



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

Estudio para la reutilización de contenedores marítimos en desuso para la construcción de una residencia universitaria

Memoria

Trabajo Final de Grado

Grado: Ingeniería en tecnologías industriales

Autor: Daniel González Doña

Directora del trabajo: Neus Fradera Tejedor

22/07/2021

Resumen

En este trabajo se pretenden analizar los procesos constructivos, componentes y viabilidad económica de la construcción de una residencia universitaria a partir de contenedores marítimos en desuso. Esto se realizará a partir del requerimiento que se realice y posea una alta sostenibilidad mediante el uso principal de materiales y energía proveniente de fuentes renovables, todo así siguiendo también las normativas y regulaciones impuestas por el código técnico de edificación (CTE).

Por lo que, para ello, se escogerá una localización para la construcción de esta residencia universitaria y, a partir de diversos estudios realizados relacionados con la sostenibilidad y la edificación, se escogerá una distribución óptima. En cuanto a la construcción, se han escogido todos los materiales necesarios para la correcta construcción sostenible y se han realizado los cálculos y simulaciones para las instalaciones necesarias para satisfacer las necesidades requeridas para este tipo de construcción.

Abstract

The aim of this project is to analyze the construction processes, components and economic viability of the construction of an university residence from disused maritime containers. This will be done from the requirement that will be made and has a high sustainability through the main use of materials and energy from renewable sources, all also following the rules and regulations imposed by the technical building code (CTE).

Therefore, for this, a location will be chosen for the construction of this university residence and, based on various studies carried out related to sustainability and construction, an optimal distribution will be chosen. Regarding the construction, all the materials required for the correct sustainable construction have been chosen and the calculations and simulations have been carried out for the facilities needed to satisfy the needs required for this type of construction.



Declaración de honor

I declare that,

the work in this Master Thesis / Degree Thesis (choose one) is completely my own work, no part of this Master Thesis / Degree Thesis (choose one) is taken from other people's work without giving them credit,

all references have been clearly cited,

I'm authorised to make use of the company's / research group (choose one) related information I'm providing in this document (select when it applies).

I understand that an infringement of this declaration leaves me subject to the foreseen disciplinary actions by The Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTECH.

Daniel Gonzalez Doña

Daniel Gonzalez Doña

22/06/2021

Student Name

Signature

Date

Title of the Thesis: Estudio para la reutilización de contenedores marítimos en desuso para la construcción de una residencia universitaria

Índice

1. Introducción	11
1.1. Objeto.....	11
1.2. Justificación.....	11
1.3. Alcance	12
1.4. Especificaciones básicas	12
1.5. Planificació del projecte	14
1.5.1. WBS.....	14
1.5.2. Tareas a realizar.....	15
1.5.3. Estimación del tiempo	17
1.5.4. Calendario (Diagrama de Gantt).....	19
2. Proyectos con contenedores	20
3. Memoria Descriptiva	21
3.1. Contenedores marítimos.....	21
3.1.1. Ventajas y desventajas de la utilización como estructura en un edificio	21
3.1.2. Clasificación.....	22
3.1.3. Material y partes de los contenedores	24
3.1.5. Transporte y manipulación de contenedores marítimos.....	26
3.2. Sostenibilidad.....	28
3.2.1. Las ODS	28
3.2.2. Arquitectura sostenible	29
3.3. Necesidades de una residencia universitaria	36
3.3.1. Clasificaciones	37
3.3.2. Distribución de espacios de una residencia universitaria.....	37
3.4. Estudio del entorno y localización	39
3.4.1. Estudio de Mercado.....	40
3.4.2. Localización y sostenibilidad del solar	40
3.5. Necesidades y limitaciones constructivas	44
3.5.1. Cimientos	44
3.5.2. Cubiertas.....	45
3.5.3. Fachadas	45
3.5.4. Elementos de separación verticales	46

3.5.5. Accesibilidad.....	46
3.5.6. Conceptos territoriales y de dimensiones	46
3.5.7. Conceptos sostenibles	47
3.6. Descripción y distribución del edificio.....	47
3.6.1. Distribución	47
3.6.2. Propuestas de distribución	48
4. Memoria Constructiva	56
4.1. Sistema estructural	56
4.1.1. Refuerzo de los contenedores.....	56
4.1.2. Adaptabilidad de los contenedores	56
4.1.3. Cimientos	57
4.1.4. Anclajes y uniones	58
4.1.5. Sujeción entre contenedores	61
4.2. Sistema envolvente	61
4.2.1. Fachada	61
4.2.2. Cubierta.....	64
4.3. Sistemas de compartimentación	67
4.4. Sistemas de acabados	67
4.4.1. Sistemas horizontales inferiores (Suelos y pavimentos).....	68
4.4.2. Sistemas horizontales superiores (Techos).....	69
4.4.3. Elementos verticales.....	70
4.4.4. Carpintería.....	71
4.5. Sistemas de acondicionamiento e instalaciones.....	73
4.5.1. Sistemas de transporte vertical y horizontal.....	74
4.5.2. Sistema de saneamiento	75
4.5.3. Sistema de suministro de agua	80
4.5.4. Sistema de climatización.....	88
4.5.5. Sistema de ventilación	92
4.5.6. Sistema de telecomunicaciones y audiovisuales.....	92
4.5.7. Sistema de suministro eléctrico e iluminación.....	92
4.5.8. Instalaciones de protección y seguridad.....	98
4.6. Equipamiento.....	100
5. Resumen presupuestario	103
6. Viabilidad económica	104

6.1. Cálculo del VAN.....	108
6.2. Cálculo del TIR.....	108
7. Implicación ambiental	110
8. Plan de ejecución de obra	112
8.1. Proceso constructivo	112
8.2. Términos temporales	114
9. Conclusiones	118
10. Referencias	119

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: WBS.....	14
Ilustración 2: Ciudad contenedor ubicada en Londres	20
Ilustración 3: Edificio a partir de contenedores marítimos en Barcelona.....	20
Ilustración 4: Contenedor Dry Van	22
Ilustración 5: Contenedor Open Top.....	22
Ilustración 6: Contenedor Refrigerado	23
Ilustración 7: Contenedor Open Side.....	23
Ilustración 8: Contenedor Tanque	23
Ilustración 9: Contenedor Flat rack.....	24
Ilustración 10: Vigas del panel inferiores	25
Ilustración 11: Partes comunes de los contenedores	26
Ilustración 12: Carretilla elevadora.....	26
Ilustración 13: Agarre Eslingas.....	27
Ilustración 14: Agarre Spreader	27
Ilustración 15: Grúa apiladora de alcance	27
Ilustración 16: Carretilla pórtico	28
Ilustración 18: Placas de pladur.....	31
Ilustración 19: Logo certificado ECOLABEL.....	32
Ilustración 20: Logo PEFC	32
Ilustración 21: Representación de un circuito solar térmico	34
Ilustración 23: Baterías.....	35
Ilustración 22: Inversor	35
Ilustración 24: Regulador	35
Ilustración 25: Representación de un circuito eléctrico basado en paneles solares	36
Ilustración 26: Campus universitarios de Cataluña	39
Ilustración 27: Emplazamiento del terreno.....	41
Ilustración 28: Lugares de interes próximos al terreno	42
Ilustración 29: Campus universitarios más próximos al terreno	43
Ilustración 30: Distribución de zonas comunes en la propuesta 1	48
Ilustración 31: Distribución de habitaciones en la propuesta 1	49

Il·lustració 32: Localització de escales i ascensors en la proposta 1	51
Il·lustració 33: de zones comunes en la proposta 2	51
Il·lustració 34: Distribució de habitacions en la proposta 2	52
Il·lustració 35: Localització de finestres	52
Il·lustració 36: Imprimació ecològica al aigua de Tollens.....	57
Il·lustració 37: Exemple de cimentació de Base de ciment	58
Il·lustració 38: Representació (en groc) de la forma de la cimentació	58
Il·lustració 39: Disposició de les guies en la base de la estructura	59
Il·lustració 40: Representació de la zona de les parets més llargues.....	59
Il·lustració 41: Perfil en els costats més llargs dels contenidors	59
Il·lustració 42: Representació de la zona de les parets més llargues.....	60
Il·lustració 43: Perfil en els costats més curts dels contenidors.....	60
Il·lustració 44: Procediment aplicació de taco químic	60
Il·lustració 45: Unió entre contenidors	61
Il·lustració 46: Col·locació de les parts de la façana	62
Il·lustració 47: Façana de la zona del pasillo interior.....	64
Il·lustració 48: Remate cantoner exterior	64
Il·lustració 49: Remate en forma de U	64
Il·lustració 50: Parts diferenciades de les cobertes fredes	65
Il·lustració 51: Representació de la formació de pendent	66
Il·lustració 52: Recorte del document de Plans de la zona de quart de màquines.....	67
Il·lustració 53: Col·locació de sòl de corxo i parquet	68
Il·lustració 54: Rodapié	69
Il·lustració 55: Fals sostre de llana de roca rígida	70
Il·lustració 56: Col·locació de plaques MDF amb aïllant	71
Il·lustració 57: Gres porcelànic per bany 150x150x10.....	71
Il·lustració 58: Localització de les portes externes del edifici en plantes superiors (Elaboració pròpia).....	72
Il·lustració 59: Perímetre exterior (en blau) del edifici en planta baixa	73
Il·lustració 60: Perímetre interior (en blau) del edifici en planta baixa	73
Il·lustració 61: Placa estriada per passejers.....	75
Il·lustració 62: Zona de pasillo lateral (Elaboració pròpia).....	75
Il·lustració 63: Representació del funcionament del tancament hidràulic	76
Il·lustració 64: Anclatge d'una tuberia penjant.....	77
Il·lustració 65: Injert de seguretat.....	77
Il·lustració 66: Representació de la disposició del col·lector	78
Il·lustració 67: Posició del canaló en la coberta.....	78
Il·lustració 68: Quadrants (extraït del document de Plans) de la coberta per al càlcul de sumidors i canals.....	79
Il·lustració 69: Elements del armari de comptador general.....	81
Il·lustració 70: Resultats de CHEQ4 del circuit de panells tèrmics (100 persones).....	86
Il·lustració 71: Gràfica mensual de consum i aportament d'energia per ACS de CHEQ4 (100 persones).....	87
Il·lustració 72: Resultats de CHEQ4 d'un dels circuits de panells tèrmics (50 persones)	87

Il·lustració 73: Gràfica mensual de consum i aportament d'energia per ACS de CHEQ4 (50 persones).....	88
Il·lustració 74: Representació del sistema de subministrament d'ACS que s'utilitzarà.....	88
Il·lustració 75: Orientació respecte als eixos cardinals amb l'exemple de la primera planta de l'edifici.....	90
Il·lustració 76: Divisió de zones de l'edifici per a la xarxa de ventilació	92
Il·lustració 77: Fórmula matemàtica per al càlcul del VAN	108

Índice de tablas

Tabla 1: Tareas a realitzar.....	15
Tabla 2: Estimació del temps	17
Tabla 3: Diagrama de Gantt del projecte	19
Tabla 4: Tipus i mesures de contenidors marítims	24
Tabla 5: Avantatges i desavantatges de l'energia solar davant de l'energia convencional.....	34
Tabla 6: Avantatges i desavantatges de l'energia solar fotovoltaica	36
Tabla 7: Nombre d'estudiants estrangers en universitats de Barcelona.....	40
Tabla 8: Índexs de qualitat de l'aire	44
Tabla 9: Índexs de qualitat lumínica	44
Tabla 10: Metres quadrats construïbles en funció dels pisos en proposta 1	50
Tabla 11: Ocupació i capacitat màxima de la distribució proposada	50
Tabla 12: Metres quadrats construïbles en funció dels pisos en proposta 1	53
Tabla 13: Pes de cada element de l'habitació	53
Tabla 14: Comparació de pes que ha de suportar el contenidor inferior de ambdues propostes	54
Tabla 15: Anàlisi d'alternatives mitjançant el Valor tècnic	55
Tabla 16: Caudal requerit en cada una de les habitacions	82
Tabla 17: Caudal requerit en les zones comunes.....	82
Tabla 18: Paràmetres per al software CHEQ4	86
Tabla 19: Superfície i volum de cada zona de l'edifici.....	89
Tabla 20: Càrregues sensibles i latents de refrigeració i calefacció per zones	90
Tabla 21: Tipus d'aires condicionats per cada zona	91
Tabla 22: Niveles de llum i nombres de led per cada zona	93
Tabla 23: Potència solar necessària en cada mes	94
Tabla 24: Relació entre demanda i radiació solar en cada mes.....	94
Tabla 25: Consum elèctric de cada aparell electrònic.....	96
Tabla 26: Consum amb correcció de cada aparell electrònic.....	97
Tabla 27: Desglossament de l'equipament necessari i els seus preus per zones	100
Tabla 28: Resum del pressupost.....	103
Tabla 29: Ingressos anuals	105
Tabla 30: Salari brut i cost per part de l'empresa per cada tipus d'empleat	106
Tabla 31: Beneficis anuals	106
Tabla 32: Gràfic de punt d'equilibri	107
Tabla 33: Gràfic de període de retorn	108

Tabla 34: Tasa de descuento y respectivos valores de VAN.....	109
Tabla 35: Gráfico de tasa de interna de retorno	109
Tabla 36: Términos temporales del proceso constructivo	114
Tabla 37: Diagrama de Gantt del proceso constructivo. Semanas 1-24	116
Tabla 38: Diagrama de Gantt del proceso constructivo. Semanas 25-41	117

Glosario

ISO	Organización Internacional de Normalización.
Spreader	Sistema elevador instalado entre la carga y el equipo de elevación, utilizado para enganchar, elevar y descender contenedores marítimos.
Informe Brundtland	Informe publicado en 1987 por las Naciones Unidas en el que se contrasta la postura del desarrollo económico junto a la sostenibilidad ambiental.
TRAM	Red ferroviaria de la ciudad de Barcelona.
T3	Línea 3 del TRAM.
R1	Red ferroviaria a nivel nacional (España). Línea 1.
R4	Red ferroviaria a nivel nacional (España). Línea 4.
ONU	Organización de las Naciones Unidas.
MDF	Tablero de fibra de densidad media.
Vending	Maquina dispensadora automática que proporciona aperitivos, bebidas y otros productos.
ICQA	Índice catalán de la calidad del aire.
CTE	Código técnico de edificación. Es el conjunto de normativas que regulan las construcciones a nivel nacional.
DB-HR	Documento Básico de “Protección frente al ruido” del CTE.
DB-HE	Documento Básico de “Ahorro de energía” del CTE.
DB-HS	Documento Básico de “Salubridad” del CTE.



DB-SUA	Documento Básico de “Seguridad de utilización y accesibilidad” del CTE.
DB-SI	Documento Básico de “Seguridad en caso de incendio” del CTE.
Edificabilidad	Es la relación entre el área de techo total de un edificio y el tamaño del terreno.
Resina epoxi	Es una mezcla de polímero termoestable que se utiliza debido a su gran capacidad de endurecimiento.
M16	Métrico 16.
PVC	Compuesto denominado policloruro de vinilo.
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible.
Transmitància	Es una magnitud que expresa la cantidad de energía por unidad de tiempo que puede atravesar en un cierto elemento.

1. Introducció

1.1. Objeto

El objeto de este proyecto es el estudio para la reutilización de contenedores marítimos en desuso, para la construcción de una residencia universitaria mayoritariamente sostenible y ubicada en Catalunya.

1.2. Justificación

Hoy en día, conceptos como sostenibilidad, reciclaje y reutilización aparecen cada vez más en nuestra sociedad. La preocupación por el medio ambiente y la buena gestión de los recursos naturales son cada vez más notorios en la mayoría de los sectores de la industria así como en la vida cotidiana de las personas. Esto es debido a una serie de factores que provienen desde hace ciertas décadas, debidas principalmente al cambio climático, que provocan repercusiones directas en nuestro medioambiente.

Es por eso que organizaciones mundiales y estatales como la OMS, apuestan cada vez más por alternativas en prácticamente todos los sectores de la industria, con el objetivo de emitir cada vez menos contaminación a la atmósfera.

Unos de estos sectores que más contaminación ha causado a lo largo de los años es el sector de la construcción. Es uno de los sectores con más alto ratio de impacto medioambiental, tanto en los procesos de desarrollo como en los procesos previos, como la obtención de materia prima. Es por ello que cada vez se apuesta más por materiales de baja contaminación o se apuesta por la posibilidad de reutilización de algunos materiales en ciertos procesos de la construcción.

Por otro lado, otro de los sectores en los que también hay un alto ratio no sólo de contaminación sino también de desechos generados, es el del transporte. En la distribución de mercancías navales se utilizan contenedores marítimos como recipientes que, posteriormente al cabo de cierto tiempo, acaban siendo desechados en vertederos. Provocando así también, una importante contaminación en el medio.

Es por todo ello, que este estudio busca utilizar contenedores marítimos en desuso como sustituto en una parte muy importante de los edificios, como es la estructura.

Dándoles una segunda vida a estos recipientes, conseguimos reducir el impacto medioambiental que se generaría debido a la construcción de estructuras con materiales contaminantes y, el generado al abandonar los contenedores marítimos.

Además, también se busca cubrir la necesidad de que esta edificación cumpla la función de residencia universitaria, equipándola completamente con todo lo necesario para cubrir con las necesidades estudiantiles.

Las residencias universitarias son un aspecto imprescindible en la vida de los universitarios en la mayoría de casos. Debido al continuo desarrollo del transporte y las relaciones internacionales, cada vez son más los estudiantes que, por decisiones académicas o culturales, deciden realizar o seguir sus estudios fuera de su territorio natal.

Tanto si estos estudiantes provienen de distintos países como de distintas ciudades, cada vez es más la necesidad de disponer de residencias universitarias cerca de los campus universitarios.

Si analizamos los datos publicados por el Ministerio de Universidades en el informe “Datos y cifras del Sistema Universitario Español”, podemos observar que aproximadamente el 25% de los estudiantes universitarios proceden de distintas provincias.

Si nos referimos a un nivel nacional, en este informe se detalla que, entre las 15 ciudades europeas mejor valoradas de Europa, Barcelona se coloca en la posición número 8 y Madrid en la 12. Por lo que podemos decir que la cantidad de clientes potenciales que eligen Barcelona como una de sus primeras opciones de residencia es muy alta.

Según un estudio realizado por la Empresa Inmobiliaria JLL, se estima que alrededor de 480.000 estudiantes son susceptibles cada año de ser potenciales clientes para las residencias universitarias en toda España. Frente a esta gran cantidad de posibles clientes, España sólo dispone de 93.600 plazas alrededor de todas las universidades del territorio nacional. Por lo que hay una clara diferencia entre la oferta y la demanda.

En definitiva, según los datos del informe previamente mencionado, se establece una clara necesidad y oportunidad de negocio en el ámbito de las universidades universitarias. Y por lo que, como se ha mencionado anteriormente, esto junto a la cada vez más preocupación por el medioambiente, este tipo de edificación obtendrá una gran cantidad de clientes potenciales.

1.3. Alcance

En este estudio se incluye:

- Estudio de los diferentes tipos de contenedores marítimos así como sus características más relevantes para el proyecto.
- Estudio del entorno y de la localización.
- Los aspectos constructivos y de distribución:
 - Aislamiento y recubrimientos (acabados).
 - Estudio de materiales.
 - Instalaciones y equipamiento.
 - Estructura (cimientos, uniones y apoyos).
 - Sistemas de suministros.
- Estudio de propuestas para la distribución de espacios y equipamiento necesario.
- Estudio para la sostenibilidad del edificio con la implantación de paneles solares y el uso de materiales sostenibles.

No se incluye:

- Plan de marketing y estrategia de publicidad.
- Análisis estructural así como tampoco los cálculos correspondientes.

1.4. Especificaciones básicas

Este proyecto ha de cumplir principalmente con la legislación correspondiente a las normas de edificación las cuales están establecidas en el “Código Técnico de la Edificación” (CTE).



Además, se han de utilizar contenedores con dimensiones estandarizadas por la norma ISO (Organización Internacional de Normalización).

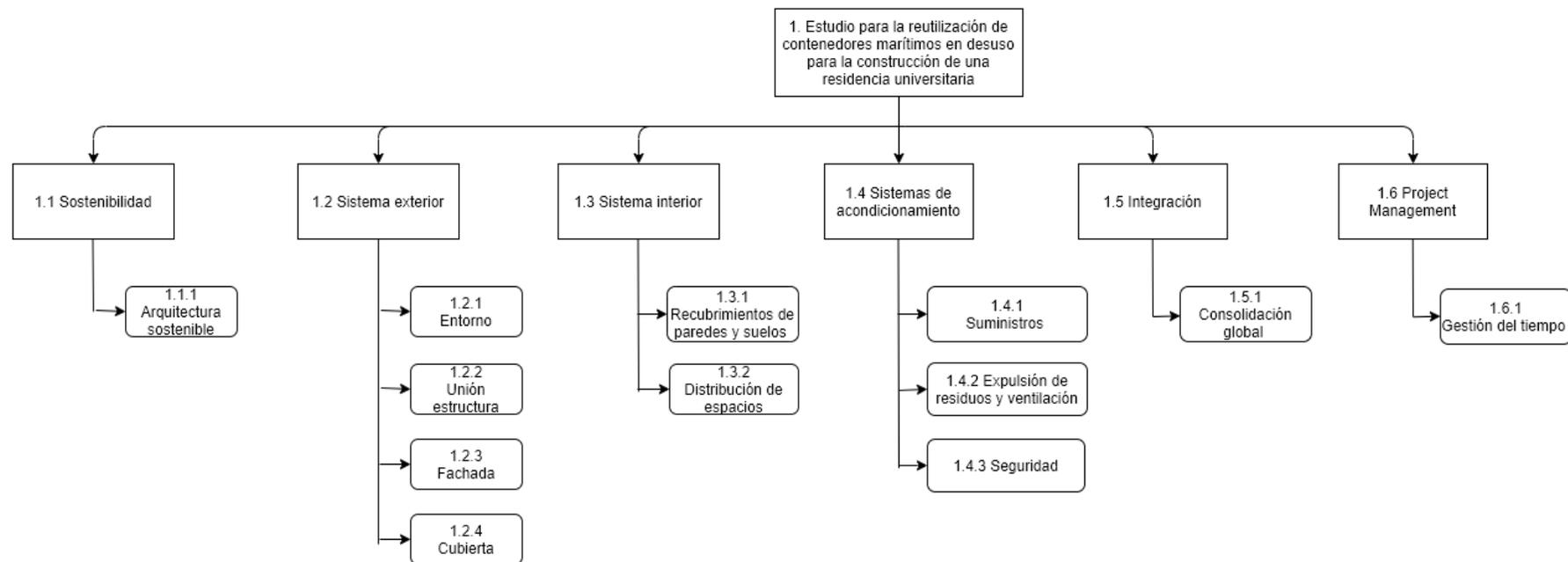
La edificación ha de estar formada, siempre que sea posible, por materiales sostenibles.

El suministro eléctrico perteneciente a la iluminación del edificio ha de ser 100% proveniente de energías renovables.

La edificación deberá de situarse dentro de la región de Catalunya.

1.5. Planificació del projecte

1.5.1. WBS



Il·lustració 1: WBS (Elaboració pròpia)

1.5.2. Tareas a realizar

Tabla 1: Tareas a realizar (Elaboración propia)

Código	Tarea	Descripción
1.1.1.a	Sostenibilidad de los materiales	Estudios de los materiales más utilizados y sostenibles en la arquitectura.
1.1.1.b	Estudio de eficiencia energética	Estudio de las diferentes fuentes de energía renovables más utilizadas en las edificaciones para la obtención de eficiencia energética.
1.2.1.a	Estudio del entorno	Estudio de varias residencias y universidades regionales.
1.2.1.b	Estudio para la localización	Estudio y selección de la localización del edificio.
1.2.2.a	Tipos de contenedores	Estudios de los diferentes tipos de contenedores según la norma ISO así como sus propiedades y características.
1.2.2.b	Selección de la cimentación	Descripción detallada de la cimentación.
1.2.2.c	Selección de sistema estructural	Estudios de alternativas para la unión estructural.
1.2.3.a	Necesidades y limitaciones de fachadas	Estudios de las necesidades y limitaciones constructivas.
1.2.3.b	Selección de fachadas	Descripción detallada de la fachada.
1.2.4.a	Necesidades y limitaciones de cubiertas	Estudios de las necesidades y limitaciones constructivas.
1.2.4.b	Selección de cubiertas	Descripción detallada de la cubierta.
1.3.1.a	Necesidades y limitaciones de recubrimientos	Estudios de las necesidades y limitaciones constructivas.
1.3.1.b	Sistemas de compartimentación	Detalle de los distintos sistemas de compartimentación del edificio.
1.3.1.c	Elementos horizontales superiores	Selección recubrimiento de elementos horizontales superiores (techos).
1.3.1.d	Elementos horizontales inferiores	Selección recubrimiento de elementos horizontales inferiores (suelos).
1.3.1.e	Elementos verticales	Selección para los elementos verticales interiores (pilares, paredes...).
1.3.2.a	Estudio de los espacios	Estudios de las diferentes

	necesarios	zonas necesarias para una residencia universitaria y selección de los espacios a incluir.
1.3.2.b	Distribución general por plantas y sus respectivos planos	Distribución general de los contenedores por plantas. Realización de los planos pertinentes.
1.3.2.c	Estudio de equipamiento	Estudios del equipamiento necesario en las habitaciones para satisfacer las necesidades estudiantiles.
1.3.2.d	Distribución de las habitaciones y las demás zonas.	Distribución de las habitaciones de la residencia universitaria y de cada una de las zonas comunes.
1.4.1.a	Sistema eléctrico	Estudio del tipo de sistema eléctrico necesario y detalles del sistema (incluyendo Telecomunicaciones).
1.4.1.b	Suministro de agua	Estudio del tipo de sistema de agua necesario y elección del sistema.
1.4.2.a	Ventilación	Estudios y distribución de la ventilación en cada una de las plantas.
1.4.2.b	Sistema de saneamiento	Estudios y distribución del saneamiento cada una de las plantas.
1.4.3.a	Estudio de seguridad	Estudios de los diferentes aspectos de seguridad a tener en cuenta por la CTE.
1.4.3.b	Elementos de seguridad	Elección y distribución de los diferentes elementos de seguridad cómo salidas, equipamientos, equipos de protección contra incendios, etc.
1.5.1.a	Memoria	Redacción de toda la información más relevante del proyecto.
1.5.1.b	Presupuesto	Calculo del presupuesto necesario del proyecto.
1.5.1.c	Pliego de condiciones	Redacción del pliego de condiciones del proyecto.
1.5.1.d	Planos	Planos de los sistemas eléctricos, suministro de agua, ventilación, saneamiento.

1.5.1.e	Implicaciones medioambientales	Estudio del impacto ambiental del uso del edificio.
1.5.1.f	Plan de viabilidad económica	Estudio de la viabilidad económica del proyecto.
1.6.1.a	Tiempo	Organizar el tiempo para la realización del proyecto.

1.5.3. Estimación del tiempo

Tabla 2: Estimación del tiempo (Elaboración propia)

Código	Precede a	Horas
1.1.1.a	-	5
1.1.1.b	-	5
1.2.1.a	-	4
1.2.1.b	1.2.1.a	4
1.2.2.a	-	3
1.2.2.b	1.2.1.b, 1.3.2.c	3
1.2.2.c	1.2.2.b	6
1.2.3.a	1.2.2.c	4
1.2.3.b	1.2.3.a	6
1.2.4.a	1.2.2.c	4
1.2.4.b	1.2.4.a	6
1.3.1.a	1.2.4.b, 1.2.4.b	4
1.3.1.b	1.3.1.a	6
1.3.1.c	1.3.1.a	6
1.3.1.d	1.3.1.a	6
1.3.1.e	1.3.1.a	6
1.3.2.a	-	4
1.3.2.b	1.3.2.a	10
1.3.2.c	-	4
1.3.2.d	1.3.2.c, 1.3.2.b	5
1.4.1.a	1.3.2.a, 1.3.2.c, 1.3.2.d	15
1.4.1.b	1.3.2.a, 1.3.2.c, 1.3.2.d	20
1.4.2.a	1.3.2.a, 1.3.2.c, 1.3.2.d	15
1.4.2.b	1.3.2.a, 1.3.2.c, 1.3.2.d	15
1.4.3.a	-	6
1.4.3.b	1.3.2.a, 1.3.2.c, 1.4.3.a	6
1.5.1.a	-	35
1.5.1.b	1.2.2.b, 1.2.2.c, 1.2.3.b, 1.2.4.b, 1.3.1.b, 1.3.1.c, 1.3.1.d, 1.3.1.e, 1.3.2.c, 1.4.1.a, 1.4.1.b, 1.4.2.a, 1.4.2.b	35
1.5.1.c	1.5.1.a	15
1.5.1.d	1.2.2.b, 1.2.2.c, 1.2.3.b, 1.2.4.b, 1.3.1.b, 1.3.1.c, 1.3.1.d, 1.3.1.e, 1.3.2.c, 1.4.1.a, 1.4.1.b, 1.4.2.a,	35



	1.4.2.b	
1.5.1.e	1.5.1.a	10
1.5.1.f	1.5.1.b	10
1.6.1.a	-	5
TOTAL		323

1.5.4. Calendario (Diagrama de Gantt)

Tabla 3: Diagrama de Gantt del proyecto (Elaboración propia)

Tarea	22-28 Feb.	1-7 Marzo	8-14 Marz	15-21 Mar.	22-28 Mar.	29-04 Abril	5-11 Abril	12-18 Abril	19-25 Abril	26-2 Mayo	3-9 Mayo	10-16 May	17-23 May	24-30 May	31-6 Junio	7-13 Junio	14-20 Junic
1.1.1.a	█																
1.1.1.b	█																
1.2.1.a																	
1.2.1.b		█															
1.2.2.a	█	█															
1.2.2.b		█															
1.2.2.c		█															
1.2.3.a			█														
1.2.3.b			█	█													
1.2.4.a			█														
1.2.4.b			█	█													
1.3.1.a				█													
1.3.1.b				█	█												
1.3.1.c					█												
1.3.1.d					█												
1.3.1.e						█											
1.3.2.a						█											
1.3.2.b						█	█										
1.3.2.c							█										
1.3.2.d							█										
1.4.1.a							█	█									
1.4.1.b								█	█								
1.4.2.a									█	█							
1.4.2.b										█	█						
1.4.3.a											█	█					
1.4.3.b												█	█				
1.5.1.a												█	█	█	█	█	█
1.5.1.b												█	█	█	█	█	█
1.5.1.c												█	█	█	█	█	█
1.5.1.d													█	█	█	█	█
1.5.1.e														█	█	█	█
1.5.1.f															█	█	█
1.6.1.a	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

2. Proyectos con contenedores

Actualmente existe un gran listado de proyectos realizados por todo el mundo en el que se utilizan contenedores marítimos como estructura principal. Las utilidades de estas edificaciones son diversas y están enfocadas a distintos ámbitos como por ejemplo para la construcción de viviendas, centros de atención primaria o incluso casetas de jardín.

Algunos de estos proyectos son por ejemplo:

La 'Ciudad contenedor'. Así es cómo comúnmente se le llama a la construcción de un bloque de viviendas ubicado en Londres. Esta edificación fue construida en un término de apenas 5 meses en el año 2001 y, cómo puede apreciarse en la ilustración 2, tiene una altura de 5 pisos de contenedores y un número de 14 viviendas. Por último, esta construcción fue creada a partir de un porcentaje de materiales reciclados del 80%.



