



Análise do Desempenho Térmico de Edifícios

Clima, Comportamento Térmico e Sustentabilidade dos Materiais

Marisa Cavalheiro Pombo

Orientadora

Professora Doutora Ana Teresa Vaz Ferreira Ramos

Relatório de Estágio apresentado à Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Construção Sustentável, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Ana Teresa Vaz Ferreira, do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

Janeiro de 2016

Composição do júri

Presidente do júri

Prof. Doutora Cristina Calmeiro dos Santos

Vogais

Prof. Doutor José António Raimundo Mendes da Silva

Professor Associado da Universidade de Coimbra

Prof. Doutora Maria Constança Simões Rigueiro

Professora Adjunta do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Prof. Doutora Ana Teresa Vaz Ferreira Ramos

Professora Adjunta do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Dedicatória

Aos meus pais, Joaquim Curto e Paula Pombo.

Agradecimentos

À Professora Ana Ramos pela orientação prestada, pela disponibilidade demonstrada e, acima de tudo, pela motivação e apoio transmitido.

Ao Arquiteto Bruce Fairbanks pela oportunidade da realização do estágio na sua empresa, pela disposição de ser orientador do mesmo e por tudo o que está inerente a isso.

À equipa Fairbanks Arquitectos pelo acolhimento à empresa, pelo acompanhamento e apoio dado sempre que necessário.

À minha família por todos os sacrifícios e oportunidades que me deram ao longo destes anos e, também, pelo apoio e amor incondicional que tornou possível a concretização deste trabalho.

À minha colega Margarida Conceição pelo companheirismo ao longo do Mestrado.

Ao meu namorado pelo carinho, apoio e motivação dada ao longo de todo o estágio e realização do presente relatório.

A todos, muito obrigada!

Resumo

Há um elevado interesse na redução de impactos ambientais relacionados com o setor da construção civil, já que é um setor que influencia negativamente o meio ambiente. Dessa forma, tende-se a planear minuciosamente todas as fases do ciclo de vida do edifício, ou seja, desde da matéria-prima até à eventual desconstrução/demolição do mesmo, para evitar desperdícios e gastos desnecessários dos recursos naturais, sendo estes princípios da sustentabilidade.

Atualmente a junção da preocupação ambiental com a gestão empresarial é essencial para a permanência num mercado competitivo cujos consumidores procuram produtos com a mesma eficácia que os tradicionais, contudo, com responsabilidade perante o planeta e os seus ecossistemas. Portanto, as empresas de Engenharia Civil empenham-se para a realização de projetos positivos sob o ponto de vista ambiental, económico e social alcançando, assim, uma construção sustentável.

Com o intuito de completar as competências e conhecimentos na área da sustentabilidade na construção, optou-se pela realização de um estágio, com uma duração de cinco meses, numa empresa na área da Engenharia Civil e da Arquitetura que promova a sustentabilidade nos projetos realizados.

Através de uma interação participativa e colaborativa, foram realizadas várias tarefas para complemento dos projetos desenvolvido na empresa. Assim sendo, o presente relatório apresenta estudos locais e climáticos das regiões a intervir de forma a implementar medidas construtivas adaptadas ao local, aproveitando os recursos naturais conforme o desejado, tal como, a avaliação do desempenho energético de uma moradia em Madrid, segundo a legislação espanhola em vigor, através da folha de cálculo Ce2 e posteriormente com o programa informático CERMA. Na segunda avaliação foi ainda realizada uma análise de melhorias do desempenho energético através da mudança da fonte de energia para o aquecimento interior e para a necessidade de água quente sanitária.

Devido à grande importância de aprovação de projetos a concurso, serão ainda descritas duas propostas com medidas sustentáveis de modo a definir dois projetos consolidados e interessantes para assegurar o interesse por parte da entidade adjudicante. E, por fim, será avaliado, através de um caso experimental definido de uma laje de estacionamento, qual o material estrutural mais sustentável através do peso por metro quadrado e pela quantidade de energia intrínseca e emissões atmosféricas provocadas por cada material e em função do tipo de laje.

Palavras-chave

Impactos Ambientais, Sustentabilidade, Eficiência Energética, Material Estrutural

Abstract

There is great interest in reducing environmental impacts related to the construction sector, since it is a sector that negatively influences the environment. Thus, we tend to carefully plan all phases of the building lifecycle, i.e., from the raw materials to eventual deconstruction/demolition of it, to avoid unnecessary waste and expense of natural resources, which are principles of sustainability.

Currently the function of environmental concern to corporate management is essential to maintain a competitive market where consumers look for products with the same effectiveness as traditional, however, with responsibility to the planet and its ecosystems. Therefore, civil engineering companies strive to perform positive projects from an environmental point of view, economic and social reaching therefore a sustainable building.

In order to complete the skills and knowledge in the area of sustainability in construction, it was decided to carry out an internship, with a duration of five months in an enterprise in the field of Civil Engineering and Architecture that promotes sustainability in completed projects.

Through a participatory and collaborative interaction, there were several tasks to complement the projects developed in the company. Therefore, this report presents local and climate studies of the regions to act in order to implement constructive measures tailored to the site, taking advantage of natural resources as desired, such as assessing the energy performance of a house in Madrid, under the law Spanish into force by Ce2 spreadsheet and later with the software CERMA. The second evaluation was further conducted an analysis of the energy performance improvements by changing the energy source for heating the interior and the need for sanitary hot water.

Due to the importance of approving projects to the competition will be further described two proposals with sustainable measures to set two consolidated and interesting projects to ensure the interest of the contracting authority. E, por fim, será avaliado, através de um caso experimental definido de uma laje de estacionamento, qual o material estrutural mais sustentável através do peso por metro quadrado e pela quantidade de energia intrínseca e emissões atmosféricas provocadas por cada material e em função do tipo de laje.

Keywords

Environmental Impact, Sustainability, Energy Efficiency, Structural Material

Índice geral

1. Introdução.....	1
1.1. Contexto global	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Estrutura do relatório	2
1.4. Fairbanks Arquitectos.....	3
1.4.1. Descrição da empresa	3
1.4.2. Bruce S. Fairbanks.....	4
1.4.3. Fairbanks Arquitectos e a sustentabilidade.....	5
2. Estudos locais e climáticos	7
2.1. Introdução	7
2.2. Metodologia.....	8
2.3. Exemplos práticos.....	9
2.3.1. Estudo local e climático.....	9
2.3.2. Soluções construtivas passivas	18
2.4. Análise crítica de participação.....	27
3. Certificação energética de uma moradia unifamiliar	29
3.1. Introdução	29
3.2. Metodologia.....	31
3.2.1. Ce2 – Procedimiento Simplificado para Certificación Energética de Edificios de Vivienda.....	32
3.2.2. CERMA – Calificación Energética Residencial Método Abreviado.....	33
3.3. Melhorias.....	37
3.4. Diferenças entre a legislação portuguesa e espanhola.....	39
3.5. Outros trabalhos desenvolvidos	39
3.6. Análise crítica de participação.....	42
4. Sustentabilidade nos concursos públicos	45
4.1. Introdução	45
4.2. Metodologia.....	46
4.3. Análise crítica de participação.....	49
5. Sustentabilidade dos materiais.....	51
5.1. Introdução	51

5.2. Objetivo	52
5.3. Metodologia	52
5.3.1. Fase 1 – Análise das vantagens e desvantagens dos materiais e dos tipos lajes.....	52
5.3.2. Fase 2 – Avaliação da sustentabilidade dos materiais e dos tipos de lajes	55
5.4. Resultados	58
5.5. Análise crítica de participação.....	59
6. Conclusões	61
6.1. Breve descrição do trabalho realizado.....	61
6.2. Conclusões gerais	62
6.3. Conclusões específicas.....	63
6.4. Trabalhos futuros	65
Referências Bibliográficas	67
Apêndices.....	73
Apêndice A – Cálculos prévios para avaliação do desempenho energético da moradia.....	75
Apêndice B – Determinações auxiliares para avaliação do desempenho energético da moradia.....	97
Apêndice C – Preenchimento de dados no Ce2	119
Apêndice D - Preenchimento de dados no CERMA	123
Apêndice E – Tabela resumo dos guias de edificação e reabilitação ambientalmente sustentáveis.....	127
Apêndice F – Tabela resumo do documento LEED	131
Apêndice G – Vantagens e desvantagens dos materiais estruturais	135
Apêndice H – Vantagens e desvantagens da aplicação dos materiais estruturais em obra.....	139
Apêndice I – Cálculos do peso próprio das lajes de estacionamento.....	145
Apêndice J – Cálculos da energia embutida e CO ₂ das lajes.....	147
Apêndice K – Cálculos das emissões atmosféricas e matérias-primas.....	149
Anexos.....	151
Anexo A – Plantas e alçados da moradia.....	153
Anexo B – Características técnicas dos moldes removíveis Ulma.....	167
Anexo C – Características técnicas da chapa colaborante Hiansa.....	169

