validez de la metodología empleada para este proyecto, PMBOK. Al tratarse de un modelo predictivo, su principal misión es ofrecer un servicio, en este caso una instalación fotovoltaica al colegio La Salle Bilbao, bajo unas especificaciones técnicas aprobadas y dentro de un coste y tiempo definidos inicialmente. Al no tratarse de un proyecto innovador, a pesar del auge actual por estas iniciativas medioambientales, las tareas y acciones a llevar a cabo son comunes entre estos procesos, por lo que no parece que una metodología ágil sea necesaria en este caso, al no encontrarse en un entorno plenamente dinámico y cambiante.

Una vez detallado este documento, se puede concluir que la instalación fotovoltaica constará de 178 paneles solares, con diferentes conexiones entre ellos. Para garantizar la calidad del proyecto, además de cumplir con las especificaciones técnicas acordadas en el estudio inicial, la instalación deberá ejecutarse en los plazos previstos, 135 días desde el acta de constitución, bajo un presupuesto estimado de 93.951, 50 €.

Para el logro de estos objetivos iniciales, existen factores tanto internos como externos que afectan directamente a la consecución del proyecto, a pesar de que los primeros son más relevantes y sobre los que se puede generar una actuación preventiva y correctiva más cercana. Se puede concluir, por tanto, que los factores que afectan a la consecución del objetivo final (especificaciones-tiempo-coste) son los siguientes: objetivos de calidad específicos y alcanzables, logro de una comunicación fluida, precisa y transversal entre todo el equipo ejecutor, riesgos y acciones correctivas y gestión de los proveedores y adquisiciones del proyecto.

El plan trazado a lo largo de este proyecto se encarga de que todos estos factores estén controlados para satisfacer las necesidades del colegio La Salle.

## 8. CONCLUSIONES

Por último, cabe mencionar, a pesar de ya haber sido comentado a lo largo del documento, el valor social y ético que este proyecto puede otorgar a los y las alumnas del centro docente en el que se llevará a cabo, tratando de impulsar iniciativas que ayuden al medio ambiente y a la sociedad en general.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- ABB. Obtenido de <https://new.abb.com/products/es/>
- Agencia Estatal Boletín del Estado (2021). Obtenido de [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-5089](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-5089)
- Aguilar-Sánchez (2021). Aplicación de la guía PMBOK 6ta edición para la gestión de proyectos de sistemas de energía fotovoltaica, conectado a la red pública de servicio eléctrico.
- Aterna-Grupo Elecnor. Obtenido de <http://www.atersa.com/es/productos-servicios/equipos-adicionales/la-caja-csp-12/>
- Autosolar: Panel Solar 310W Monocristalino ERA. Obtenido de <https://autosolar.es/paneles-de-conexion-a-red/panel-solar-310w-monocristalino-era>.
- Autosolar: Estructura Suelo 3 Panel FV915 1 Fila. Obtenido de <https://autosolar.es/estructuras-suelo/estructura-suelo-3-panel-fv915-1-fila>
- Autosolar: Inversor Red Fronius Eco 27.0-3 27 KW. Obtenido de <https://autosolar.es/inversores-de-red-trifasicos/inversor-red-fronius-eco-270-3-27kw>
- “Cómo orientar paneles solares (2019)”. Obtenido de <https://www.mpptsolar.com/es/orientacion-inclinacion-paneles-solares.htm>
- Cotter, A. (2016). Project Management Planning & PV System Engineering, Commissioning and Operations.
- Fernández, K. (2016). *PMBOK y PRINCE 2 similitudes y diferencias*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Relacion-entre-los-grupos-de-procesos-y-areas-de-conocimiento-Fuente\\_fig2\\_311974182](https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Relacion-entre-los-grupos-de-procesos-y-areas-de-conocimiento-Fuente_fig2_311974182)
- García, O. (2018). *PMBOK sexta edición: 5 Grupos de Procesos y 10 Áreas de Conocimiento*. Obtenido de <https://www.proyectum.com/sistema/blog/pmbok-sexta-edicion-5-grupos-de-procesos-y-10-areas-de-conocimiento/>
- Garrido, S. (2021). *Las metodologías ágiles más utilizadas y sus ventajas dentro de la empresa*. Obtenido de <https://www.iebschool.com/blog/que-son-metodologias-agiles-agile-scrum/>
- Gil, J. & Martínez, J. & González, R. (Agosto, 2021). Planificación y gestión de proyectos de plantas fotovoltaicas aplicando inteligencia artificial. *Conference: 25th International Congress on Project Management and Engineering – ICPME*
- “ Herramienta PVGIS”. Obtenido de [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/tools.html#PVP](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html#PVP)
- Iberdrola. Obtenido de <https://www.iberdrola.es/luz/plan-tres-periodos>