Ilustración 2: Ciudad contenedor ubicada en Londres (Fuente: <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/container-city/>)

Otro de los proyectos que ya se han realizado sobre contenedores marítimos y que, se sitúan dentro de la región en la que se debe realizar la residencia universitaria de este proyecto es el edificio de viviendas sociales construido en el centro de Barcelona. En el que se consiguió una alta sostenibilidad.

Este edificio cuenta con un total de 12 viviendas y en un tiempo aproximado de 4 meses. El precio aproximado de esta construcción fue de aproximadamente 940.000€.



Ilustración 3: Edificio a partir de contenedores marítimos en Barcelona (Fuente: <https://www.elperiodico.com/es/barcelona/20191216/barcelona-termina-edificio-pisos-contenedor-7776831>)

3. Memoria Descriptiva

3.1. Contenedores marítimos

En este primer apartado de la memoria descriptiva de este proyecto, se verán los distintos estudios relacionados con los propios contenedores marítimos, y que son necesarios para el desarrollo del proyecto.

3.1.1. Ventajas y desventajas de la utilización como estructura en un edificio

Los contenedores marítimos tienen una serie de ventajas y desventajas que pueden afectar al ámbito de la construcción, y son los siguientes:

Ventajas

Son mundialmente utilizados para el transporte marítimo, por lo que serían muy fácil de conseguir para poder reutilizarlos, además de que, al ser una estructura tan consolidada en el transporte de mercancía desde hace años, estos han sido mejorados con el fin de poder mejorar los tiempos de carga y descarga de mercancías y de poder manipularlos fácilmente mediante maquinaria. Por lo que para utilizarlo como estructura para un edificio, resulta muy cómodo para posicionarlos y apilarlos y, al haber una gran variedad de contenedores estipulados por la ISO, hay un gran abanico de posibilidades en cuanto al diseño de edificios.

Si hablamos de las propiedades mecánicas, los contenedores marítimos presentan una alta robustez, ya que están específicamente diseñados para soportar un número elevado de Kilogramos (cómo se verá posteriormente). Además, presentan una vida útil muy larga debido a que son, en su mayoría, formados principalmente de acero.

Otra gran ventaja en este aspecto es la gran ligereza del acero y cómo afecta esto en el poco peso que poseen estos contenedores. Puesto que pesan tan poco con respecto a materiales tradicionales de construcción cómo por ejemplo el hormigón, presenta una gran ventaja frente a terremotos y requieren de menor cementación en la estructura.

Otra de las ventajas es que, al ser hechos con un material tan universal y utilizado cómo es el acero, se pueden cortar fácilmente secciones con el fin de poder (cómo se ha mencionado anteriormente) conseguir diferentes estructuras y combinaciones entre contenedores.

Si hablamos de costes, podemos decir con claridad que es una de los mejores sustitutos de los materiales tradicionales de edificación debido a que, al ser reutilizados, únicamente hemos de preocuparnos por el coste de manipulación de estos. Todo y que hemos de añadir ciertos elementos externos para poder completar la construcción.

Medioambientalmente hablando, cómo se ha mencionado anteriormente también es la mejor opción por utilizarlos reciclados.

Desventajas

Por otro lado, estos elementos tienen una serie de desventajas a tener en cuenta en la construcción. Una de las más importantes es que tienen unas dimensiones fijas y

normalizadas, por lo que será necesario adaptarse a estas medidas y hacer las modificaciones y adaptaciones mínimas para afectar lo menos posible a los gastos que esto conlleva.

Algo que debemos de tener en cuenta es que, al ser todo ello una estructura completamente metálica, es evitar la corrosión para no generar un deterioro y no afectar la rigidez. Ya que el mantenimiento en ese caso, es muy costoso.

3.1.2. Clasificación

A continuación estudiaremos los diferentes tipos más utilizados de contenedores marítimos [1] establecidos en la ISO en función de sus características y prestaciones:

- Dry Van: Es el contenedor más utilizado debido a que es ideal para el transporte de los productos secos. Es un contenedor completamente cerrado y hermético, con una elevada rigidez y con una muy alta resistencia al agua.



Ilustración 4: Contenedor Dry Van (Fuente: <http://www.pitarchlogistica.com/es/noticias/contenedores-transporte-maritimo-caracteristicas>)

- Open Top: Este tipo de contenedor está diseñado con el fin de poder transportar mercancía voluminosa, debido a que dispone de un techo de apertura. Por lo que la parte superior se encuentra con una obertura además de seguir contando con puerta lateral. Las paredes generalmente son de acero y la parte del suelo, de madera.



Ilustración 5: Contenedor Open Top (Fuente: <http://www.pitarchlogistica.com/es/noticias/contenedores-transporte-maritimo-caracteristicas>)

- Refrigerado: Es un tipo de contenedor utilizado en el transporte de mercancías de tipo alimenticio que necesitan de una cadena de frío. Están diseñados para controlar una temperatura constante en su interior en el transporte para mantener frescos los alimentos. Suelen tener equipados un motor eléctrico para mantener la temperatura deseada, por lo que es capaz de mantener la mercancía a una temperatura de hasta – 30 °C. Algunos también son capaces de controlar la humedad de su interior.



Il·lustració 6: Contenedor Refrigerado (Fuente: <http://www.pitarchlogistica.com/es/noticias/contenedores-transporte-maritimo-caracteristicas>)

- Open Side: Disponen de una posible abertura lateral en una de sus paredes más largas, por lo que, al igual que con el Open Top, es posible cargar mercancías de grandes dimensiones en su interior. Esto permite ahorrar tiempo en para la carga y descarga con la carretilla.



Il·lustració 7: Contenedor Open Side (Fuente: <http://www.pitarchlogistica.com/es/noticias/contenedores-transporte-maritimo-caracteristicas>)

- Tanque: Este tipo de contenedores son regulados por la ISO 1496, debido a que son utilizados para el transporte de polvo, líquidos y gases. Algunos de estos productos pueden ser productos peligrosos, por lo que han de ser tratados de una forma diferente a los anteriores con el fin de evitar cualquier riesgo (tanto ambiental cómo de salud).



Il·lustració 8: Contenedor Tanque (Fuente: <http://www.pitarchlogistica.com/es/noticias/contenedores-transporte-maritimo-caracteristicas>)

- Flat rack: Se caracteriza por disponer de paredes laterales desmontables y de poder plegar las paredes de los extremos. Son utilizados para transportar productos que por sus dimensiones no pueden ser transportados dentro de un contenedor. Con esto se consigue poder sujetar los productos aún si sobresalen debido a las dimensiones.



Il·lustració 9: Contenedor Flat rack (Fuente: <http://www.pitarchlogistica.com/es/noticias/contenedores-transporte-maritimo-caracteristicas>)

Los contenedores marítimos, además de clasificarse según sus prestaciones y su uso destinado, también podemos encontrar una clasificación según sus dimensiones dentro de cada uno de ellos. Se utilizan más habitualmente 2 tipos de medidas establecidas por la ISO 668:2 [2] dentro de cada uno de ellos, los cuales son denominados: de 20 pies, y de 40 pies. A continuación se muestra una tabla de las medidas expresadas en metros de cada uno de ellos además de sus pesos.

Tabla 4: Tipos y medidas de contenedores marítimos (Elaboración propia)

	Interior			Exterior			Peso	
	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Largo (m)	Peso total (MKg)	Peso de carga máx. (MKg)
Dry Van 20 pies	2,34	2,4	5,9	2,44	2,6	6,1	23,956	21,727
Dry Van 40 pies	2,35	2,393	12,03	2,44	2,59	12,19	30,481	26,78
Open Top 20 pies	2,352	2,395	5,9	2,44	2,59	6,1	23,994	21,6
Open Top 40 pies	2,352	2,395	12,01	2,44	2,59	12,19	30,48	26,630
Refrigerado 20 pies	2,28	2,33	5,54	2,43	2,59	6,05	300,48	27,32
Refrigerado 40 pies	2,26	2,18	11,48	2,43	2,89	12,19	30,415	25,526
Open Side 20 pies	2,287	2,299	5,898	2,43	2,59	6,06	24	20,6
Open Side 40 pies	2,287	2,461	12,032	2,43	2,89	12,19	34	18,080
Flat rack 20 pies	2,438	2,233	5,638	2,43	2,59	6,05	45	42,10
Flat rack 40 pies	2,23	2,27	11,98	2,43	2,59	12,192	44,6	38,75

3.1.3. Material y partes de los contenedores

Los contenedores marítimos están hechos de acero corrugado, debido a que ha de poder cumplir con unas condiciones determinadas de rigidez y dureza para soportar la continua manipulación y reutilización. Además de acero, algunos también están compuestos de partes de aluminio y/o madera contrachapada.

Para todos los tipos de contenedores en general, se pueden diferenciar distintas partes y componentes. De los cuales las más importantes son:

- Paneles laterales: Hechas de acero corrugado, son paneles que se sueldan a la caja antes de colocar el techo en su proceso de fabricación. La parte exterior conserva la forma corrugada.
- Panel inferior: Es una resistente placa compuesta por una serie de paneles de madera contrachapada y vigas transversales que van desde una viga inferior lateral a la otra. Tal y cómo se ilustra en la siguiente imagen.

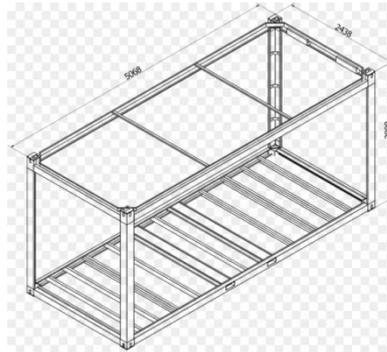


Ilustración 10: Vigas del panel inferiores (Fuente: https://www.academia.edu/8696945/PARTES_DEL_CONTENEDOR)

- Postes de esquina: Son componentes verticales situados en las 4 esquinas del contenedor con el fin de poder soportar correctamente todo el peso.
- Vigas laterales superiores e inferiores: Son vigas horizontales que cierran la estructura lateralmente.
- Cantoneras: Son elementos que se encuentran en las esquinas del contenedor, en la parte exterior. Son elementos que tienen la función de facilitar la manipulación con la maquinaria de transporte, por lo que estos elementos disponen de una alta resistencia.
- Sistema de cierre: Son todos aquellos componentes necesarios para la abertura y cierre de la puerta cómo son: burletes, bisagras, barra de cierre...

En el último paso del proceso de fabricación, estos contenedores se lijan para eliminar las irregularidades y las esquinas, además de someterlos a un proceso de imprimación y arenado para su posterior pintado.

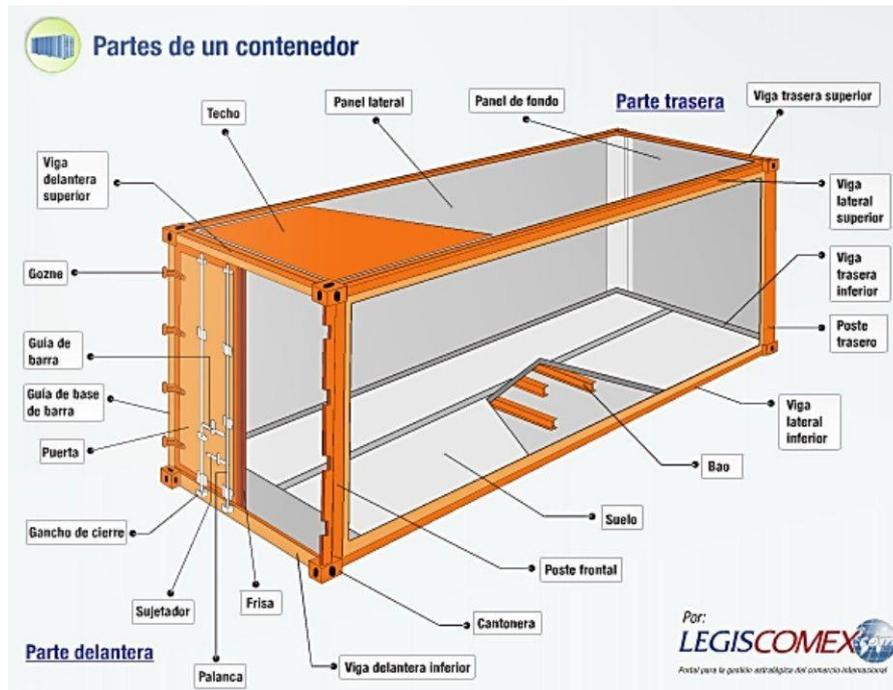


Ilustración 11: Partes comunes de los contenedores (Fuente: https://www.academia.edu/8696945/PARTES_DEL_CONTENEDOR)

3.1.5. Transporte y manipulación de contenedores marítimos

Para el transporte de los contenedores marítimos hasta la zona dónde se establecerá nuestra residencia, es necesario que se realice de una forma segura y eficaz. Como se ha mencionado anteriormente, estos contenedores son fáciles de manipular y transportar, puesto que están preparados para ello.

Para poder transportar y poder colocarlos en el momento de la construcción, es necesario disponer de las herramientas y maquinaria correcta. Así pues, las herramientas que mas suelen utilizarse en este tipo de maniobras son las siguientes:

- Carretillas elevadoras: Este tipo de herramienta que es manipulada por un operario. Sirve para el transporte a motor de los contenedores con los cuales se puede regular la altura y poder colocarlos a cierta altura. Hay limitación de altura en función del tipo de carretilla.



Ilustración 12: Carretilla elevadora (Fuente: <https://www.google.es/imghp?hl=es>)

- Grúa de elevación: Cuando se requiere alcanzar ciertas alturas que con una carretilla no es posible, se suele requerir la utilización de Grúas monitorizadas. Para estas grúas, suelen haber 2 opciones de agarre al contenedor:

1. La primera opción, es utilizar un Spreader. Es un sistema elevador el cuál se sitúa entre la carga y la grúa. Su función es la de con los agarres de los que dispone, sujetar el contenedor a través de sus cantoneras.
2. La segunda opción es la de utilizar un sistema de amarre llamados "Eslingas" directamente anclados a las cantoneras del contenedor. Es una solución menos eficaz debido a que el contenedor puede rotar, pero es más económica.



Ilustración 13: Agarre Eslingas (Fuente: <https://www.google.es/imghp?hl=es>)



Ilustración 14: Agarre Spreader (Fuente: <https://www.google.es/imghp?hl=es>)

- Grúa apiladora de alcance: También conocida como montacargas, este tipo de grúa con un brazo mecánico de distinto alcance y altura. Es capaz de apilar, cargar, descargar y trasportar.



Ilustración 15: Grúa apiladora de alcance (Fuente: <https://www.google.es/imghp?hl=es>)

- Carretilla pórtico: Normalmente se usa únicamente para el transporte de los contenedores dentro del recinto, pero también son capaces de apilar sobre otro contenedor. Alcanzan una altura más limitada que las grúas.



Il·lustració 16: Carretilla pòrtico (Fuente: <https://www.google.es/imghp?hl=es>)

3.2. Sostenibilidad

La sostenibilidad es un concepto que apareció por primera vez en el 1987 en el Informe Brundtland. En el congreso de las Naciones Unidas. Este concepto se definió de la siguiente forma:

El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades, y encierra en sí dos conceptos fundamentales.^[3]

3.2.1. Las ODS

Los 17 Objetivos del desarrollo sostenible, son una serie de objetivos incluidos en la Agenda 2030 de la ONU para el desarrollo sostenible ^[4]. Estos objetivos se dividen en metas específicas que deben alcanzarse en un periodo de tiempo de aproximadamente 15 años para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la correcta prosperidad de la humanidad.

Aunque la agenda fue creada por las naciones unidas, estas no tienen el “poder” de obligar a los estados miembros de tomar unas decisiones u otras. Para ello, esta agenda es multinivel (realizable a escala local, regional, estatal y continental) y multiactor (deben de participar miembros de distintos ámbitos y sectores). Debido a esto, se requiere de la implicación de todos los sectores y ámbitos para conseguirlo.

Por ende, en este proyecto y, dado la indivisibilidad de la agenda, las decisiones sobre este proyecto no pueden ir contra ninguno de los 17 objetivos y se cumplirán los posibles. Dado que este es un proyecto basado en la arquitectura sostenible, las 2 ODS en las que se enfocará mayor atención son:



Este conjunto de sub-objetivos se basan en la reducción de la huella ecológica con cambios en los métodos de producción y gestionar eficientemente los recursos ambientales así cómo la forma de eliminación de los desechos tóxicos.

7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE



Estos objetivos se basan en invertir en fuentes de energía limpia y mejorar la productividad energética contando con la mejora de la tecnología.

3.2.2. Arquitectura sostenible

En cuanto a la sostenibilidad en la arquitectura, esta es denominada como arquitectura sostenible.

La arquitectura sostenible consiste en la utilización de materiales y técnicas de construcción que sean respetuosos con el medio ambiente. Además, entre estos aspectos también se tienen en cuenta otros como, las condiciones del lugar donde se establece la edificación y buscar la minimización de los impactos generados mediante el consumo energético, contando con fuentes de energía renovables.

Para poder conseguir esto, se busca optimizar aspectos como:

- Iluminación.
- Ventilación natural.
- Aprovechamiento de las condiciones climáticas.
- Orientación del edificio.
- Ecosistemas del entorno.

Para este proyecto se buscará, en la medida de lo posible, utilizar materiales sostenibles y adaptar una fuente de energía renovable para abastecer la iluminación de toda la edificación.

3.2.2.1. Materiales; ODS 12

Los materiales y componentes que se escogen para un edificio influyen directamente en el diseño y rendimiento de este.

Esta elección puede influir en impactos ambientales en diferentes aspectos del proceso como son: fabricación, procesamiento, transporte, mantenimiento, etc.; También pueden influir de forma no tan directa como es en el rendimiento ambiental del propio edificio.

La estructura del edificio, al estar formada principalmente por contenedores marítimos en desuso, ya está considerado un material sostenible por el hecho de reutilizarlos. Además, si tenemos en cuenta los materiales de los que están compuestos, estos son principalmente acero y madera (base de los contenedores).

A continuación se detallarán los materiales que se utilizarán en este proyecto y su relación con la sostenibilidad:

Madera

En el caso de la madera, es uno de los materiales más sostenibles que existen debido a que tras su vida útil, este puede reciclarse con facilidad o incluso valorizarlo energéticamente como energía de biomasa.

En este proyecto, se utilizarán paneles MDF ignífugos en ciertos casos que se explicarán en el apartado de Memoria constructiva. Estos paneles están compuestos de fibras de madera que, además de ofrecer alta resistencia contra el fuego, también ofrece un buen aislamiento térmico y sonoro debido a las propiedades de la madera.

Acero

El acero presenta distintas ventajas sostenibles a lo largo de todo su ciclo de vida. Algunas de estas son las siguientes:

Cómo material:

- Alta durabilidad y reciclabilidad.
- Mínima generación de residuos en su fabricación.
- Dado que gran porcentaje de los recursos son reutilizados, en su fabricación se consigue ahorrar en materia prima y energía.

En la fase de construcción:

- Mayor seguridad.
- Menor ruido de maquinaria.
- Mayor facilidad de montaje. Materiales prefabricados.

Durante su vida útil:

- Mayor longevidad.
- Fácil mantenimiento.
- Buen aislante acústico.

Al final de la vida útil:

- Mayor facilidad de desmontaje de la estructura.

Aluminio

El aluminio, aparte de ser un material muy resistente a corrosión, impermeable, dúctil, ligero y de larga vida útil, también es un material 100% reciclable. Puede ser reciclado un ilimitado número de veces sin perder en ningún grado sus altas cualidades.

Además, en el proceso de reciclado, se consigue ahorrar prácticamente un 95% en energía que si se usase aluminio extraído. Lo que lo hace ideal para reciclar.

Tal y cómo se ha mencionado anteriormente, el aluminio ofrece una larga vida útil en servicio. Esto permitirá el uso constante de material sustitutorio y mantenimiento a lo largo del tiempo.

Lana de roca

Este material ofrece unas excelentes propiedades en cuanto a aislamiento térmico y acústico se refiere.

Se fabrica a partir de la fundición a piedras hasta alcanzar temperaturas por encima de 1600°C que posteriormente se transforma en fibras mediante centrifugado.

Gracias a su procedencia, la lana de roca es un material que tiene un porcentaje de material reciclado de entre un 70 y un 90%.

Para resumir, algunas de sus propiedades son:

- Excelente resistencia térmica.
- Baja probabilidad de formación de moho debido a que es un material inorgánico.
- Buen comportamiento frente al fuego. Clasificación A1.

Por todo ello, se considera un elemento altamente sostenible que puede reciclarse.

Pladur

El pladur es un material compuesto por celulosa y yeso. Si bien es cierto que el yeso no es un material plenamente sostenible, se utilizará en este proyecto junto a azulejos en los casos en los que las condiciones del espacio requieran de materiales más resistentes en condiciones térmicas y de humedad.

Se utilizará este material para estos casos debido a que ofrece una gran resistencia, flexibilidad y adaptabilidad. Ayuda a mejorar la resistencia térmica y acústica de las superficies dónde se aplica, y por tanto, la eficiencia energética del edificio.

Medioambientalmente, el yeso presenta menores impactos si se utilizan materiales reciclados en su elaboración. Según un estudio realizado por la Universidad Politècnica de Catalunya sobre la "Viabilidad ambiental del reciclaje del yeso", el reciclaje del yeso presenta menor grado de impacto respecto a la obtención de yeso natural debido a que se evita la extracción de materia prima original [5]. Además, las placas de yeso laminado puede llegar a ofrecer prestaciones en la instalación que contribuyen a las certificaciones ambientales [6].

Para poder cerciorarse bien de que el origen de las placas de pladur que se usarán en este proyecto es de origen sostenible, se contarán con placas de empresas certificadas con la norma ISO 14001:2015 [7], el cual es un sistema de gestión ambiental. Se propone la utilización de placas de pladur de la empresa *Pladur* [8], que cuenta con este sistema de gestión.



Ilustración 17: Placas de pladur (Fuente: <https://empresareformasintegralsbarcelona.com.es/placas-de-pladur-medidas-y-precios>)

Cerámica; Gres porcelánico

Se utilizará gres porcelánico para el alicatado de zonas en los que el nivel de humedad sea alto y, por lo tanto, no es posible utilizar otros materiales. Estos elementos son elementos cerámicos que ya desde su origen (los componentes base) es un material sostenible. La materia prima de un material cerámico es la arcilla, que mediante un proceso de cocción se transforma en un producto natural.

Alguna de las aportaciones que ofrece este material a la arquitectura sostenible son:

- Reducción de materia prima: El gres porcelánico puede alcanzar grosores muy finos que, incluso reduciendo así el peso de este, siguen ofreciendo unas buenas prestaciones. Esto se traduce en un ahorro en la materia prima para la elaboración de estos elementos y una disminución en la energía requerida para ello.
- Materia prima: El hecho de que se forme a partir de un material natural (arcilla) y, únicamente mediante cocción, hace que la cerámica sea un componente altamente sostenible.
- Sostenibilidad energética: Además, debido a que ofrece un alto aislamiento térmico, ofrece una mayor eficiencia energética.

3.2.2.2. Elección de los materiales mediante etiquetas

Uno de los problemas a afrontar en el momento de compra de los materiales para la construcción, es la dudosa sostenibilidad de ciertos productos pese a, en ciertos casos, poseer de la palabra “ecológico”. Estos deben de disponer de implicaciones por el medioambiente ya sea por sus componentes cómo por su proceso productivo para poder alcanzar una mayor sostenibilidad.

Para poder cerciorarse de la veracidad de los productos en cuanto a estas implicaciones, existen ciertas etiquetas medioambientales de las cuales, para todos los productos y elementos de este proyecto, se contará de alguno de ellos.

Algunas de estas etiquetas son:

ECOLABEL

Esta es una etiqueta a nivel Europeo que se indica que cumple con una serie de altos estándares ambientales a lo largo de su ciclo de vida. Por lo que es un indicativo de bajo impacto ambiental.



Ilustración 18: Logo certificado ECOLABEL (Fuente: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/etiqueta-ecologica-de-la-union-europea/>)

PEFC

Esta etiqueta corresponde a un certificado llamado “Programa para el Reconocimiento de Certificación Forestal” con el cual se asegura que el producto proviene de la gestión sostenible de los bosques para contribuir a la preservación de los bosques y la biodiversidad forestal.



Ilustración 19: Logo PEFC (Fuente: <https://www.pefc.es/>)

3.2.2.3. Eficiencia energética; ODS 7

La eficiencia energética no es más que el uso eficiente de la energía y, en el caso de un edificio, está relacionado con la manera con la que generamos y tratamos esta energía. Para que un edificio sea energéticamente eficiente ha de tener un consumo inferior a la media en esa actividad y abastecerse, completamente o parcialmente, de energías renovables.

Esta gestión de la energía, conlleva consigo una serie de ventajas y desventajas y, en el caso de una residencia universitaria, son las siguientes:

Ventajas

- Medioambientales: Al consumir menos cantidad de recursos para generar energía, se genera menor explotación de los recursos naturales. Lo cual se transforma en menor impacto medioambiental y, de cara a la imagen de la empresa, mejora la relación con los clientes.
- Económicas: En el caso de ser eficientes energéticamente, se consume consecuentemente menos energía. Por lo que el coste en las facturas se ve notablemente reducido.
- Mayor competitividad empresarial: El hecho de que se gaste menos en la en el aspecto energético, la empresa puede destinar esta parte económica a otros aspectos del negocio.

Desventajas

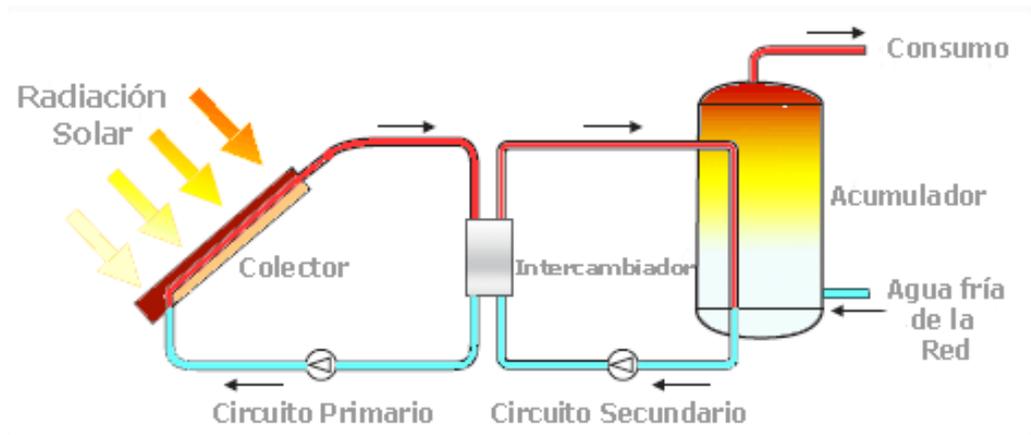
- Obsolescencia programada: Es un concepto utilizado para referirse al hecho de que debido al rápido avance en el desarrollo de las tecnologías, los usuarios se ven obligado a cambiar cada cierto tiempo sus aparatos eléctricos. Lo que implica un gasto económico importante debido a que las alternativas eficientes son más caras.
- Medioambientales: En el caso de los aparatos electrónicos, su producción genera una serie de residuos muy difíciles de reciclar o reutilizar.

A nivel Europeo, la Unión europea pactó y firmó un objetivo llamado Objetivo 20-20-20 [\[9\]](#) para alcanzar una mayor eficiencia energética. En este Objetivo se propone conseguir una política más sostenible mediante una reducción del consumo del 20% y la reducción de las emisiones contaminantes. Según la Agencia Internacional de Energías Renovables [\[10\]](#), la manera más eficiente de conseguirlo es haciendo uso de energías renovables, las cuales vienen dadas por fuentes alternativas. Y, si tenemos en cuenta cuales son el tipo de fuentes alternativas que más se pueden adaptar a los edificios, dadas las tecnologías actuales, son las provenientes de la energía solar.

La energía solar es un tipo de energía renovable que se obtiene a partir de radiación sola. Por lo que es considerada así ya que extrae la energía de una fuente natural e inagotable.

Energía solar térmica

Este tipo de energía capta el calor generado por el sol y la transmite al sistema de suministro de agua siguiendo el circuito mostrado a continuación:



Il·lustració 20: Representació de un circuit solar tèrmic (Fuente: <https://solar-energia.net/energia-solar-termica>)

Por lo que, a través de un intercambiador, el agua del circuito secundario capta el calor del agua del circuito primario. Posteriormente se consume el agua de un acumulador dónde el agua ya se encuentra calentada. En el caso de no estarlo debido a la falta de radiación solar, existe un aparato de apoyo que calienta agua por sí mismo.

Las ventajas y desventajas que presenta este sistema para calentar el suministro de agua con respecto a los calentadores convencionales son:

Tabla 5: Ventajas y desventajas de la energía solar frente a la energía convencional (Elaboración propia)

Ventajas	Desventajas
Fuente renovable y sostenible	Alta inversión inicial
Menor coste en consumo de electricidad	Gran dependencia del clima
Compatible con otras fuentes de energía	Necesidad de espacio físico para la instalación
Silenciosa	Dependencia del clima, se genera menos en invierno y mas silenciosa en verano.
Rápida instalación	

Energía solar fotovoltaica

Esta es la energía eléctrica que se produce debido al efecto fotovoltaico al captar radiación solar en un panel fotovoltaico. Esta radiación se transforma automáticamente en energía eléctrica mediante semiconductores conocido cómo células fotovoltaicas.

Estas células fotovoltaicas están formadas por silicios semiconductores que, al ser impactados por fotones de luz, generan una diferencia de potencial que se transforma en energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico [11]. Estas celdas fotovoltaicas se combinan entre ellas para generar mayor electricidad, formando así los denominados paneles solares.

Para poder tratar y usar correctamente un circuito eléctrico basado en paneles solares se necesitan principalmente los siguientes componentes:

- Baterías: Son utilizadas para almacenar la energía eléctrica producida por las placas para asegurar el continuo suministro en los siguientes casos en los que no hay radiación solar durante ciclos cortos o largos.

Estas baterías se deberán de conectar en serie, para poder alcanzar los niveles de tensión deseados para el circuito; y en paralelo para que la capacidad de esta energía almacenada sea suficiente.



Ilustración 21: Baterías (Fuente: <https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/>)

- Inversor: La función del inversor en este circuito es la de transformar la corriente continua generada por las placas o almacenada en las baterías en corriente alterna para el uso de componentes eléctricos que requieren este tipo de energía.