Índice de figuras

Figura 1 - Simulação gráfica do projeto Greening Abu Dhabi.....	5
Figura 2 - Diagrama síntese das tarefas realizadas	9
Figura 3 - Temperaturas médias máximas e mínimas de Touggourt.....	13
Figura 4 - Horas diárias de sol e luz por mês de Touggourt.....	13
Figura 5 - Radiação solar direta de África	14
Figura 6 - Dias com chuva e precipitação mensal de Touggour.....	14
Figura 7 - Habitações urbanas em Taghit, Argélia	16
Figura 8 - Habitação dos oásis em Touggourt, Argélia	17
Figura 9 - Habitação dos oásis em Constantina, Argélia	17
Figura 10 - Coberturas em cúpula na Argélia	17
Figura 11 - Habitação subterrânea em Gharyan, Líbia	18
Figura 12 - Habitação troglodita em Capadócia, Turquia	18
Figura 13 - Tendas no Deserto Saara	18
Figura 14 - Elementos envolvidos no projeto do Aeroporto Sdidi Mahdi	19
Figura 15 - Montagem e finalização da cobertura têxtil em Altoandino, Perú	20
Figura 16 - Cobertura com canas em Los Zacatitos, México	20
Figura 17 - Exemplos de pavimentos de betão drenante.....	21
Figura 18 - Iluminação natural no interior do Aeroporto de Shenzhen Bao'an, na China	22
Figura 19 - Sombreamento das fachadas exteriores e o interior do Aeroporto de Jordânia.....	23
Figura 20 - Proteção horizontal do Aeroporto das Ilhas Galápagos	23
Figura 21 - Permutadores do Centro de Distribuição e Logística FASA, no Chile .	24
Figura 22 - Aproveitamento da iluminação natural pela cobertura do Aeroporto Deserto de Atacama	24
Figura 23 - Distinção entre fachadas e pormenor dos envidraçados do Al Hamra Firdous Tower, no Kuwait.....	25
Figura 24 - Torre de vento no Dubai, Emirados Árabes Unidos.....	25
Figura 25 - Forma das fachadas dos edifícios em Masdar, Emirados Árabes Unidos	26
Figura 26 - Vivenda em betão no Arizona, Estados Unidos da América.....	27
Figura 27 - Recolha de água pluvial através da cobertura nos Estados Unidos da América.....	27
Figura 28 - Modelação 3D: Fachadas norte e oeste	30
Figura 29 - Modelação 3D: Fachadas sul e este.....	31
Figura 30 - Diagrama síntese dos passos realizados	32
Figura 31 - Indicador de eficiência energética da necessidade de aquecimento...	33
Figura 32 - Indicador de eficiência energética da necessidade de arrefecimento	33
Figura 33 - Indicador de eficiência energética global.....	33
Figura 34 - Classificação energética obtida	34

Figura 35 - Emissões totais do aquecimento e do arrefecimento	34
Figura 36 - Emissões totais globais	35
Figura 37 - Emissões totais devido aos vãos envidraçados	35
Figura 38 - Fachadas a norte, sul, este e oeste	36
Figura 39 - Emissões por orientações	37
Figura 40 - Análise comparativa entre a caldeira convencional de GPL e bomba de calor ar-água.....	38
Figura 41 - Análise comparativa entre caldeira de GPL e caldeira de biomassa	38
Figura 42 - Estudo solar no dia 21 de março às 10h00, 12h00 e 15h00	40
Figura 43 - Estudo solar no dia 21 de março às 18h00 e 20h00.....	41
Figura 44 - Estudo solar no dia 21 de dezembro às 10h00.....	41
Figura 45 - Estudo solar no dia 21 de dezembro às 12h00, 15h00 e 18h00	42
Figura 46 - Mudança no paradigma do processo tradicional de construção para a construção sustentável.....	45
Figura 47 - Diagrama síntese das fases realizadas.....	48
Figura 48 - Diagrama síntese das etapas realizadas.....	55
Figura 49 - Energia intrínseca dos materiais	56
Figura 50 - Emissões de CO ₂ provocadas pelo fabrico dos materiais	56
Figura 51 - Laje aligeirada, laje maciça e laje metálica	56
Figura 52 - Diagrama síntese dos processos realizados	57
Figura 53 - Energia intrínseca por tipo de laje	58
Figura 54 - Emissões de CO ₂ por tipo de laje.....	58
Figura 55 - Matérias-primas e emissões de produção do betão	58
Figura 56 - Matérias-primas e emissões de produção do aço.....	58

Lista de tabelas

Tabela 1 - Esperança de vida na Argélia.....	10
Tabela 2 - Distribuição da população da Argélia por idades em percentagem	10
Tabela 3 - Repartição da atividade económica por setor na Argélia	11
Tabela 4 - Precipitação anual de Touggourt	14
Tabela 5 - Humidade relativa mensal de Touggourt.....	15
Tabela 6 - Velocidade do vento em Touggourt.....	15
Tabela 7 - Áreas interiores do piso 0 [m ²]	29
Tabela 8 - Áreas interiores do piso 1 [m ²]	30
Tabela 9 - Áreas interiores do piso 2 [m ²]	30
Tabela 10 - Fração da tabela elaborada a partir dos guias de edificação e reabilitação ambientalmente sustentáveis	47
Tabela 11 - Fração da tabela elaborada a partir do documento LEED	48
Tabela 12 - Propriedades dos materiais.....	55
Tabela 13 - Pesos próprios das lajes em estudo.....	57
Tabela 14 - Emissões e matérias-primas cada tipo de laje.....	59

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

Aena	<i>Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea</i>
AQS	<i>Água Quente Sanitária</i>
ASPRIMA-SIMA	<i>Asociación de Promotores Inmobiliarios de Madrid - Salón Inmobiliario Internacional de Madrid</i>
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology</i>
Ce2	<i>Procedimiento Simplificado para Certificación Energética de Edificios de Vivienda</i>
CEEQUAL	<i>Civil Engineering Environmental Quality Assessment</i>
CERMA	<i>Calificación Energética Residencial Método Abreviado</i>
CTE	<i>Código Técnico de la Edificación</i>
DB	<i>Documento Básico</i>
DB-HE	<i>Documento Básico: Ahorro de Energía</i>
EUROSOLAR	<i>The European Association for Renewable Energy</i>
FOPA	<i>Federación de Obras Públicas de la Provincia de Alicante</i>
GPL	<i>Gás de Petróleo Liquefeito</i>
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
ONU	<i>Organização das Nações Unidas</i>
PIB	<i>Produto Interno Bruto</i>
PSCE	<i>Plan de Ayuda al Crecimiento</i>
SBTool	<i>Sustainable Building Tool</i>
SEWC	<i>Structural Engineers World Congress</i>

1. Introdução

1.1. Contexto global

As primeiras referências do conceito “desenvolvimento sustentabilidade” começaram a surgir pela primeira vez na Assembleia Geral das Nações Unidas em 1972, no entanto, só foi assumido anos mais tarde, em 1987, na publicação do documento “Nosso Futuro Comum”, conhecido como Relatório Brundtland [1]. Este documento foi o resultado de inúmeras reuniões de especialistas convocadas pela ONU e sob a coordenação da primeira ministra da Noruega Gro Brundtland. É neste relatório que se avança com a definição: “Desenvolvimento sustentável é o processo que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” [1].

Segundo Leonardo Boff, teólogo, escritor e professor universitário, o conceito da sustentabilidade possui uma pré-história de quase três séculos, através da percepção da escassez. Isto porque as potências coloniais e industriais europeias desflorestavam drasticamente os seus territórios para o uso da madeira na produção industrial e na construção dos seus navios, no entanto, surgiu a questão de como administrar a escassez sentida deste recurso natural. Daí, Hans Carl von Carlowitz respondeu, em 1713, com um tratado onde usou a expressão “*nachhaltendes wirtschaften*”, que traduzindo significa “administração sustentável” (Leonardo, 2002).

Atualmente, a sustentabilidade é de grande relevância e é valorizada em todos os setores, uma vez que é um fator que concorre para forçar o decréscimo da pegada ecológica através da diminuição dos impactos ambientais. Para se atingir esse objetivo no setor da construção, tem sido necessária a implementação de medidas sustentáveis para uma melhoria relativamente às formas e métodos de abordar a construção das cidades, isto é, procurar soluções que permitam o equilíbrio entre o desenvolvimento social e económico necessários e a prática de uma construção ambientalmente responsável.

Dessa forma, são constantemente criadas ferramentas de avaliação e/ou certificação da sustentabilidade em variados campos, tais como, gestão da construção, contaminação do meio ambiente, conservação de recursos materiais, gestão de resíduos, eficiência energética, gestão da água, entre muitos outros. À vista disso, a construção civil tende adotar a certificação ambiental para um reconhecimento oficial das práticas sustentáveis para a legitimidade e o diferencial competitivo que poderá representar.

Assim, cabe às empresas de Engenharia Civil o desafio de um planeamento cuidadoso e adequado de todas as fases dos seus projetos para desenvolver processos e metodologias de construção que reduzam os problemas de cariz ambiental e energético, com o auxílio de medidas bioclimáticas, de gestão de recursos, de seleção de produtos, entre outras, a fim de resultar uma construção sustentável e que garanta um desempenho mais eficiente do edifício.

1.2. Objetivos

Com o intuito de completar as competências e conhecimentos adquiridos ao longo do percurso curricular, optou-se pela realização de um estágio, com uma duração de cinco meses, numa empresa na área da Engenharia Civil e da Arquitetura que promova a sustentabilidade nos projetos realizados. O estágio teve como objetivo promover a aprendizagem através do desenvolvimento de atividades propostas pela empresa, de maneira a aprofundar os conceitos da sustentabilidade na construção e adquirir experiência nessa área, tal como, fomentar o contacto com o ambiente empresarial relacionado com este setor.

Dessa forma, a Fairbanks Arquitectos, localizada em Madrid, foi a empresa selecionada uma vez que é especializada no desenvolvimento de projetos de escritórios, residenciais e desenho urbano, integrando sempre os princípios da sustentabilidade, assim como, a qualidade de vida nas suas propostas de intervenção. Para além disso, a empresa é especializada em projetos de aeroportos, trabalhando em parceria com diversos gabinetes de engenharia em projetos de vários países tornando-se, então, uma oportunidade única de aprendizagem e desenvolvimento das competências profissionais. Esta intenção de realização de estágio apenas foi exequível através de uma mobilidade ao abrigo do Programa Erasmus Estágio.

O programa de estágio em questão pretendeu o desenvolvimento de atividades no campo da sustentabilidade, de modo a adquirir novos conhecimentos a respeito de sistemas, tecnologias, técnicas e métodos construtivos aplicados em distintos países.

Assim sendo, o presente relatório de estágio pretende descrever, de forma sucinta, todas as tarefas e atividades desenvolvidas em carácter colaborativo, nos projetos realizados pela empresa Fairbanks Arquitectos, durante todo o período de estágio, tendo sido este realizado nos meses de fevereiro a julho de 2015.