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Iberdrola (2019). The rise of photovoltaic self-consumption: an ally in the fight against climate change. Obtenido de <https://www.iberdrola.com/innovation/pv-self-consumption>
- Kacso-Vidrean, L. & Niemann, J. & Baido, R. & Pisla, A. (2018). Change Management Aspects in Solar Energy Implementation. *14th International Symposium in Management*
- Montoro, M. (2020). *Los 7 principios de PRINCE2*. Obtenido de <https://www.ats.edu.uy/principios-de-prince2/>
- Olczak, P. & Komorowska, A. (Octubre 2021). An adjustable mounting rack or an additional PV panel? Cost and environmental analysis of a photovoltaic installation on a household. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*
- “Programas de ayudas a inversiones en instalaciones de energías renovables para autoconsumo eléctrico 2021.” Obtenido de <https://www.eve.eus/Programa-de-ayudas/2021/Programa-de-ayudas-a-inversiones-en-instalaciones.aspx>
- PVinsights. Obtenido de <http://pvinsights.com/ES/>
- Sánchez, S. (2019). Xataka. Obtenido de <https://www.xataka.com/energia/los-11-graficos-que-demuestran-que-lo-de-la-energia-solar-es-imparable>
- Schmidt & Bergquist (2019). An application of project management in the solar energy industry.
- Schneider: Fusibles. Obtenido de <https://www.se.com/es/es/product-range-download/957-fusibles-de-3%2C6-a-36-kv>
- Shahid, M (2019). Risk Analysis in Implementation of Solar Energy Projects *Journal of Physics: Conference Series*
- Solarmax. Obtenido de [http://www.ambgreenpower.com/inversor\\_solarmax\\_30s.aspx](http://www.ambgreenpower.com/inversor_solarmax_30s.aspx)
- Soria, A. (2021). *Censolar: Legislación fotovoltaica en España*. Obtenido de <https://www.censolar.org/legislacion-fotovoltaica-es-2019/>
- “Tramitación de instalaciones de generación de energía eléctrica, incluido autoconsumo” (2021). Obtenido de <https://www.euskadi.eus/procedimiento/ge/web01-tramite/es/>
- UKEssays. (Noviembre 2018). Solar Photovoltaic Power Plant Project Management Plan. Obtenido de <https://www.ukessays.com/essays/construction/project-management-plan-of-solar-photovoltaic-power-plant.php?vref=1>
- Upadhyay, G. (Junio, 2019). Solar Agile Project Management: How to make it work efficiently.
- West, D. (2022). *Atlassian: Scrum*. Obtenido de <https://www.atlassian.com/es/agile/scrum>

## 10. ANEXOS

### Anexo 1: Catálogo de inversores del fabricante Fronius

Tipo de inversor	V entrada mín	V entrada máx	I entrada máx	Potencia entrada máx
Fronius PRIMO 3.0-1	200	800	24	3.000 W
Fronius PRIMO 3.5-1	200	800	24	3.500 W
Fronius PRIMO 3.6-1	200	800	24	3.600 W
Fronius PRIMO 4.0-1	210	800	24	4.000 W
Fronius PRIMO 4.6-1	240	800	24	4.600 W
Fronius ECO 27,0-3-S	580	850	47,7	27.000 W
Fronius ECO 25,0-3-S	580	850	44,2	25.000 W

Figura 29. Catálogo de inversores Fronius.