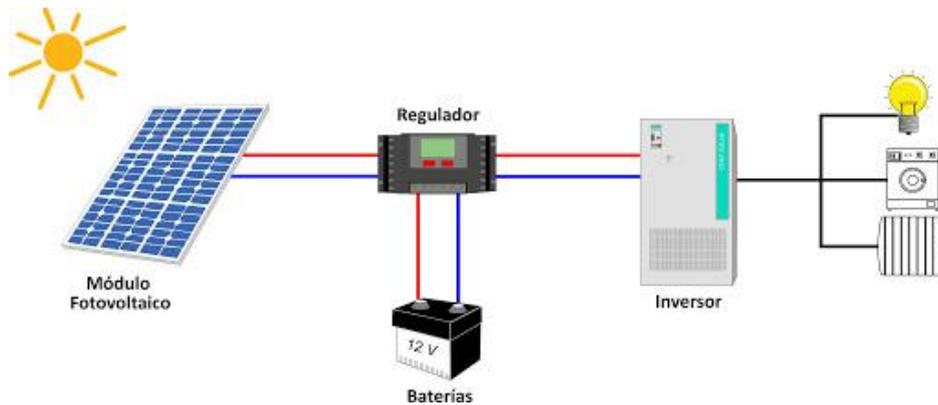
Ilustración 22: Inversor (Fuente: <https://inversor.solar/>)

- Regulador: Su función es la de controlar constantemente el estado de carga de las baterías a la vez que gestiona de intensidad de carga de estas. Por lo que ese componente se conecta con el fin evitar problemas de sobrecarga o la descarga completa pueden afectar al estado de estas.



Ilustración 23: Regulador (Fuente: <https://www.ecosolaresp.com/el-regulador-de-carga-solar/>)

A continuación se muestra una imagen del sistema de conexiones:



Il·lustració 24: Representació de un circuit elèctric basat en panells solars (Fuente: http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica_esquema.php)

En definitiva, esta energía obtenida mediante los paneles solares es variable, es decir, proporciona más o menos energía en función del día, condiciones meteorológicas y estación del año.

En cuanto a las ventajas y desventajas que presenta este tipo de fuente de energía con respecto a suministro eléctrico convencional proveniente de las compañías tenemos que:

Tabla 6: Ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica (Elaboración propia)

Ventajas	Desventajas
Fuente renovable y sostenible	Alta inversión inicial
Menor coste en consumo de electricidad	Limitación en la potencia de uso
Silenciosa	Gran dependencia del clima
Bajo mantenimiento	Necesidad de espacio físico para la instalación
Compatible con otras fuentes de energía	Dificultad de reciclaje
Cero dependencia de compañías externas	

3.3. Necesidades de una residencia universitaria

Según la Ley Orgánica 4/2007 [12], las residencias universitarias han de ser centros universitarios que han de proporcionar, además de alojamiento, una formación científica y cultural. Sin embargo, su gestión interna ha de depender en todo momento de cada universidad.

Por lo que, dicho de otra forma, son lugares en los cuales los estudiantes de una universidad se establecen y viven durante los periodos estudiantiles (en general) por diversas razones. Estas residencias han de permitir ofrecer al estudiante unas condiciones óptimas de habitabilidad para que puedan dedicarse plenamente a sus estudios, tareas, actividades académicas o cualquiera otro tipo de exigencia universitaria.

Es importante que las residencias universitarias cuenten con un buen ambiente en el cual el estudiantado pueda verse beneficiado, a parte del ámbito estudiantil, en diferentes aspectos cómo pueden ser:

- Compañerismo. Generalmente conseguido mediante la estancia en las zonas comunes de la residencia.
- Seguridad.
- Ocio, relajación y deporte.
- Servicios de limpieza.

3.3.1. Clasificaciones

En la mayoría de casos, existen 2 tipos de residencias universitarias en función de su administración:

1. No inscritas a una Universidad
2. Inscritas a una Universidad

En cuanto a los elementos necesarios que debe de disponer una universidad, depende de qué tipo de universidad es. En el caso de las inscritas a una Universidad, esto depende de los estatutos de dicha Universidad, puesto que disponer de estos elementos forma parte de los requisitos para poder estar inscrita en ella. Sin embargo, si la universidad no está inscrita, depende de ella misma los elementos de los cuales disponga.

En cuanto al tipo de residencias, esta también se pueden clasificar en:

- Mixta: 92% de las universidades en Barcelona
- Un solo sexo: 8%

El tipo de residencia universitaria por el que se ha optado en este proyecto es de régimen mixto y no inscrito a ninguna Universidad.

3.3.2. Distribución de espacios de una residencia universitaria

En lo necesario en cuanto a espacios comunes de una residencia universitaria, no existe ningún tipo de código normativo específico para los alojamientos universitarios cómo lo hay para el sector de los hoteles. Sin embargo, sí que según el Real Decreto 1791/2010 del estatuto del estudiante universitario [13], las instalaciones de las residencias universitarias deberán ser accesibles a las personas con discapacidad.

3.3.2.1. Interior de las habitaciones

En España, según se puede observar en la mayoría de residencias universitarias, hay una cierta tendencia de disposición de habitaciones compartidas, de hecho, es más común que las habitaciones individuales.

Dentro de cada una de las habitaciones, para poder satisfacer todas estas necesidades de una residencia universitaria, esta ha de contar con una serie de comodidades las cuales se pueden dividir en 4 grandes grupos:

1. Disponer de un mobiliario actualizado: La habitación ha de disponer cómo mínimo para cada uno de los residentes de una cama, escritorio y armario.
2. Instalaciones necesarias así cómo una buena iluminación y calefacción.
3. Conexión a internet: Hoy en día la digitalización está a la orden del día y, para la mayoría de asignaturas que se imparten en la universidad, en imprescindible disponer

de conexión a internet para el estudio autónomo y la realización de trabajos o exámenes a distancia.

4. Distribución adecuada del espacio para el disfrute del estudiante: Siempre siguiendo las normas estipuladas en el CTE.

Para nuestro proyecto en concreto y, al tener en cuenta todos los anteriores puntos, se ha establecido que las habitaciones serán todas destinadas para 1 personas. En el interior de cada una de ellas, se dispondrá de cama, baño, y una zona destinada al estudio. Mas adelante en este proyecto, se especificará en detalle cada uno de los elementos que conformarán el interior de las habitaciones.

3.3.2.2. Zonas comunes

Todas estas zonas serán necesarias para que los estudiantes puedan conocer y conectar con los demás estudiantes y compañeros y así poder desarrollar un mayor nivel de conexión con ellos.

Para poder establecer con qué zonas ha de contar nuestra residencia para una satisfactoria y cómoda estancia de los estudiantes, se empezará haciendo un estudio de las zonas y prestaciones con las que cuentan las residencias universitarias más exitosas de Barcelona. Así pues, si podemos cubrir la gran mayoría de las prestaciones que poseen, se podrá conseguir con más certeza el éxito del negocio.

- Residencia Universitaria Barcelona Diagonal [\[14\]](#)
 - Comedor comunitario
 - Lavandería autoservicio
 - Servicio de Vending
 - Sala de estudio
 - Sala fitness
 - Sala de ocio
 - Piscina exterior
- Residencia Universitaria Torre Girona [\[15\]](#)
 - Bar – Cafeteria
 - Cocina dentro de cada una de las habitaciones
 - Lavandería autoservicio
 - Servicio de Vending
 - Sala de estudio
 - Sala fitness
 - Sala de ocio
 - Terraza exterior
- Residencia Universitaria Campus del Mar [\[16\]](#)
 - Cocina dentro de cada una de las habitaciones
 - Lavandería autoservicio
 - Zona de ordenadores e impresoras
 - Parking de coches
 - Sala de estudio
 - Sala fitness

- Sala de TV y DVD
- Sala de juegos
- Residencia Universitaria Campus La Salle [\[17\]](#)
 - Comedor comunitario
 - Lavandería autoservicio
 - Servicio de Vending
 - Sala de estudio
 - Sala fitness
 - Sala de ocio
 - Instalaciones deportivas

3.4. Estudio del entorno y localización

Para nuestro proyecto, una de las condiciones es que esta edificación esté situada en Catalunya. En este primer apartado se pasará directamente a estudiar cuales es la mejor opción en cuanto a localización exacta para situar nuestra residencia universitaria.

En lo referente a la ubicación de esta, han de estar establecidas cerca de un campus universitario o universidad para una buena conexión residencia-universidad. Esto significará un ahorro en términos de tiempo de desplazamientos y gastos de transporte, por lo cual se ven beneficiados los residentes.

Por lo que, para además poder obtener la mayor cantidad de clientes potenciales, situar la residencia universitaria cerca de un campus universitario en lugar de al lado de una única universidad, es una mejor opción. Si buscamos los principales campus universitarios dentro de Catalunya tenemos que:



Ilustración 25: Campus universitarios de Cataluña (Fuente: <https://www.enplenesfacultats.org/>)

Cómo podemos observar, la ciudad de Barcelona posee una mayor concentración de campus universitarios, por lo tanto de universidades. Debido a esto y, debido a los datos mencionados

anteriormente en los que Barcelona se sitúa en el puesto número 8 de ciudades mejor valoradas de Europa, se pasará a estudiar el mercado en esta región.

3.4.1. Estudio de Mercado

Para poder saber si será viable en cuanto a ventas establecer la residencia en esta ciudad, se pasará a estudiar cuál es aproximadamente el número de clientes potenciales que se encuentran en la ciudad de Barcelona, que es dónde se situará.

Para ello se ha consultado, en el Instituto Nacional de Estadística, los datos del número de estudiantes extranjeros que cursaron sus estudios en las universidades de Barcelona durante el curso 2018/2019 [18].

Los datos son los siguientes:

Tabla 7: Número de estudiantes extranjeros en universidades de Barcelona (Elaboración propia)

Sistema Universitario	Estudiantes visitantes en Catalunya
Universidad de Barcelona (UB)	2.117
Universidad Politècnica de Catalunya (UPC)	1.384
Universidad Pompeu Fabra (UPF)	1.886
Universidad Ramon Llull	1.341
Universidad Abat Oliba CEU	144
Universidad Autònoma de Barcelona	3.963
Universidad Internacional de Catalunya	231
Total	11.066

*Debido a que la UNED es de régimen semi-presencial es difícil estimar la cantidad, por lo que no se tendrá en cuenta para este estudio.

Cómo podemos observar, la cantidad de posibles clientes para todas las residencias universitarias de Barcelona aumenta a 11.066 en la ciudad de Barcelona.

Sin embargo, esta cantidad se ha de comparar con la cantidad de plazas que posee actualmente la ciudad para albergar a los residentes, la cual hace referencia a la suma de plazas de todas las demás residencias universitarias. Por lo que, según el estudio realizado por la empresa "Jones Lang LaSalle" en 2017 [19], esta cantidad es de aproximadamente 6.054.

Con todo esto se ve una clara descompensación entre la oferta y la demanda que favorece al negocio de las residencias universitarias en Barcelona. Además, como esta diferencia es de más de 5.000 clientes, no se preverán problemas en relación a las plazas a no ser que se supere esta cantidad en la capacidad máxima de la residencia.

3.4.2. Localización y sostenibilidad del solar

Para la localización exacta, se necesitará un terreno situado lo suficientemente céntrico puesto que es dónde se establecen las principales universidades cómo por ejemplo la UB, UPC o UPF. Además, ha de ser un terreno lo suficientemente grande y espacioso para que se pueda edificar sin problemas con la mayor capacidad posible.

Cómo solar en el cuál establecer la edificación se ha estudiado entre varias localizaciones tanto en el centro de Barcelona cómo por los alrededores, y se han tomado en cuenta las siguientes consideraciones y factores:

- Distancia a los campus universitarios: Cómo se ha mencionado anteriormente, es muy importante que esté a una distancia razonable con respecto a las universidades de los estudiantes.
- Transporte público: Muchos de los estudiantes de la residencia no dispondrán de vehículo propio, por lo que contar con una buena red y combinación de transporte público cercano será clave.
- Dimensiones del terreno: El terreno deberá contar con una forma y metros cuadrados óptimos para poder edificar.
- Precio: Se ha de regir a una de las ventajas del proyecto que es el bajo coste. Tanto de construcción cómo de costes previos.
- Localización: Con el fin de poder ofrecer a los residentes unas buenas condiciones de confort y tranquilidad, se buscará un emplazamiento a las afueras del centro de la ciudad dónde los focos urbanos son menores y la posibilidad de que el terreno escogido tenga buena iluminación desde la mayoría de direcciones es mayor.

Por lo que, entre los pocos solares existentes que cumplen los requerimientos del proyecto, se ha decidido optar por un solar situado en el municipio de Sant Just Desvern. Más concretamente en Carrer de Narcís Monturiol nº 14. Este es un solar esquinero de 592 m² [20].



Il·lustració 26: Emplazamiento del terreno (Fuente: Google maps y Elaboración propia)

Cómo podemos observar, esta ubicación del solar también facilitará las maniobras de los camiones que transporten los contenedores debido a que las carreteras colindantes son lo suficientemente espaciaosas para ello.

En cuanto a la normativa referente a este terreno, según el plan urbanístico correspondiente, se indica que se permite la edificación en el 100% del terreno y tiene una edificabilidad de 2377 m².

Algunas de las ventajas de este terreno son:

- Entorno: Está situado en una zona tranquila y ligeramente apartada de los núcleos urbanos más concurridos del municipio, pero contando con establecimientos de compra de primera necesidad cercanas y accesibles. Está situado a 5 minutos a pie de 2 supermercados y 1 gasolinera. Además de contar, en sus alrededores, de bares y restaurantes. También se encuentra en la misma calle del Campo de Fútbol de Sant Justo Desvern, lo que será, en algunos de los casos, punto de encuentro para la socialización de los estudiantes.
- Transporte: Cuenta con una parada de Tram cercano (T3), Tren (R1 y R4), y parada de Autobuses. Para los estudiantes que disponen de vehículo propio, existe gran facilidad de estacionamiento a los alrededores de la residencia.



Ilustración 27: Lugares de interes próximos al terreno (Fuente: Google maps y Elaboración propia)

- Distancia a los campus universitarios más cercanos:
 - UNED: Universidad semi-presencial situada en el municipio de Sant Boi. Aproximadamente a 45 min con el servicio de autobús.
 - UPC (Universitat Politècnica de Catalunya): Campus universitario con varias universidades en la zona de Distrito de les Corts. Aproximadamente a 25 min con el servicio de TRAM (T3).
 - UB (Universitat de Barcelona): Al igual que con la UPC, esta es un campus universitario con varias universidades en la zona de Distrito de les Corts. Aproximadamente a 25 min con el servicio de TRAM (T3).

Además, cuenta con un campus en la zona del Hospital de Bellvitge. Aproximadamente a 40 min con el servicio de autobús y Rodalías.



Ilustración 28: Campus universitarios más próximos al terreno (Fuente: Google maps y Elaboración propia)

- Precio: El precio por metro cuadrado de este solar es de aproximadamente 1.845€. El precio es relativamente bajo ya que está situado más lejos del centro de la ciudad, dónde los precios pueden llegar a alcanzar hasta 12.000€/m² (según últimas ofertas en www.habitaclia.com).

Sostenibilidad del la ubicación

La sostenibilidad de una ubicación se puede evaluar a partir de las condiciones atmosféricas que presenta. Cuanto mejores sean estas condiciones, menos se tendrá que aportar para afrontarlas. Por ejemplo, cuanto mayor sea el nivel lumínico que presenta, menor será el impacto que generaremos en el uso de iluminación artificial.

Calidad del aire

El solar está ubicado en el límite entre la zona centro de Sant Just Desvern y la zona industrial. Este Municipio, según el Instituto de Estadística de Catalunya, tiene una media anual de partículas PM10 en el aire, de 21,6 µg/m³ [21] según el registro de contaminación atmosférica de 2019. Esto representa un nivel muy bajo según la escala del ICQA de Catalunya [22].

Además, en cuanto a los niveles de Ozono (O₃), suelen oscilar entre los 27 y 28 µg/m³. El cual según el índice de calidad del aire (ICA), se posiciona cómo de las mejores catalogaciones en cuanto a aire más limpio de Ozono.

Tabla 8: Índices de calidad del aire (Elaboración propia)

	PM10	O ₃
Muy bajo	0-25	0-60
Bajo	25-50	60-120
Promedio	50-90	120-180
Alto	90-180	180-240
Muy alto	>180	>240

Contaminación lumínica

En cuanto al impacto lumínico sobre el medio nocturno, o más comúnmente llamada como “Brillo del fondo de cielo”, esta se mide en valores de mag/arcsec². Según el mapa a tiempo real de “lightpollutionmap” [23], este solar tiene un fondo de cielo de aproximadamente 18,2 mag/arcsec². Lo que se traduce, según los umbrales establecidos por la dirección general de “Qualitat Ambiental i Canvi Climàtic”, en un valor bajo [24].

Tabla 9: Índices de calidad lumínica (Elaboración propia)

	Excelente	Muy buena	Buena	Moderada	Baja	Deficiente	Muy deficiente
mag/arcsec ²	>=21,40	21,39- 21,00	20,99- 20,00	19,99- 19,50	18,99- 18,00	17,99- 17,50	<=17,50

Contaminación acústica

La contaminación acústica existente en un lugar se expresa con un indicador de ruido ambiental de día-tarde-noche llamado Nivel equivalente. Este indicador se calcula de acuerdo a los métodos de evaluación establecido por la Unión Europea (Directiva Europea 2002/49/CE [25]) y se expresa en decibelios (con ponderación A) mediante la siguiente fórmula:

$$L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left(14 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 2 * 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right)$$

Realizando por lo tanto, mediciones previas en cuanto al nivel sonoro de mañana, tarde y noche, por separado.

Según el Mapa Estratégic de Soroll de “GenCat”, en el solar escogido se muestran unos niveles de L_{den} de entre 55 db(A) y 59 db(A) [26]. Estos valores son considerablemente menores a la mayoría de lugares de Barcelona, las cuales tienen un L_{den} de entre 65 db(A) y 74 db(A).

3.5. Necesidades y limitaciones constructivas

3.5.1. Cimientos

Los cimientos son la parte más importante de una construcción si hablamos de estabilidad de la estructura. Son todo el conjunto de elementos estructurales situados debajo de la edificación y apoyados al suelo, cuya misión es la transmitir las cargas producidas y distribuyéndolas hacia el terreno. Son elementos formados principalmente por hormigón.

En esta aplicación en cuestión, se requiere por seguridad, normativa, y estabilidad, de cimientos bajo la estructura, puesto que es una edificación que no es móvil, se dispone de diferentes plantas, y las cargas serán mayores. En el caso de no contar con cimientos es muy probable que, por el movimiento natural del terreno, en el peor de los casos los contenedores se partan o se separen.

3.5.2. Cubiertas

La cubierta es el elemento constructivo de cierre superior cuya función principal es la de proteger la parte superior del edificio. Son necesarias para protegerlos frente a los fenómenos meteorológicos tal cómo lluvia, calor, nieve, etc.

Este tipo de cerramiento superior ha de cumplir con una serie de funciones las cuales, las principales, son las siguientes:

- Resistencia y estabilidad: Ha de soportar su propio peso y las sobrecargas externas que se puedan originar.
- Ha de servir cómo barrera a la intemperie: Ha de ser impermeable y que resista al viento, sol y a humos ácidos.
- Aislamiento higrotérmico: No ha de permitir la creación de condensación dentro del edificio.
- Barrera acústica.
- Aislamiento térmico.

Además de estas funciones que ha de cumplir la cubierta, también se ha de tener en cuenta que la estructura de esta edificación, al ser metálica, dispone de una alta resistencia a compresión, por lo que se puede permitir más peso en la zona de la cubierta comparado con si la estructura fuese de hormigón. Asimismo, al ser de material conductor, se han de posicionar elementos de protección contra fenómenos meteorológicos eléctricos para cerciorarse de un buen aislamiento eléctrico en el peor de los casos.

3.5.3. Fachadas

La fachada es el conjunto de elementos verticales que constituyen el cerramiento lateral del edificio, separando así el interior de estos con el ambiente exterior.

Han de, además de ser elementos estéticos, satisfacer una serie de requisitos los cuales se pasarán a explicar:

- Protección solar: Han de servir cómo barrera contra la luz del exterior.
- Protección al agua y viento: Ha de poder evitar la entrada al interior de fenómenos meteorológicos cómo la lluvia y el viento.
- Aislamiento térmico y acústico: Mediante diferentes tipos de materiales aplicados en la fachada. Según las propiedades de los materiales conseguiremos distinta eficacia en la protección contra estos fenómenos.
- Protección contra incendios: Es muy importante un buen aislante frente al fuego y los humos provocados por este.

Los contenedores marítimos, al estar únicamente compuestos por acero en su mayoría, se ha de tener en cuenta que son altamente conductores del calor y la electricidad, pues se ha de asegurar un buen aislamiento en la fachada frente a ciertos fenómenos mencionados anteriormente.

Por último, se ha de considerar que las fachadas han de tener secciones para las ventanas para cada una de las habitaciones con el fin de proporcionar luz natural.

3.5.4. Elementos de separación verticales

En cuanto a las paredes del interior de la estructura, éstas han de también hacer la función de portantes es ciertas zonas dónde la carga de las plantas superiores es mayor. En cuanto a recubrimientos, ha de contar con recubrimientos sonoros con el fin de disminuir el máximo posible el ruido entre habitaciones y zonas comunes.

Estos elementos han de cumplir con una serie de requisitos establecidos en la CTE, el cual establece, en el DB-HR [\[27\]](#), umbrales máximos sonoros dependiendo del recinto emisor y el recinto receptor.

3.5.5. Accesibilidad

Tramos y accesos

En cuanto a la accesibilidad con elementos fijos cómo son puertas o pasillos, estos han de, según la CTE, contar con un mínimo de 2 metros de altura. Y en zonas de circulación, 2,10m de altura en las zonas de uso restringido y de 2,20m en el resto.

Elementos de circulación vertical

Para la comunicación entre plantas del edificio, esta ha de contar tanto con escaleras cómo con ascensores para así facilitar el fácil acceso de personas con minusvalía. Estas han de ser de fácil acceso y ser lo suficientemente cómodas para permitir la fácil circulación de los residentes.

En cuanto a las características y requisitos que han de contar estos elementos, se ha de cumplir con la normativa de la CTE establecida en el documento básico de Seguridad de utilización y accesibilidad, dónde se establecen las condiciones que han de cumplir los elementos cómo escalera, pasamanos, mesetas, etc [\[28\]](#).

3.5.6. Conceptos territoriales y de dimensiones

- Teniendo en cuenta la edificabilidad del terreno vista anteriormente, esta nos indica una edificabilidad de 2377 m². Por lo que, si se tiene en cuenta la superficie de la parcela, aproximadamente se puede disponer cómo máximo de 4 plantas en el caso que la superficie construida computable de la edificación ocupe toda el área del terreno.
- Los metros cuadrados destinados a zonas cómo lavandería y cuartos de servicio, han de ser proporcionales a la capacidad de residentes que posee el edificio.
- *Dado que una de las especificaciones del proyecto era que la construcción de la residencia universitaria fuera dentro del territorio de Catalunya, los requisitos referentes a la habitabilidad que se exigen y se han de cumplir, se encuentran establecidos en el decreto 141/2012 del "Departament territorial i sostenibilitat" de la Generalitat de Catalunya [\[29\]](#).

3.5.7. Conceptos sostenibles

3.5.7.1. Materiales de construcción

Los materiales que se usarán en la construcción de la residencia universitaria dependerán de la función que hagan. Por lo tanto, en los diferentes materiales utilizados se buscará una sostenibilidad específica u otra. Se buscará siempre que sea posible y no comprometa a la seguridad o legislación, utilizar materiales sostenibles.

3.5.7.2. Sistemas de aislamiento acústico

Los sistemas de aislamiento acústico que se dispondrán en cada uno de los elementos verticales, serán hechos a partir de materiales sostenibles. Utilizando materiales reciclables y con bajo grado de impactos ambientales en su fabricación (siempre que sea posible).

Pese a ser sostenibles, también se ha de asegurar un buen aislamiento siguiendo la legislación presente en el DB-HR [\[30\]](#).

3.5.7.3. Sistemas de aislamiento térmico

Los materiales utilizados a modo de aislante térmico, los cuales están situados alrededor de la fachada y a lo largo de toda la cubierta, han de poder, además de aislar térmicamente el interior según se establece en la legislación CTE correspondiente, estar formados por materiales sostenibles al igual que los materiales para aislamiento acústico.

3.5.7.4. Eficiencia energética

Tal y cómo se ha mencionado en las especificaciones de este proyecto, la residencia universitaria ha de poder ser energéticamente eficiente al menos en la iluminación de esta. Para ello, se tendrá que implementar el sistema más óptimo teniendo en cuenta las demás limitaciones anteriores y según lo que mejor se ajuste a los requerimientos energéticos.

3.6. Descripción y distribución del edificio

En este apartado, se va a proceder a especificar cuál será la distribución de espacios de la residencia universitaria que se realizará.

En cuanto al tipo de contenedores marítimos que se van a utilizar, al valorar diversos factores cómo las medidas y propiedades cada una de las opciones y las dimensiones del terreno, se ha decidido utilizar únicamente contenedores de tipo Dry Van 20 (20 pies).

Esto es debido a que estos contenedores son los más comunes que se utilizan para el transporte, por lo que será más fácil obtener prácticamente cualquier cantidad que se necesite. Además, se utilizarán únicamente de este tipo para que no se generen problemas en cuanto a la diferencia de altura que tienen los diferentes tipos de contenedores.

En cuanto a la disposición de estos contenedores a lo largo del terreno, se distribuirán de una forma óptima para poder cubrir la máxima área con el menor número posible de contenedores. Considerando siempre el evitar la pérdida de espacios y aprovechar al máximo las dimensiones del terreno.

3.6.1. Distribución

Teniendo en consideración los estudios realizados anteriormente, las zonas e instalaciones de las que dispondrá la residencia son:

- Cuarto de máquinas: En este cuarto se situará toda la maquinaria necesaria para las instalaciones del edificio como son por ejemplo las bombas de agua o los cuadros eléctricos, los cuales se especificarán en sus apartados correspondientes en este proyecto. Además será destinado como almacén para los diferentes servicios de la residencia (servicio de limpieza, mantenimiento, etc.).
- Recepción y oficinas: Recinto destinado para oficinas internas y recepción de cara al público y a los estudiantes. Se situará con un acceso a pie de calle.
- Zona Ocio: Con el fin de reforzar los vínculos y relaciones entre los estudiantes, se destinará una zona exclusiva para el ocio. Equipándola con televisor, sofás, mesas y sillas, mesas de ping-pong y billar.
- Zona de estudio común: Zona habitada en la cual los estudiantes también podrán estudiar en el caso de que no quieran o puedan hacerlo en sus habitaciones.
- Comedor común: Dado que el objetivo de las zonas comunes también es reforzar el vínculo entre los estudiantes, en esta área tendrán la oportunidad de comer juntos en el caso que no puedan en sus habitaciones al comer en grupo.
- Lavandería: Dónde se dispondrá de lavadoras y secadoras para los estudiantes.
- Cuartos de baño comunes: Para tantos estudiantes cómo trabajadores de la residencia, habrá una zona de baños en la planta baja. Uno para hombres y otro para mujeres.
- Zona de Picnic: Esta zona se establecerá en el centro de la planta, en la zona descubierta. Se dispondrán de mesas de picnic.
- Habitaciones: Las habitaciones de la residencia se situarán en las plantas superiores para optimizar el espacio. Al igual que sus respectivos cuartos de baño.

3.6.2. Propuestas de distribución

3.6.2.1. Primera propuesta

Planta baja del edificio:

En la planta baja del edificio se saturarán únicamente las zonas comunes para que sea aquí dónde se establezca el ocio entre los estudiantes y el principal punto de encuentro entre ellos.

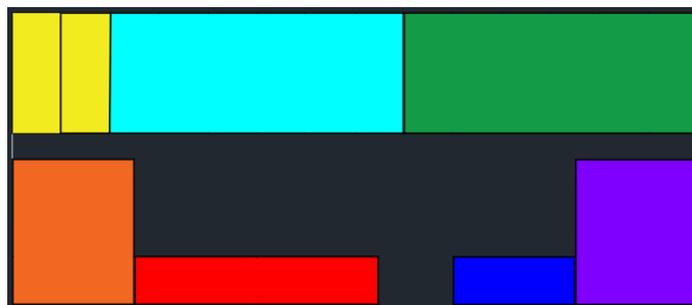


Ilustración 29: Distribución de zonas comunes en la propuesta 1 (Elaboración propia)

- Comedor común
- Zona de estudio
- Cuarto de máquinas
- Zona de ocio
- Recepción
- Lavandería
- Cuartos de baños comunes

La zona central, se destinaria a la construcción de una zona ajardinada para poder mejorar la relación con el medio ambiente, plantando así árboles y plantas con el fin de poseer biodiversidad dentro del edificio y así velar por un ambiente más limpio en cuanto a aire. Con esto se pretende alcanzar la ODS 15 “Vida de ecosistemas terrestres” [31].

Plantas superiores:

Las plantas superiores serán únicamente destinadas a habitaciones.

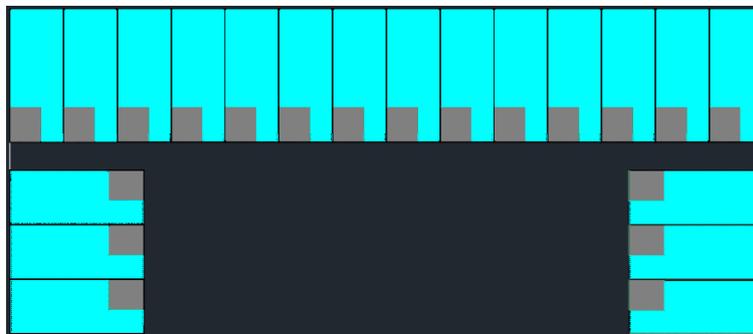


Ilustración 30: Distribución de habitaciones en la propuesta 1 (Elaboración propia)

- Habitaciones
- Cuartos de Baño

Iluminación

El edificio se ha diseñado con el fin de poder aprovechar al máximo posible la iluminación exterior sin depender en gran medida del consumo energético. Al distribuir las habitaciones de manera que todas den al exterior y a un patio común al mismo tiempo, conseguimos iluminar al máximo posible las habitaciones durante los periodos diurnos. Esta ventaja ayuda a que el edificio cuente con iluminación más sostenible.

Número de plantas

Según la distribución planteada, cada planta tiene una capacidad en cuanto a habitaciones de:

- Planta baja: 0 habitaciones
- Plantas superiores: 20 habitaciones/planta

Y cómo cada habitación se destinará a 1 estudiante, el número de habitaciones es el mismo que el de residentes.

En esta propuesta no se cubre completamente todo el solar, por lo que el número de plantas que podemos edificar será mayor al que se esperaría debido a que los patios interiores no computan como superficies construidas. El cálculo es el siguiente:

Tabla 10: Metros cuadrados construible en función de los pisos en propuesta 1 (Elaboración propia)

Pisos	Aproximación en m ² de superficie construible computable
3	1.149,69
4	1.513,192
5	1.876,692
6	2.240,192
7	2.603,692

Cómo se puede observar, disponiendo de 6 pisos cumpliríamos con la restricción de edificabilidad del terreno teniendo el máximo de residentes.

Y por lo tanto, el número de residentes son:

$$N^{\circ} \text{ de residentes} = N^{\circ} \text{ de habitaciones} = 20 \text{ habitaciones} * 5 \text{ plantas de habitaciones} \\ = 100 \text{ residentes}$$

Capacidad de la zona común

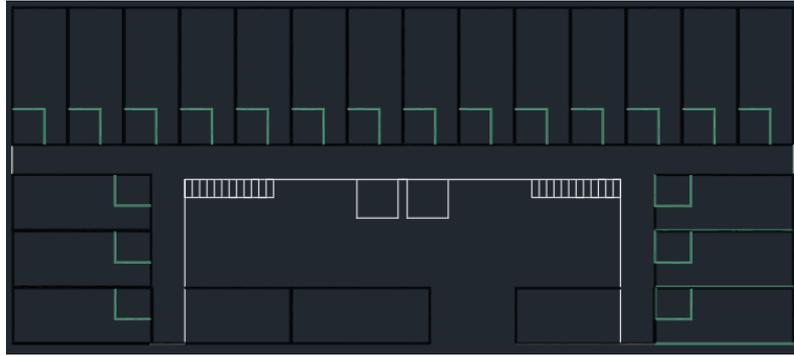
En este apartado se pasará a representar en la tabla siguiente cuál es la capacidad máxima que se dispondrá de cada una de las zonas comunes de más afluencia.