1.3. Estrutura do relatório

A estrutura do relatório será definida tendo em conta os principais temas que serão expostos. Assim sendo, a partir do Capítulo Dois serão apresentadas as atividades realizadas durante o período de estágio, sendo que o segundo é destinado aos estudos climáticos realizados antes de cada projeto e elaborados pela empresa de modo a adequar os seus elementos de construção aos variados fatores locais, tais como, o clima, os costumes, as construções tradicionais do local e, até mesmo, as carências do país em questão. Além do mais, são descritas algumas medidas construtivas passivas possíveis de implementar no projeto em desenvolvimento, de acordo com as características climáticas do local.

No capítulo seguinte, o Capítulo Três, são descritos os trabalhos desenvolvidos para a avaliação energética de uma moradia unifamiliar através da legislação espanhola em vigor. Os trabalhos consistem na aprendizagem e conhecimento da legislação e na sua aplicação através de dois programas distintos de avaliação energética (Ce2 e CERMA),

a avaliação de melhorias possíveis para uma melhor classificação energética e, ainda, uma breve análise comparativa entre a legislação espanhola e portuguesa, no sentido de identificar as principais diferenças entre as duas legislações.

Já o Capítulo Quatro contém as tarefas efetuadas para uma análise dos elementos e das pontuações atribuídas aos projetos submetidos a concurso público, de forma a obter a maior pontuação possível com a implementação de soluções sustentáveis para aprovação destes.

O Capítulo Cinco consiste na exposição das várias etapas de um estudo realizado com o intuito de analisar a sustentabilidade de vários materiais e de alguns tipos de lajes constituídas pelos mesmos, de modo a definir o material e a solução de laje mais sustentáveis. Para além disso, são descritas as principais vantagens e desvantagens dos materiais e da respetiva aplicação destes em obra.

Os Capítulos Dois a Cinco, que descrevem as atividades desenvolvidas, estão organizados com uma breve introdução do tema e das tarefas realizadas, de seguida, é referida a metodologia adotada para a concretização dos trabalhos propostos, seguindo-se um diagrama síntese das tarefas executadas e, por fim, um sumário conclusivo das atividades efetuadas com uma reflexão sobre as mesmas.

No Capítulo Seis são sintetizadas as temáticas desenvolvidas nos capítulos anteriores apresentando as principais conclusões obtidas, além de uma análise geral e específica relativamente ao tema do presente relatório. Finalmente são apontados alguns trabalhos que poderiam ser desenvolvidos no futuro, relacionados com as temáticas abordadas.

Para um melhor acesso às fontes que apoiaram as tarefas realizadas durante o estágio e a elaboração do presente relatório, são seguidas as Referências Bibliográficas, apresentadas de forma detalhada.

Por último, nos Apêndices e Anexos encontram-se os documentos relacionados com os trabalhos desenvolvidos durante o programa de estágio a fim de uma melhor compreensão e de complementar os dados referidos ao longo dos capítulos de exposição das atividades.

1.4. Fairbanks Arquitectos

1.4.1. Descrição da empresa

A empresa Fairbanks Arquitectos foi fundada em 2011 por Bruce Fairbanks, dando continuidade à GOP Oficina de Proyectos. Fairbanks Arquitectos é uma empresa constituída por uma equipa de arquitetos com mais de quinze anos de experiência, que trabalham em conjunto no desenvolvimento de projetos de diferentes dimensões e complexidades com o intuito de atingir a excelência do *design*, combinando práticas sensatas e inovadoras em projetos de arquitetura e em desenho urbano.

A Fairbanks Arquitectos consolida a sua grande experiência na conceção de aeroportos quando o projeto de Bruce Fairbanks, relativo à torre de controlo de Madrid-Barajas, foi selecionado numa competição internacional em 1996. Desde então, têm projetado e concebido várias torres de controlo, edifícios para terminais e outras infraestruturas aeroportuárias, no entanto, Fairbanks Arquitectos também possui uma vasta experiência no desenvolvimento de projetos residenciais, de escritório e de desenho urbano.

Os projetos realizados pela empresa têm sido publicados em várias revistas profissionais nacionais e internacionais, sendo alguns deles dignos de prémios e reconhecimentos, tais como, prémio de Excelência da Aena (Aeroportos Espanhóis e Navegação Aérea), prémio Nacional de Arquitetura na categoria de Desenvolvimento da Qualidade Residencial, prémio EUROSOLAR em Design Sustentável de Laboratórios de Investigação, prémio FOPA para o Melhor Trabalho Público na Província de Alicante e o prémio ASPRIMA-SIMA para a Melhor Iniciativa Tecnológica para o Desenvolvimento Sustentável.

1.4.2. Bruce S. Fairbanks

Bruce Fairbanks é o fundador da Fairbanks Arquitectos e orientador do presente estágio realizado na sua empresa.

Bruce é um arquiteto americano que pratica a sua profissão em Espanha desde o ano 1989 trabalhando, anteriormente, em várias empresas de arquitetura em Nova Iorque e Boston. Em 1994, Bruce fundou a GOP Oficina de Proyectos com outros parceiros, no entanto, era o arquiteto principal nos inúmeros projetos arquitetónicos e urbanos, incluindo vários projetos de aeroportos tornando-o, assim, um especialista reconhecido nesta área.

Os seus projetos são publicados em várias revistas profissionais como, também, colabora com artigos em diversas publicações. Em 2010, foi coautor do livro *“Descubrir las Terminales Aeroportuarias”* (Descobrir os Terminais Aeroportuários) editado pelo Centro de Documentações e Publicações de Aena.

Lecionou no Centro Arquitetónico de Boston, em Boston – Massachusetts, e foi professor convidado para o Mestrado de Sistemas de Aeroportos, pela Universidade de Engenharia Aeronáutica de Madrid, entre os anos 2005 e 2011. Apresentou ainda comunicações em vários congressos internacionais, nomeadamente: SEWC (Congresso Mundial de Engenharia Estrutural) em Itália (2011); SEWC em Bangalore, Índia (2010); Congresso Intranacional de Arquitetura, Cidade e Energia em Pamplona, Espanha (2008); Congresso Nacional do Concreto Pré-Modelado em São Paulo, Brasil (2004); Glass Days em Veneza, Itália (2003).

1.4.3. Fairbanks Arquitectos e a sustentabilidade

A empresa Fairbanks Arquitectos ambiciona ter sempre em conta medidas sustentáveis em cada projeto realizado, seja na escolha de materiais ou nas soluções adotadas de acordo com o projeto pretendido e a zona climática em questão, de modo a reduzir os gastos energéticos na climatização e melhorar a qualidade de vida das pessoas nas habitações e no espaço urbano.

A título de exemplo, o projeto “Greening Abu Dhabi” (Figura 1), realizado pela empresa em 2008, consistiu num projeto de investigação urbana que incidiu sobre a procura de estratégias para tornar a cidade mais habitável durante o clima extremo de verão em Abu Dhabi, nos Emirados Árabes Unidos.



Figura 1 - Simulação gráfica do projeto Greening Abu Dhabi (Fairbanks Arquitectos)

Os dois prémios obtidos, o EUROSOLAR em Design Sustentável de Laboratórios de Investigação e o ASPRIMA-SIMA para a Melhor Iniciativa Tecnológica para o Desenvolvimento Sustentável, comprovam a preocupação e dedicação de Fairbanks Arquitectos em implementar medidas sustentáveis nos seus projetos.

2. Estudos locais e climáticos

2.1. Introdução

A elaboração de um projeto é influenciada por vários fatores, sendo um deles o fator da localização, cujo necessário ter em conta de forma a adequar o projeto às características locais. Por exemplo, a construção de um centro de negócios numa determinada localidade implica a existências de vias de comunicação que permitam às pessoas se deslocarem até este. Contudo, existem localidades que possuem vias em mau estado e/ou insuficientes, ou ainda a ausência de meios transportes assegurados que proporcionem essa deslocação. Por conseguinte, é essencial investigar sobre a localidade em que se realizará o projeto a desenvolver de modo a adequar as intervenções às especificidades do local.

Os estudos climáticos consistem na análise das condições atmosféricas onde será efetuado o projeto, sendo necessária a realização da recolha e análise dos dados meteorológicos anuais do local. Mais precisamente, são analisados dados estatísticos dos elementos meteorológicos, ou seja, temperatura, precipitação, vento, humidade, entre outros. O estudo do clima é essencial em projetos de edifícios que pretendem alcançar a sustentabilidade e a eficiência energética, uma vez que permite respeitar e aproveitar o que cada tipo de clima oferece no local em que estão inseridos de modo a minimizar o consumo de energia e, ainda, otimizar as condições de ventilação, iluminação e aquecimento/arrefecimento naturais.

Posto isto, o estudo climático segue os princípios da arquitetura bioclimática já que esta utiliza princípios baseados na aplicação correta de elementos arquitetónicos com o intuito de aproveitar o clima local, dando ao ambiente construído um elevado nível de conforto e, ao mesmo tempo, utilizando somente a energia necessária para colmatar períodos mais desfavoráveis. Assim, através do clima local, da orientação quanto à posição da edificação e incidência da radiação e das características do seu entorno é possível implementar os princípios da arquitetura bioclimática adequados às necessidades do local da construção.

Obviamente, ambos os estudos são elaborados e imprescindíveis no início do desenvolvimento de cada projeto de modo a perceber de que tipo de clima se trata e, assim, realizar posteriormente os projetos consoante as suas características, tendo em atenção as particularidades construtivas da região para que sejam adaptados ao local em questão. Os estudos do presente relatório foram executados através de pesquisa e recolha de informação (via *web*) para cada região onde se situavam os projetos elaborados.

Assim sendo, os referidos estudos foram realizados para os seguintes projetos: 1. Ampliação e renovação do aeroporto em Touggourt, Argélia; 2. Construção de uma incubadora de empresas em Guipúscoa, em Espanha; 3. Construção de um hangar em Muharraq, Bahrain; 4. Ampliação e renovação do aeroporto em Entebbe, Uganda; 5. Reabilitação de um espaço para a construção de um tribunal em Lorca, Espanha.