### Anexo 2: Catálogo de inversores del fabricante Solar Solarmax

Tipo de inversor	V entrada mín	V entrada máx	I entrada máx	Potencia entrada máx
SolarMax 100C	430	800	225	100.000 W
SolarMax 20C	430	800	48	20.000 W
SolarMax 25C	430	800	63	25.000 W
SolarMax 300C	430	800	720	300.000 W
SolarMax 30C	430	800	75	30.000 W
SolarMax 35C	430	800	78	35.000 W
SolarMax 50C	430	800	120	50.000 W
SolarMax 80C	430	800	180	80.000 W

Figura 30. Catálogo de inversores Solar Solarmax

### Anexo 3: Catálogo de fusibles del fabricante Schneider.

Referencia	Tensión nominal (kV)	Tensión de servicio (kV)	Intensidad nominal (A)	Capacidad máx. de corte I1 (kA)	Capacidad mín. de corte I3 (A)	Resistencia en frío <sup>2</sup> (mΩ)	Potencia disipada (W)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Peso (kg)
757372AR	3.6	3/3.6	250	50	2000	0.626	58	292	86	3.4
51311006M0	7.2	3/7.2	4	63	20	796	20	192	50.5	1
51006500M0			6.3		36	186.4	12			
51006501M0			10		39	110.5	14			
51006502M0			16		50	68.5	26			
51006503M0			20		62	53.5	32			
51006504M0			25		91	36.4	35			
51006505M0			31.5		106	26	42			
51006506M0			40		150	18	46			
51006507M0			50		180	12.4	44			
51006508M0			63		265	9.9	52			
51006509M0	80	280	7.4	68						
51006510M0	100	380	6.2	85						
51100049MB	7.2	3/7.2	6.3	63	36	186.4	12	292	50.5	1.2
51100049MC			10		39	110.5	14			
51100049MD			16		50	68.5	26			
51100049ME			20		62	53.5	32			
51100049MF			25		91	36.47	35			
51100049MG			31.5		106	26.05	42			
51100049MH			40		150	18.06	46			
51100049MJ			50		180	12.46	44			
51100049MK			63		265	9.9	52			
51100049ML			80		280	7.4	68			
51100049MM	100	380	6.2	85						
757352BN			125	50	650	3.4	88	292	86	3.4
757352BP			160		1000	2.2	87			
757352BQ			200		1400	1.8	95			
757374BR			250		2200	0.96	95			

Figura 31. Catálogo de fusibles del fabricante Schneider.

**Anexo 4: Catálogo de interruptores-seccionadores del fabricante Schneider.**


Tipo	Tensión máx. DC	Corriente asignada de servicio DC-21 A	Número necesario de polos en serie	Código de pedido
OT16E8	750	16	8	1SCA022551R4510
OT25E8		25	8	1SCA022551R5310
OT32E8		32	8	1SCA022551R2990
OT160E4		160	4	1SCA022259R8060
OT200E23P	800	200	5	1SCA103713R1001
OT250E23P		250	5	1SCA103715R1001
OT315E23P		315	5	1SCA101113R1001
OT400E23P		400	5	1SCA103717R1001
OS63B22N1*	1000	63	4	1SCA022469R2580
OT200E33P		200	6	1SCA103719R1001
OT250E33P		250	6	1SCA103721R1001
OT315E33P		315	6	1SCA103723R1001
OT400E33P		400	6	1SCA103355R1001

Figura 32. Catálogo de interruptores-seccionadores del fabricante Schneider.

**Anexo 5: Características del interruptor magnetotérmico IC60N del fabricante Schneider.**

## Interruptores automáticos iC60N

Protección magnetotérmica de circuitos y receptores

Certificación AENOR 



### UNE-EN 60947-2, UNE-EN 60898-1 Curvas B, C y D

- Los iC60N son interruptores automáticos que combinan las siguientes funciones:
- Protección de circuitos contra corrientes de cortocircuito.
- Protección de circuitos contra corrientes de sobrecarga.
- Adecuados para aislamiento industrial según la norma UNE-EN 60947-2.
- Señalización de defecto mediante un indicador mecánico situado en la parte frontal del interruptor automático.