Tabla 11: Ocupación y capacidad máxima de la distribución propuesta (Elaboración propia)

	Contenedores destinados	m ² disponibles	Ocupación según CTE (m ² /persona)	Capacidad máxima disponible (personas)
Zona de ocio	6	87	2	43 aprox.
Zona de estudio	3	43,5	2	29
Comedor común	6	87	1,5	87
Zona de lavandería	2	29	2	14

Acceso a las habitaciones superiores

El acceso a las distintas plantas y por lo tanto también a las habitaciones situadas por encima de la planta baja se hará mediante una pasarela situada lo largo del perímetro del patio interior. Tal y cómo se muestra en la vista del piso 1 siguiente:

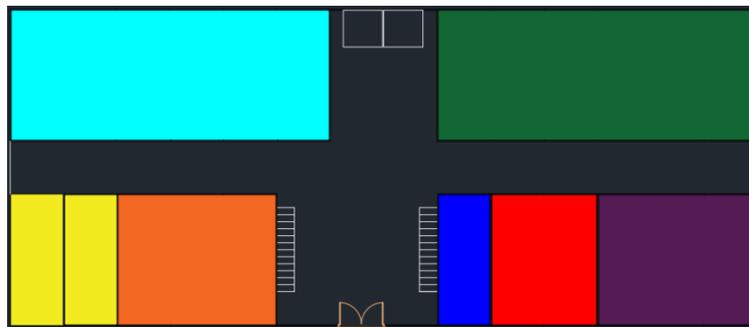


Il·lustració 31: Localització de escales y ascensors en la proposta 1 (Elaboració pròpia)

3.6.2.2. Segunda proposta

Planta baixa del edifici:

Igual que en la proposta anterior, se busca que en la planta baixa del edifici se saturaràn únicament les zones comunes.



Il·lustració 32: de zones comunes en la proposta 2 (Elaboració pròpia)

- Comedor común
- Zona de estudio
- Cuarto de máquinas
- Zona de ocio
- Recepción
- Lavandería
- Cuartos de baños comunes

Plantas superiores:

Las plantas superiores también se utilizarían únicamente para las habitaciones.

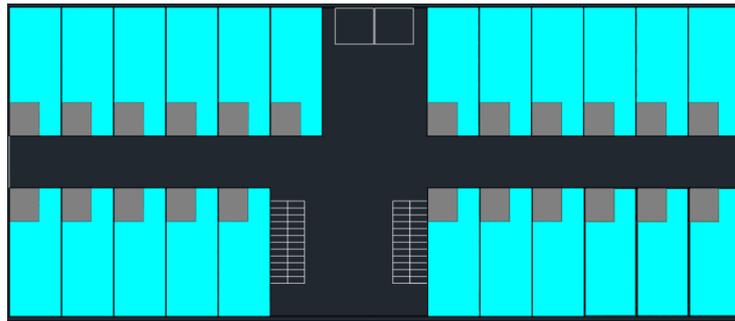


Ilustración 33: Distribución de habitaciones en la propuesta 2 (Elaboración propia)

- Habitaciones
- Cuartos de Baño

Las zonas y vías de evacuación como son las escaleras y ascensores han de situarse a fácil alcance de todas las habitaciones, por lo que se ha decidido construirlo en el centro.

Iluminación

El edificio se ha diseñado también con el fin de poder aprovechar al máximo posible la iluminación exterior sin depender en gran medida del consumo energético. Es cierto que de esta manera se consigue aprovechar más espacio para las habitaciones en las plantas superiores pero sin embargo, al cerrar completamente todo el edificio para ello, entra mucha menos luz del exterior. Este factor comportaría mayor gasto en iluminación pero menor en calefacción en zonas de pasillos y escaleras, puesto que al estar cerrado se conservaría el calor con mayor facilidad.

Para intentar mitigar esta desventaja en la iluminación, se sitúan ventanales en los siguientes lugares para la entrada de luz solar del exterior:

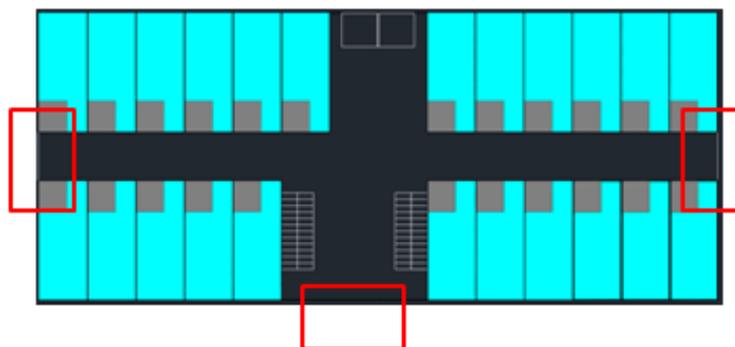


Ilustración 34: Localización de ventanales (Elaboración propia)

Número de plantas

Según la distribución planteada, cada planta tiene una capacidad en cuanto a habitaciones de:

- Planta baja: 0 habitaciones

- Plantas superiores: 23 habitaciones/planta

Y cómo cada habitación se destinará a 1 estudiante, el número de habitaciones es el mismo que el de residentes.

Dado que en esta propuesta se cubre completamente todo el solar, el número de plantas que podemos edificar son:

Tabla 12: Metros cuadrados construible en función de los pisos en propuesta 1 (Elaboración propia)

Pisos	Aproximación en m ² de superficie construible computable
3	1.501,50
4	2.002,00
5	2.502,50

En este caso, disponiendo de 4 pisos cumpliríamos con la restricción de edificabilidad del terreno teniendo el máximo de residentes.

Y por lo tanto, el número de residentes máximo son:

$$N^{\circ} \text{ de residentes} = N^{\circ} \text{ de habitaciones} = 23 \text{ habitaciones} * 3 \text{ plantas} = 69 \text{ residetes}$$

Capacidad de la zona común

En esta propuesta, al disponer de la misma cantidad de contenedores en la planta baja del edificio que en la anterior, la capacidad de cada una de las zonas comunes son exactamente las mismas que en la propuesta anterior.

3.6.2.3. Aproximación de los pesos aplicados

Antes de escoger las entre las 2 posibles opciones de distribución, hemos de calcular aproximadamente cual será el peso que soportará cada contenedor y compararlo con el máximo permitido. Con esto se considerará de forma aproximada la viabilidad en cuanto a las plantas de la estructura.

Debido a que en las plantas superiores únicamente tendremos habitaciones y que cada contenedor ha de aguantar su peso y el peso de los que tiene justo encima, los cálculos se reducen a:

Tabla 13: Peso de cada elemento de la habitación (Elaboración propia)

	Peso aproximado
Cama	63 kg
Silla escritorio	10 kg
Mesa de escritorio	29,20
Armario	90 kg
Mesa de comer	15,25 kg
Sillas para comer	6 kg
Conjunto de cocina	120 kg
Ducha	30 kg
Inodoro	40 kg

Lavabo	8 kg
TOTAL	411,45 kg

A este peso total se le sumará una media de 500Kg más para tener en consideración el peso de más que se sumará en otros aspectos cómo: peso de personas, equipajes, instalaciones, etc. Por lo que tenemos que cada contenedor provocará aproximadamente un peso de 911kg.

Para estimar la resistencia, se ha de hacer para el contenedor más bajo de la estructura. Ya que es el que más peso ha de soportar.

Tabla 14: Comparación peso que ha de soportar el contenedor inferior de ambas propuestas (Elaboración propia)

	Peso aproximado (Kg)
Primera alternativa (5 pisos superiores)	18.968
Segunda alternativa (3 pisos superiores)	9.484

Si comparamos estos valores con los máximos permitidos en los contenedores Dry Van 20', vemos que el peso máximo teórico es muy inferior al máximo permitido, que es 23.956 Kg. Por lo que podemos afirmar, a falta de cálculos estructurales, que la estructura resistirá en cuanto a peso en ambas alternativas.

3.6.2.4. Elección de alternativa

Habiendo considerado 2 alternativas pasará a analizar cada una de las ventajas y desventajas que presentan ambas.

Los criterios que se considerarán serán los siguientes:

- Manipulación de contenedores (**MC**): Cuanto mayor sea la manipulación de los contenedores en cuanto a cortes de sección, soldaduras, etc. ; mayor será el coste de la edificación en mano de obra.
- Sostenibilidad energética (**SE**): Si bien es cierto que la segunda propuesta comportaría un ahorro de calefacción en ciertas zonas, en la primera se consigue ahorrar más debido a la iluminación exterior.
- Nº de habitaciones (**NH**): Cuantas más habitaciones posea la residencia, mayor número de estudiantes podrá albergar. Por lo que los ingresos también serían mayores.
- Superficie de techo (**ST**): Debido a que el edificio tendrá que disponer de paneles solares para la iluminación del edificio, hemos de disponer de la mayor superficie de techo posible para poder distribuirlas con facilidad.

Para evaluar cual de las dos disposiciones es la mejor para el proyecto, se utilizará un método de evaluación de alternativas llamado Valor técnico (o Suma Simple). Se realizará este método debido a que se ha considerado que los 4 criterios tienen aproximadamente el mismo grado de impacto sobre la decisión, y esta metodología no contempla una diferencia entre estos.

Para poder aplicar este método de elección de alternativas, hemos de calcular la siguiente ecuación para cada una de las alternativas:

$$VT = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n * p_{max}}$$

*Dónde n corresponde al número de criterios considerados, que en nuestro caso es 4. Y p es el puntaje de cada criterio en las alternativas.

Tabla 15: Análisis de alternativas mediante Valor técnico (Elaboración propia)

Criterios	Primera alternativa	Segunda alternativa
MC	3	1
SE	2	1
NH	3	2
ST	1	3
Suma	9	7
VT=	0,75	0,5833

Cómo se puede observar, la primera alternativa es la que presenta un mayor valor técnico. Por lo que se escogerá cómo la opción a realizar para este proyecto.

4. Memoria Constructiva

4.1. Sistema estructural

En este apartado se pasará a explicar la descripción de los elementos estructurales de la residencia universitaria así cómo los materiales que intervienen en ellos.

4.1.1. Refuerzo de los contenedores

Este proyecto parte con la condición de utilizar únicamente contenedores marítimos en desuso. Estos contenedores son generalmente desechados después de un gran número de usos y es muy probable que la rigidez y estructura en alguno de los casos puedan verse afectadas debido al continuo desgaste y paso del tiempo.

Por ello, es muy importante adaptar una serie de criterios para poder escoger únicamente aquellos contenedores que puedan aportar la rigidez y fiabilidad que se necesita para la seguridad del edificio.

Evaluación estructural

Para poder evaluar la estructura y por ende, la seguridad de la misma, se realizará mediante inspecciones visuales y ensayos no destructivos.

En la inspección visual, se busca una primera estimación de los daños así como de la corrosión, laminaciones, deterioro de los materiales, etc.

Por otro lado, los ensayos no destructivos se realizarán para poder detectar, en el caso que existan, discontinuidades en el material sin tener que dañarlos.

Intervención

Según el tipo de problema que presente el contenedor, y si es viable y rentable, se realizarán sobre él determinadas intervenciones con el fin de rehabilitar la estructura:

- Aumento de las dimensiones: Este método se realiza añadiendo material (el mismo material) en determinadas secciones con el fin de aumentar el refuerzo y así evitar la flexión.
- Reforzar las uniones: En algunas ocasiones se pueden encontrar uniones rotas o desgastadas entre los paneles, por lo que la mejor solución es soldarlas para volver a unirlos de una forma óptima. En el peor de los casos, se pueden utilizar escuadras o cartelas.

4.1.2. Adaptabilidad de los contenedores

Después de escoger los contenedores mejor conservados y arreglar los daños que poseían, se ha de realizar un proceso de recubrimiento y lijado para acabar de protegerlos frente a la corrosión y darle un buen acabado. El proceso de recubrir se realizará posterior al de lijado.

- **Lijado:** El lijado se utiliza para evitar que las zonas con un mayor grado de óxido puedan verse afectadas en un futuro. Al lijar un material metálico, podemos eliminar esta oxidación provocada por la humedad.

- **Recubrimientos:** Para el recubrimiento para elementos metálicos, lo más común es el galvanizado. Sin embargo, este es un proceso muy costoso teniendo en cuenta la cantidad de contenedores de los que se dispone. Por ende, se aplicará únicamente una capa de imprimación a todos los contenedores por la parte exterior. Con esto conseguiremos evitar la generación de óxido y corrosión.

Esta imprimación debe disponer de implicaciones por el medioambiente ya sea por sus componentes o por su proceso productivo, para poder alcanzar una mayor sostenibilidad. Por lo que se propone utilizar la imprimación ecológica al agua de Tollens [32], la cual se muestra en la imagen siguiente.



Ilustración 35: Imprimación ecológica al agua de Tollens (Fuente: <https://www.tollens.es/guia-de-seleccion-de-producto/imprimaciones/imprimaciones-multisuperficies/imprimacion-universal>)

Esta imprimación posee el certificado de ECOLABEL.

4.1.3. Cimientos

Los cimientos han de hacerse posteriormente a los movimientos de tierras en el terreno. Siendo así una de las primeras acciones que se llevan a cabo en toda construcción.

Para poder realizar una correcta estructura de cimentación, se ha de llevar a cabo un estudio previo del terreno. Este estudio es conocido como Estudio Geotécnico.

Este estudio sirve como herramienta en la construcción para recoger todos los datos necesarios para definir distintos aspectos de la cimentación. Al llevar a cabo este estudio, obtenemos todos los cálculos sobre el dimensionado ideal de la cimentación, previsiones sobre el comportamiento del terreno, recomendaciones sobre la cementación, etc.

Debido a que en este caso se contará con una edificación de más de un piso, si se tiene en cuenta la variedad de las plantas y la cantidad de tráfico que habrá por parte de los residentes, se ha de poder resistir muy bien la carga que se ejercerá sobre los cimientos. Sin embargo, si se analiza bien la estructura, esta será en su mayoría de acero (material de los contenedores) y por lo que se ha mencionado anteriormente, este material es mucho más ligero que si la edificación fuese de hormigón.

Por lo que, pese a no contar con los datos del estudio geotécnico en este proyecto, se supondrá (con la justificación del peso que resistirá que se acaba de explicar) la necesidad de optar por utilizar una estructura de base de cimientos, tal y cómo se muestra en la Ilustración 34.



Ilustración 36: Ejemplo de Cimentación de Base de cemento (Fuente: <https://www.eadic.com/tipos-de-cimentacion-descripciones/>)

Se propone esta cimentación debido a que es la más versátil en prácticamente cualquier condición y ofrece una mayor repartición de cargas a lo largo del terreno. Como se muestra en la ilustración 37, esta cimentación es una losa de hormigón armado sobre el cual posteriormente se colocan los contenedores.

Además, se ha tenido en cuenta que es una opción más económica que otros tipos de cimentación en cuanto a mano de obra ya que no implica perforaciones en el terreno. Aunque es más cara en cuanto a materiales debido a que cubrimos mayor área.

En el caso de este proyecto, la cimentación se dispondrá posterior a realizar un vaciado de tierra del aproximadamente 10 cm. En él se extenderá toda la cimentación con la forma del edificio para poder dejar una zona ajardinada en el patio interior. Se recomienda ver “Plano de cimentación” en el documento Planos.

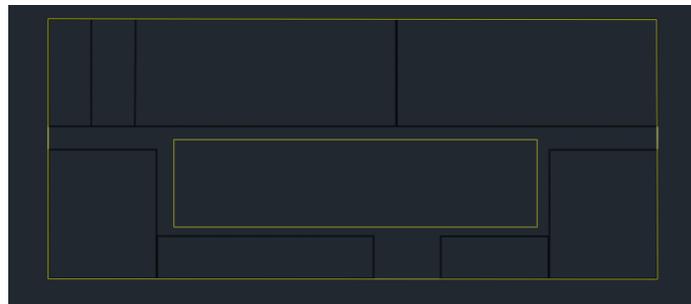


Ilustración 37: Representación (en amarillo) de la forma de la cimentación (Elaboración propia)

En cuanto al material utilizado para la cimentación, si se tiene en cuenta que prestaciones ha de ofrecer, la mejor opción es la de utilizar hormigón armado. El hormigón armado es una mezcla de cemento, agua, grava y un refuerzo de armadura metálica. Uno de estos componentes que mejor se pueden reciclar son los áridos.

Estos áridos procederán, como máximo, un 20% (tal y como se recomienda en “Instrucción de hormigón estructural (EHE-08)” publicada en el BOE en 2008) de ellos de residuos reciclados de la construcción y demolición [33].

Con esto se conseguirá una cimentación más sostenible debido a que reducimos la extracción de nuevos áridos (grava) y se reciclan materiales.

4.1.4. Anclajes y uniones

Para poder establecer una segura unión entre el cimiento y el contenedor y, además para reforzar la estabilidad de los contenedores de la parte inferior, se contará con una serie de

perfiles horizontales metálicos en forma de “L” que rodearán el perímetro de la residencia para mantener la buena unión entre los contenedores.

Contenedor-Perfil

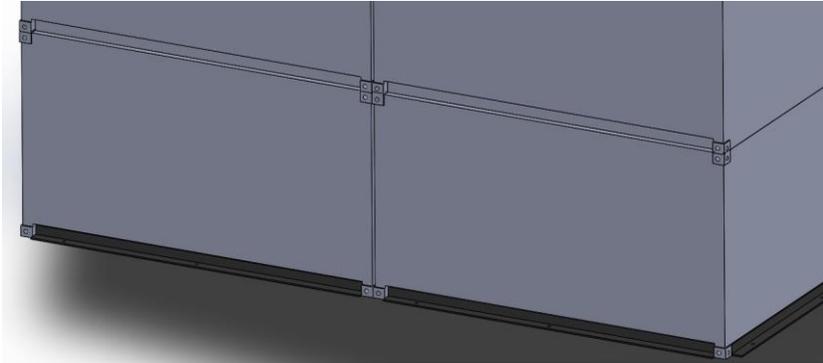


Ilustración 38: Disposición de las guías en la base de la estructura (Elaboración propia)

En las paredes más largas de los contenedores, estos perfiles se colocarán en contacto a las vigas inferiores, por lo que deberán de contar con una altura igual o inferior a la mostrada en la ilustración 41.



Ilustración 39: Representación de la zona de las paredes más largas (Elaboración propia)

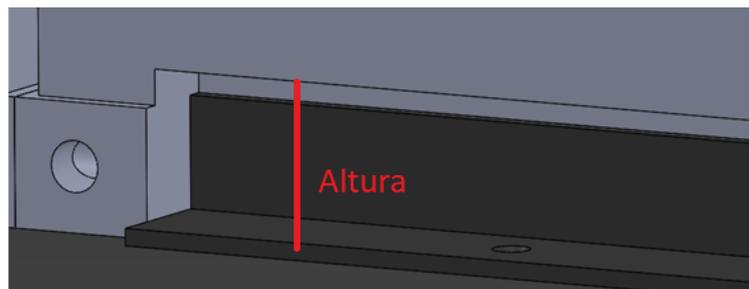


Ilustración 40: Perfil en los lados más largos de los contenedores (Elaboración propia)

En las paredes más cortas de los contenedores, al ser una geometría más simple, los perfiles se colocarán de la siguiente manera:

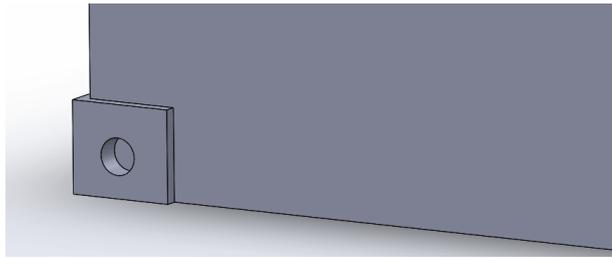


Ilustración 41: Representación de la zona de las paredes más largas (Elaboración propia)

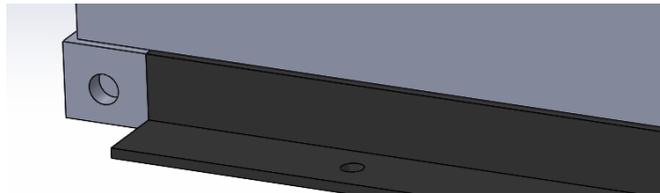


Ilustración 42: Perfil en los lados más cortos de los contenedores (Elaboración propia)

Para poder unir ambas partes (perfil-contenedor), se le aplicarán soldaduras en los puntos de contacto con las cantoneras, debido a que es la zona más fuerte de los contenedores. Pudiendo así lograr una perfecta unión ente contenedor-perfil.

Perfil-Cimentación

En cuanto a la unión entre los perfiles y la cimentación, este debe de ser una unión lo suficientemente rígida cómo para poder soportar cargas tanto axiales como tangenciales, además de tener en cuenta que en esta zona no se puede aplicar soldadura por ser hormigón. Por ello, se realizará una serie de anclajes a la cimentación con taco químico a lo largo del perfil.

El anclaje con taco químico es una solución muy versátil y utilizada en la construcción para elementos tanto huecos cómo macizos. Este modo de unión consta de 2 componentes: una varilla metálica de M16 y una resina epoxi. El modo de empleo consiste en colocar la varilla en el agujero previamente realizado para unir los 2 elementos y, a continuación, verter la resina. La resina al secar creará una fuerte unión entre el hormigón del cimiento y la varilla metálica. Para terminar se añade un tornillo para acabar de fijar la guía horizontal.

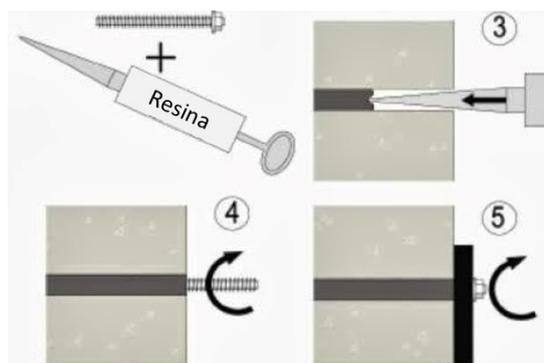


Ilustración 43: Procedimiento aplicación de taco químico (Elaboración propia)

Las ventajas de este tipo de anclaje son que se pueden soportar cargas mayores a diferencia de los anclajes metálicos convencionales y que, en este caso, no provocará problema de corrosión con las guías metálicas.

Con todo esto se dispondrá de una base lo suficientemente fuerte y resistente cómo para poder soportar posteriormente el peso de los contenedores superiores y todo el peso extra referente a las instalaciones, equipamiento, residentes, etc.

4.1.5. Sujeció entre contenedores

Cómo se ha mencionado anteriormente, los contenedores marítimos cuentan con unos elementos en sus vértices llamados cantoneras. Estas cantoneras son lo suficientemente resistentes y están lo suficientemente unidas a la estructura del contenedor que facilitan la manipulación de estos contenedores a través del agarre en ellos.

En esta aplicació, se necesitará una combinació de contenedores unidos entre sí para que juntos formen una estructura lo suficientemente grande como para poder albergar a todos los residentes de la residencia. Para ello, los puntos de unión entre contenedores son puntos clave para la estabilidad del edificio. Por lo que una buena unión entre las cantoneras es la solución. Por lo tanto, tal y cómo se representa en la Ilustración 45, para poder unir entre sí diversos contenedores, se unirán a través de estas cantoneras. Se volverá a utilizar de nuevo la unión por soldadura en estas zonas por ser el método de unión más fiable entre dos elementos metálicos.

Debido a que las cantoneras sobresalen en los contenedores, se crea una zona de aire entre contenedores. Esta zona servirá para mejorar es aislamiento térmico entre habitaciones y zonas del edificio.

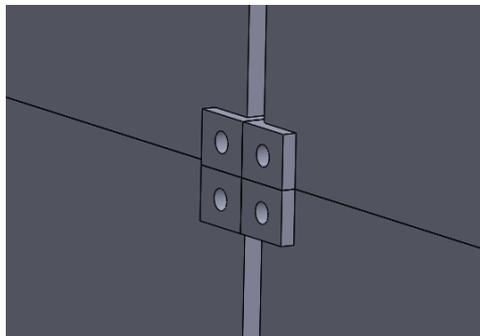


Ilustración 44: Unión entre contenedores (Elaboración propia)

4.2. Sistema envolvente

En este apartado se pasará a definir los elementos de la envolvente de la residencia universitaria así cómo los elementos de la envolvente relacionados con los aislamientos térmicos y acústicos.

4.2.1. Fachada

Con la premisa de partida de que la estructura de la edificación está compuesta por contenedores marítimos, se da por hecho que el material principal es el acero. El acero es un material altamente conductor de la electricidad y del calor, por lo que se ha de cubrir con otros elementos diferentes para solucionar este inconveniente.

Ya que una de las especificaciones de este proyecto es tener en consideración lo máximo posible la sostenibilidad de los materiales utilizados, en el caso de los aislantes en fachadas, la mejor idea es optar por utilizar lana de roca debido a las buenas prestaciones mencionadas en el apartado 3.2.2.1. *Materiales* de este documento.

Por lo que, la fachada que se propone constará de una primera capa de aislante de lana de roca colocado por todo el exterior junto con guías de aluminio cada cierta distancia que irán atornilladas directamente a los contenedores. Para poder crear una cámara de aire en la fachada, el cuál es de obligado cumplimiento el disponer de ella según el CTE, sobre estas guías mencionadas anteriormente se colocarán paneles de acero galvanizado los cuales también le darán un buen acabado estético. Es importante que las guías presenten un grosor mayor que la lana de roca para crear esta cavidad de aire.

Se ha escogido esta solución, debido a una serie de ventajas que se explicarán a continuación:

- Bajo impacto ambiental en sus componentes: Se compone de material metálico, el cuál es fácilmente reciclable y reutilizable. Y de lana de roca, el cual se fabrica con componentes reciclados en su mayoría.
- Fácil mantenimiento: En el caso de tener que cambiar una de las placas, es fácilmente desmontable debido a que todo va anclado con tornillería.
- Estético: En cuanto a estas placas, existe una gran variedad de tipos y colores.
- Incorporan tecnología anticorrosiva, impermeabilizante y aislante.

Los componentes que se utilizarán, así como sus medidas, son:

1. Paneles de lana de roca de 40 mm de grosor y densidad de entre 40kg/m³ y 110kg/m³.
2. Laminas/Paneles de acero galvanizado de 4mm de espesor.
3. Perfiles tipo U de aluminio de espesor entre 0,6mm y 1,5mm que se colocarán en posición horizontal.
4. Tornillería para el anclaje de las diversas partes.

En las siguientes imágenes se representa el orden y la colocación de los componentes.



Ilustración 45: Colocación de los elementos de la fachada (Fuente: <https://www.rockwool.com/es/productos-y-aplicaciones/aislamiento-fachadas-y-medianerías/fachada-de-bandeja-metalica-metal-box/bandrock-rockpanel/>)

Cumplimiento de la legislación

Además, esta elección cumple con la legislación vigente en cuanto a la edificación de fachadas del código técnico de edificación. Se cumplen las siguientes normas:

- **Protección frente al fuego:** La CTE recoge las exigencias que se han de cumplir en relación a los productos que se instalan en las fachadas para evitar una propagación del fuego en caso de incendio.
Debido a que el edificio de este proyecto tiene una altura entre los 10m y 18m, se especifica que, hasta una altura de 3,5m el material utilizado para la fachada ha de ser al menos de B-s3,d0. Y pasados los 3,5m, de "C-s3,d0". El tipo de fachada que se ha escogido ofrece una catalogación de "A-s1,d0" debido a los componentes escogidos. Por lo que se cumple el apartado 4 de la sección SI-2 del DB-SI
- **Aislamiento térmico:** En cuanto al aislamiento térmico, la legislación establece, en la sección HE 1 ("Limitación de la demanda energética") del DB-HE, una serie de parámetros orientativos en cuanto a la conductividad térmica máxima que ha de presentar el aislante térmico utilizado, dependiendo de la zona climática de la aplicación. En este caso, la ciudad de Barcelona se sitúa en la zona climática C, por lo que corresponde una conductividad máxima de $0,75 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. La lana de roca presenta una conductividad de $0,034 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, además de contar con cámaras de aire debido a las guías metálicas del interior y a la propia forma del corrugado de los contenedores. Por lo que sí que se cumple con los mínimos establecidos.
- **Aislamiento acústico:** El documento DB-HR indica las condiciones y procedimientos a seguir para cumplir con la normativa en cuanto a protección frente al ruido. En el caso del poliuretano, tiene una absorción acústica diferente dependiendo de la frecuencia del ruido. Por lo que, este material con el grosor escogido, cumple las condiciones establecidas en el apartado 4 correspondiente a materiales de construcción de este CTE.

En cuanto a los elementos que se representan en la siguiente Ilustración 47, en el caso de la primera planta corresponderá a una puerta de emergencia.

En las plantas superiores, para una mayor sostenibilidad lumínica no recurriendo en gran medida a la iluminación artificial, esta zona de la fachada permanecerá abierta al exterior. Sin embargo, por seguridad, se colocarán barandillas de geometría y material complacientes con la legislación en términos de seguridad de utilización y accesibilidad, tal y cómo se detalla en el Documento DB-SUA.

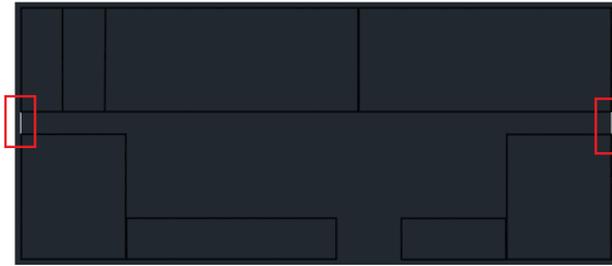


Ilustración 46: Fachada de la zona del pasillo interior (Elaboración propia)

Remates

Los remates son elementos necesarios que se colocarán en ciertas zonas de la fachada para evitar filtraciones de agua, movimientos indeseados, o incluso para darle un acabado estético.

En el caso de este proyecto, se utilizarán los siguientes elementos de acero galvanizado:

- Remate para esquina exterior: Se ancla en el exterior de las esquinas a 90º. Su función es evitar el paso del agua hacia la capa central de la fachada y la de añadir un toque estético.



Ilustración 47: Remate esquina exterior (Fuente: <https://www.panelsandwich.com/producto/remate-esquina-exterior/>)

- Remate en forma de U: Se utiliza tanto en la parte inferior, en contacto con el suelo, como en la superior en contacto con la fachada. Su función es la de servir de apoyo para darle una mejor resistencia a los paneles.



Ilustración 48: Remate en forma de U (Fuente: <https://www.panelsandwich.com/producto/remate-en-forma-de-u/>)

4.2.2. Cubierta

En cuanto a la cubierta del edificio, lo primero a considerar es el tipo. Si será una cubierta plana o inclinada.