2.2. Metodologia

Todos os estudos locais e climáticos efetuados seguiram uma estrutura idêntica, sendo realizada, primeiramente, uma análise de algumas particularidades da região estudada e, de seguida, uma exposição das características climáticas analisadas. Dessa forma, os estudos seguiram a seguinte estrutura:

1. Localização: Descrição da localização geográfica e topográfica da região, assim como da sua envolvente; definição e caracterização da área da região, análise das distâncias da região estudada em relação às cidades mais importantes em redor;
2. População: Análise demográfica da região;
3. Situação económica: Análise das principais fontes do produto interno bruto (PIB) da região;
4. Infraestrutura de transporte: Análise do tipo de estruturas existentes na região e as suas principais características;
5. Construção de habitações: Análise do estado das construções na região;
6. Cultura: Nacionalidade e idioma da população;
7. Clima: Definição do tipo de clima através do sistema de Köppen-Geiger e uma análise breve de algumas das suas características climáticas:
 - a. Análise das temperaturas: Avaliação das temperaturas médias, máximas e mínimas anuais da região;
 - b. Análise das horas diárias de sol e luz por mês: Avaliação das horas diárias de sol e luz mensais da região;
 - c. Radiação solar direta: Análise da intensidade da radiação solar direta diária;
 - d. Análise da precipitação mensal: Avaliação da quantidade de dias com chuva e a precipitação mensal da região;
 - e. Análise da precipitação anual: Avaliação da precipitação anual;
 - f. Humidade relativa: Análise da humidade relativa;
 - g. Vento: Análise da velocidade do vento mensal da região;
8. Flora: Análise das espécies vegetais adaptadas ao clima da região;
9. Habitações: Análise das principais características das habitações (construção tradicional).

Posteriormente, foi realizado um estudo, através de recolha de informação, sobre as melhores medidas passivas para a construção de edifícios de acordo com o estudo local e climático desenvolvido anteriormente. De modo a simplificar a perceção das medidas consideradas ideais para a região, estas foram acompanhadas com exemplos práticos de exemplos de soluções existentes, consoante o tipo de clima em questão.

Na Figura 2 são apresentadas as tarefas que foram realizadas nestes estudos.

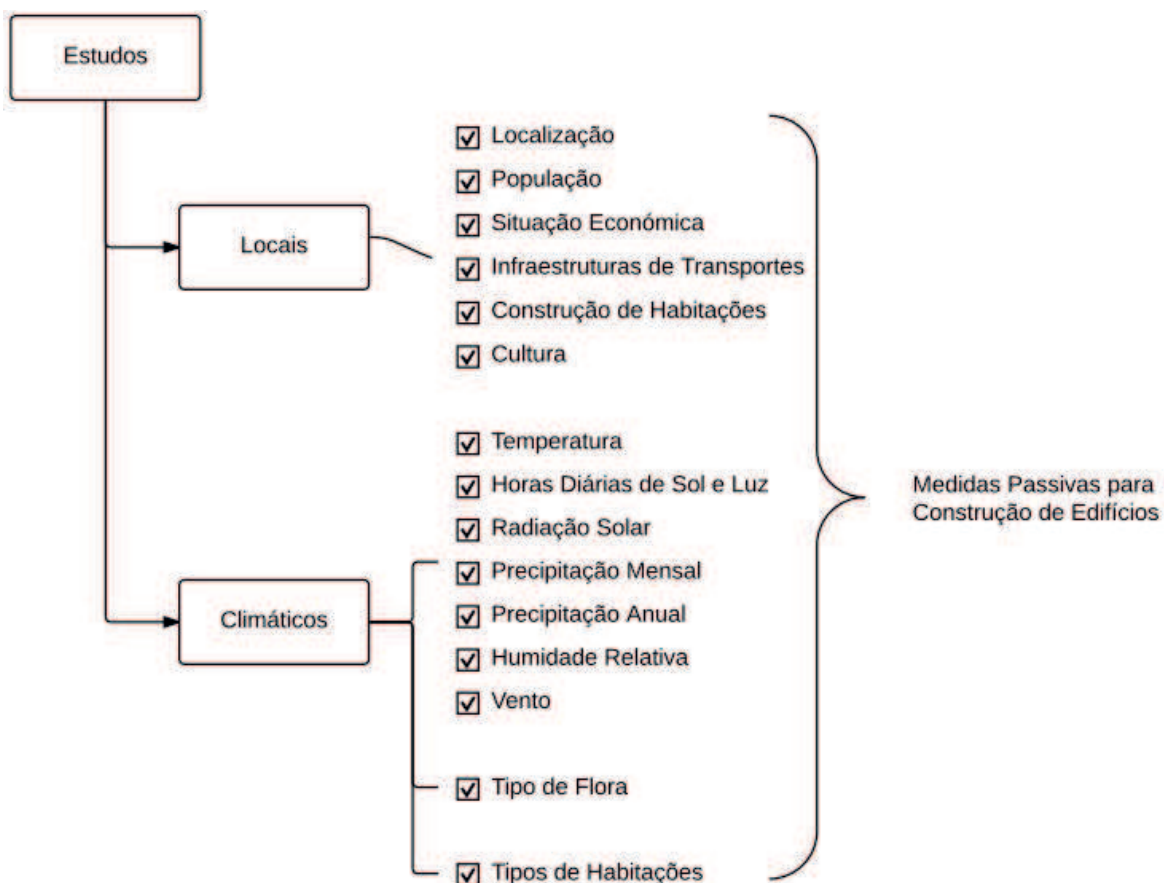


Figura 2 - Diagrama síntese das tarefas realizadas

2.3. Exemplos práticos

De forma a exemplificar os estudos climáticos realizados, será apresentado o relatório que foi executado sobre Touggourt, na Argélia. O estudo foi motivado pelo projeto de um aeroporto localizado nesta cidade a desenvolver pela Fairbanks Arquitectos. É de referir que, muitas vezes, por falta de informação da região em questão, foram recolhidos dados sobre o seu país. A apresentação do estudo segue a estrutura referida no ponto anterior.

2.3.1. Estudo local e climático

Localização

Argélia tem duas regiões geográficas principais: a região norte e a região do Deserto do Saara, no sul do país. A região norte compõe-se por quatro zonas: uma pequena faixa plana ao longo da costa do Mediterrâneo; a região da cordilheira do Atlas com um clima mediterrânico e com terras férteis abundantes; a região semiárida que contém lagos de sal e é onde se encontra a maioria dos criadores de ovelhas e cabras; e a região das Montanhas do Atlas Saara, uma cadeia de montanhas, situada também numa região semiárida que é usado principalmente como pasto [2].

Touggourt é uma cidade do distrito de Ouargla, na Argélia, ao longo do Saara numa área de 21.600 hectares. Está localizada no lado ocidental de um grande oásis que oferece suporte a plantações de palmeiras e outros produtos agrícolas numa área de 50 quilómetros de norte a sul. Além do oásis, a terra é árida e estéril com extensas dunas de areia, tanto a oeste como a este da cidade [2].

As cidades mais próximas de Touggourt são: El Oled (97 km), El M'Ghair (100 km), Ouargla (164 km), Hassi Messaoud (175 km), El Guerrara (194 km) e Ras El Miaad (220 km).

População

Cerca de 91% da população de Argélia vive ao longo da costa mediterrânea, o que representa 12% da área total do território. Atualmente, 14.182.736 de argelinos vivem em áreas urbanas, enquanto 14.990.959 vivem em áreas rurais e cerca de 1,5 milhões são nómadas, vivendo na área do Saara [3].

Touggourt é das menores cidades de Argélia, contudo, é a mais densamente povoada. De acordo com os censos de 2008, a cidade tem uma população de 39.409 de habitantes, com uma densidade de 182,4 habitantes por quilómetro quadrado e um crescimento populacional anual de 1,8%. No entanto, a área urbana de Touggourt inclui as cidades de Nezla e Zaouia Abidia Tebesbest, o que perfaz uma população total de 146.108 [4].

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados dados sobre a Argélia:

Tabela 1 - Esperança de vida na Argélia [5]









Esperanza de vida en años	
Hombre:	71,9 
Mujer:	75,0 

Tabela 2 - Distribuição da população da Argélia por idades em percentagem [5]

Distribución de la población por edades en %	
Menos de 5 años:	9,7% 
De 5 a 14 años:	17,3% 
De 15 a 24 años:	20,5% 
De 25 a 69 años:	49,5% 
Más de 70 años:	3,0% 
Más de 80 años:	0,7% 

Situação económica

O Deserto do Saara é muito desfavorável para a maioria das atividades humanas, no entanto, a agricultura é responsável por aproximadamente 10% do PIB e emprega um

quinto da população ativa de Argélia. Os principais cultivos são: trigo, cevada, aveia, frutas cítricas, viticultura, azeitonas, tabaco e tâmaras. Para além disso, a Argélia é um grande produtor de cortiça e um grande criador de gado [5].

A indústria representa 47% do PIB e emprega um quarto da população. O setor de petróleo e gás assume a maioria das receitas orçamentais e quase a totalidade das receitas de exportação, já que a Argélia é o segundo maior exportador de gás do mundo e, dessa forma, ocupa o décimo primeiro lugar em reservas de petróleo e sétimo em reservas de gás. Os minerais extraídos em quantidades significativas são o ferro, o chumbo, o fosfato, o urânio, o zinco, o sal e o carvão [5].

O setor manufactureiro destaca-se pelo processamento industrial de alimentos, produtos têxteis, produtos químicos, metais e materiais de construção. Tradicionalmente, a Argélia importa os produtos farmacêuticos que precisa, no entanto, durante anos, as importações diminuíram enquanto a produção local tem aumentado fortemente. O setor terciário contribui com cerca de um terço do PIB e emprega mais de metade da população ativa [5].

A atual taxa de desemprego é oficialmente de 9,7%, mas existem dados que apontam para um valor próximo dos 20%, sendo este mais acentuado entre os jovens (21,5%) e as mulheres (17%) [6].

A Tabela 3 mostra a repartição da atividade económica por setor na Argélia.

Tabela 3 - Repartição da atividade económica por setor na Argélia [5]

Repartición de la actividad económica por sector	Agricultura	Industria	Servicios
Empleo por sector (en % del empleo total)	10,8	30,9	58,4
Valor añadido (en % del PIB)	10,0	47,1	42,9
Valor añadido (crecimiento anual en %)	10,3	2,3	-0,2

Infraestruturas de transporte

As distâncias na Argélia por via terrestre são grandes, no entanto, a rede de estradas é limitada, já que para o norte do país, a rede está mais desenvolvida, enquanto no sul é necessário um forte investimento [7].