Corriente alterna (CA) 50/60 Hz					
Poder de corte (Icu) según la norma UNE-EN 60947-2					Poder de corte de servicio (Ics)
	Tensión (Ue)				
F/F (2P, 3P, 4P)	12 a 133 V	220 a 240 V	380 a 415 V	440 V	100 % de Icu
F/N (1P, 1P+N)	12 a 60 V	100 a 133 V	220 a 240 V	—	
Calibre (In)	0,5 a 4 A	50 kA	50 kA	50 kA	25 kA
	6 a 63 A	36 kA	20 kA	10 kA	6 kA
Poder de corte (Icn) según la norma UNE-EN 60898-1					
	Tensión (Ue)				
F/F	400 V				
F/N	230 V				
Calibre (In)	0,5 a 63 A	6.000 A			
Corriente continua (CC)					
Poder de corte (Icu) según la norma UNE-EN 60947-2					Poder de corte de servicio (Ics)
	Tensión (Ue)				
Entre +/-	12 a 72 V	100 a 133 V		220 a 250 V	100% de Icu
Número de polos	1P	2P (en serie)	3P (en serie)	4P (en serie)	
Calibre (In)	0,5 a 63 A	6 kA	6 kA	6 kA	

Figura 33. Características del interruptor magnetotérmico IC60N del fabricante Schneider.

**Anexo 6: Características del VIGI IC60 del fabricante Schneider.**

Bloque diferencial Vigi iC60										
Clase		AC						Ancho en pasos de 9 mm		
Producto		Vigi iC60								
Auxiliares		Sin auxiliares								
		Sensibilidad	10 mA	30 mA	300 mA	500 mA	300 mA <sup>[1]</sup>	1.000 mA <sup>[1]</sup>		
		Calibre	25 A	A9Q10225	A9Q11225	A9Q14225	–	–	–	3
			40 A	–	A9Q11240	A9Q14240	–	–	–	4
			63 A <sup>[1]</sup>	–	A9V11263	A9V14263	A9V16263	A9V15263	A9V19263	4
		Sensibilidad	10 mA	30 mA	300 mA	500 mA	300 mA <sup>[1]</sup>	1.000 mA <sup>[1]</sup>		
		Calibre	25 A	–	A9Q11325	A9Q14325	–	–	–	6
			40 A	–	A9Q11340	A9Q14340	–	–	–	7
			63 A <sup>[1]</sup>	–	A9V11363	A9V14363	A9V16363	A9V15363	A9V19363	7
		Sensibilidad	10 mA	30 mA	300 mA	500 mA	300 mA <sup>[1]</sup>	1.000 mA <sup>[1]</sup>		
		Calibre	25 A	–	A9Q11425	A9Q14425	–	–	–	6
			40 A	–	A9Q11440	A9Q14440	–	–	–	7
			63 A <sup>[1]</sup>	–	A9V11463	A9V14463	A9V16463	A9V15463	A9V19463	7
Tensión de funcionamiento (Ue)		230 - 240 V, 400 - 415 V Excepto * 130 V								
Frecuencia de empleo		50/60 Hz								
Accesorios		Ver página 1/109								

(1) El bloque diferencial Vigi iC60 con calibre de 63 A tiene la conexión por tornillo.

Figura 34. Características del VIGI IC60 del fabricante Schneider

## **Anexo 7: Scientific Paper**

**Título:** Metodologías predictivas en la implementación de una instalación fotovoltaica.

### **Resumen**

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable capaz de producir electricidad a partir de la radiación solar, a través de un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica. En los últimos años, el sector de las energías renovables ha adquirido un gran protagonismo, ya que, además de contribuir a la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera, favorece el desarrollo de nuevas tecnologías y creación de empleo, disminuyendo la dependencia de los suministros externos. Debido a esta creciente actividad en el sector fotovoltaico, coge una gran relevancia el conocimiento y aplicación adecuada de las diferentes metodologías de gestión para estos proyectos, desde las tradicionales hasta las ágiles. Al tratarse de proyectos similares entre sí, la metodología PMBOK resulta adecuada, al ser objetivo prioritario la entrega de la instalación bajo unos parámetros y especificaciones concretas dentro de un coste y tiempo establecidos.

### **Introducción**

Los paneles solares son dispositivos que captan la energía solar y están compuestas por celdas que convierten esa luz en electricidad, permitiendo el aprovechamiento de una energía renovable como la solar, que además cuida de una mayor manera el medio ambiente que la energía eléctrica. Debido al contexto actual, el uso de la energía solar ha aumentado enormemente en su empleo más frecuente, la transformación a electricidad, siendo la energía solar la energía renovable que más ha crecido en los últimos veinte años.