Se ha decidido un tipo de cubierta de tipo inclinada debido a que es mucho más sencilla la construcción para este tipo de proyecto. Las cubiertas inclinadas, a parte de la ventaja en el momento de la construcción, ofrece más ventajas que se mencionarán a continuación:

- Al estar inclinadas, no se genera estanqueidad del agua en la cubierta, por lo que se generarán menos problemas de filtraciones.
- Otorgan mejores prestaciones en cuanto a aislamiento térmico y ahorro energético.

[\[34\]](#)

Si bien es cierto que uno de los inconvenientes de este tipo es que se ha de tener muy presente la acción del viento sobre la cubierta, en este proyecto en cuestión, cada tramo de la cubierta no tendrá una longitud ni una inclinación tan grandes como para poder considerar el viento cómo un problema a tener muy en consideración. Además, si en algún momento llegara a serlo, se reforzaría todavía más la estructura.

Otro aspecto que se ha de considerar más en el momento de definir la inclinación de la cubierta, es el tipo de material que se utilizará para ello. Esto es debido a que cada material presenta propiedades distintas y, según el fabricante, se ha de colocar con una exacta inclinación.

A continuación, se procederá a detallar los elementos que formarán la estructura de la cubierta.

El tipo exacto de cubierta inclinada que se realizará es del tipo ventilada, o más comúnmente llamada, "cubierta fría". A continuación se muestran las partes más comunes en este tipo de cubierta mediante la siguiente ilustración:

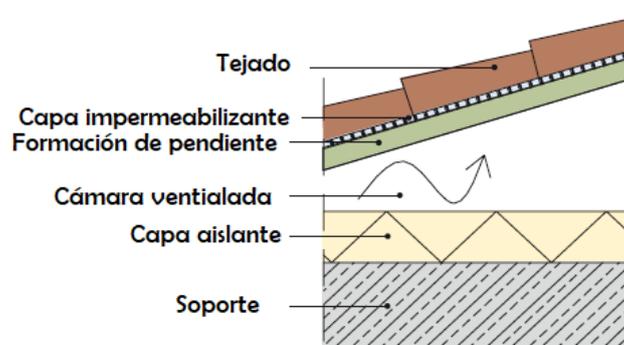


Ilustración 49: Partes diferenciadas de las cubiertas frías (Elaboración propia)

En este proyecto, la inclinación de la cubierta se dará en todas las zonas hacia fuera del edificio, es decir, en el caso en que llueva, el agua canalizará hacia fuera del solar. Con esto se conseguirá tanto una cubierta más fácil de construir, cómo evitar la canalización del agua en la zona del patio interior de la residencia.

Cada una de las partes de la cubierta de la ilustración anterior que se utilizarán en este son:

- Soporte: El soporte indicado corresponde en este caso al propio techo de los contenedores superiores. Este techo es lo suficientemente resistente cómo para soportar la carga de la cubierta.

- Capa aislante: Como capa aislante de térmico, se utilizará, por las mismas razones que en el caso de la fachadas, lana de roca. La ciudad de Barcelona, como se ha mencionado en anteriores apartados, pertenece a la zona climática C en el documento DB-HE. Por lo que, en este documento se limita la transmitancia térmica máxima de las cubiertas a $0,53 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ y la lana de roca presenta una de $0,034 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Por lo que se cumple con la legislación vigente en términos de energía térmica.
- Formación de pendiente: Para poder formar la pendiente y dar la inclinación suficiente para evacuar el agua de la lluvia, se utilizarán viguetas metálicas. Se dispondrán de la siguiente manera:

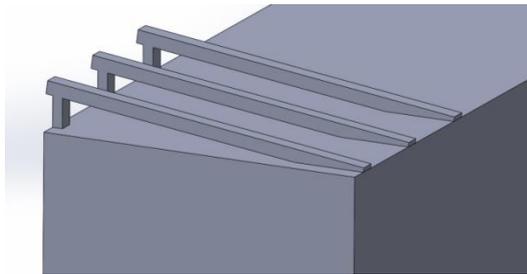


Ilustración 50: Representación de la formación de pendiente (Elaboración propia)

Para poder anclar posteriormente la cubierta a estas viguetas, se colocarán las comúnmente llamadas “*correas*” metálicas. Estas *correas* se colocan de manera perpendicular a las viguetas principales uniéndolas unas a otras. Sobre estos elementos se atornilla la cubierta metálica.

Por último, para poder unir las correas con las vigas principales, se utilizan unos elementos conocidos como “*ejiones*”. Los cuales tienen diversas formas y se escogerán en función de la forma de las *vigas* y *correas* escogidas.

- Panel metálico: Se utilizarán chapas de acero prelacado con nervado medio y de 0,6mm de espesor colocados encima de las guías metálicas en la cubierta y, debido a que estos paneles son de acero, están preparados para utilizarlos como última capa de la cubierta y no dejar filtrar el agua en el interior. Por ello no es necesario usar una capa específica de impermeabilización sobre las viguetas. Es importante mencionar que estos paneles han de ser lo suficientemente resistentes como para ser capaces de soportar el peso de los paneles solares en la parte superior.

La inclinación de la cubierta será superior al 30% en todas las zonas para evitar el estancamiento del agua de lluvia y tendrán un intereje entre viguetas de 60cm.

Por último, dado que las pasarelas se encuentran a la intemperie, la cubierta se extenderá en todas las zonas para poder cubrirlas por completo (al igual que cubrir las zonas peatonales de la planta baja). Se recomienda ver el documento de Planos para un mayor detalle de ello.

Cumplimiento de la legislación

Para las zonas de las cubiertas, teniendo en cuenta cómo se ha mencionado anteriormente la zona climática de Barcelona, se cumple con la legislación en cuanto a eficiencia energética debido a que se establece una transmitancia límite de $0,50 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$ y, con la lana de roca, se posee una de $0,034 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$.

4.3. Sistemas de compartimentación

En este apartado se procederá a describir los elementos de compartimentación que, en todo momento, han de cumplir con la normativa vigente en cuanto a comportamiento contra el fuego y aislamiento acústico.

En este proyecto, en general, los elementos que dividirán cada una de las salas y habitaciones del edificio serán las propias paredes de los contenedores. Por lo que no será necesaria la realización de cortes en la mayoría de contenedores más que para los lugares dónde se sitúan puertas, ventanas, y aberturas para la unión de 2 o más contenedores para formar una compartimentación más grande.

Para poder formar las compartimentaciones de los baños dentro de las habitaciones, se utilizará como elemento base paneles de yeso prefabricado.

Por otro lado, cómo se puede observar en la Ilustración 52, en el cuarto de máquinas se necesitará de una pared la cual se deberá de realizar mediante la instalación por soldadura de otra pared de otro contenedor distinto. Esta se cortará e instalará en la zona marcada en azul en la ilustración.

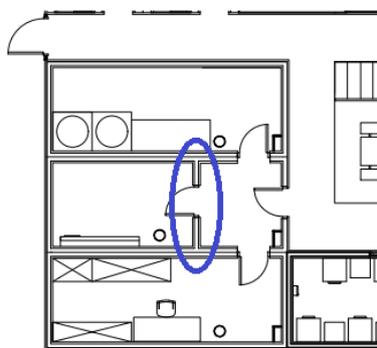


Ilustración 51: Recorte del documento de Planos de la zona de cuarto de máquinas (Elaboración propia)

Estos sistemas de compartimentación, además han de contar con elementos para el aislamiento térmico y hacer frente a la humedad.

4.4. Sistemas de acabados

A continuación se procede a describir los sistemas de acabados, los cuales son todos aquellos materiales que se colocan sobre los elementos portantes con el fin de proteger, impermeabilizar y/o darle un acabado estético.

Estos elementos corresponden a los techos y suelos de cada una de las plantas del edificio y que, los materiales a utilizar, dependen de la zona del edificio al que pertenezcan.

4.4.1. Sistemas horizontales inferiores (Suelos y pavimentos)

Debido a que los contenedores marítimos que se utilizarán para este proyecto son contenedores que generalmente han sido usados un elevado número de veces, las maderas que originariamente formaban el suelo se encontrarán muy probablemente desgastadas o en descomposición, ya que la madera es un elemento natural que proviene directamente de los árboles.

Para evitar problemas de resistencia y futuros mantenimientos en el suelo, estas maderas se extraerán y no se utilizarán como parte de la estructura.

El tipo de suelo escogido en la mayoría de zonas consiste en una previa colocación de rastreles de madera entre las vigas inferiores de los contenedores con el fin de aumentar la superficie sobre la que irán colocados los elementos posteriores. La separación entre rastreles será no superior a 30 cm.

Directamente sobre estos, se colocará una primera capa de paneles de corcho natural a modo de aislante y, tal y como se ha explicado en el apartado sobre *Sostenibilidad*, este material hará la función tanto de aislante térmico como acústico. Estos paneles de corcho se anclarán a las vigas mediante tornillería y serán de 100x100x1cm.

Posteriormente, para poder ofrecer un ambiente natural y agradable, se utilizará un laminado de madera en formato de anclaje o, más comúnmente denominado, suelo de "Parquet". Este es un tipo de suelo a modo de tablas que encajan unas con otras.

El tipo de paneles de parquet propuestos tienen unas dimensiones de 120x22x8mm. También cuentan con un tratamiento hidrófugo.

Se ha escogido este tipo de suelo debido a que el parquet no necesita de juntas ni selladores para las uniones entre placas. Además, el tipo propuesto cuenta con una gran resistencia en cuanto a uso y durabilidad.



Ilustración 52: Colocación de suelo de corcho y parquet (Fuente: <https://www.hechoencorcho.com/rollos-de-corcho-para-pared-y-suelo/>)

En el caso de los lavabos individuales y cuartos de baños comunes, debido a la gran humedad y agua que se genera en el recinto por el vapor, tal y como se ha explicado anteriormente, el uso de la madera no es una buena opción. Por ello, se recurrirá a utilizar láminas vinílicas de PVC sobre los paneles de corcho. Estas láminas que se proponen son de muy fácil colocación debido a que son adhesivas. Son ideales para las zonas donde no hay un tránsito no muy elevado y están previstas para soportar el agua, por lo que es un producto que no requerirá prácticamente de mantenimiento y evitará la utilización de más materiales a largo plazo. Contribuyendo así a evitar la explotación indebida de materia prima.

La colocación da comienzo por el secado de la superficie dónde se aplicará, posteriormente se colocarán las láminas cerciorándose con un martillo de goma de que van encajando los pliegues que presentan cada una y realizando cortes en ellas en los casos que haga falta (cómo por ejemplo las esquinas).

Estos materiales cumplen la normativa CTE en cuanto a Seguridad frente al riesgo de caídas en resbaladidad de los suelos.

En el caso de la sala de máquinas, se dispondrá de un suelo a base de gres porcelánico debido a que es la zona más peligrosa por la maquinaria situada en ella y este material es el mejor aislante térmico, eléctrico, sostenible, y además de resistente, para esta zona.

Rodapiés

Se colocarán rodapiés de MDF en la parte inferior de las paredes para la protección de golpes. Estos se instalarán mediante sistema de encaje con clip.



Ilustración 53: Rodapié (Fuente: <https://www.leroymerlin.es/fp/17337740/rodapie-mdf-artens-8-cm-natural-mod040>)

Cumplimiento de la legislación

- Protección frente al fuego: En el respectivo documento del Código técnico de edificación dónde se establecen la catalogación mínima en resistencia al fuego de los materiales, los suelos en zonas ocupables tienen una clase de E_{FL} . El tipo de fachada que se ha escogido ofrece una catalogación de "E" en el caso de las placas de corcho y, de " $B_{fl1} s_1$ " en el caso del parquet. Por lo que se cumple el apartado 4 de la sección SI-2 del DB-SI/2019 (CTE).
- Aislamiento térmico: En cuanto al aislamiento térmico, la respectiva legislación establece que, teniendo en consideración que la ciudad de Barcelona se sitúa en la zona climática C, las particiones horizontales corresponden una conductividad máxima de $0,95 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. En nuestro caso las placas de corcho presentan una conductividad de entre 0.035 y $0.043 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Por lo que sí que se cumple con los mínimos establecidos.
- Aislamiento acústico: Cómo ya se ha mencionado, el documento DB-HR del CTE, indica las condiciones y procedimientos a seguir para cumplir con la normativa en cuanto a protección frente al ruido.

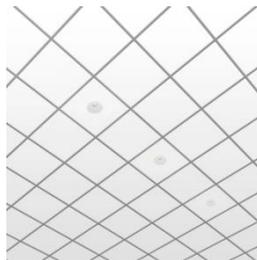
4.4.2. Sistemas horizontales superiores (Techos)

En el caso de los techos de cada una de las zonas de la edificación, se colocarán falsos techos de paneles rígidos de lana de roca en ellos. Estos elementos se colocarán con la función de

poder pasar toda la instal·laci3n el3ctrica por la parte superior y colocar posteriormente los sistemas de alumbrado. Adem3s de servir tambi3n c3mo aislante entre plantas.

Para colocar los falsos techos, previamente se atornillará una estructura de mallado de acero galvanizado y de perfilaría vista al techo de los contenedores y, a una distancia de 10 cm de ellos con el fin de respetar la altura m3nima de habitabilidad. Antes de colocar los paneles es importante realizar los cortes para las secciones de las lámparas.

Se colocarán paneles de lana de roca debido a que en el documento DB-SI, los techos (incluyendo falsos techos), obtienen una clase de reacci3n contra el fuego de "C-s2, d0". Se cumple con este m3nimo ya que la lana de roca tiene una calificaci3n de A1.



Ilustraci3n 54: Falso techo de lana de roca r3gida (Fuente: <https://www.pinterest.es/pin/532832199671887328/>)

Para darle un mejor acabado, se atornillarán perfiles en los bordes de los techos alrededor de todo el per3metro.

4.4.3. Elementos verticales

Zonas comunes y habitaciones

Los revestimientos verticales en el interior de cada una de las habitaciones y zonas comunes, ser3n paneles MDF ign3fugos de 15mm debido a la gran facilidad que presentan en su colocaci3n en la etapa de construcci3n y las 3ptimas condiciones que ofrece en cuanto a sostenibilidad.

Los revestimientos, para cumplir con la legislaci3n vigente en relaci3n a la reacci3n al fuego, han de cumplir con unas condiciones m3nimas establecidas en el DB-SI. En el caso de las placas de MDF, la clasificaci3n que obtiene es de B-s1,d0. La cual se acepta en todas las zonas de este proyecto.

Estos paneles, al igual que para la fachada, se recurrir3n a anclarlos mediante perfiles de acero galvanizado atornillados a las paredes de los contenedores.

Para un mejor aislamiento entre habitaciones y zonas comunes, se colocarán paneles de lana de roca entre las paredes de los contenedores y los paneles de MDF. Con esto se conseguir3 una mejor experiencia para los residentes en cuanto a descanso y estudio.

Tal y c3mo se muestra en la ilustraci3n siguiente, los paneles de aislante se colocan entre cada uno de los perfiles para evitar ocupar un mayor espacio.

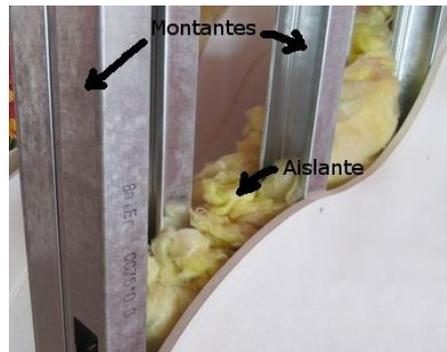


Ilustración 55: Colocación de placas MDF con aislante (Elaboración propia)

Por último, se aplicará una capa de pintura ecológica de colores según la zona dónde se aplique.

Zona de baños

En estas zonas, debido a la gran humedad que se produce, no es posible utilizar placas de MDF. Es por ello que se utilizarán paneles de pladur seguidos por un revestimiento con piezas de gres porcelánico adheridos mediante mortero. Se ha escogido el pladur para estas zonas ya que, pese a tener bajas ventajas medioambientales, se puede reducir su impacto (tal y cómo se ha explicado anteriormente en el apartado de Sostenibilidad) y permite mayor facilidad para la posterior colocación de la cerámica y ofrece las mejores prestaciones aislantes para estas zonas.

Por lo que, se escogerán unas dimensiones de 150x150 cm con grosor de 10 mm para estos elementos.



Ilustración 56: Gres porcelánico para baño 150x150x10 (Fuente: <https://www.marazzi.es/colecciones/azulejos-cuarto-de-bano/>)

4.4.4. Carpintería

Puertas internas

Los elementos de apertura tanto al exterior del edificio cómo de cada una de las compartimentaciones cómo son las puertas y ventanas, se escogerán dependiendo de la zona dónde se sitúen y teniendo en cuenta que, tal y cómo es la propuesta de distribución del edificio, estas puertas internas también dan a la intemperie. Excepto las de los cuartos de baño de las habitaciones.

En cuanto a las puertas interiores del edificio, en el caso del acceso a la zona de recepción, lavandería, lavabos comunes y habitaciones, estas serán puertas abatibles de una hoja de madera con aluminio por la cara exterior. Se deciden estos materiales debido a la gran sostenibilidad de la madera y, para no realizar mantenimientos en él debido al desgaste con el sol y la lluvia, se recubre con aluminio para protegerlo de la intemperie.

Estas puertas, dado que la función del edificio es servir de residencia universitaria, deben de contener todas de cerraduras para mantener tanto la privacidad de cada una de las habitaciones, cómo de zonas comunes restringidas (ya sea por ser restringida según horario, cómo es el caso del comedor común, o por restringirlo ya que es únicamente accesible para personal autorizado). Además, se grabará en las puertas de las habitaciones los números de identificación de estas para facilitar el acceso de los residentes.

Por otro lado, en el comedor común, zona de estudio, y zona de ocio, dado que son zonas con más metros cuadrados y generarán una mayor afluencia de personas a través de sus respectivos accesos (puertas), se colocará puertas abatibles de doble hoja y del mismo material que las anteriores.

En el caso de los lavabos de las habitaciones, estas puertas serán de madera debido a que no están en contacto con la intemperie. Se aprovechará este hecho (no intemperie) para utilizar únicamente este material más ecológico y reciclable.

El dimensionado de las puertas debe cumplir con la normativa en cuanto a materiales y dimensionado de esta. Puesto que el proyecto se enfoca en una zona de la región de Catalunya, se debe seguir el Decreto 141/2012 de Catalunya sobre las Condiciones mínimas de habitabilidad [35] en el caso de las dimensiones y, del CTE correspondiente (DB-SI), para los materiales. En este decreto catalán se establece que estas puertas de accesos internos deben de tener unas dimensiones mínimas de 0,7m de anchura y 2m de altura. Para este proyecto de dispondrá de puertas de 80 x 210 cm para el caso de las de una hoja, y de 130 x 200 x 3,5 cm para las de dos hojas.

Puertas externas

El número de puertas que comunican el edificio con la calle son 3, de las cuales 2 son salidas de emergencia.

Para el caso de la entrada principal y, dado que los dos lados de este acceso dan al exterior, se contará con un cerramiento de aluminio el cual se compondrá de: una puerta para el caso de entrada de vehículos de emergencia, y de una puerta para peatones. Este cerramiento tendrá una altura de 2,5 metros y de aproximadamente 15mm de grosor.

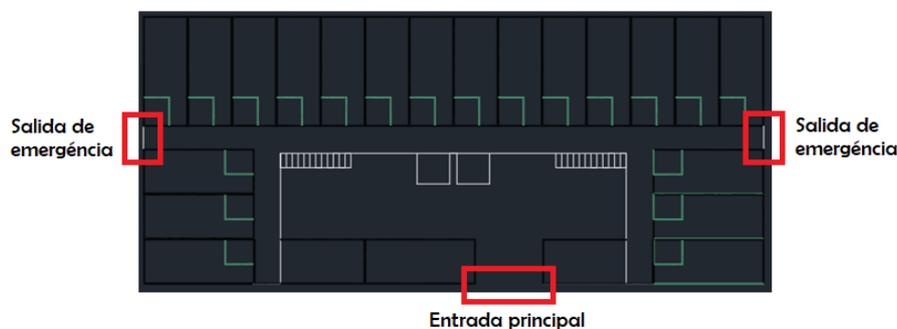


Ilustración 57: Localización de las puertas externas del edificio en plantas superiores (Elaboración propia)

Ventanas

Exteriores:

Tal y cómo se ha indicado en el apartado de distribución del edificio, las zonas de las habitaciones poseen al menos una de sus paredes en el perímetro exterior. Esto facilita la ubicación de las ventanas al exterior de cada una de las habitaciones. En el caso de las zonas comunes, también poseen al menos una en el perímetro exterior.

Estas ventanas, que se sitúan en esta cara del exterior, se colocarán a una altura de 1,5 metros (parte inferior de la ventana) respecto del suelo de la habitación. Por la misma razón que con las puertas exteriores, el material que se utilizará en este caso es el aluminio. El tipo de ventana que se propone es de 2 hojas de apertura corredera, con persiana manual, ruptura de puente térmico y unas medidas de 100cm de ancho y 100 cm de alto. Esta incorporará un doble acristalamiento de 16mm.

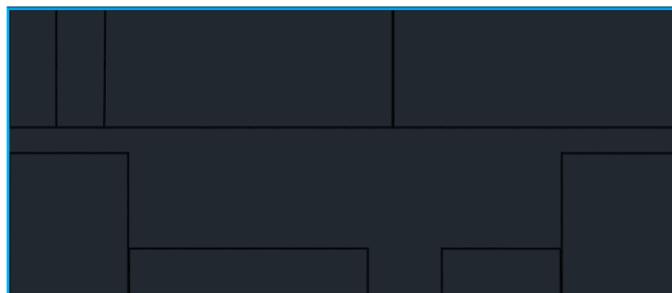


Ilustración 58: Perímetro exterior (en azul) del edificio en planta baja (Elaboración propia)

Interiores:

Estas ventanas corresponden a las ubicadas en las paredes interiores de las zonas comunes. Se utilizarán ventanales (de hojas fijas) en las paredes de estas zonas para poder ofrecer una mejor iluminación y conseguir un ambiente más abierto entre las zonas del edificio. Las ventanas que se proponen son de aluminio con rotura de puente térmico, doble acristalamiento de 16mm y de unas dimensiones de 150cm de ancho y 100 cm de alto.

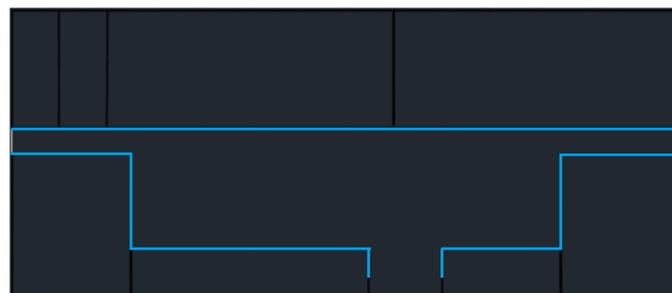


Ilustración 59: Perímetro interior (en azul) del edificio en planta baja (Elaboración propia)

El documento básico que regula las dimensiones y condiciones en el caso de las ventanas es el DB-SUA del CTE.

4.5. Sistemas de acondicionamiento e instalaciones

En este apartado, se detallarán los elementos relacionados con todas las instalaciones de acondicionamiento del edificio.

4.5.1. Sistemas de transporte vertical y horizontal

Para la comunicación de cada uno de las plantas de este proyecto, se dispondrán de escaleras y ascensores colocados en zonas céntricas y de fácil acceso desde todas las zonas.

Ascensores

Para facilitar el acceso de los pisos superiores y, para poder adaptar la edificación a personas con discapacidades físicas, se dispondrán de 2 ascensores.

Estos ascensores, serán idénticos con una capacidad para 4 personas cada uno, con una única puerta cada uno y una carga máxima de 450Kg. Las dimensiones en área de este tipo de ascensor es de aproximadamente 1500x1800mm. Tendrá una velocidad de 0,63m/s y alcanzará la altura del edificio hasta la planta más alta. Este tipo de ascensores no precisa de sala de máquinas.

Es importante que, por motivos de seguridad, se disponga de una línea telefónica en el interior mediante un botón de SOS.

Los materiales más utilizados para la fabricación de este tipo de transporte vertical, es el hierro y el acero que, según lo mencionado en el apartado de *Sostenibilidad*, presentan una gran sostenibilidad por sus ventajas en cuanto a reciclaje.

Escaleras

Las escaleras se situarán cerca de los ascensores y orientados hacia la parte izquierda y derecha (respecto de la entrada principal) para dar una rápida y fácil evacuación en caso de emergencia. El tipo de material que se utilizará será de metálico galvanizado para poder resistir a la humedad y lluvia.

Para poder, además, cumplir con la normativa vigente en cuanto a Seguridad de utilización y accesibilidad establecida en el DB-SUA, la anchura de cada tramo de la escalera será de 1m con una contrahuella de 15cm y una huella de 28cm. Dado la ubicación y altura de las escaleras, será preciso disponer de barandillas en ambos extremos de las escaleras y a una altura aproximada de 1m cómo marca la normativa, con balaustres para evitar caídas y con peldaños antideslizantes.

Pasarelas

Cómo se ha mencionado anteriormente, se utilizarán pasarelas de chapa estriada 3/5 antideslizantes y de 5 mm de grosor para poder comunicar cada una de las habitaciones de los pisos superiores con los elementos de transporte vertical. Esta estructura en cada piso se anclará mediante tornillería a los contenedores para evitar que se separen y se sustentará, además, mediante vigas verticales de acero galvanizado soldadas a ellas. Estas vigas verticales se atornillarán al terreno para poder soportar el peso de todas las pasarelas y se colocarán 15 de ellas.



Ilustración 60: Chapa estriada para pasarelas (Fuente: <https://www.leroymerlin.es/fp/12715612/chapa-metalica-de-aluminio-de-25x50-cm-y-0-15-mm-espesor>)

Para cumplir con la normativa anteriormente mencionada de DB-SUA, el ancho de estas pasarelas será la necesaria para evitar aglomeraciones en situaciones de emergencia en todas las zonas, y dispondrán de barandillas en los perímetros de 1m de altura con balaustres transparentes (en las zonas donde sea necesario). Se recomienda ver el documento de Planos para más detalles.

Zona de pasillos laterales

Estos pasillos son los pertenecientes a los indicados en la imagen siguiente:

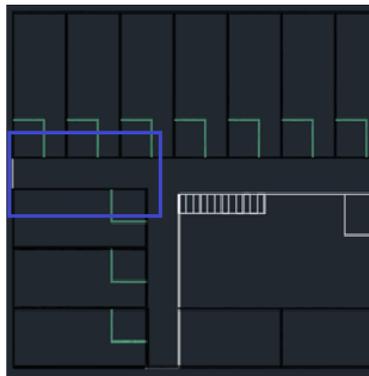


Ilustración 61: Zona de pasillo lateral (Elaboración propia)

Debido a que la anchura de estos pasillos es menor que la anchura de un contenedor marítimo, no es posible utilizar un contenedor sin cortar para ello. Por lo que, para realizar los elementos pertenecientes al techo y suelo en estas zonas, las pasarelas interiores se alargarán hasta esas zonas para formar esas separaciones.

4.5.2. Sistema de saneamiento

Los sistemas de saneamiento son todos aquellos elementos que se unen para formar un sistema de gestión de aguas residuales, y que transportan esta agua hasta un punto de disposición final. Estos elementos son grupos funcionales los cuales según el contexto, disponen de una tecnología u otra. En otras palabras, el sistema de saneamiento se encarga del transporte del agua residual de los elementos como grifos, lavadoras o hasta tejados, hasta los desagües.

En el caso de este proyecto, la colocación del sistema de saneamiento comienza antes de la colocación de los contenedores marítimos, debido a que las tuberías finales de este sistema han de posicionarse en el subsuelo durante el proceso de cimentación.

Generalmente, el material más utilizado en la fabricación de los componentes de esta red (o sistema) de saneamiento es el PVC. Sin embargo, al tratarse de un material altamente contaminante por los tóxicos liberados en su fabricación, se descartará como elección para cumplir con el ODS12 (mencionado anteriormente en el apartado de *Sostenibilidad* de este proyecto). El material al que se recurrirá es el hierro fundido.

Es importante destacar que, según la normativa vigente sobre este sistema contenido en el documento de Salubridad HS, hay una serie de condiciones y exigencias a aplicar recogidas en el apartado HS5.

4.5.2.1. Sistema de recogida de aguas negras y grises

Las aguas negras son las recogidas de los inodoros y, las aguas grises son las provenientes de las duchas, lavabos, lavamanos, lavavajillas y lavadora.

El sistema que se utilizará en este proyecto no será bombeado, sino por gravedad y, los elementos de los que dispondrá este proyecto para la evacuación de aguas residuales son:

Cierres hidráulicos

Son elementos que se utilizan en los puntos del sistema cercanos a los puntos de generación de aguas residuales para que, mediante la retención de agua, se impide el paso de gases provenientes de la red de saneamiento.

En este proyecto se utilizará un sifón (el cual es un tipo de cierre hidráulico) por cada grifo, retrete y plato de ducha de todas las zonas de baño.

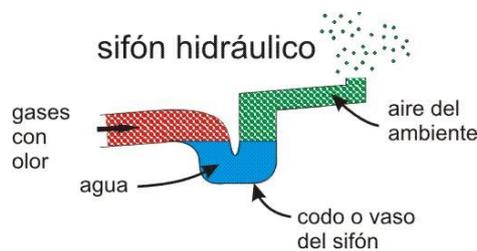


Ilustración 62: Representación del funcionamiento del cierre hidráulico (Fuente: <https://yestocomolohago.blogspot.com/2019/06/los-desagues-cloacales-funcionamiento.html>)

Redes de pequeña evacuación

Estos elementos con las partes de la red que dirige los residuos desde dónde se generan estas aguas residuales hasta los bajantes. Para cumplimentar el CTE en el apartado 3.3., estas redes no tendrán una longitud superior a los 2 metros desde los bajantes a los sifones y se colocarán con una pendiente de entre 2 y 3% dependiendo de la zona de colocación. Es importante mencionar que las tuberías conectadas a los lavabos deben de conectar a las bajantes con unas tuberías de diámetro superior en comparación a los del lavadero y ducha, que se conectan a esta misma tubería mediante otras con menor diámetro.

En los lavabos y fregaderos se colocarán además rebosaderos.

Bajantes

Las bajantes son todas aquellas tuberías dispuestas de manera vertical, que poseen de un diámetro superior a las redes de pequeña evacuación y que transportan el agua residual de estas redes hasta los colectores situados en el subsuelo. Se dispondrá de una bajante por cada

habitación que haya en una planta de manera que, cada habitación y sus superiores e inferiores, conectan sus redes pequeñas de evacuación en una única bajante. Lo que hace un total de 20 tuberías bajantes.

Tal y cómo se representa en la imagen siguiente, estas tuberías serán de un diámetro de 125mm y se anclarán a la estructura mediante abrazaderas de fijación de goma (para evitar los ruidos) atornilladas a los contenedores.