O autocarro é o meio público de transporte terrestre mais utilizado, seguido pelo comboio e o automóvel - táxi. O setor rodoviário é a chave para o desenvolvimento do setor na Argélia, contudo, a infraestrutura de estradas está em muito mau estado, devido à falta de manutenção e reparação, constituindo um dos entraves do crescimento económico da Argélia, sendo que o governo argelino pretende efetuar melhoramentos em 5.000 km de estradas, tal como, construir 2.000 km de novas estradas [7].

A Argélia tem uma rede ferroviária de 4.000 km, dos quais uma parte é eletrificada. As principais linhas ferroviárias estão localizados ao longo da costa, no entanto, mais a

sul existe uma linha que une Bechar (oeste de Argélia) a Touggourt (este de Argélia) [7].

Existem trinta e quatro aeroportos, sendo a maioria internacionais. Os principais estão localizados em Argel, Annaba, Constantina, Tlemcen e Orán [7].

Construção de habitações

A crise imobiliária na Argélia é um dos problemas recorrentes que o país enfrenta e causa grande frustração social. O déficit atual, partindo de uma taxa de ocupação por habitação de cinco ocupantes por agregado familiar, é estimado entre um e dois milhões de casas [7].

Nos últimos dez anos, o governo tem desenvolvido uma política de crédito para reduzir esse déficit, e criou um plano onde estabeleceu o objetivo ambicioso de construção de um milhão de novas casas. Para além disso, também lançou o mercado hipotecário, o que ajudou a libertar o crédito imobiliário, dando um impulso real ao desenvolvimento imobiliário [7].

Cultura

A grande maioria dos argelinos são descendentes de árabes e de berberes. A partir do século VII, os berberes adotaram a língua árabe tornando-a como idioma até aos dias que decorrem, contudo, cerca de 15% da população ainda fala berbere. Esta percentagem representa as pessoas que se situam, principalmente, nas regiões do norte do país e, ainda, as tribos seminómadas de pastores que vivem no deserto, chamados como tuaregues do Saara [2].

Por sua vez, o francês é amplamente falado sobretudo no comércio e cultura, já que cerca de 1% da população argelina é de ascendência europeia [2], no entanto, é o árabe que é designado como o idioma oficial da região [8].

Clima

O clima de Touggourt é classificado como Clima Árido Desértico (BWh). Em regiões desérticas, os verões são extremamente quentes e secos (o *record* mundial de temperatura de 59°C, está registado no Saara, no sul da Líbia), enquanto os invernos são frios e com geadas. Embora as precipitações sejam escassas e muito irregulares, estas ocorrem geralmente depois de longos períodos de seca extrema. O ar é muito seco dado que a humidade relativa é muito baixa, apresentando valores inferiores a 20% [9].

Touggourt tem uma variação de temperatura de dia/noite muito alta já que a atmosfera, extremamente seca, é incapaz de reter a radiação terrestre e arrefece muito

rapidamente quando o sol se põe, assim as temperaturas diminuem drasticamente ao anoitecer [9].

Análise das temperaturas

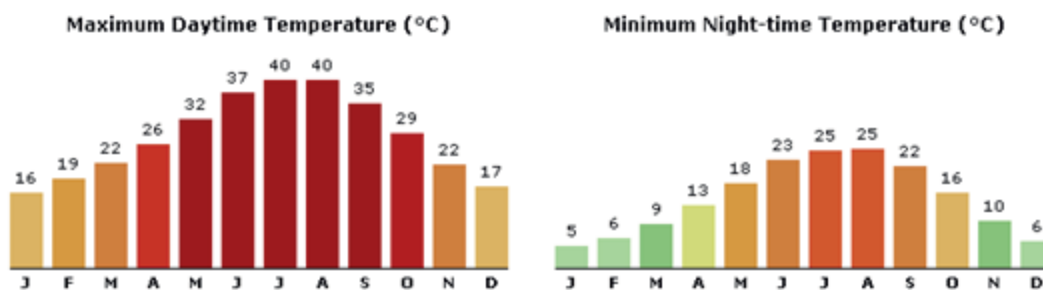


Figura 3 - Temperaturas médias máximas e mínimas de Touggourt [10]

No mês de janeiro verifica-se o valor mínimo, tanto das temperaturas médias máximas como das temperaturas médias mínimas, de 16°C e 5°C, respetivamente. Os maiores valores de ambos, da máxima e da mínima, ocorre nos meses de julho e agosto com 40°C e 25°C (Figura 3).

A média anual das temperaturas máximas é de 27,9°C e das temperaturas mínimas de 14,8°C.

Análise das horas diárias de sol e luz por mês



Figura 4 - Horas diárias de sol e luz por mês de Touggourt [10]

De acordo com a Figura 4, nos meses de janeiro, novembro e dezembro encontram-se os valores mínimos de horas diárias de sol, assim como os de horas diárias de luz com valores de 7 e de 10 horas, respetivamente. O mês com o maior número de horas de sol é o mês de julho, com 12 horas, enquanto os meses de maio, junho e julho contêm o maior número de horas diárias de luz com 14 horas.

Radiação solar direta

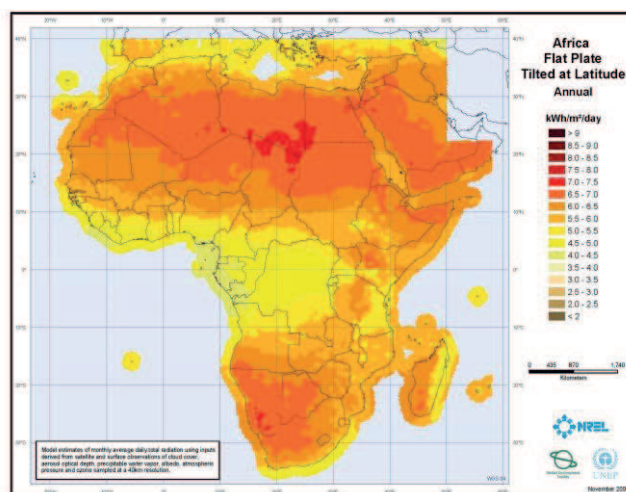


Figura 5 - Radiação solar direta de África [11]

Segundo a Figura 5, os valores de radiação solar direta em Touggourt variam de 6 a 7 kWh/m²/dia.

Análise da precipitação mensal



Figura 6 - Dias com chuva e precipitação mensal de Touggourt [10]

Nos meses de janeiro, março e dezembro verificam-se os valores máximos de dias com chuva, com 5 dias, por outro lado, nos meses de julho não há nenhum dia com chuva, como pode ser observado na Figura 6. Os meses de janeiro e março mostram uma precipitação de 10 mm/mês e os meses de julho e agosto de 1 mm/mês.

Análise da precipitação anual

Tabela 4 - Precipitação anual de Touggourt

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Pmin	Pmax
Precipitação (mm)	34,6	48,2	51,6	47,0	171,5	97,8	109,6	61,5	34,6	171,5

As precipitações são raras e irregulares, sendo que apresenta um valor estimado de 78 mm/ano, alcançando o valor máximo de 171,5 mm/ano e um valor mínima de 34,6 mm/ano (Tabela 4).

Humidade relativa

Tabela 5 - Humidade relativa mensal de Touggourt

Mês	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Humidade (%)	56,9	46,1	38,5	33,6	29,4	24,7	21,3	25,3	35,1	39,7	50,8	56,7

A Tabela 5 apresenta os valores da humidade relativa mensal que variam entre 21,3% e 56,7%, sendo que a média anual é de 33%. O mês de julho é o mais seco com 21,3% enquanto o mês de dezembro é o mês com mais humidade com 56,7%.

Vento

Tabela 6 - Velocidade do vento em Touggourt

Mês	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Velocidade do vento (m/s)	3,41	3,72	3,68	4,05	4,22	3,72	3,45	3,25	3,50	3,01	3,15	3,39

O valor máximo da velocidade do vento ocorre no mês de maio com 4,22 m/s já o valor mínimo é no mês de outubro com 3,01 m/s (Tabela 6). Os ventos têm direções diferentes mas a direção norte-noroeste é aquela que predomina [9].

Flora nos climas áridos

Considerando que a precipitação anual é muito baixa e a evaporação é alta, a biodiversidade é inevitavelmente reduzida. Plantas como acácias, palmeiras, arbustos espinhosos e diferentes gramíneas são adaptadas às condições áridas, crescendo menos para evitar a perda de água devido aos ventos fortes, armazenando água nos seus caules grossos para uso em períodos de seca, tendo raízes longas que crescem na horizontal para atingir a maior área de captação de água, bem como através da constituição de pequenas e grossas folhas ou agulhas que impedem a perda de água por evapotranspiração [12].

A areia e as partículas finas são muito comuns em todos os desertos graças à intensidade dos processos mecânicos e de modelação, além da eficiência do transporte eólico. Pode aparecer localmente, formando uma lâmina plana que constitui o substrato comum em vastas extensões, ou resultar em campos de dunas muito distintas e, por vezes, móveis, que sobrepõem em outras formas de relevo, que são muitas vezes referido em árabe como "erg". Nestes locais, devido à mobilidade da areia, as plantas tendem a se estabelecer nas depressões interdunares onde há mais humidade [10].

Habitações em zonas áridas

A cidade é construída principalmente de barro e argila de pedra, as ruas são sinuosas com uma grande quantidade de revestimentos de proteção contra o calor intenso do verão [13].

As casas de climas áridos devem responder às dificuldades do clima, isto é, evitar o aumento da temperatura ambiente nas casas durante o dia, conservar o calor durante a noite para libertá-lo para o interior e aumentar a resistência contra a ação do vento e da poeira. Três exemplos dos tipos de habitação que podem ser observados em zonas áridas [13]:

Habitação urbana: Esculpida em pedra ou terra (Figura 7). Devido à escassez de chuvas, geralmente utiliza-se um teto em terraço de forma a criar um espaço adicional e servir como elemento de refrigeração. As casas são construídas com paredes espessas para isolar a temperatura do interior e combater assim o calor. A construção consiste em paredes grossas, tetos altos, janelas pequenas e, em algumas zonas, é possível encontrar torres de vento que facilitam a circulação de ar e fornecem ventilação natural.