El precio de los paneles solares se ha visto abaratado en los últimos años, lo que ha convertido a la energía solar en la forma más barata de lograr electricidad. Por lo tanto, estas políticas empleadas para impulsar iniciativas de aprovechamiento de energía solar, ayudadas del apoyo que ofrecen al medioambiente y de las mejoras tecnológicas de los propios módulos solares, permiten a las empresas o instituciones plantearse el autoconsumo como método de reducción de gastos y producción de electricidad. Además de esto, se debe destacar el entorno macroeconómico y social actual en el que, debido principalmente a la invasión rusa en Ucrania, el precio de la electricidad se ha impulsado desorbitadamente. Debido a esta circunstancia, la energía solar se presenta como una de las mejores alternativas para lograr una independencia a nivel económico.

Cabe destacar además que España, por su ubicación geográfica, es uno de los países europeos con más horas pico de sol, con lo cual resulta más fácil la viabilidad de estos proyectos.



## **Metodologías de gestión de proyectos**

Las metodologías de gestión de proyectos proporcionan las pautas que pueden guiar hacia el éxito o fracaso de un proyecto, por lo que a la hora de decidir la metodología de gestión se deben considerar múltiples aspectos como la complejidad, los recursos disponibles, las necesidades o requerimientos del cliente, las restricciones, el calendario y las herramientas. Dentro de las metodologías de gestión de proyectos se diferencian mayormente por ser predictivas o ágiles.

La gestión de proyectos predictiva es una disciplina formal de gestión basada en la planificación, ejecución y seguimiento a través de procesos sistemáticos y repetibles con el objetivo de conseguir que el desarrollo se lleve de la manera prevista, basando el éxito del proyecto en plazos, costes y calidad. Las dos principales características que definen a una metodología como predictiva son la universalidad y carácter predictivo. Las metodologías predictivas más reconocidas e implementadas son PMBOK Y PRINCE2.

Por otro lado, las metodologías ágiles son aquellas que permiten adaptar la forma de trabajo a las condiciones de cada proyecto particular, consiguiendo una mayor flexibilidad e inmediatez ante los imprevistos del proyecto. Son adecuadas para actuar en entornos dinámicos y cambiantes, donde los lanzamientos de productos y la competencia se producen en intervalos de tiempo menores. La metodología ágil más reconocidas es la Scrum.

## **Elección de metodología para proyectos fotovoltaicos**

La metodología escogida para proyectos de gestión de instalaciones fotovoltaicas es PMBOK. Su principal objetivo es entregar un proyecto bajo un alcance y unas especificaciones definidas dentro de un plazo y presupuesto establecidos. A pesar de que las instalaciones fotovoltaicas son recientes, se tratan de proyectos similares entre ellos, con lo que el entorno en el que se moverá el proyecto va a resultar estable, siendo PMBOK una metodología adecuada en este caso.

El PMBOK refleja 10 áreas de conocimiento que justifican la necesidad de implementar una metodología común para este tipo de proyectos:

- Gestión de la integración del proyecto
- Gestión del alcance del proyecto
- Gestión del calendario del proyecto
- Gestión de los costes del proyecto
- Gestión de la calidad del proyecto
- Gestión de recursos del proyecto

## 10. ANEXOS

- Gestión de la comunicación del proyecto
- Gestión de riesgos del proyecto
- Gestión de adquisiciones del proyecto
- Gestión de los stakeholders del proyecto

### **Tendencias de proyectos fotovoltaicos**

Las tendencias en la fabricación fotovoltaica de los últimos años han demostrado que los módulos solares de gran formato han llegado para quedarse. Desde 2019, cuando los fabricantes de paneles fotovoltaicos comenzaron a introducir formatos más grandes en el mercado, ha habido mucho debate sobre el tamaño ideal de una célula o módulo. A pesar de ello, ya se han realizado las primeras instalaciones con módulos basados en cualquiera de los nuevos formatos de celdas, realizándose instalaciones de prueba.

Las instalaciones de módulos fotovoltaicos en el suelo y en los tejados seguirán siendo la norma general para la energía solar; sin embargo, recientemente se han dado grandes pasos para que la tecnología se hiciera con nuevos nichos. Los desarrollos prometedores y prácticos de la agrovoltaica, la fotovoltaica integrada en edificios y la fotovoltaica flotante, entre otros, apuntan a la promesa de integrar la energía solar en nuestros entornos actuales y a la dirección que podría tomar el futuro.