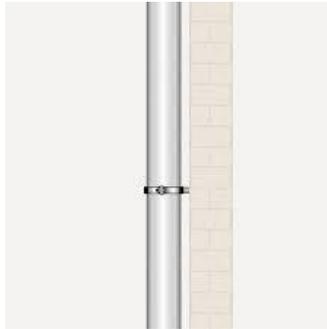


Ilustración 63: Anclaje de una tubería bajante (Fuente: <http://www.generadordeprecios.info/#gsc.tab=0>)

En la parte superior del edificio, esta bajante se propagará hasta la cubierta del edificio de forma que quede en contacto con la atmosfera exterior. Esta propagación tiene como función la evacuación de aire y gases mefíticos y evitar succiones y presiones. Se prolongará 130cm por encima de la cubierta.

Por último, se instalarán injertos de seguridad con tapas en cada planta para el mantenimiento del sistema de saneamiento que, junto al sistema de suministro de agua, se cubrirán con chapa metálica en la esquina de los cuartos de baño para una mejor protección y estética. Se recomienda ver el documento *Planos* de este proyecto para una ubicación mejor estos elementos.

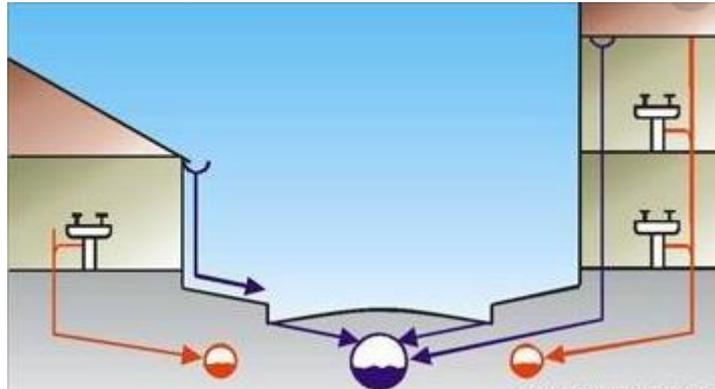


Ilustración 64: Injerto de seguridad (Fuente: <https://saneamador.es/fontaneria/desagues/pvc- evacuacion/injerto-de-seguridad-para-todo-tipo-de-tubos.html>)

Colectores

Se dispondrá de 4 colectores situado en la zona del subsuelo para recoger toda el agua residual proveniente de cada una de las bajantes y de los canelones de aguas fluviales. Este es un elemento que se colocará en orientación casi horizontal (2%-3%) para dirigir esta agua hacia el desagüe municipal. Debe de tener un diámetro superior a las bajantes en función del caudal que deban recoger.

Este colector se situará bajo la zona del patio interior que, como ya se ha mencionado, debe de posicionarse en el proceso de fabricación de la cimentación y colocando una arqueta previo al enlace con el desagüe municipal.



Il·lustració 65: Representació de la disposició del col·lector (Fuente: <https://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/5722/tfm-esp-est.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

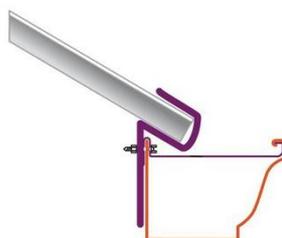
En cuanto a la zona de lavandería, las redes de pequeña evacuación desembocarán a un colector de diámetro 130cm debido que, pese a que superiormente a esta zona no hay más edificación, la cantidad de lavadoras que albergará provocará un elevado caudal de agua residual en esa zona.

4.5.2.2. Sistema de recogida de aguas pluviales

Las aguas pluviales son las provenientes de la lluvia, de manera natural. En el caso del edificio de este proyecto se recogerán únicamente las aguas de la cubierta. Debido a que la zona del patio interior será ajardinada, no se recogerán las aguas que caigan en ella.

La forma de recogida será mediante canalones y canales para la recogida del agua de la cubierta.

- **Canalones:** Los canalones son unos componentes muy importantes tanto para evitar la filtración del agua de la lluvia en el interior cómo para evitar que se deslice por la fachada del edificio. El elemento que se utilizará serán canalones exteriores de acero galvanizado a lo largo de toda la cubierta, así como un elemento de ayuda para la caída del agua en el canalón tal y cómo se representa en la ilustración siguiente. Se deben de posicionar con cierta pendiente para favorecer el flujo del agua (1%-2%).



Il·lustració 66: Posició del canalón en la cuberta (Fuente: <https://alcupi.com/canalon-aluminio/796-pato-para-sujetar-canalon-en-cubierta-uralita-boca-20mm.html#.YNDf1GgzZhE>)

- **Canales:** Además, para poder canalizar esta agua desde la cubierta hasta la parte inferior del edificio y así evitar cortinas de agua, se utilizarán canales.

Se instalará una bajante de canal (también de acero galvanizado) en cada una de las esquinas exteriores del edificio.

El cálculo de la sección que han de tener los canalones y los canales horizontales se realizará a continuación:

Primero, se ha de calcular la superficie en planta de cubierta en m² que se ha de desaguar para cada uno de los sumideros (o canales bajantes). En el caso de la cubierta, el área que le corresponde a cada uno de los sumideros es distinta a las demás. Para facilitar los cálculos se aproximarán estas áreas en 4 cuadrantes. Estos cuadrantes son los representados en la imagen siguiente.

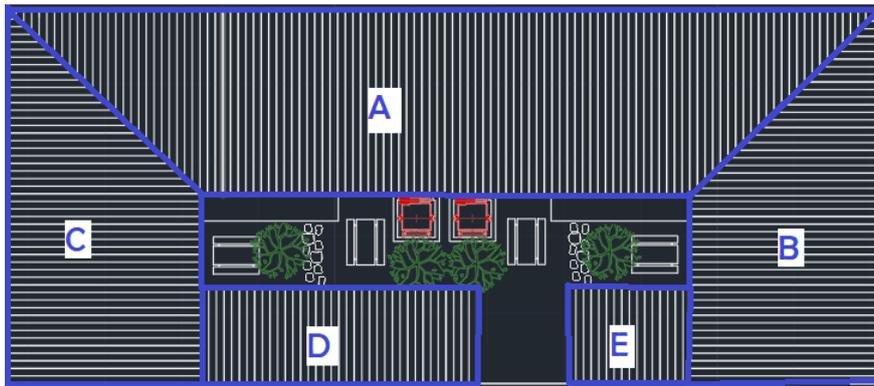


Ilustración 67: Cuadrantes (extraído del documento de Planos) de la cubierta para el cálculo de sumideros y canalones (Elaboración propia)

Área A: 196,06 m²

Área B: 83,57 m²

Área C: 83,57 m²

Área D: 41,43 m²

Área E: 17,87 m²

La región de Sant Just Desvern pertenece a la región del Baix Llobregat y, según los datos aportados por Idescat [36], la pluviometría suele oscilar entre los 80 – 90 mm/h en las épocas de más lluvia. Por tanto, según las condiciones establecidas en el CTE (DB-HS apartado 4.2.2.), debe aplicarse un factor de corrección en los canalones y bajantes:

$$f = \frac{90}{100} = 0,9$$

*Dónde el valor de 90 corresponde a la intensidad pluviométrica.

Por lo tanto:

$$\text{Área A: } 196,06 \text{ m}^2 * 0,9 = 176,45\text{m}^2$$

$$\text{Área B: } 83,57 \text{ m}^2 * 0,9 = 75,21\text{m}^2$$

$$\text{Área C: } 83,57 * 0,9 = 75,21\text{m}^2$$

$$\text{Área D: } 41,43\text{m}^2 * 0,9 = 37,28\text{m}^2$$

$$\text{Área E: } 17,87\text{m}^2 * 0,9 = 16,08\text{m}^2$$

Cálculo de las bajantes

Con estos datos, se ha de proceder ahora a consultar la tabla 4.8 del DB-HS sobre las aguas pluviales.

Tras la consulta, los diámetros para las bajantes son:

Área A: 75mm

Área B: 63mm

Área C: 63mm

Área D: 50mm

Área E: 50mm

Cálculo de los canalones

De la misma manera, con los mismos datos de las áreas, podemos calcular la sección de los canalones mediante la tabla 4.7. del DB-HS sobre las aguas pluviales.

Para ello, con una pendiente establecida del 2%, el diámetro nominal de los canalones (con la máxima superficie obtenida) será de 125mm.

4.5.3. Sistema de suministro de agua

En cuanto al sistema de suministro de agua sanitaria, esta procederá de la red de distribución pública. Se ha de tener en cuenta que esta agua llega a la localización del edificio con una presión específica y que, al tratarse este proyecto de una edificación de diversas plantas, esta muy probable no será lo suficientemente alta como para llegar a abastecer las plantas más altas sin contar de un sistema de bombeo en el interior.

Esta red de suministro, se divide a través de 2 redes internas distintas. Una para el suministro del agua caliente, y otra para el agua fría.

En el caso de este proyecto, esta red consistirá en un conjunto de tuberías de cobre.

A continuación se procederá a explicar los dos tipos distintos de redes internas así como sus elementos más importantes de los que se dispondrá:

Red de agua fría

Esta red comienza en la acometida de agua de la red pública, y termina en las salidas de agua para su utilización. Se divide en 2 zonas diferentes: Zona general (zona general del edificio) y zona de instalaciones particulares (cada una de las habitaciones y lavandería y cuartos de baño comunes). Los elementos más importantes que formarán cada una de estas zonas, en orden, son:

1. Instalación general:
 - Acometida: Este elemento se colocará justo en la entrada del suministro desde la red pública (Se ha de colocar en el exterior del edificio) tanto para un correcto control del abastecimiento, como para una mayor seguridad. Esto se realiza mediante elementos de medición incorporados. También contará con una llave de toma antes de llegar a la acometida para poder abrir y cerrar el suministro desde su origen, tanto por seguridad como para labores de

mantenimiento en el interior del edificio. Por último, se colocará otra llave de corte seguidamente a la acometida.

- Llave de corte general: Se dispondrá de una llave general en el interior del edificio, más concretamente en la sala de servicios para poder interrumpir el suministro de agua en los casos en los que proceda. A esta llave de corte se conecta la conocida tubería de alimentación, que marca el inicio de la red.
- Filtro: Se instalará un filtro a continuación de la llave general para retener los residuos que puedan haber. Este filtro será de tipo "Y" y con un umbral de filtrado de entre 25 y 35 μm , y un caudal máximo de 32 m^3/h . Además, estará compuesto por una malla de acero inoxidable y un baño de plata para evitar la aparición de bacterias.
- Armario del contador general: Este armario contendrá los siguientes elementos: La llave de corte mencionada anteriormente, el filtro (también mencionado anteriormente), el contador, un grifo de prueba, una válvula de retención y, por último, una llave de salida. Los elementos se posicionarán en el orden en el que se han mencionados siguiendo el sentido del flujo.

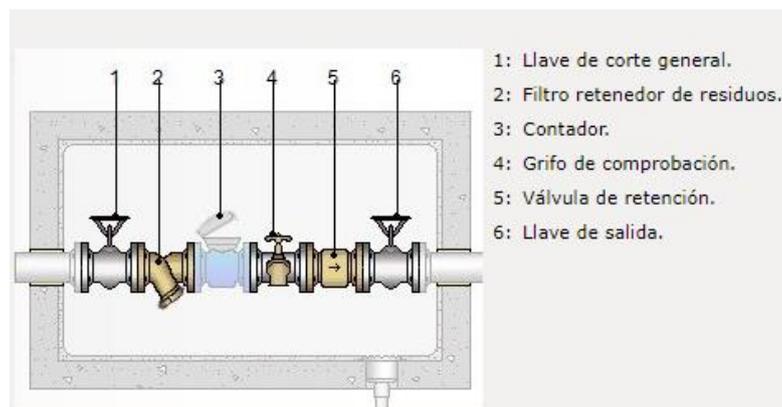


Ilustración 68: Elementos del armario de contador general Fuente: <http://www.generadordeprecios.info/#gsc.tab=0>

- Reductor de presión y grupo de presión: Debido a que se contará con diferentes plantas, es muy probable que a cada una de las plantas no llegue la presión deseada. Por ello, la red de las plantas más altas pasará previamente por un (grupo de presión) para aumentar la presión del agua suministrada. Y por otro lado, las plantas más bajas pasarán previamente por una válvula limitadora (reductor de presión).

Más concretamente, este grupo de presión está compuesto por bombas de velocidad constante que son controladas por un presostato (regulando las presiones de arranque y de paro), un depósito auxiliar (aljibe) y un depósito de presión (calderín). Estos son aparatos que se situarán en el cuarto de máquinas.

A continuación se calcularán los parámetros que requieren cada uno de estos elementos:

Cálculo del caudal requerido

Una bomba de agua ha de poder impulsar el caudal máximo requerido, el cual se refiere al caudal en el pico más alto de utilización en un momento dado.

Para este cálculo se partirá del caudal individual de cada uno de los elementos de consumo que se establecen en la tabla 2.1 de la sección HS4 del CTE.

Tabla 16: Caudal requerido en cada una de las habitaciones (Elaboración propia)

Tipo de aparato por habitación	Número de aparatos por habitación	Caudal instantáneo (dm ³ /s)	Caudal instantáneo ACS(dm ³ /s)
Lavamanos	1	0,050	0,030
Inodoro	1	0,100	-
Ducha	1	0,200	0,100
Lavabo	1	0,100	0,065
TOTAL		0,450	0,195
	Mayor suma de caudales	0,45 dm ³ /s	

Tabla 17: Caudal requerido en las zonas comunes (Elaboración propia)

Tipo de aparato en zonas comunes	Número de aparatos	Caudal instantáneo (dm ³ /s)	Sumatorio caudal instantáneo (dm ³ /s)	Caudal instantáneo ACS(dm ³ /s)	Sumatorio caudal instantáneo ACS(dm ³ /s)
Lavadora	15	0,200	3	0,150	2,25
Ducha	2	0,200	0,4	0,100	0,2
Inodoro	2	0,100	0,2	-	-
Lavamanos	4	0,050	0,2	0,030	0,12
TOTAL			3,8	0,280	3,32
	Mayor suma de caudales	3,8 dm ³ /s			

Sumando los caudales obtenidos en las anteriores tablas tenemos que,

$$Q_{total} = 0,45 * 100 \text{ habitaciones} + 3,8 = 48,8 \text{ dm}^3/\text{s} = 48,8 \text{ l/s}$$

El cuál es el caudal total en el caso de abrir simultáneamente todos los elementos de consumo de agua. Sin embargo, para el caso más realista, ya que es improbable utilizar todos los elementos simultáneamente, se ha de calcular el caudal máximo con la siguiente ecuación según la Norma UNE 149201:2008:

$$Q_{m\acute{a}ximo} = 1,08 * (Q_T)^{0,5} - 1,83$$

$$Q_{\text{m\`aximo}} = 5,714 \text{ l/s} = 20.570 \text{ l/h}$$

Este caudal es el caudal m\`aximo al que se podr\`a llegar dada la demanda del edificio. Establecemos una presi\`on de suministro requerida de 100KPa tal y c\`omo dictamina la legislaci\`on en el CTE.

Con estos \`ultimos valores, ya se puede proceder a calcular la bomba necesaria para este proyecto.

C\`alculo del dep\`osito auxiliar

Para calcular el volumen de este dep\`osito, se ha de aplicar la f\`ormula establecida en el apartado 4.5.2.1 de la secci\`on HS4.

$$Volumen \text{ del dep\`osito} = Q_{\text{m\`aximo}} (l/s) * t * 60$$

*t: Este par\`ametro corresponde al tiempo estimado en minutos de utilizaci\`on de este dep\`osito, estimaremos 15 segundos de utilizaci\`on continua de agua con un caudal en valor m\`aximo.

$$V = 5,714 * 15 * 60 = 5.142 \text{ L aprox.}$$

Por lo tanto se dispondr\`a de un aljibe de aproximadamente 5.200 litros de capacidad.

C\`alculo del equipo de bombeo

Para escoger el equipo de bombeo necesario, se ha de hacer mediante 3 par\`ametros: El caudal que se requiere impulsar, los metros de altura de agua necesarios, y el n\`umero de bombas que se necesitan.

- **Datos generales de partida** (desde el punto de suministro y hasta el punto m\`as alejado de la bomba):
 - o Altura geom\`etrica: 15,3m
 - o Recorrido total de la tuber\`ia: 68,36m
 - o Di\`ametro interior de la tuber\`ia: 25mm
- **Caracter\`isticas de aspiraci\`on** (desde el punto de suministro y hasta la bomba):
 - o Altura de aspiraci\`on: 2,30m
 - o Longitud de la tuber\`ia: 3,3m
 - o N\`umero de v\`alvulas totales: v\`alvula de retenci\`on del contador (1)
 - o N\`umero de codos de 90\`o: 1
- **Caracter\`isticas de impuls\`ion** (desde la bomba y hasta el punto m\`as alejado de la bomba):
 - o Altura de aspiraci\`on: 13m
 - o Longitud de la tuber\`ia: 65,06m (52,06m tuber\`ia general horizontal o colector y, 13m tuber\`ia secundaria vertical)

- Número de válvulas totales (dado que sólo hay un recorrido, tal y cómo se ve en el documento *Planos del Sistema de suministro de agua*, este número corresponde al número de válvulas contenidas en ese recorrido): válvula de compuerta (1)
- Número de codos de 90º: 6

Para el cálculo de las pérdidas, se distinguen 2 tipos de tuberías, la general (que suministra agua en la planta de abajo) y los ramales (tuberías verticales que suministran el agua a los pisos superiores).

- **Pérdidas de carga en la aspiración:**
 - Longitud de la tubería: 3,3m
 - Pérdidas singulares: 10m (válvulas) + 5m (codos)
 - Longitud equivalente de la tubería: 18,5m
- **Pérdidas de carga en la impulsión de la tubería general:**
 - Longitud de la tubería: 52,06m
 - Pérdidas singulares: 10m (válvulas) + 5m (1 codo)
 - Longitud equivalente de la tubería: 67,06m
- **Pérdidas de carga en la impulsión de las tuberías verticales:**
 - Longitud de la tubería: 13m
 - Pérdidas singulares: 5m (1 codos)
 - Longitud equivalente de la tubería: 18m

Con estos valores se calculan las pérdidas de carga mediante un “Ábaco para el cálculo de tuberías de fontanería” (el cual se presenta en el documento *Anexos de este proyecto*), teniendo en cuenta que el caudal obtenido y, requiriendo un diámetro de tubería de 88mm de cobre en la tubería general y de 54mm en las verticales (en las que el caudal será menor).

- Pérdidas de carga de aspiración:

$$0,0075 \text{ m. c. a. } \frac{18,5}{\text{m}} = 0,138 \text{ m. c. a.}$$

- Pérdidas de carga de impulsión de la tubería general:

$$0,0075 \text{ m. c. a. } \frac{67,06}{\text{m}} = 0,50 \text{ m. c. a.}$$

- Pérdidas de carga de impulsión de la tubería vertical (el caudal en estas zonas es el caudal total dividido entre el número de habitaciones por piso):

$$0,0003 \text{ m. c. a. } \frac{18}{\text{m}} = 0,00054 \text{ m. c. a.}$$

Con estos valores ya es posible calcular la altura manométrica en valor de m.c.a. (metros columna de agua); Esto se realiza sumando estas últimas

perdidas con la altura de aspiración. El resultado es de aproximadamente 16 m.c.a.

Por lo que se utilizará un equipo de bombeo que sea capaz de impulsar un caudal de **5,714l/s** a una altura manométrica superior a **16 m.c.a.**

Número de bombas

Se escogerá el número de bombas en servicio en función del caudal requerido y teniendo en consideración el apartado 5.3.1.1 de la *UNE 194.202* en el que estipula el requerimiento de al menos 2 bombas principales en funcionamiento alterno montadas en paralelo. Por lo que, para un caudal simultáneo de 8,8407l/s, se dispondrán de 2 bombas.

2. Instalaciones particulares:

En cuanto el agua fría llegue a cada una de las habitaciones, cuartos de baño o lavandería, mediante tuberías ascendentes, llegarán a otra llave de paso situadas en ellas (la cual será de fácil acceso para su mantenimiento). A partir de este punto se dividirá el flujo del agua hacia cada una de los puntos de mediante ramales que serán tuberías de menor grosor que las tuberías de las instalaciones generales. En estos puntos de consumo se instalarán otras llaves de corte (paso) individual.

Red de agua caliente sanitaria (ACS)

La red de agua caliente, comenzará en la sala de máquinas.

El sistema que se utilizará para calentar el agua, se basará en las exigencias estipuladas en la Sección HE 4 del CTE. En este se dictamina que es de obligado cumplimiento utilizar una fuente de energía renovable para calentar al menos el 60% de la demanda anual para el ACS.

Para ello, se recurrirá a una instalación de captadores solares sobre la cubierta del edificio. Para saber los litros al día que se requieren de ACS, se recurrirá a extraer el valor de la Tabla 4.1 del HE del CTE. El valor que indica para residencias universitarias, es de 41 litros/persona.

Se ha de especificar inclinación óptima de las placas y, según las recomendaciones de fabricantes, esta inclinación será de entre 30 y 40 grados. El modelo de panel solar térmico que se escogerá es el EPI 20 de la empresa Cosmosolar, que dispone de unas dimensiones de 1,303m².

Se ha de tener en consideración el obligado cumplimiento de la siguiente condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

Dónde:

V: Volumen del depósito de acumulación

A: Suma de áreas de todos los captadores

I dada la elección del panel escogido, se tiene que para un acumulador de 6.000 litros:

$$34 < A < 120$$

$$27 < N^{\circ} \text{ paneles} < 95$$

Se ha decidido hacer uso de la herramienta CHEQ4 ofrecida por el Estado, para calcular el número de paneles necesarios para la instalación:

Tabla 18: Parámetros para el software CHEQ4 (Elaboración propia)

Parámetros insertados en el programa	
Orientación captadores	45°
Inclinación captadores	35°
Pérdidas por sombras	0%
Porcentaje anticongelante	10
Caudal	4.100l/h
Diámetro de la tubería	12mm
Espesor del aislante de la tubería	40mm
Tipo de aislante	Genérico
Sistema de apoyo	Caldera eléctrica

Por lo tanto, los resultados (paneles) necesarios para conseguir abastecer el 60% de la demanda) para así conseguir ocupar el mínimo espacio posible de la cubierta, se dan con un número de 70 captadores (1 conectado en serie y los demás en paralelo para aumentar la energía obtenida) y un acumulador de 6.000 litros.

Los datos obtenidos anuales son:

Tabla de resultados					
Fracción Solar (%)	Demanda neta (kWh)	Demanda bruta (kWh)	Aporte solar (kWh)	Cons. auxiliar (kWh)	Reducción CO2 (kg)
63	69.233	69.579	43.577	62.482	15.557

Ilustración 69: Resultados de CHEQ4 del circuito de paneles térmicos (100 personas)

Tal y cómo se indica en la Ilustración anterior, la demanda anual de ACS es de 69.233kWh, de las cuales 43.577kWh son aportados por la red solar térmica. El resto de energía requerida es aportada por la fuente exterior, el cual se utilizará una caldera eléctrica general.

Para poder observar con más claridad el porcentaje de uso de cada una de las energías (solar o eléctrica) así como la demanda en cada uno de los meses, el programa facilita la siguiente gráfica:

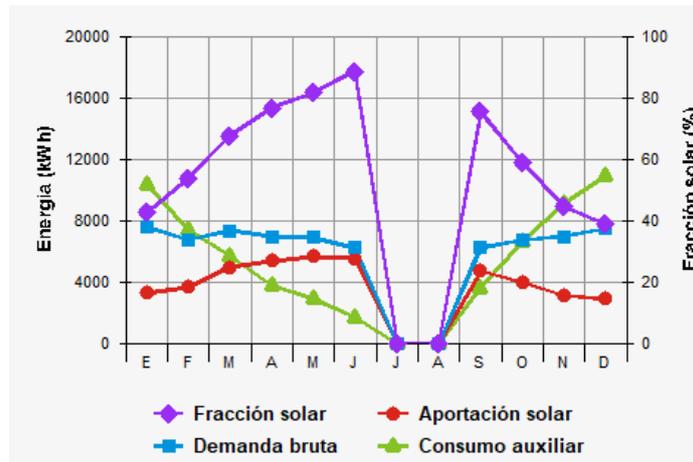


Ilustración 70: Gráfica mensual de consumo y aporte de energía para ACS de CHEQ4 (100 personas)

* Los meses correspondientes a los periodos vacacionales no se han tenido en consideración en cuanto a demanda energética.

Con un número de captadores de 70, la superficie ocupada de cubierta (basándonos en el modelo que es) es de 91,21 m², por lo que, teniendo en cuenta las pocas dimensiones de cubierta a ocupar en comparación con los metros cuadrados disponibles, se ha decidido ocupar más superficie situando mayor cantidad de paneles térmicos y así conseguir abastecer un mayor porcentaje de demanda con esta energía.

Por lo que, para poder conseguir un mayor porcentaje se dividirá el circuito en 2 independientes, teniendo uno para cada mitad del edificio. Se realizará de este modo para poder pasar el peso del acumulador a 2 acumuladores y así distribuir mejor el peso en la cubierta. Por tanto se colocarán 2 acumuladores y cada uno estará conectado a la mitad de paneles térmicos instalado.

Utilizando de nuevo la herramienta CHEQ4 con estos nuevos cambios, para cada circuito se obtiene:

- Número de personas: 50.
- Litros de acumulador: 5.000 litros.
- Paneles térmicos: 55.

Fracción Solar (%)	Demanda neta (kWh)	Demanda bruta (kWh)	Aporte solar (kWh)	Cons. auxiliar (kWh)	Reducción CO2 (kg)
79	34.617	34.963	27.644	17.586	9.869

Ilustración 71: Resultados de CHEQ4 de uno de los circuitos de paneles térmicos (50 personas)

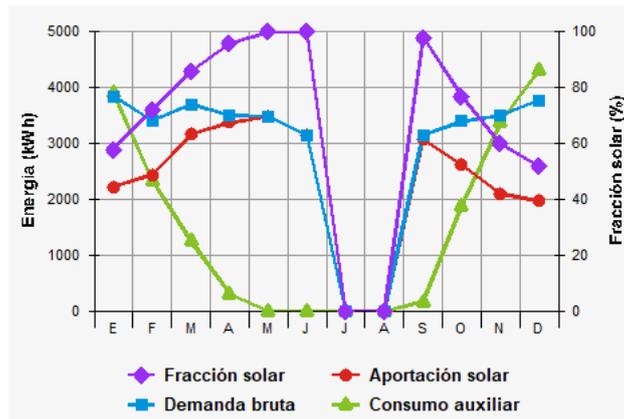


Ilustración 72: Gráfica mensual de consumo y aporte de energía para ACS de CHEQ4 (50 personas)

Como se puede observar, se necesitará un total de 110 paneles térmicos, consiguiendo así abastecer el 79% de la demanda energética de ACS del edificio y recurriendo a la caldera eléctrica únicamente para el 21% de la demanda. Como era de esperar, los meses que más se recurrirá a esta energía auxiliar será en invierno debido a la poca presencia de energía solar. La superficie, por tanto, que se ocupará de cubierta será de 143,33m² aproximadamente.

El acumulador se situará anclado en el tejado para poder estar cerca de los captadores y evitar al máximo las pérdidas de energía, y situándose también a una altura superior de los captadores, según las directrices del fabricante. También es necesario disponer de una bomba para poder impulsar el fluido de los captadores continuamente, de una serie de sensores para regular el funcionamiento de la caldera en función de la disponibilidad de energía solar, y de un contador general de agua caliente con llave de corte. Estos últimos elementos se situarán en la zona de máquinas, por lo que el agua proveniente de los acumuladores llegará a esta zona antes de distribuirse y, se dispondrá de 2 unidades de cada uno (1 para cada circuito).

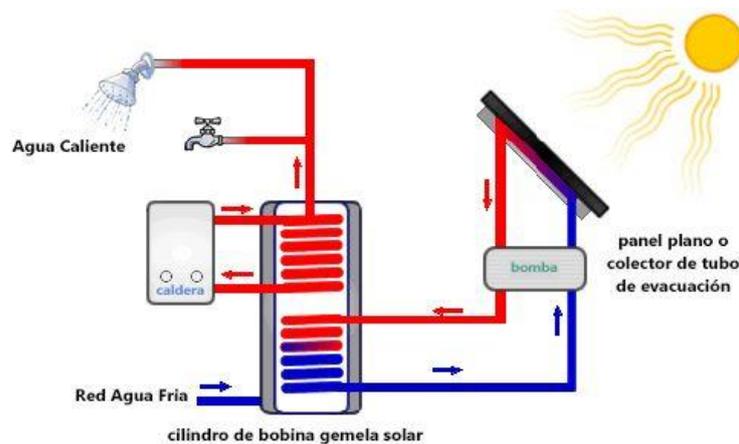


Ilustración 73: Representación del sistema de suministro de ACS que se utilizará (Fuente: <https://www.pinterest.es/pin/521713938059632062/?d=t&mt=login>)

4.5.4. Sistema de climatización

Las instalaciones referidas a la climatización dentro de cada una de las zonas de la residencia han de tener como objetivo principal la de mantener la temperatura, humedad y calidad del aire en ellas. Han de permitir mantener una temperatura interior que proporcionen el mayor

ambiente de bienestar posible tanto en invierno como en verano. La temperatura escogida para este proyecto será de entre 17 y 23°C dependiendo de la estación del año en cada momento.

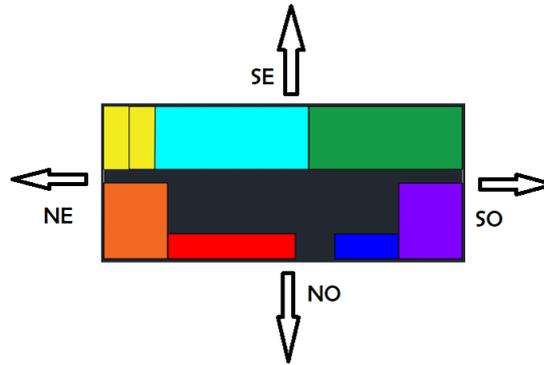
Para poder evaluar el tipo de instalación a instalar, primero se ha de calcular la potencia necesaria para poder alcanzar estos niveles de bienestar mencionados. Para poder calcular esta potencia se recurrirá a utilizar el software gratuito ofrecido por la Universidad Politécnica de Valencia, llamado Atecyr [37]. Este software está basado en el programa Microsoft Excel en el que es previamente necesario introducir una serie de datos según la zona a calcular, y que se mencionarán a continuación:

- **Selección de la climatización:** Para poder realizar los cálculos de refrigeración y calefacción, se ha de seleccionar por separado.
- **Datos generales referidos a condiciones interiores y exteriores:** El software pide previamente introducir datos generales tales como localización, altura sobre el nivel del mar, estación meteorológica de referencia y el incremento de temperatura. En nuestro caso se escogerá una localización genérica (puesto que el software no prevé la localización exacta) de Barcelona para la latitud. El incremento de temperatura se establecerá en los valores por defecto de 3°C de incremento en calefacción y de 0°C en refrigeración.
- **Datos de la zona:** Se han de introducir los datos superficie y volumen de cada una de las zonas a evaluar, los cuales son:

Tabla 19: Superficie y volumen de cada zona del edificio (Elaboración propia)

Zona	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)
Habitación	13,8	31,74
Comedor común	82,8	190,44
Zona de ocio	82,8	190,44
Zona de estudio	41,4	95,22
Lavandería	27,6	63,48
Secretaria	13,8	31,74

- **Datos de opacos:** Se refiere a la superficie de los elementos tanto verticales como verticales que cubren la zona en cada uno de los ejes cardinales (en nuestro caso, por la posición de la parcela, se utilizarán Noroeste (NO)-Noreste (NE)-Sudeste (SE)-Sudoeste (SO)) teniendo en cuenta la transmitancia térmica que poseen. A continuación se muestra, para una mayor comprensión, la orientación de la edificación con respecto los ejes cardinales.