Figura 7 - Habitações urbanas em Taghit, Argélia [14]

Habitação dos oásis: Construídas à volta de jardins, o que facilita o acesso ao local de trabalho e à vigilância da propriedade. Geralmente, estas casas são integradas com um pátio central comum, sendo este um espaço de lazer e de trabalho. As casas abrigam tanto a família como os animais de estimação (Figuras 8 e 9).



Figura 8 - Habitação dos oásis em Touggourt, Argélia [15]



Figura 9 - Habitação dos oásis em Constantina, Argélia [16]

Habitação de cobertura em cúpula: A cúpula é feita de tijolos ou pedras, o que reduz o uso de madeira, cujo crescimento é particularmente lento em áreas áridas. A forma da cúpula tem um papel importante para evitar o sobreaquecimento do interior da habitação, uma vez que minimiza a superfície exposta ao sol e possibilita uma melhor ventilação devido ao aumento do volume de ar (Figura 10). Este efeito é maximizado se a parede externa da habitação for revestida de modo a refletir a luz, pelo contrário, se a parede interior não for revestida permanece com a rugosidade da superfície que serve como difusor de calor devido à sua massa térmica. Portanto, contribui para uma temperatura interior confortável, enquanto a temperatura exterior é muito elevada durante o dia e muito baixa durante a noite.

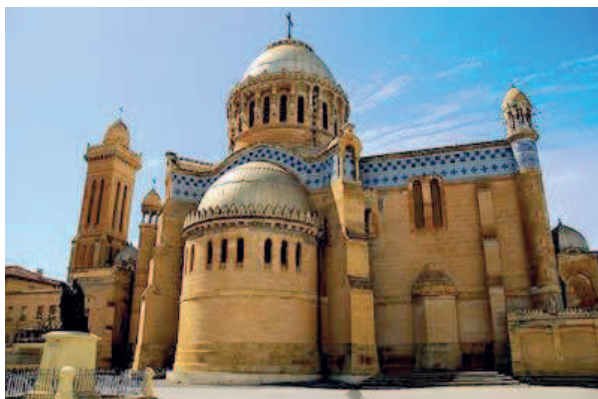


Figura 10 - Coberturas em cúpula na Argélia [17][18]

Habitação subterrânea ou troglodita: A procura de lugares com temperaturas mais baixas levou certas populações sedentárias a moverem-se para grutas, cavernas ou, ainda, cavar casas abaixo do solo. Dessa maneira, beneficiam do efeito de inércia térmica e isolamento do solo, assegurando uma temperatura mais ou menos homogênea ao longo de todo o ano (Figuras 11 e 12).



Figura 11 - Habitação subterrânea em Gharyan, Líbia [19]

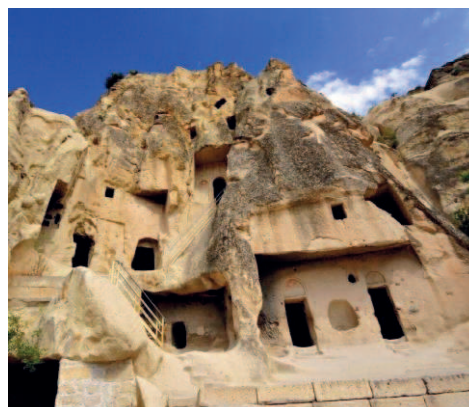


Figura 12 - Habitação troglodita em Capadócia, Turquia [20]

Tendas ou yourtes: Sendo características das populações nômadas, as tendas são construídas a partir de tecido. Para as pessoas que vivem em tendas, o rebanho é a matéria-prima para a construção das suas casas, porém o material utilizado varia segundo a região, podendo ser tecido de lã, couro de cabra ou feltro. As tendas facilitam o estabelecimento de uma casa depois de cada movimento ou mudança, no entanto, seu peso torna obrigatório o uso de animais resistentes como camelos ou dromedários para o transporte (Figura 13).



Figura 13 - Tendas no Deserto Saara [21]

2.3.2. Soluções construtivas passivas

Para ser possível encontrar as melhores medidas construtivas passivas, foi necessário, inicialmente, conhecer o projeto em questão de modo a obter as soluções mais adequadas.

O projeto consiste na melhoria e ampliação do Aeroporto Sdidi Mahdi, localizado em Touggourt, uma vez que tem existido um crescimento significativo de passageiros nos últimos anos. Assim, serão precisas várias alterações para satisfazer as

necessidades originadas por um tráfego aéreo de doze mil e quinhentos passageiros e por quinhentas operações aeroportuárias por ano.

As propostas para o aeroporto podem ser divididas por categorias: edifícios de primeira linha, estacionamentos públicos e privados, acessos e zonas verdes, escritórios e centros de negócio, edifícios de serviço e habitações. Na Figura 14 é especificado que elementos serão envolvidos no projeto.

Edifícios de Primeira Linha	Estacionamentos	Oficinas e Centros de Negócios	Edifícios de Serviço
<input checked="" type="checkbox"/> Edifício Terminal	<input checked="" type="checkbox"/> Estacionamento	<input checked="" type="checkbox"/> 3 Blocos Administrativos	<input checked="" type="checkbox"/> Edifício de Apoio Logístico
<input checked="" type="checkbox"/> Terminal de Carga	<input checked="" type="checkbox"/> Estacionamento de Serviço	<input checked="" type="checkbox"/> Edifício de Companhia Petrolífera	<input checked="" type="checkbox"/> Depósito de Água
<input checked="" type="checkbox"/> Renovação do Terminal de Carga existente	<input checked="" type="checkbox"/> Postes de Controle e Acessos	<input checked="" type="checkbox"/> Centro de Negócios	<input checked="" type="checkbox"/> Depuradora
<input checked="" type="checkbox"/> Hangares de Manutenção de Aviação Ligeira	<input checked="" type="checkbox"/> Urbanização		<input checked="" type="checkbox"/> Central Elétrica
<input checked="" type="checkbox"/> Edifício para Serviço de Extinção de Incêndios (SEI)			

Figura 14 - Elementos envolvidos no projeto do Aeroporto Sdidi Mahdi

De seguida, será analisada a disposição de cada elemento para adequar as medidas construtivas às suas necessidades ao nível energético.

Elementos de primeira linha

Estes edifícios terão que se adaptar à orientação atual para estarem alinhados com a pista de aterragem e descolagem, já que na primeira linha situam-se todos os elementos terminais que contêm as atividades ou serviços próximos ou em contato com o campo de voos.

Estacionamentos, acessos e zonas verdes

Os acessos devem ser estreitos uma vez que esta configuração oferece mais sombras. Por sua vez, o sombreamento dos estacionamentos e acessos pode-se recorrer à utilização de material têxtil dado que é leve, oferece altos níveis de flexibilidade e de resistência e, ainda, faz com que se obtenham coberturas com uma imagem visual agradável.

É um exemplo, a aplicação de uma cobertura têxtil no Deserto Altoandino, no sul de Perú, para proporcionar sombra aos habitantes que sofrem com uma das mais altas incidências de raios ultravioletas do mundo (Figura 15).



Figura 15 - Montagem e finalização da cobertura têxtil em Altoandino, Perú [22]

Para além disso, também se podem utilizar coberturas com canas e madeiras como se pode verificar no exemplo abaixo que consiste numa vivenda localizada em Los Zacatitos, no Estado de Califórnia do Sul, México (Figura 16).



Figura 16 - Cobertura com canas em Los Zacatitos, México [23]

A vegetação no centro urbano mantém a temperatura mais baixa naturalmente e atuam como sistemas de proteção solar. No entanto, como se trata de um clima árido, as plantas devem ser restringidas àquelas espécies que podem sobreviver com muito pouca água, sendo algumas das plantas mais apropriadas as seguintes: acácias albidas, *salsola foetida*, *maerua crassifolia forssk*, *calligonum comosum L'Hér*, *rhus tripartita*, *capparis decidua*, *forsskalea tenacísima*, *tamarix aphylla*, *lycium intricatum* e o *senecio anteuphorbium* [24].

De forma a aproveitar a pouca água proveniente das chuvas, uma opção a equacionar consiste na utilização de pavimentos drenantes nos passeios e acessos para a rega das vegetações próximas (Figura 17). Este tipo de pavimentos apresentam baixo custo e fácil manutenção.



Figura 17 - Exemplos de pavimentos de betão drenante [25][26]

Escritórios e centros de negócios

A segunda linha contém as infraestruturas, instalações e edifícios que abrangem as atividades auxiliares ou de apoio que complementam a conexão com os serviços de administração, gestão e manutenção.

Como são edifícios de funcionamento diurno, é essencial orientá-los de modo a reduzir os ganhos solares para evitar o sobreaquecimento interior e, ainda, colocar proteções solares e aproveitar o arrefecimento da noite para promover o arrefecimento do ambiente interior durante os dias. Portanto, não é recomendável que os edifícios sejam orientados a norte, para evitar uma maior exposição ao sol, no entanto, é importante que tenham proteções solares a sul.

Edifícios de serviço

Os edifícios de serviço consistem nas infraestruturas, instalações, edifícios de apoio e serviços destinados ao suporte e gestão técnica do aeroporto. Estes edifícios são para uso diurno pelo que terão de possuir condições similares aos escritórios e centros de negócio para a gestão racional dos recursos naturais.

Habitacões

As habitacões, em general, são ocupadas ao final do dia, pelo que terão que estar preparadas para as reduzidas temperaturas noturnas, promovendo o conforto dos residentes. Assim, é necessário utilizar o calor do dia para aquecer o interior à noite.

Na sequência dos trabalhos elaborados no âmbito do estágio, seguiu-se a análise dos edifícios por tipologia, apresentando algumas das medidas construtivas possíveis a aplicar em cada edifício, considerando o clima árido.