Según Fernanda Hernández (Hernández, 2022), existen cinco tendencias que marcarán el futuro del sector fotovoltaico en los siguientes años:

- *Transformación en sector energético:* las centrales eléctricas tradicionales como las termoeléctricas, nucleares e hidroeléctricas se diversificarán para incluir energías renovables; la que más se ha impuesto es la energía solar.
- *Menor dependencia de la red y más accesibilidad a soluciones fotovoltaicas:* La energía solar amplió su disponibilidad durante los últimos años y el acceso a la electricidad en los países menos desarrollados comenzó a acelerarse gracias a proyectos fotovoltaicos. De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA) en 2021 la energía solar registró los costos más bajos y es la fuente de electricidad más económica.
- *Rentabilidad de la inversión, atractivos beneficios económicos:* se estima que el impulso de la energía solar y la eólica supondrá una producción de electricidad renovable capaz de cubrir la demanda de cerca del 50% de la población en varios países.
- *Aumento de la demanda de equipos solares:* se prevé que los dispositivos que funcionan con energía tradicional sean reemplazados por aquellos que se alimentan con energía solar.

Además, entre estos aparatos se destacan los generadores, cargadores para dispositivos móviles, luces para exterior con sensor de movimiento, equipos de movilidad, herramientas y cocinillas eléctricas.

- *Sostenibilidad*: el uso de microrredes descentralizadas de distribución energética puede ayudar a optimizar el autoconsumo mediante la integración de tecnologías inteligentes y plataformas flexibles, maximizando la generación, almacenamiento y distribución adecuada a un mayor número de habitantes.

## Conclusiones

Actualmente, resulta cada vez frecuente el uso de instalaciones fotovoltaicas para eliminar la gran dependencia que existe sobre los combustibles fósiles y las principales amenazas que conllevan para el medio ambiente: contaminación y agotamiento de recursos no renovables.

Además de ello, la realización de este artículo se encuentra inmerso en un contexto social y económico en el que los costes de energía han aumentado inmensamente en los últimos meses, principalmente debidos a la invasión rusa en Ucrania y a la incertidumbre que ha generado, además de dificultar el suministro de energía al resto de países. Debido a ello, no cabe duda de que las instalaciones fotovoltaicas suponen una gran oportunidad para empresas como individuales para autoabastecerse, parcial o completamente de energía y reducir dichos gastos, aportando además un beneficio para la sociedad actual y próximas generaciones.

Centrándose en la gestión, objeto de este artículo, la metodología PMBOK parece la más válida para su ejecución, al tratarse de proyectos con procedimientos estándar y similares entre ellos, en los que la incertidumbre y los imprevistos a lo largo de la implementación no deberían ser de elevados riesgos, más allá de problemas propios como la climatología.

El Triángulo de Hierro de la metodología PMBOK, mostrado a continuación en la Figura 35, muestra la interrelación entre las tres variables básicas de un proyecto y su gestión a través del sistema de calidad: alcance, tiempo y coste. Detallándolo brevemente y para profundizar en la validez de la metodología PMBOK para este tipo de proyectos, se trata de entregar un producto o servicio definido al comienzo en el plan de proyecto (alcance), en los plazos previstos en función de los entregables a realizar (tiempo) bajo un presupuesto establecido inicialmente (coste). Por lo tanto, la calidad tiene una influencia en el resto de factores, ya que una mala calidad tendrá como repercusión un aumento de costes, un retraso en el proyecto, o entregables que no se corresponden del todo con lo esperado.



*Figura 35. Triángulo de Hierro del PMBOK*

Para concluir, cabe destacar que el triángulo muestra de forma visual la interrelación de los aspectos definidos anteriormente, es decir, que cambio en uno de los tres factores tiene una repercusión inversa en al menos uno de los otros dos factores, de tal manera que:

- Un aumento del alcance vendrá acompañado de un retraso en la entrega y un aumento de costes
- Para adelantar la entrega será necesario un aumento de costes, o una reducción del alcance
- Una reducción de costes conllevará una reducción del alcance o un retraso en la fecha de entrega.