Il·lustració 74: Orientació respecte als eixos cardinals amb l'exemple de la primera planta del edifici (Elaboració pròpia)

- **Ventanas:** Así cómo en el caso anterior, se han de introducir los datos de la superficie cubierta por ventanas y ventanales respecto a los ejes cardinales.
- **Superficie de opacos adjuntos:** Referido a la superficie de edificios que rodean el edificio. Se supondrá, dada la ubicación que es nula ya que se encuentra separado de su edificio más próximo.
- **Equipamiento eléctrico interno:** Dado el equipamiento necesario para una residencia universitaria, se considerará menospreciable excepto en la zona de lavandería (debido a la gran cantidad de lavadoras y secadoras).
- **m²/ocupante:** Se ha de considerar el número de metros cuadrados por ocupante el cual se establece, tal y cómo se representa en la Tabla 6, en el CTE según la finalidad de la zona.

Se realizará el cálculo de la potencia calorífica y de refrigeración para cada una de las zonas del edificio, por lo que se ha de realizar un desglose para cada una de ellas. En el caso de las habitaciones, debido a que según la distribución escogida, existen 3 tipos de habitaciones según la orientación. Por lo que se tratarán por separado.

Para mayor aclaración en los parámetros introducidos, se recomienda ver el documento de *Anexos* dónde se muestran todos los valores introducidos y obtenidos.

Tras insertar todos los parámetros en sus respectivas casillas del software, los cálculos obtenidos se dividen en:

Tabla 20: Cargas sensibles y latentes de refrigeración y calefacción por zonas (Elaboración pròpia)

Zona	Refrigeración		Calefacción		TOTAL	
	Carga sensible [W]	Carga latente [W]	Carga sensible [W]	Carga latente [W]	Total calefacción (Σcargas) [W]	Total refrigeración (Σcargas) [W]
Habitación orientación Sud-Este	404	972	-836	-297	1.376	-1.133
Habitación orientación Nord-Oeste	406	972	-836	-297	1.378	-1.133

Habitación orientación Sud-Oeste	411	972	-836	-297	1.383	-1.133
Comedor común	6677	19211	-12851	-5896	25.888	-18.747
Zona de ocio	5164	14408	-9831	-4409	19.572	-14.240
Zona de estudio	2430	6310	-4912	-2184	8.740	-7.096
Lavandería	1221	3125	-2408	-956	4.346	-3.364
Secretaria	563	1334	-1187	-462	1.897	-1.649

Los resultados obtenidos de total de cargas en cada una de las zonas, corresponde a la potencia necesaria para mantener la zona en las condiciones óptimas tanto para refrigeración como para calefacción y, tal y como se observa, las diferencias entre cada zona son notorias.

Por ende, se ha escogido utilizar 3 tipos distintos de aparatos de aire acondicionado según la zona.

Los aparatos de aire acondicionado son aparatos electrónicos que se utilizan en cada una de las zonas y que constan de 2 componentes principales:

1. Unidad interior: Se instala dentro de la zona a climatizar y su función es la de absorber el calor de la habitación y transmitirlo hacia la unidad exterior pasando previamente por un compresor y una válvula de expansión que hacen cambiar la temperatura mientras se regula la presión.
2. Unidad exterior: La unidad exterior intercambia este calor con el exterior. Se colocará cada uno anclado a la fachada exterior de cada una de las zonas a climatizar.

El hecho de escoger este tipo de sistema permite mayor facilidad de instalaciones, traduciéndose así en menor tiempo y disminución de recursos en la fase de construcción (mejora de la ODS12), y tener un mayor control de la climatización de las zonas ya que se tratan por separado.

Por lo que los 3 tipos propuestos de aires acondicionados según la potencia a otorgar son los siguientes:

Tabla 21: Tipos de aires acondicionados por cada zona (Elaboración propia)

Aire acondicionado	Zonas	Potencia cada unidad(KW)	Precio
1x1 Wind	<ul style="list-style-type: none"> • Habitaciones (todas las orientaciones) • Lavandería • Secretaria 	2,33	259,00€
1x1 HTW PureLight	Lavandería	6,98	1.250,00€
1x1 FUJITSU ASY71UI-KL	<ul style="list-style-type: none"> • Comedor común (4ud.) • Zona de ocio (3 ud.) 	7,56	2.745,00€

- Zona de estudio (2 ud.)

4.5.5. Sistema de ventilación

Para asegurar la calidad y salubridad interior en cada una de las habitaciones debido a los humos generados por los módulos de cocina y, por los malos olores de los cuartos de baño, es necesario renovar el aire mediante un sistema de ventilación. La instalación que se realizará constará de tres redes de conductos para cada una de las 3 partes del edificio representadas a continuación:

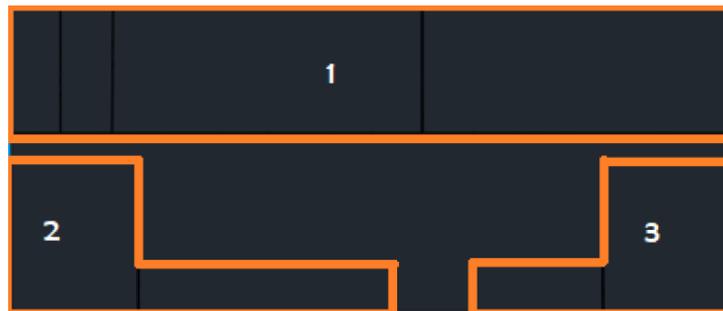


Ilustración 75: División de zonas del edificio para la red de ventilación (Elaboración propia)

En cada una de estas partes se instalarán extractores de ventilación en la cubierta que se conectarán a unas redes de tuberías de esas partes del edificio. 3 redes de ventilación independiente en total. En los cuartos de baño se colocarán rejillas de ventilación para renovar el aire mediante estas redes de ventilación.

4.5.6. Sistema de telecomunicaciones y audiovisuales

Para que los estudiantes puedan disfrutar de un buen confort y descanso y así, cómo ciertos estudios aseguran [38], conseguir un buen rendimiento académico, han de disponer de sistemas de entretenimiento audiovisuales como son los servicios televisivos. Para ello, se dispondrá de una instalación de señal de TV, además de un televisor en la zona de ocio.

Además, para que los estudiantes puedan estudiar y hacer uso de servicios de internet, se dispondrá de puntos WIFI (mediante routers) en todas las zonas del edificio (incluyendo un punto en cada habitación) para asegurar una buena cobertura. En el caso de la zona de secretaria, se dispondrá de 5 puertos Ethernet conectados hasta el modem central que se encontrará en el cuarto de máquinas.

Por último, la entrada exterior de la zona de secretaria se deberá tener un interfono para el acceso al edificio.

4.5.7. Sistema de suministro eléctrico e iluminación

A continuación, se detalla la instalación eléctrica que poseerá el edificio así cómo lo relacionado a la iluminación.

4.5.7.1. Iluminación

Tal y cómo se ha explicado en el apartado 3.2.2 *Arquitectura sostenible*, la mejor opción para poder abastecer una instalación eléctrica con energías renovables son los paneles solares fotovoltaicos, por lo que se utilizará esta tecnología para abastecer el 100% de la iluminación

del edificio. Las luces que se escogerán para la iluminación de todas las zonas del edificio serán de tipo LED para poder reducir el consumo de electricidad.

Antes de escoger el tipo de de placas fotovoltaicas, se ha de hacer una evaluación de la demanda necesaria de iluminación.

Primero se ha de calcular el número de luces que se han de colocar en cada una de las zonas. La cantidad de luces depende de la destinación y uso de cada zona, así como de las luces LED escogidas, por lo que:

- Luces LED escogidas: 1.521 lumen
- Si consideramos los valores óptimos de nivel de lumen en cada una de las zonas [39]:

Tabla 22: Niveles de lumen y números de led por cada zona (Elaboración propia)

Zona	Lux necesario	Metros cuadrados (m ²)	Lumen/led	Nº leds
Habitaciones	400	14,3	1.521	4x100 hab. = 400
Comedor común	600	87	1.521	35
Zona de estudio	750	43,5	1.521	22
Cuarto de máquinas	500	43,5	1.521	15
Zona de ocio	600	87	1.521	35
Recepción	400	14,3	1.521	4
Lavandería	300	29	1.521	6
Cuartos de baño comunes	250	29	1.521	5
Pasillos y zona central	-	-	1.521	20xplanta + 10(jardín) = 130
			TOTAL	652

Siendo la conversión de lumen a lux la siguiente:

$$n^{\circ} \text{ leds} = \text{lux requerido} * \frac{m^2}{1.521} \text{lumen}$$

Por lo que, sabiendo que la bombilla tiene una potencia consumida de 11W, y teniendo en cuenta el número total de LEDs necesarios, el consumo al día será de 173,184 kw/h aproximadamente (se ha otorgado un margen de 1Kw/h a este valor). Para extrapolarlo a un consumo anual (para poder realizar el posterior cálculo de dimensionado de paneles solares), se realizará mediante la siguiente tabla con las horas de utilización media al día en cada mes:

Tabla 23: Potencia solar necesaria en cada mes (Elaboración propia)

Mes	Horas/día de utilización de la iluminación (aproximada)	Total de horas al mes (h)	Potencia total (kw/h)
Enero	8h	248	1789,568
Febrero	7h	203	1464,848
Marzo	6h	186	1342,176
Abril	6h	180	1298,88
Mayo	5h	155	1118,48
Junio	5h	150	1082,4
Julio	5h	155	1118,48
Agosto	6h	186	1342,176
Septiembre	6h	180	1298,88
Octubre	7h	217	1565,872
Noviembre	7h	210	1515,36
Diciembre	8h	248	1789,568

Los LEDs de cada una de las zonas se instalarán con plafones. En las zonas de los pasillos y exteriores se instalarán con protecciones para los agentes climáticos y, en la zona ajardinada y entrada principal, se instalarán luminarias de pie.

Sobredimensionamiento de los paneles fotovoltaicos

Para poder escoger el número de paneles fotovoltaicos así como el tipo, se ha de calcular teniendo en consideración la demanda obtenida. Para ello, se realizarán los cálculos partiendo del mes más desfavorable, es decir, el mes que mayor relación demanda/energía solar tiene.

El panel solar que se utilizará en este proyecto es el modelo 72-CELL SERIES de ERASolar:

- Tensión: 24V
- Pico máximo de intensidad: 8,84A
- Dimensiones: 1956x992x40mm
- Eficiencia: 17,5%
- Precio: 90,57€

Para saber la energía solar (radiación) que la ubicación puede captar, es necesario consultar los datos ofrecidos por la Comisión Europea en el "Photovoltaic geographical information system" (Anexos) donde para una radiación horizontal en la localización del proyecto se tiene que:

*Se aplicará el porcentaje de eficiencia de la placa de 17,5% a la radiación captada.

Tabla 24: Relación entre demanda y radiación solar en cada mes (Elaboración propia)

Mes	Potencia total (kw/h)	Radiación (kw/h /m2)	Radiación con corrección (kw/h /m2)	Relación demanda/energía (Potencia/radiación)
Enero	1789,568	99,77	17,45975	102,496771
Febrero	1464,848	126,13	22,07275	66,3645445

Marzo	1342,176	153,84	26,922	49,8542456
Abril	1298,88	166,91	29,20925	44,4681051
Mayo	1118,48	198,67	34,76725	32,1705053
Junio	1082,4	227,58	39,8265	27,1778841
Julio	1118,48	260,14	45,5245	24,5687487
Agosto	1342,176	252,58	44,2015	30,3649424
Septiembre	1298,88	192,5	33,6875	38,5567347
Octubre	1565,872	131	22,925	68,3041221
Noviembre	1515,36	91,53	16,01775	94,6050475
Diciembre	1789,568	82,78	14,4865	123,533497

Como se puede observar, el mes de diciembre suele ser el de más requerimiento de paneles, por lo que se realizarán los cálculos en base a este coeficiente obtenido.

Si tenemos en cuenta la tensión de la instalación (se tomarán 48V) y la tensión nominal (24V), se puede calcular el número de paneles solares conectadas en serie que se necesitarán:

$$N^{\circ} \text{ placas en serie} = \frac{48v}{24v} = 2$$

Ahora se necesitará calcular el número de placas en paralelo requeridas:

$$N^{\circ} \text{ placas en serie} = \frac{\text{Coeficiente}_{\text{obtenido}}}{I_{\text{pico de la placa}}} = \frac{123,533497}{8,84} = 14 \text{ paneles}$$

Por lo que el número de placas se obtiene de multiplicar el número de paneles en serie por el de paralelos:

$$N^{\circ} \text{ paneles totales} = N^{\circ} \text{ serie} * N^{\circ} \text{ paralelo} = 24$$

En cuanto al espacio de cubierta ocupada por los paneles fotovoltaicos, se calcula multiplicando el número de paneles por las dimensiones de un panel:

$$\text{Superficie ocupada} = 46,568m^2$$

Sobredimensionamiento de las baterías

Antes de escoger el tipo de batería para el proyecto, se ha de establecer un periodo de autonomía óptimo. Dado la localización del edificio y consultando datos y estadísticas sobre la periodicidad de las malas condiciones meteorológicas en la zona para los paneles [40], se ha escogido seleccionar una autonomía de al menos 125h. Este valor representa el número de horas que se podría suministrar electricidad de las baterías ininterrumpidamente en el caso que no hubiera radiación solar.

Para calcular la carga eléctrica de la batería en amperios/hora (Ah), se debe calcular mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Carga} = N^{\circ} \text{ dias} * \text{Consumo diario} (\text{mes más desfavorable}) = 5 * 57,728 = 412,342Ah$$

Teniendo el tiempo de carga de la batería, se ha escogido la batería Monoblock DC-500ML. Este modelo dispone de una capacidad de carga de 500Ah, el cual es superior a la calculada

para evitar futuros problemas de descarga. Su tensión es de 12V y, dado que la tensión del sistema es de 48V, se requerirá de 4 baterías en cada una de las líneas en paralelo utilizadas. Hacen un total de 8 baterías (Conectadas en paralelo en grupos de 4).

4.5.7.2. Resto de instalación eléctrica

En cuanto al resto de la instalación eléctrica que no corresponde a la iluminación, se ha decidido optar por abastecerla mediante la red eléctrica proveniente de una compañía suministradora. Esto es debido a que dado que ya se ha decidido colocar 2 circuitos distintos de paneles sobre la cubierta, no es óptima la colocación de una tercera en cuanto al peso que se generaría en ella. Además, el hecho de colocar otro circuito independiente para el resto de la electricidad dificultaría las labores de mantenimiento en la zona de la cubierta y, debido también a al gran inversión que requeriría, a la corto-largo plazo no resultaría rentable.

Por lo que, para la red eléctrica general, antes de escoger el tipo de servicio y potencia a contratar, se ha de analizar cada uno de los componentes que requieran energía de la red eléctrica de una manera significativa.

Tabla 25: Consumo eléctrico de cada aparato electrónico (Elaboración propia)

Aparato eléctrico	Nº unidades (Ud)	Consumo unitario (W)	Consumo total (W)
Lámpara de escritorio	100	40	4000
Aire acondicionado 1x1 Wind	102	2.326	237252
Aire acondicionado 1x1 HTW PureLight	1	6.978	6978
Aire acondicionado 1x1 FUJITSU ASY71UI-KL	9	7.559,5	68035,5
Previsión de ordenador portátil (no incluido en el equipamiento)	100	220	22000
Caldera eléctrica para ACS	2	2.007,53	4015,06
Bombas para la red de agua	4	4.101	16404
Lavadoras	15	19,4	291
Secadoras	15	270	4050
Máquinas vending	2	30	60
Teléfonos recepción	3	10	30
Frigorífico	100	500	50000
Microondas	5	800	4000
Vitrocerámica	100	2.000	200000
Extractor de humos de cocina	100	110	11000
Ordenadores de sobremesa	3	250	750

(recepción)			
Extracción de humos	3	200	600
TOTAL			629,465KW

Cómo se puede observar, el consumo total del edificio ascendería a aproximadamente 568Kw. Sin embargo, en la práctica no será coherente conectar simultáneamente todos estos componentes al mismo tiempo ya que se usarán en distintos momentos del día (dependiendo de cada estudiante). Por lo que, para poder considerar este hecho, se multiplicará cada potencia de los componentes por un factor coherente a su frecuencia de utilización, donde 1 es un uso continuo a lo largo del día y 0, es en desuso.

Tabla 26: Consumo con corrección de cada aparato electrónico (Elaboración propia)

Aparato eléctrico	Consumo total (W)	Factor de corrección	Consumo total con factor de corrección (W)
Lámpara de escritorio	4000	0,2	800
Aire acondicionado 1x1 Wind	232600	0,3	71175,6
Aire acondicionado 1x1 HTW PureLight	6978	0,3	2093,4
Aire acondicionado 1x1 FUJITSU ASY71UI-KL	68035,5	0,3	20410,65
Previsión de ordenador portátil (no incluido en el equipamiento)	22000	0,5	11000
Caldera eléctrica para ACS	4015,06	0,6	2409,036
Bombas para la red de agua	16404	0,6	9842,4
Lavadoras	291	0,5	145,5
Secadoras	4050	0,5	2025
Máquinas vending	60	0,2	12
Teléfonos recepción	30	0,3	9
Frigorífico	50000	1	50000
Microondas	4000	0,2	800
Vitrocerámica	200000	0,1	20000
Extractor de humos	11000	0,2	2200

Ordenadores de sobremesa (recepción)	750	0,5	375
Extracción de humos	600	1	600
TOTAL			193,801 KW

Por lo que se obtiene un resultado de aproximadamente 194KW de potencia en cuanto a la demanda de electricidad del edificio. Pese al resultado obtenido, se han de prever posibles subidas de tensión o que los estudiantes conecten otros aparatos en las habitaciones, por lo que se contratará un servicio que suministre al menos 200KW de potencia.

En cuanto a la instalación eléctrica interno, esta se ve regulada por el CTE y el Reglamento electrotécnico de baja tensión. En el caso de este proyecto esta instalación tendrá su origen en la sala de servicios, situando allí un cuadro eléctrico general (todos los cuadros eléctricos de este proyecto se colocarán a una altura entre 150 y 200 metros tal y cómo se dictamina en la normativa mencionada). En este primer cuadro se situará un interruptor general automático (IGA) con una intensidad mínima de 25A para evitar cortocircuitos y sobrecargas en el sistema, interruptores diferenciales para cada una de las zonas del edificio, y pequeños interruptores automáticos que se colocan para controlar distintas zonas del edificio.

El cableado desde este cuadro eléctrico general irá directamente a cada una de las zonas comunes del edificio y se situarán allí, otros cuadros eléctricos (1 por zona) para poder encender y/o apagar el suministro dependiendo de los elementos eléctricos que se encuentran.

En cuanto a la electricidad en las habitaciones, se colocarán otros cuadros eléctricos en cada una de las habitaciones para controlar el suministro eléctrico de cada uno de los elementos de la habitación.

Como norma general, el cableado de la instalación eléctrica será de 1,5mm² y con aislamiento de PVC para evitar accidentes de alta tensión. Se colocará dentro de los revestimientos de las paredes y, para la iluminación, también por encima de los falsos techos para no dejar cableado a la vista y evitar así futuros accidentes eléctricos.

4.5.8. Instalaciones de protección y seguridad

Salidas de emergencia

Tal y cómo se ha mencionado anteriormente en el apartado *Carpintería y accesos* de este documento, habrá 2 salidas de emergencia destinadas únicamente para ello. Estas salidas de emergencia constarán de puertas y, para respetar la normativa DB-SUA, debe de ser de 2,03 metros de altura y 0,9 metros de anchura como mínimo. Las dos puertas que se colocarán serán de material de acero inoxidable para resistir al efecto del agua y humedad de la intemperie.

Por último tendrán una luz de emergencia en la parte superior.

Red de detectores

Se instalarán varios sistemas de detección que se listará a continuación:

- Cámaras de seguridad: Se instalarán varias cámaras de seguridad dentro del recinto por la seguridad de los estudiantes y prevenir robos del exterior.
- Detectores de humo: Se instalarán dentro de todas las zonas para la seguridad contra incendios tal y como se establece en el CTE.

Estos sistemas serán controlados por sus respectivos sistemas de control situados en el cuarto de máquinas.

Elementos contra incendio

Se dispondrá de:

- Pulsador manual de alarma: 1 por cada planta superior y, en la planta inferior, se colocará 1 por cada zona común, zona de ocio, comedor común y lavandería.
- Extintores: 2 extintores por cada planta del edificio repartidos en puntos lo más distanciados posible.
- Boca de incendio: 1 en la planta baja.
- Sirena: 1 sirena por cada planta.

En cuanto al recinto del cuarto de máquinas, debido al tipo de maquinaria que albergará, deberá de disponer de suelos y recubrimientos de hormigón y elementos que puedan frenar la expansión de un posible incendio en dicha zona.

Puertas corta-fuego

Por último, la zona más delicada debido a la protección contra el fuego, es la zona del cuarto de máquinas.

Esta sala debe de disponer de puertas con alta resistencia al fuego y, para ello, deben de ser cortafuegos. La puerta que se instalará para esta sala está compuesta por dos chapas de metal y un interior de lana de roca de una altura de 2,00 metros y con una anchura de 0,80 metros. El marco de estas puertas ha de tener 2 bisagras y, 1 de ellas con muelle para un cierre automático.

Por último, en esta puertas se colocarán carteles de restricción de paso (únicamente permitiendo la entrada al personal autorizado) tal y cómo se dictamina en la normativa de la CTE.

Protección eléctrica

La instalación eléctrica ha de disponer de una toma de tierra enterrada en el subsuelo. Esta toma de tierra es un cable que ha de ser enterrado en un proceso previo de excavación y en el que van conectados todos los aparatos eléctricos con el fin de derivar hacia tierra cualquier corriente de falla máxima, impidiendo accidentes por el contacto a estos aparatos.

Esta instalación de toma a tierra será de cable de cobre rígido de una sección mínima de 35mm² y rodeará todo el perímetro del edificio. Posteriormente se enterrarán, unidos a este perímetro, 3 electrodos (o picas) colocados hacia el interior del suelo a distancia equivalente entre ellos a lo largo del perímetro.

4.6. Equipamiento

En este apartado se realizará un resumen a modo de tabla de todo el equipamiento con el que se contara en cada una de las zonas del edificio. A continuación se muestra la tabla dónde se indica, a demás del nombre del equipo, con el número de unidades y el precio tanto unitario cómo total.

Tabla 27: Desglose del equipamiento necesario y sus respectivos precios por zonas (Elaboración propia)

Componente	Unidades (Ud)	Precio unitario aproximado(€)	Precio total (€)
Habitaciones			
Escritorio	100	59,99	5.999,00
Silla de escritorio	100	39,95	3.995,00
Mesa para comer + 2 sillas	100	39,55	3.955,00
Lámpara de sobremesa	100	33,95	3.395,00
Cama individual	100	215,00	21.500,00
Armario	100	99,55	9.955,00
Kit muebles de cocina + armario de cocina	100	281,50	28.150,00
Extractor de humos	100	79,95	7.995,00
Mini frigorífico	100	124,00	13.400,00
Vitrocerámica eléctrica portátil	100	28,00	2.800,00
Ducha	100	130,00	13.000,00
Inodoro y Cisterna	100	250,25	25.025,00
Lavabo	100	245,50	24.550,00
Papelera	100	3,95	395,00
Subtotal			163.114,00
Cuarto de baño común			
Lavabo	4	266,90	1067,60
Módulos Inodoro y Cisterna	4	350,99	1403,96
Papelera	1	4,95	4,95
Subtotal			2476,51
X2 Lavabos (hombre/mujer)			4953,02
Recepción			
Mesa de escritorio	2	170,99	341,98
Silla de escritorio	3	49,95	149,85
Ordenador de sobremesa (periféricos incluidos)	3	425,90	1.277,70
Impresora	1	375	375,00
Armario archivador	3	127,27	381,81

Papelera	3	4,95	14,85
Làmpara de sobremesa	3	33,95	101,85
Mostrador	1	250,05	250,05
Teléfono	1	35,55	35,55
Subtotal			2.928,64
Lavandería			
Lavadora	15	150,00	2.250,00
Secadora	15	190,00	2.850,00
Armario para componentes	1	120,00	120,00
Mesas	14	25,50	357,00
Subtotal			5.577,00
Zona de ocio			
Futbolín	2	399,00	798,00
Mesa de billar	1	599,00	599,00
Mesa redonda	3	129,00	387,00
Silla	12	34,95	419,40
Televisor	1	359,99	359,99
Sofá 3 personas	2	279,99	559,98
Sofá 2 personas	2	189,95	379,90
Papelera	2	4,95	9,90
Subtotal			3.513,17
Zona de estudio			
Mesa rectangular (para 4 personas)	7	99,00	693,00
Mesa individual	3	23,55	70,65
Silla	35	34,95	1223,25
Papelera	2	4,95	9,90
Subtotal			1.996,80
Comedor común			
Mesa rectangular (para 4 personas)	13	99,00	1.287,00
Silla	52	24,99	1.299,48
Mesa para microondas	1	130,56	130,56
Microondas	5	49,00	245,00
Máquina de vending	2	215,00	430,00
Subtotal			3.392,04
Cuarto de máquinas			
Mesa	1	23,99	23,99
Silla	1	24,99	24,99
Armario (2000mm ancho)	2	125,95	251,90
Armario (1000mm ancho)	1	135,99	135,99
Papelera	3	4,95	14,85
Subtotal			451,72

Zona central ajardinada			
Mesa picnic	4	263,99	1.055,96
Camino de piedra (aproximado)	2	250,00	500,00
Subtotal			1.555,96

5. Resumen presupuestario

A continuación se muestra un resumen del presupuesto para la realización del proyecto, el cual se divide en 17 partidas distintas (cada una de ellas dividida en diferentes conceptos tal y cómo se muestra en el documento *Budget* de este proyecto). Sobre el total de la suma de todas estas partidas se han aplicado 2 tipos distintos de gastos: Un 8% de gastos generales para imprevistos en la etapa de construcción, y un 6% de beneficio industrial, el cual se establece este valor en la Ley 9/2017 sobre Contratos del Sector Público [\[41\]](#).

Cabe destacar que el precio de cada uno de los conceptos reflejados en el documento *Budget*, se ha extraído (en su mayoría) del Generador de Precios CYPE para proyectos de edificación según los precios en la región de Cataluña [\[42\]](#).

El resumen del presupuesto es el siguiente:

Tabla 28: Resumen del presupuesto (Elaboración propia)

Partida	Coste
1. Terreno	900.500,00€
2. Sistema estructural	200.726,28€
3. Sistema envolvente	109.413,89€
4. Sistema de acabados	424.055,01€
5. Sistemas de transporte vertical y horizontal	76.148,18€
6. Iluminación	64.628,52€
7. Sistema de saneamiento	7.730,85€
8. Suministro de agua fría	21.703,97€
9. ACS	166.117,97€
10. Sistema de climatización	41.075,30€
11. Sistema de telecomunicaciones y audiovisuales	26.113,87€
12. Sistemas de ventilación	15.660,12€
13. Sistema eléctrico	45.711,54€
14. Elementos de protección	7.358,50€
15. Equipamiento y mobiliario	187.482,35€
16. Ingeniería de estudio	3.876,00€
17. Licencias	2.400€
Total	2.300.702,35€
Gastos generales (8%)	184.056,19€
Beneficio industrial (6%)	138.042,14 €
PRESUPUESTO TOTAL	2.622.800,63€

6. Viabilidad económica

En este apartado se evaluará la viabilidad económica del proyecto a 15 años vista mediante una serie de indicadores cómo son el VAN y el TIR.

Este tipo de estudio dependerá de la inversión inicial que se ha obtenido en el apartado anterior de Presupuesto y nos indicará si este proyecto tiene realmente potencial para seguir adelante o no. Se ha establecido una tasa de descuento del 10% en los indicadores de la viabilidad, con la cual se reflejará la posible depreciación del valor monetario con el paso del tiempo.

Primero se desglosarán los ingresos y costes para el cálculo del beneficio de explotación de cada uno de los años.

Ingresos

Para el cálculo de los ingresos, se han tenido en cuenta los siguientes elementos:

- Precio de la habitación: El precio de la habitación se establecerá constante a lo largo de los años para no generar desconfianza en el público, ya que una subida del precio suele generar rechazo en los clientes a largo plazo y, por el contrario, una disminución puede llegar a generar desconfianza en cuenta a la calidad de la residencia. Se ha establecido el precio también teniendo en cuenta la relación calidad precio que ofrece la competencia.
Se ha fijado un precio de 880€ mensuales para cada una de las habitaciones (ya que todas ellas tienen las mismas características y prestaciones por igual).
- Nº de unidades: Este parámetro hace referencia al número de reservas mensuales que se realizarán al año. Debido a que, teniendo en cuenta que el número máximo de habitaciones disponibles son 100, el número también máximo de reservas anuales es 1.000. Y, por otro lado, dado que es muy difícil ocupar todo el cupo máximo desde los primeros años, se establece una ocupación del 73% en el primer año y, en cada año siguiente habrá un aumento de 3% hasta llegar al máximo, dónde se mantendrá constante.
- Subvención para placas solares: Se ha previsto una devolución del 50% de la inversión inicial en la instalación de paneles solares gracias a la Ayuda a la industria para la eficiencia energética (IDEA-FNEE) para las pequeñas empresas en Cataluña.
- Servicio de Vending: Gracias a las 2 máquinas Vending situadas en el comedor común, se obtendrá un ingreso mensual que será proporcional al número de clientes del que se dispone en cada año.
Se establece un precio medio por producto de 1,5€ y, un ritmo de 60 compras diarias en el caso de llenar completamente la residencia. Por lo que el máximo de ventas que se han aproximado con 2 máquinas es de 18.000 Ud.

Por lo que el desglose de ingresos para 10 años en el siguiente:

Tabla 29: Ingresos anuales (Elaboración propia)

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Ingresos de explotación	0.00	633.640,00 €	659.680,00 €	685.720,00 €	711.760,00 €	737.800,00 €	763.840,00 €
Precio de la habitación	-	850	850	850	850	850	850
Nº Unidades	-	730	760	790	820	850	880
Subvención para placas solares	88.939,50 €	-	-	-	-	-	-
Servicio de Vending	-	13.140,00 €	13.680,00 €	14.220,00 €	14.760,00 €	15.300,00 €	15.840,00 €

Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
789.880,00 €	815.920,00 €	841.960,00 €	868.000,00 €	868.000,00 €	868.000,00 €	898.000,00 €	898.000,00 €	898.000,00 €
850	850	850	850	850	850	880	880	880
910	940	970	1000	1000	1000	1000	1000	1000
-	-	-	-	-	-	-	-	-
16.380,00 €	16.920,00 €	17.460,00 €	18.000,00 €	18.000,00 €	18.000,00 €	18.000,00 €	18.000,00 €	18.000,00 €

Costes

Los costes se dividen en dos tipos de costes, los costes propios relacionados con el desarrollo del producto, y los gastos generales.