Edifícios de primeira linha: Edifício terminal existente

As intervenções que se podem realizar no terminal existente para melhorá-lo, não interferindo nem modificando a arquitetura existente, são: melhorar ou aplicar material isolante na envolvente, aplicar uma cobertura sobre o edifício para protegê-lo da radiação solar direta e aumentar a entrada da iluminação natural no seu interior.

O isolamento térmico referido poderia ser aplicado pelo interior para não intervir nas fachadas originais com, por exemplo, lã de rocha ou poliestireno extrudido. Uma cobertura de material têxtil translúcido não só protege o edifício da luz solar direta como, também, permite a passagem da luz natural, no entanto, é necessária a colocação, por exemplo, de claraboias para que a iluminação seja conduzida ao interior do edifício.

O terminal do Aeroporto de Shenzhen Bao'na, na China, é composto por milhares de claraboias hexagonais que deixam entrar a luz natural para o interior do espaço (Figura 18).

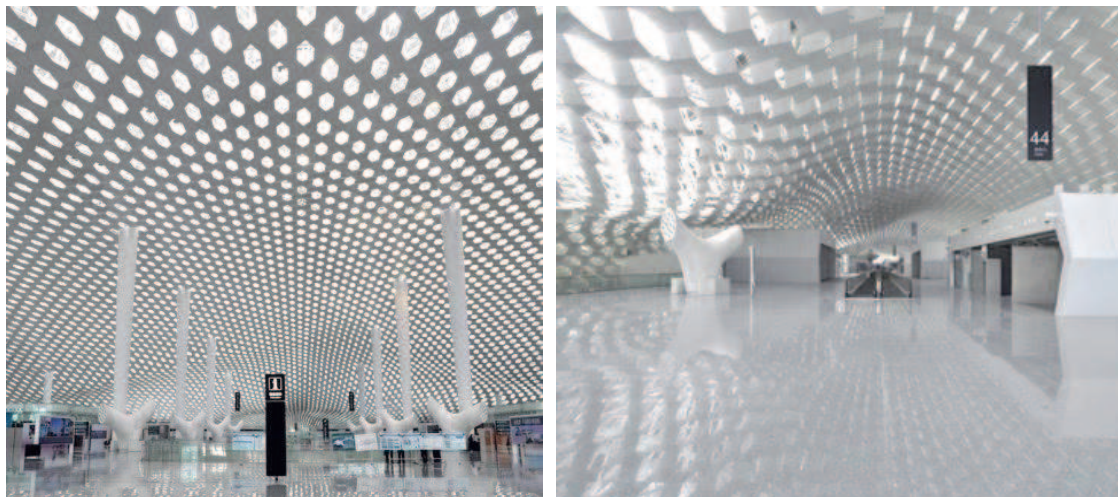


Figura 18 - Iluminação natural no interior do Aeroporto de Shenzhen Bao'an, na China [27]

Edifícios de primeira linha: Edifício terminal novo

O terminal terá de ser realizado com um material de elevada inércia térmica e possuir proteções solares de maneira a evitar o sobreaquecimento do espaço.

A cobertura do Aeroporto da Jordânia é composta por cúpulas, executadas a betão, que se estendem sobre as fachadas envidraçadas do edifício para proporcionar sombra adicional, enquanto no interior asseguram uma temperatura constante devido à sua forma e material (Figura 19).



Figura 19 - Sombreamento das fachadas exteriores e o interior do Aeroporto de Jordânia [28][29]

As proteções horizontais são uma estratégia para evitar a incidência da radiação solar direta nos vãos envidraçados e, assim, evitar o aquecimento do ambiente interior. O Aeroporto das Ilhas Galápagos é composto por grandes proteções horizontais de maneira a sombrear e proteger o edifício do sol (Figura 20).



Figura 20 - Proteção horizontal do Aeroporto das Ilhas Galápagos [30]

Edifícios de primeira linha: Hangares e terminais de carga

Os hangares e os terminais de cargas são espaços que geralmente não são climatizados, contudo, é importante combater as altas temperaturas. Os permutadores de calor ar-terra utilizam-se para arrefecer o ar quente antes de este entrar no edifício. Para isso, usam-se condutas de ar enterradas, com ventilação forçada para arrefecer os espaços onde o movimento do ar natural não é possível, assim, com uma rede de tubos enterrados é possível arrefecer utilizando a diferença de temperaturas existente entre o solo e o ar do ambiente anterior.

O Centro de Distribuição e Logística FASA, na região metropolitana de Santiago, no Chile, é constituído por um sistema de permutadores de calor ar-terra (Figura 21).



Figura 21 - Permutadores do Centro de Distribuição e Logística FASA, no Chile [31][32]

Para combater o calor devido à radiação solar direta nas coberturas, estas devem ter isolamento térmico. As telhas de betão são o material mais prático para as coberturas nos desertos, uma vez que possuem elevados níveis de isolamento e de durabilidade.

A iluminação também é muito importante mas é necessário cuidado com a orientação dos envidraçados devido aos ganhos solares, por isso, o aproveitamento da iluminação natural é feita, de uma maneira controlada, pela fachada orientada a norte. O Aeroporto Deserto de Atacama foi inspirado nas formas ondulantes das colinas dos desertos, permitindo o aproveitamento controlado da iluminação natural (Figuras 22).



Figura 22 - Aproveitamento da iluminação natural pela cobertura do Aeroporto Deserto de Atacama [33][34]

Escritórios e centros de negócios

As oficinas e os centros de negócios devem ser compostos por materiais isolantes e com uma massa térmica elevada para não sobreaquecer o ambiente interior e, principalmente, evitar o consumo energético de arrefecimento do interior sendo, assim, o betão uma boa opção.

O edifício de escritórios Al Hamra Firdous Tower, no Kuwait, foi projetado em betão de forma a isolar o edifício do sol quente e das temperaturas que podem alcançar os 55°C. A forma invulgar com duas grandes abas torcidas controlam o vento e fornecem sombra, no entanto, os envidraçados da fachada interior estão especialmente posicionados e dimensionados para permitir vistas da cidade e do deserto como, também, para controlar a radiação solar do edifício. Por outro lado, as demais fachadas são totalmente envidraçadas para permitir uma vista da paisagem e a entrada da luz natural (Figura 23).



Figura 23 - Distinção entre fachadas e pormenor dos envidraçados do Al Hamra Firdous Tower, no Kuwait [35]

Para permitir a ventilação natural e o arrefecimento do interior dos edifícios, as torres de vento são uma construção vertical desenhada para este fim (Figura 24). Estas são recomendadas em climas que se caracterizam por altas temperaturas e baixa humidade relativa, dado que se pode conseguir uma redução da temperatura entre 10°C a 12°C quando o ar é relativamente seco.

O ar abrasador do exterior ingressa na torre onde é exposto à água e, à medida que a água se evapora no interior da torre, a temperatura do ar diminui e a sua humidade aumenta. O ar húmido e denso penetra no interior da torre e sai por aberturas na base desta, provocando o arrefecimento do ambiente interior.



Figura 24 - Torre de vento no Dubai, Emirados Árabes Unidos [36][37]

A junção da massa térmica e da ventilação consiste numa boa estratégia de arrefecimento em climas áridos com amplitudes térmicas diárias elevadas. Durante a noite, potencia-se a ventilação natural no interior do edifício, para que os fluxos de ar fresco provenientes do exterior contribuam com o arrefecimento dos elementos de massa térmica elevada, de maneira a que estes diminuam a sua temperatura e, assim, possam voltar a absorver energia durante o dia e arrefecer o ambiente interior.

Habitações

As habitações nos desertos necessitam ser protegidas do sol intenso enquanto recebem luz natural. As proteções solares nos vãos envidraçados são a medida mais eficaz e rentável, do ponto de vista económico, para reduzir as necessidades energéticas de arrefecimento.

Em Masdar, nos Emirados Árabes Unidos, os edifícios foram planeados para que as janelas fossem protegidas por paredes perfuradas para permitir a entrada de luz e ar mas mantendo o sol distante (Figura 25).



Figura 25 - Forma das fachadas dos edifícios em Masdar, Emirados Árabes Unidos [38][39]

O material mais utilizado na construção de edifícios é a argila porque é um bom isolamento térmico e possui uma qualidade tátil que coincide com a essência orgânica do deserto. Contudo, o betão é um material com uma massa térmica elevada, conforme já referido anteriormente, o que permite o armazenamento do calor durante o dia e a libertação gradual deste ao longo da noite e, por esses motivos, tornou-se o material favorito nas construções modernas.

A vivenda apresentada na Figura 26, localizada no deserto em Marana, no Arizona, é exemplo de uma construção em betão.



Figura 26 - Vivenda em betão no Arizona, Estados Unidos da América [40]

A água da chuva pode ser recolhida e armazenada num depósito especial, já que a região de Touggourt é árida e com pouca chuva durante o ano. Para recolher a água da chuva pode-se utilizar a área das coberturas para a sua captação, de modo a ser canalizada, filtrada e armazenada num depósito para seu uso posterior em função da necessidade de utilização.

No deserto dos Estados Unidos, foi desenhada uma vivenda com recolha de águas pluviais que, graças ao desenho especial da cobertura desta construção, permite que a água da chuva seja recolhida e armazenada num depósito (Figura 27).



Figura 27 - Recolha de água pluvial através da cobertura nos Estados Unidos da América [41]

2.4. Análise crítica de participação

Sendo a primeira abordagem dos projetos elaborados na Fairbanks Arquitectos, a investigação e conhecimento do local onde será feita a intervenção mostra a importância dada pela empresa na procura das melhores soluções construtivas, não só para promover uma arquitetura bioclimática mas também para melhorar o conforto dos utilizadores, permitindo ainda uma construção adaptada aos costumes da população residente e da construção tradicional da zona.

Dessa forma, foi relevante realizar-se os estudos locais e climáticos para entender a importância que estes possuem para uma construção sustentável, uma vez que os projetos serão desenvolvidos com base nos dados relatados nos estudos efetuados. Além disso, foi possível verificar a influência que as várias condicionantes de cada local, tal como, as características climáticas, implicam exigências construtivas variadas para a adoção de medidas passivas para a climatização.