En cuanto a los costes, estos se dividen a su vez en costes variables, fijos, y semivARIABLES. Los elementos que componen estos costes son:

- **Electricidad:** Se establece un coste de electricidad aproximado de 31,7€/KW al mes, según el precio medio en las compañías eléctricas. Tal y como se ha calculado en el apartado de sistema eléctrico, los KW necesarios cuando están todas las habitaciones ocupadas es 190 KW, que es un valor que depende directamente de los clientes alojados.
- **Agua:** En el caso del precio del agua, según el precio más común en Catalunya, se establece un coste de 2,68€/m³ y, para estimar la cantidad de litros de agua que se requieren mensualmente se ha consultado el documento "Estadística sobre el Suministro y Saneamiento del Agua" del INE [43], donde se ha aproximado este valor a 133l litros por persona y día.
Se ha sumado un margen de litros anuales provenientes del gasto de agua en lavandería y cuartos de baño comunes.
- **Mantenimiento:** Se destina una parte a los costes relacionados con el mantenimiento de las instalaciones. Se estimará un 5% de los ingresos de las habitaciones.
- **Empresa de limpieza:** Para la limpieza del edificio se contratará una empresa externa que tendrá un coste fijo en cada uno de los años. 26.400€ anuales.

- **Personal:** Se contratarán 5 personas. 2 personas para las gestiones internas de administración, 2 persona para atender en secretaria, 1 persona para conserjería. El coste por parte de la empresa para cada uno de los trabajadores, así como el salario bruto se refleja a continuación:

Tabla 30: Salario bruto y coste por parte de la empresa para cada tipo de empleado (Elaboración propia)

	Salario bruto mensual	Coste por parte de la empresa
Conserje	1.500€	2.294,25€
Secretaria/recepción (Aux. administrativo)	1.600€	2.447,20€
Administrativo/gerente	1.800€	2.753,10€

- **Seguros:** Se contratará un seguro para el edificio que se abonará anualmente. Se ha aproximado a un 1% de los ingresos anuales.
- **Proveedor de Vending:** Se dispone de un proveedor de productos de las máquinas de Vending al que se le comprarán los productos por lotes. Se pagará mensualmente con un coste fijo. 750€ anuales.
- **Telecomunicaciones:** Se considerará también una cuota fija sin importar la ocupación de habitaciones. 2.000€ anuales.
- **Amortización:** Los elementos de la construcción se amortizan se amortizan respecto al precio en el presupuesto. Se ha aproximado esta amortización a un 3% anual.
- **Marketing:** Desde la apertura de la residencia universitaria se destinará una parte a Marketing para intentar captar el máximo de clientes cuanto antes. 4.000€ anuales.

Intereses e impuestos

Se estima un 5% del resultado de explotación para los intereses a pagar al final de cada año. En cuanto a los impuestos, dado que la edificación dispone de una alta eficiencia energética y que, la mayor parte de la energía proviene de fuentes de energía renovable propias del edificio, la Generalitat de Catalunya pone a disposición bonificaciones en el pago de los impuestos de cada año. Estas bonificaciones, en la ciudad de Barcelona y alrededores son: reducción del 50% del IBI durante 3 años y una reducción del 95% del ICIO [44]. Dado que hay más impuestos a pagar a parte de estos, se decide aproximar esta cantidad total a un 10% del BAI (Beneficio antes de impuesto) para los 3 primeros años, y a un 15% para los siguientes.

Dadas las consideraciones tomadas, los Resultados del Ejercicio de cada año son:

Tabla 31: Beneficios anuales (Elaboración propia)

Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

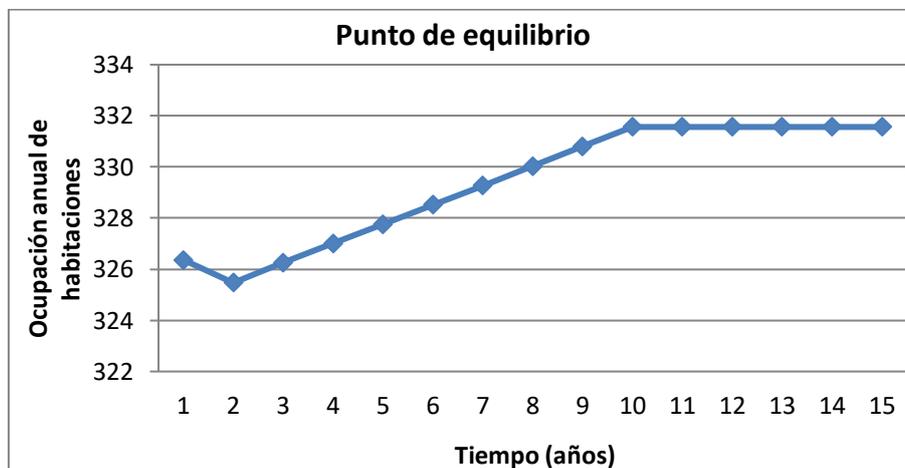
266.030,25 €	287.151,16 €	307.130,14 €	308.968,75 €	327.869,17 €	346.769,62 €	365.670,06 €	384.570,51 €
-----------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
403.470,96 €	422.371,41 €	422.371,41 €	422.371,41 €	422.371,41 €	422.371,41 €	422.371,41 €

Cómo se puede observar, los beneficios anuales son positivos desde el primer año y creciente con el paso del tiempo hasta el año 10, donde se mantiene a partir de este punto constante debido a que la ocupación de las habitaciones se mantiene constante en su valor máximo.

A continuación se muestra un gráfico del punto de equilibrio en cuanto a ocupación de habitaciones:

Tabla 32: Gráfico de punto de equilibrio (Elaboración propia)



Se refleja un comportamiento constante a partir del 10º año debido a la misma causa que pasaba con el beneficio anual. Además, debido a que se había estipulado partir el primer año con un 73% de ocupación (lo que hacen una ocupación anual de 730) y debido a que el punto muerto no supera las 335 reservas, es lógico obtener valores tan alto de beneficios desde el primer año.

Periodo de retorno de la inversión inicial

Tal y cómo se mencionó al principio de este apartado de viabilidad económica, se ha establecido un 10% de tasa de descuento (o interés), por lo que, teniendo en cuenta este valor y los flujos de caja obtenidos (beneficios), se calculará cual es la cantidad de años que se ha de esperar para poder recuperar la inversión inicial.

Tabla 33: Gráfico de periodo de retorno (Elaboración propia)



Con este último gráfico se puede observar que se recuperaría la inversión inicial en un periodo de entre los 8 a 9 años.

6.1. Cálculo del VAN

En este apartado se evaluará la viabilidad económica teniendo en cuenta el interés establecido del 10%, mediante el cálculo del valor actual neto (VAN). Con este cálculo se podrá decidir si la tasa de interés generará beneficios en un plazo de 15 años, o si únicamente generará pérdidas, por lo que se debería de rechazar el proyecto.

Para poder evaluar este VAN, se ha de hacer uso de la siguiente ecuación matemática:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Ilustración 76: Fórmula matemática para el cálculo del VAN
(Fuente: <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>)

Dónde,

- I_0 : Inversión inicial
- n : Número de años vista. En este caso serán 15.
- F_T : Flujo de caja de cada uno de los años
- k : tasa de descuento o interés que se exige.

Realizando los cálculos pertinentes, se obtiene un valor de VAN de **83.514,37€** en el **año 15**. Por lo que, obteniendo un valor de VAN positivo, podemos establecer que el proyecto será rentable y generará beneficios con este plazo de tiempo y con este tipo de interés.

6.2. Cálculo del TIR

La tasa interna de retorno, o TIR, es una herramienta que nos indica, de igual manera que el VAN, la rentabilidad que tiene un proyecto. El TIR expresa esto indicando la tasa de porcentaje que se necesitaría para poder obtener un valor de VAN igual a 0.

Por lo que, para calcular este valor se ha de utilizar la misma fórmula anterior (la del VAN), para diferentes valores de tasa de descuento. Con tal de reflejar correctamente este valor, se

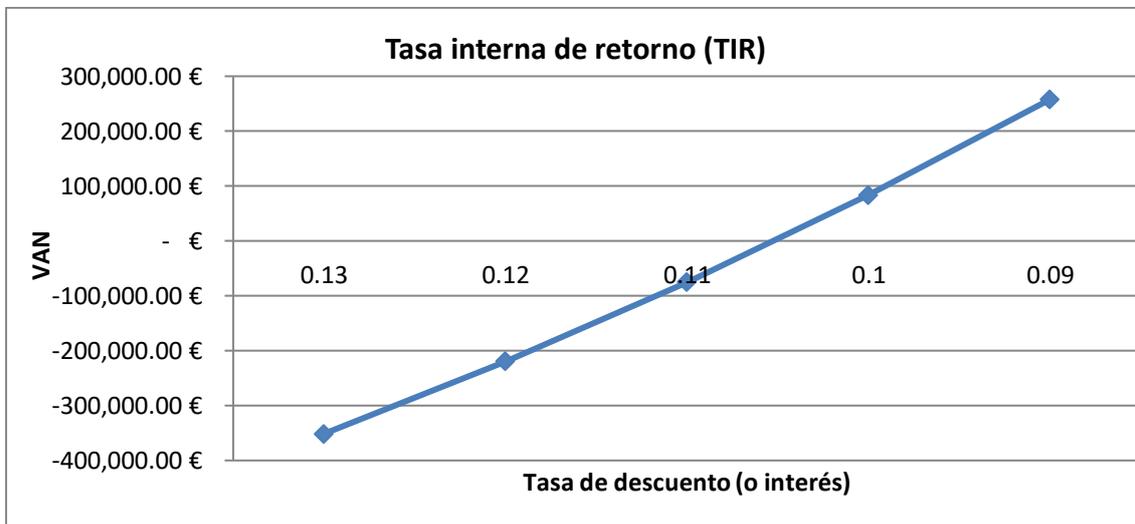
realiza una gràfica con valores de tasa respecto al VAN (obtenido con este interés). Los valores son los siguientes:

Tabla 34: Tasa de descuento y respectivos valores de VAN (Elaboración propia)

Tasa de descuento (k)	VAN
0,13	- 351.422,59 €
0,12	- 219.482,58 €
0,11	- 75.004,71 €
0,1	83.514,37 €
0,09	257.788,42 €

Si graficamos estos valores, se obtiene:

Tabla 35: Gráfico de tasa de interna de retorno (Elaboración propia)



Tal y como se puede observar, la tasa de descuento en la que el VAN se vuelve 0 se encuentra comprendida entorno al valor 0,11. Lo que hace un TIR de aproximadamente el 11%

7. Implicación ambiental

Una de las especificaciones de este proyecto es, en la medida de lo posible, mantener una constante visión en cuanto a sostenibilidad en todos los aspectos de la construcción. En otras palabras, el objetivo implica la elección de cada uno de los materiales y aspectos de la construcción, no sólo por sus características y propiedades constructivas, sino también teniendo en gran consideración su implicación ambiental.

Uno de los aspectos importantes a comentar, es que pese a que algunos materiales presentan unas grandes ventajas en cuanto a su baja contaminación ambiental, el hecho de que estos materiales, en su mayoría, sean productos naturales, provoca en muchas ocasiones que presenten otras grandes desventajas por las que han sido descartados como elección en este proyecto. Algunas de estas desventajas son por ejemplo:

- Constante mantenimiento: En el caso de los cuartos de baño y el cuarto de máquinas, se han utilizado materiales como el pladur y el mortero (que son más contaminantes, y por tanto menos sostenibles, que el resto de materiales utilizados) debido a que presentan muchas más ventajas en estas zonas que otros materiales naturales. En el caso de los cuartos de baño, se forma una gran humedad y suele caer agua en el suelo que, si los materiales de los que están formados son naturales, requerirá de mantenimiento constante. Por lo que se pierde en sostenibilidad al usar constantemente materiales nuevos (y por lo tanto constante explotación de materia prima).
- Colocación en la etapa de construcción: La etapa de construcción es la etapa dónde mayor impacto ambiental se provoca, por tanto, materiales que son fáciles y rápidos de montar o que no requieren de maquinaria pesada (para evitar la contaminación que provoca esta maquinaria con el CO₂ que emiten) se hacen más necesarios, como es el caso de las láminas de pladur prefabricado.
- Mejor aislamiento: Otro de los aspectos importantes en la sostenibilidad, es la contaminación acústica o la buena regulación del calor mediante los materiales escogidos.

A parte de los materiales, este proyecto también consigue reducir altamente el impacto provocado por la energía requerida mediante fuentes de energía renovable o la eficacia del aislamiento de los materiales.

Todo y que, por normativa, se ha de lograr cubrir al menos el 60% de energía requerida para el ACS, por parte de energías renovables situados en el mismo edificio, se ha aumentado este porcentaje hasta aproximadamente el 80%, teniendo que recurrir por tanto a la energía de la red para el 20%. Esta parte de energía renovable se consigue mediante paneles solares térmicos que, pese a no cumplir el 100% de la demanda anual, el porcentaje restante se intentará cubrir mediante compañías que abastezcan energía proveniente de fuentes de energía renovable.

Otro punto importante en cuanto a la energía, es que el 100% de la demanda de iluminación se ha conseguido cubrir mediante paneles fotovoltaicos.



Con todo ello, se ha conseguido reducir considerablemente el impacto ambiental del edificio entero y, por lo tanto, se consigue alcanzar una sostenibilidad elevada si se compara con cualquier otra residencia universitaria de la zona.

8. Plan de ejecución de obra

En este apartado, se detallarán las etapas correspondientes al proceso constructivo así como la estimación en términos temporales de cada una de ellas. Con tal de seguir la misma línea de sostenibilidad del proyecto, se tendrá en consideración que, con tal de evitar gran impacto, este proceso de construcción sea lo más rápido y eficaz posible en cuanto a tiempo y maquinaria necesaria.

8.1. Proceso constructivo

A continuación se detallarán las etapas del proceso constructivo.

1. Etapa de preparación de contenedores

Esta etapa se realizará previamente a la construcción del edificio y en paralelo a la etapa de cimentación para minimizar el tiempo necesario de construcción. Además, se realizará en una ubicación donde sea seguro trabajar con maquinaria eléctrica y peligrosa (cómo es el caso de sierras o soldador).

Esta etapa consiste en tratar todos y cada uno de los contenedores seleccionados tal y cómo se ha comentado en el apartado 4.1.1. *Refuerzo de los contenedores* de documento. Por ende, el primer paso será la elección de los contenedores aplicando los criterios explicados y, posteriormente, se procederá a aplicar los métodos de refuerzo en los casos en los que sea necesario.

Posteriormente, se procederá a la realización de las aperturas necesarias en cada unos de los contenedores en los que se necesite, así como por ejemplo para ventanas o puertas. Este proceso se realizará mediante sierras de corte.

A continuación se trataran cada uno de los contenedores para aplicarles el proceso de recubrimiento y lijados explicados en el apartado 4.1.2. *Adaptabilidad de los contenedores*.

2. Etapa de tratado de solar y cimentación

Antes de realizar cualquier tipo de trabajo sobre el terreno escogido, se ha de realizar un Estudio Geotécnico del solar para obtener los parámetros que se han de tener en consideración para el correcto cálculo de la cimentación. Después de recoger los datos del estudio, se procederá a realizar la cimentación.

Para poder empezar a construir los cimientos, se ha de realizar una "limpieza" previa del terreno en el que, mediante maquinaria especial, se adaptará el terreno nivelándolo, moviendo la tierra y eliminando cualquier tipo de elementos previos que se encontraban en él. Además, se realizará la correspondiente excavación para la cimentación explicada en el apartado 4.1.3. *Cimientos*.

Por último, ya se podrá realizar la cimentación con la maquinaria necesaria. Este proceso se realiza siguiendo las siguientes etapas:

1. Colocación de elementos de encofrado en todo el perímetro de la estructura.
2. Colocación de los elementos subterráneos correspondientes a los sistemas de saneamiento y suministro de agua.
3. Colocación del mallado metálico a lo largo de toda la superficie a cimentar.
4. Preparación de la mezcla de hormigón y vertido progresivo por toda la superficie.

5. Etapa posterior de fraguado (generalmente se establece este tiempo en 28 días).

Las siguientes etapas se realizarán a posterior de los 28 días de fraguado.

3. Colocación y unión de contenedores

Esta etapa comenzará colocando los contenedores que se han tratado sobre la cimentación ya fraguada. Para ello, y a modo de seguridad, se colocarán primero los contenedores de las plantas inferiores y, después, se realizarán sobre la cimentación las perforaciones para la unión perfil-cimentación explicada en el apartado *4.1.4. Anclajes y uniones* de este documento. Por ende, posteriormente se hará la unión mediante taco químico y, a continuación, se unirán los perfiles a estos contenedores.

La colocación de los contenedores se realizará mediante la maquinaria descrita en el apartado *3.1.5. Transporte y manipulación de contenedores marítimo* de este documento.

Después de anclar los contenedores de la planta baja a la cimentación, se unirán entre ellos mediante el procedimiento descrito en el apartado *4.1.5. Sujeción entre contenedores* de este documento.

Al terminar la planta baja, se realizará progresivamente el mismo procedimiento con las plantas restantes.

4. Instalación del sistema envolvente

Una vez posicionados y anclados todos los contenedores, se procederá a la instalaciones del sistema envolvente de la residencia, por lo tanto, se realizará mediante las condiciones y materiales descritos en el apartado *4.2. Sistema envolvente* de este documento.

Para ello, primeramente se deberá instalar toda la perfilaría del sistema envolvente de la fachada y todas las vigas y viguetas correspondientes a la cubierta para la formación de las pendientes. Posteriormente se instalarán todos los demás elementos como paneles metálicos, aislamiento y demás.

Para este tipo de procedimiento se necesitará de maquinaria, herramientas y elementos de construcción específicos, tales como andamios, escaleras, grúas elevadoras, etc.

5. Instalación del sistema de compartimentación

En esta etapa se instalarán los elementos para las compartimentaciones que se necesiten, los cuales se mencionan en el apartado *4.3. Sistemas de compartimentación*.

6. Instalación de sistemas de: suministros, saneamiento, ventilación ,climatización y telecomunicaciones

Una vez tratada la estructura del edificio, se deberán de instalar los elementos pertenecientes a cada uno de estos sistemas. Estos sistemas así como cada elemento que lo conforman, han sido detallados en el apartado *4.5. Sistemas de acondicionamiento e instalaciones*.

7. Instalación de acabados

Esta instalación se realizará posterior de las instalaciones de los sistemas de suministros mencionados en el punto anterior, con el fin de ocultar los elementos de transporte de estos sistemas tras los acabados (a excepción de la maquinaria en el cuarto de máquinas, que se colocará posterior a los acabados).

Se instalarán todos los elementos que se describen en el apartado 4.4. *Sistemas de acabados* de este documento, en el cual también se incluye la instalación de los elementos de carpintería.

8. Instalación de sistemas de transporte vertical y horizontal

La instalación de los sistemas de transporte vertical y horizontal se realizará antes de la instalación de acabados y sistemas de suministros con el fin de, posteriormente, facilitar la instalación de estos elementos internos. Con esto se conseguirá una construcción más rápida y eficaz en esas etapas.

9. Instalación de sistemas de protección y seguridad

En esta etapa del proceso de construcción, se instalarán todos los elementos relacionados con la seguridad y protección del edificio que se describen en el apartado 4.5.7. *Instalaciones de protección y seguridad* de este documento.

10. Instalación del equipamiento

Después de la construcción de todos los elementos constructivos del edificio, se colocará todo el equipamiento descompuesto en el apartado 4.6. *Equipamiento* de este documento, en cada una de las zonas en las que corresponda cada elemento. En esta etapa también se incluye la instalación de la maquinaria de los sistemas de suministro en el cuarto de máquinas.

11. Inspecciones

Después de toda construcción de una edificación, se ha de pasar una inspección de obra con el fin de acreditar que se han construido todos y cada uno de los elementos de una forma correcta para el cumplimiento del CTE.

8.2. Términos temporales

En este apartado se desglosará en una tabla, las tareas relacionadas a cada una de las etapas explicadas en el apartado anterior, así como la estimación del tiempo necesario para realizarlas.

Tabla 36: Términos temporales del proceso constructivo (Elaboración propia)

Etapa	Tarea	Estimación del tiempo (semanas)
1. Etapa de preparación de contenedores	1.1. Refuerzo de los contenedores	4
	1.2. Aperturas en los contenedores	4
	1.3. Lijado y capa de imprimación	4
2. Etapa de tratado de solar y cimentación	2.1. Estudio Geotécnico	1
	2.2. Limpieza y adaptabilidad del terreno	1
	2.3. Cimentación	5
3. Colocación y unión de contenedores	3.1. Colocación y anclaje de contenedores de en planta baja	1
	3.2. Colocación y anclaje del resto de contenedores	2
4. Instalación del sistema	4.1. Instalación de la cubierta	4

envolvente	4.2. Instalación de la fachada	4
5. Instalación del sistema de compartimentación	5.1. Instalación de la compartimentación en los cuartos de baño	5
	5.2. Instalación de la compartimentación en la sala de máquinas	1
6. Instalación de sistemas de: suministros, saneamiento, ventilación ,climatización y telecomunicaciones	6.1. Instalación del sistema de ventilación	5
	6.2. Instalación del sistema de saneamiento	5
	6.3. Instalación del sistema de suministro de agua	5
	6.4. Instalación del sistema de climatización	4
	6.5. Instalación del sistema eléctrico	5
	6.6. Instalación del sistema de telecomunicaciones y audiovisuales	1
7. Instalación de acabados	7.1. Instalación de elementos verticales	6
	7.2. Instalación de elementos horizontales superiores	6
	7.3. Instalación de elementos horizontales inferiores	6
8. Instalación de sistemas de transporte vertical y horizontal	8.1. Instalación de escaleras y estructura de pasarelas	6
	8.2. Instalación de ascensores	1
9. Instalación de sistemas de protección y seguridad	9.1. Instalación de los distintos sistemas de protección y seguridad	4
10. Instalación del equipamiento	10.1. Colocación de todo el equipamiento necesario en cada zona.	4
11. Inspecciones	11.1. Revisión técnica para el cumplimiento del CTE.	1

Una vez detalladas las etapas del proceso de construcción y sus respectivas etapas, a continuación se mostrará el diagrama de Gantt en relación a estas tareas.

La secuencia de tareas se ha establecido teniendo en cuenta que se prefiere el menor tiempo posible para causar el menor impacto ambiental posible en la construcción. Por lo que se solaparán muchas de estas.

Cabe destacar, que las tareas marcadas con el color naranja son las tareas que se deberán de realizar previas a la construcción in-situ en un taller o nave industrial.

Tabla 37: Diagrama de Gantt del proceso constructivo. Semanas 1-24 (Elaboración propia)

Tarea	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
1.1.	■	■	■	■																				
1.2.			■	■	■	■																		
1.3.					■	■	■	■																
2.1.	■																							
2.2.		■																						
2.3.			■	■	■	■	■																	
3.1.								■																
3.2.									■	■														
4.1.											■	■	■	■										
4.2.											■	■	■	■										
5.1.									■	■	■	■	■											
5.2.									■															
6.1.																					■	■	■	■
6.2.																					■	■	■	■
6.3.																					■	■	■	■
6.4.																						■	■	■
6.5.																					■	■	■	■
6.6.																								
7.1.																								
7.2.																								
7.3.																								
8.1															■	■	■	■	■	■	■			
8.2.																					■			
9.1.																								
10.1																								
11.1.																								

Tabla 38: Diagrama de Gantt del proceso constructivo. Semanas 25-41 (Elaboración propia)

Tarea	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S39	S40	S41
1.1.																		
1.2.																		
1.3.																		
2.1.																		
2.2.																		
2.3.																		
3.1.																		
3.2.																		
4.1.																		
4.2.																		
5.1.																		
5.2.																		
6.1.	█																	
6.2.	█																	
6.3.	█																	
6.4.	█																	
6.5.	█																	
6.6.	█																	
7.1.					█	█	█	█	█	█								
7.2.		█	█	█	█	█	█											
7.3.								█	█	█	█	█	█					
8.1																		
8.2.																		
9.1.														█				
10.1														█	█	█	█	
11.1.																		█

9. Conclusiones

Hoy en día, y más aún tras la crítica e innegable situación ambiental en el que el mundo se encuentra, cada vez es más necesaria la implantación de medidas más sostenibles en prácticamente todos los ámbitos posibles.

En este proyecto, se ha intentado enfocar y dirigir todas y cada una de las decisiones implementadas hacia una dirección más sostenible. Pese a que la completa sostenibilidad es muy difícil de conseguir en el ámbito de la construcción debido a las limitaciones que ello conlleva en alguno de los casos, cómo se ha explicado en el apartado de implicación ambiental, se ha conseguido disminuir en gran medida el impacto en comparación a las construcciones ambientales. Esto se ha logrado principalmente mediante la elección de materiales más ecológicos y mediante la implantación de fuentes de energía renovable, en este caso, la energía solar. Pese a que estos dos últimos conceptos son los principales tratados en este proyecto, cabe destacar que también se han tenido en cuenta otros factores como por ejemplo la orientación del edificio, distribución de las plantas o la construcción de una zona ajardinada para poder, también, reducir el impacto ambiental y hacer un uso eficiente de los recursos naturales.

En cuanto a la construcción y elementos de construcción de esta residencia universitaria, se han definido las limitaciones y condiciones que se necesitan para satisfacer tanto las especificaciones técnicas impuestas por el contratista cómo las estipuladas en el Código Técnico de Edificación y, tras ello, se ha detallado la solución aportada mediante los materiales más sostenibles posibles pero sin llegar a comprometer la seguridad de la estructura con ello.

En cuanto a los sistemas que esta residencia universitaria tendrá, se han calculado y detallado en base a los criterios y limitaciones que impone el CTE. Los más importantes, y dónde se ha hecho más hincapié son el sistema eléctrico y el sistema de suministro de agua. Esto es debido a que son los dos únicos dónde se ha aportado una solución basada en una fuente de energía renovable cómo es la energía solar.

En el caso del sistema eléctrico, se ha conseguido abastecer el 100% de la iluminación necesaria para todo el edificio únicamente mediante la instalación de paneles solares fotovoltaicos. Han sido necesarios 24 paneles y 8 baterías para ello.

Por otro lado, para el ACS necesario, se ha conseguido que aproximadamente el 80% de la demanda, sea cubierta mediante el uso de 110 paneles solares térmicos.

Finalmente, y teniendo en cuenta además todo el equipamiento necesario para empezar a funcionar el negocio, se ha evaluado si este será viable o no. Dicho estudio de viabilidad económica se ha realizado con una serie de supuestos que se recomienda revisar debido a que estas son muy variables en función de la situación del país, cómo es el caso de la ocupación anual o los gastos en suministros. Este estudio se ha realizado a 15 años vista y, teniendo en cuenta todos los aspectos mencionados en el proyecto y las consideraciones tomadas, es posible afirmar que por el momento, pese la alta inversión inicial necesaria, es viable y generará beneficios con este plazo de tiempo e imponiendo un supuesto de intereses del 10%.

10. Referencias

- [1] "Contenedores Marítimos: historia, función y optimización - AcaciaTEC." <https://www.acaciatec.com/contenedores-maritimos/> (accessed Apr. 12, 2021).
- [2] "ISO - ISO 668:2020 - Series 1 freight containers — Classification, dimensions and ratings." <https://www.iso.org/standard/76912.html> (accessed Jun. 19, 2021).
- [3] "NACIONES UNIDAS Asamblea General."
- [4] "Desarrollo Sostenible – United Nations Sustainable Development Sites." <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/> (accessed Apr. 17, 2021).
- [5] S. Sofia and S. Silgado, "Viabilidad ambiental del reciclaje del yeso Otros autores: Xavier Roca (Universidad Politècnica de Catalunya)." Accessed: Apr. 14, 2021. [Online]. Available: www.conama2014.org.
- [6] "La placa de yeso laminado con la arquitectura sostenible Autor: Pablo Maroto Millán Institución: Fundación La Casa que Ahorra." Accessed: May 13, 2021. [Online]. Available: www.conama2012.org.
- [7] "ISO 14001 2015 gana peso - Nueva ISO 14001:2015." <https://www.nueva-iso-14001.com/2015/10/la-norma-iso-14001-2015/> (accessed Jun. 19, 2021).
- [8] "Bienvenido a TIENDA PLADUR." <https://www.pladur.com/> (accessed Jun. 19, 2021).
- [9] "La Unión Europea." <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/la-union-europea/> (accessed Apr. 12, 2021).
- [10] "IRENA – International Renewable Energy Agency." <https://www.irena.org/> (accessed Apr. 12, 2021).
- [11] "¿Cómo funcionan las celdas fotovoltaicas? | Iluminet revista de iluminación." <https://www.iluminet.com/funcionamiento-paneles-fotovoltaicos-energia-solar/> (accessed Apr. 12, 2021).
- [12] J. Carlos and R. De España, "I. Disposiciones generales JEFATURA DEL ESTADO 7786 LEY ORGÁNICA 4/2007, de 12 de abril, por la que se modifica la Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre," 2007.
- [13] "Real Decreto 1791/2010, de 30 de diciembre, por el que se aprueba el Estatuto del Estudiante Universitario." <https://www.boe.es/buscar/pdf/2010/BOE-A-2010-20147-consolidado.pdf> (accessed Apr. 12, 2021).
- [14] "Barcelona - Resa Landing 2018." https://landings.resa.es/barcelona/?gclid=CjwKCAjwq7aGBhADEiwA6uGZp-Xk4WcQHWepMOSjxuTsBsAU94DvBCYHZKJhXZh12taGLdjDviI8ihoCX2cQAvD_BwE (accessed Jun. 19, 2021).
- [15] "Residencia universitaria Torre Girona - UPC." <https://www.resa.es/es/residencias/barcelona/residencia-universitaria-torre-girona/residencia/> (accessed Jun. 19, 2021).
- [16] "Residencia universitaria Campus del Mar - RESA." <https://www.resa.es/es/residencias/barcelona/residencia-universitaria-campus-del-mar/residencia/> (accessed Jun. 19, 2021).
- [17] "Residencia universitaria Campus La Salle." <https://www.resa.es/es/residencias/barcelona/residencia-universitaria-campus-la-salle/residencia/> (accessed Jun. 19, 2021).
- [18] "Idescat. Anuario estadístico de Cataluña. Enseñanza universitaria. Movilidad de estudiantes. Por universidades." <https://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=762&lang=es> (accessed Apr. 12, 2021).
- [19] "Alternative Investment El mercado de Residencias de Estudiantes en España."
- [20] "Terreno residencial por 1.092.500 € de 592 metros pe sud-oest en Zona Industrial Sant Just Desvern - habitacalia." https://www.habitacalia.com/comprar-residencial-en-sant_just_desvern-i2918800000517.htm?ady=1&f=&from=list&lo=59 (accessed Apr.

- [41] “(No Title).” <https://www.boe.es/buscar/pdf/2017/BOE-A-2017-12902-consolidado.pdf> (accessed May 25, 2021).
- [42] “Generador de precios de la construcción. España. CYPE Ingenieros, S.A.” <http://www.generadordeprecios.info/#gsc.tab=0> (accessed May 05, 2021).
- [43] “Estadística sobre el Suministro y Saneamiento del Agua.”
- [44] “Subvenciones y ayudas para instalaciones de autoconsumo fotovoltaico.” <https://tarifasgasluz.com/autoconsumo/normativa/subvenciones> (accessed May 25, 2021).