A elaboração dos estudos locais e climáticos podem ter algumas condicionantes quando são realizados a partir da informação disponível via Internet, como no caso do exemplo apresentado, uma vez que nem todas as localidades têm a mesma quantidade e qualidade de dados pretendidos. Assim, quando não foi possível encontrar informação local ou climática de onde se iria realizar o projeto, foram recolhidos dados referentes ao país, por outro lado, quando havia excesso de informação e/ou informação não coerente, foram selecionados os dados convergentes de toda a informação, tendo sempre em atenção à fiabilidade da fonte de dados utilizada.

3. Certificação energética de uma moradia unifamiliar

3.1. Introdução

A certificação energética de edifícios consiste no cálculo do desempenho energético com base nas características construtivas do edifício em estudo, da percentagem de aproveitamento de energias renováveis, do tipo de ventilação (natural ou mecânica), da eficiência e do tipo de combustível utilizado nos sistemas de climatização e de produção de águas quentes sanitárias (AQS). O desempenho energético pode ser classificado numa escala de A+ a F, onde a classe A+ corresponde a um edifício com melhor desempenho energético e a classe F com menor desempenho energético.

De acordo com a ADENE, Agência para a Energia, “a certificação energética de edifícios permite aos utilizadores dos edifícios obter informação sobre o desempenho energético dos mesmos. Para além desse aspeto serve igualmente, em contexto de edifícios novos, de mecanismo de verificação do cumprimento dos requisitos térmicos a que esses edifícios estão sujeitos. Já no que respeita aos edifícios existentes, reveste de importante elemento de promoção, bem como de identificação de quais as medidas que podem conduzir a uma melhoria no desempenho energético e conforto” (ADENE, 2015).

Na Fairbanks Arquitectos foi realizado o projeto de uma moradia unifamiliar de grandes dimensões, tendo a cargo todos os processos e etapas inerentes num projeto de construção. Dessa forma, foi necessária a análise do desempenho energético da vivenda, apresentada neste capítulo.

A moradia está localizada em Alcobendas, Espanha, sendo constituída por três pisos e apresentando uma área útil de 856,17m² com os seguintes espaços interiores: uma cozinha, quatro quartos, seis quartos de vestir, sete casas de banho, três salas de estar, uma biblioteca, um ginásio, uma garagem, um elevador, entre outros espaços. As Tabelas 7 a 9 apresentam as áreas dos espaços de acordo com o piso onde se localizam.

Tabela 7 - Áreas interiores do piso 0 [m²]

Garagem	101,95	Instalações	18,35		
Ginásio	38,75	Corredor 2	8,55		
Corredor 1	22,90	Biblioteca	27,95		
Casa de banho 1	2,70	Casa de banho 2	5,95		
Quarto de vestir 1	6,10	Quarto 4	21,35		
Armazém	9,55	Sala de jantar	5,70		
Dispensa	9,25	Casa de banho 3	3,10		
Arrecadação	23,75	Sala de estar	57,70		
Quarto de vestir 2	6,21	Corredor 3	22,75		
Sala de engomar	10,55	Elevador	2,72	Total	405,83

Tabela 8 - Áreas interiores do piso 1 [m²]

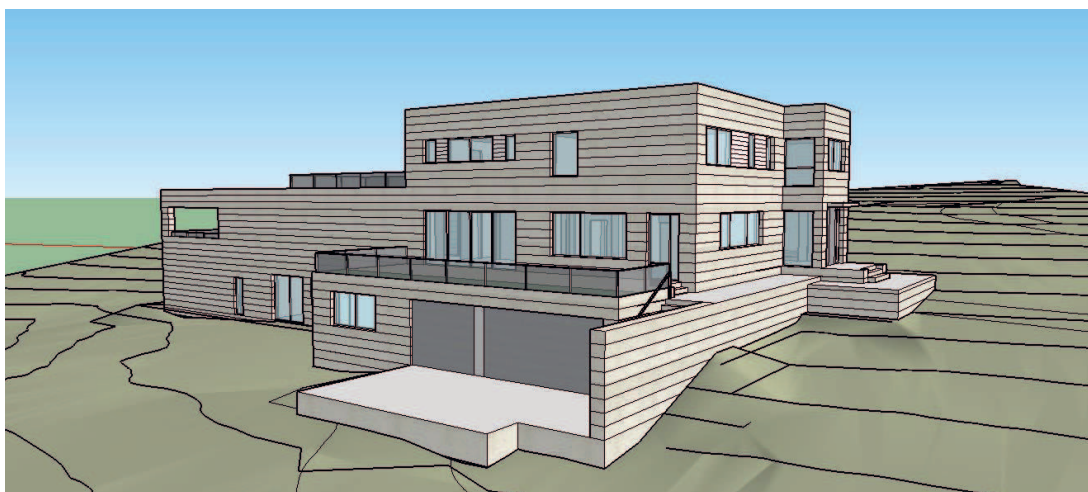
Quarto de vestir 1	2,75	Vestuário 2	45,15
Sala de jantar 1	18,30	Sala de jantar 2	28,60
Cozinha	13,25	Sala de estar 1	74,75
Casa de banho	2,95	Sala de estar 2	42,94
Corredor	10,50	Elevador	2,72
Escadas	5,89	Total	247,80

Tabela 9 - Áreas interiores do piso 2 [m²]

Quarto 1	21,75	Casa de banho 2	6,05
Sala de estar 1	25,10	Quarto 3	34,50
Casa de banho 1	25,85	Casa de banho 3	6,05
Escadas	8,60	Quarto de vestir 1	7,17
Corredor	23,85	Quarto de vestir 2	8,50
Quarto 2	32,40	Elevador	2,72
Total		Total	202,54

A equipa Fairbanks Arquitectos teve o propósito de respeitar ao máximo o relevo natural do terreno de maneira a evitar modificações significativas e não harmoniosas com a envolvente, tal como, todos os trabalhos inerentes a essas modificações. Neste sentido, o desenho da moradia e acessos a esta foram planeados consoante a morfologia original do terreno.

Algumas peças do projeto são apresentadas no Anexo A, nomeadamente as plantas de cada piso e os respetivos alçados, para que se tenha uma compreensão mais clara sobre a envolvente exterior do edifício em estudo, sendo esta fundamental para a análise do seu desempenho energético. Para além disso, foi realizado um modelo 3D, com recurso ao programa informático SketchUp, para uma melhor compreensão sobre a volumetria do edifício. Algumas imagens do modelo são apresentadas nas Figuras 28 e 29.

**Figura 28 - Modelação 3D: Fachadas norte e oeste (SketchUp)**

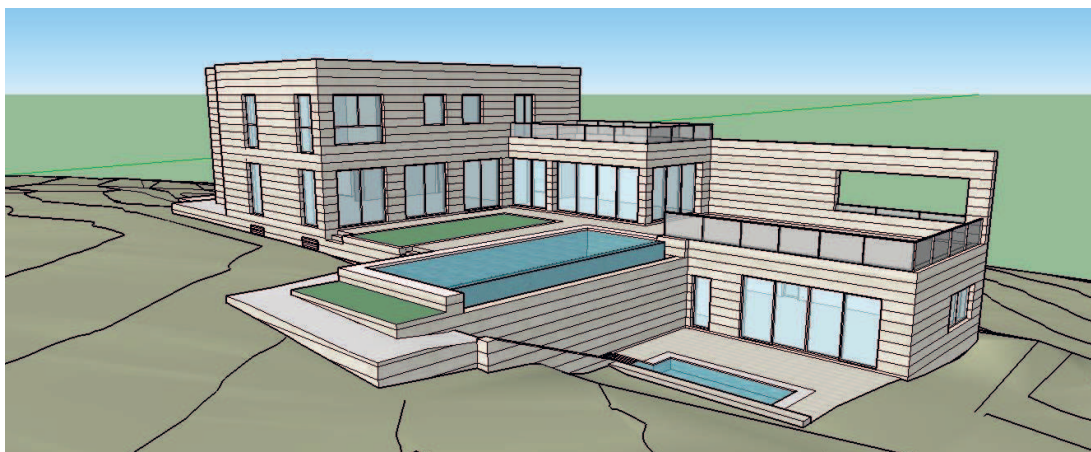


Figura 29 - Modelação 3D: Fachadas sul e este (Sketchup)

3.2. Metodologia

O sistema de certificação de Espanha é conhecido como Código Técnico de Edificação (CTE), onde são fixadas as exigências básicas de qualidade dos edifícios e instalações [42]. O CTE está organizado em duas partes regulamentares: a primeira parte é relativa às exigências básicas que devem cumprir os edifícios em fase de projeto, construção, manutenção e conservação; a segunda parte trata-se de documentos básicos (DB), onde se descrevem os procedimentos para o cumprimento das exigências básicas definidas na primeira parte.

Existe um DB relativo à poupança de energia (DB-HE), que tem como objetivo garantir o uso racional de energia necessária para a utilização dos edifícios, reduzindo o consumo energético e favorecendo as fontes de energia renováveis [43]. Estes requisitos são obrigatórios nos edifícios novos e nos edifícios existentes em casos de grande intervenção.

A avaliação do desempenho energético da moradia de Alcobendas foi efetuada através de dois métodos distintos de modo a comparar resultados. Em primeiro lugar, foi aplicado o “*Procedimiento Simplificado para Certificación Energética de Edificios de Vivienda*” (Ce2) e, posteriormente, o método abreviado através do software “*Calificación Energética Residencial Método Abreviado*” (CERMA), uma aplicação que permite a obtenção da qualificação da eficiência energética de vivendas que consistem em nova construção em todo o território espanhol.

Para ambos os métodos, foi necessário calcular previamente as áreas de paredes, de envidraçados, de pavimentos, de coberturas e de elementos em contato com o terreno, além das transmitância térmica de todos os elementos e fator solar modificado dos vãos envidraçados. Foi ainda necessário, recolher as características dos equipamentos de climatização e AQS, sendo definido uma caldeira convencional de GPL para aquecimento e um sistema de expansão direta para arrefecimento. Os referidos cálculos encontram-se no Apêndice A, estando algumas determinações auxiliares para a realização destes no Apêndice B.

Na Figura 30 são expostas as várias etapas para a avaliação do desempenho energético da moradia.

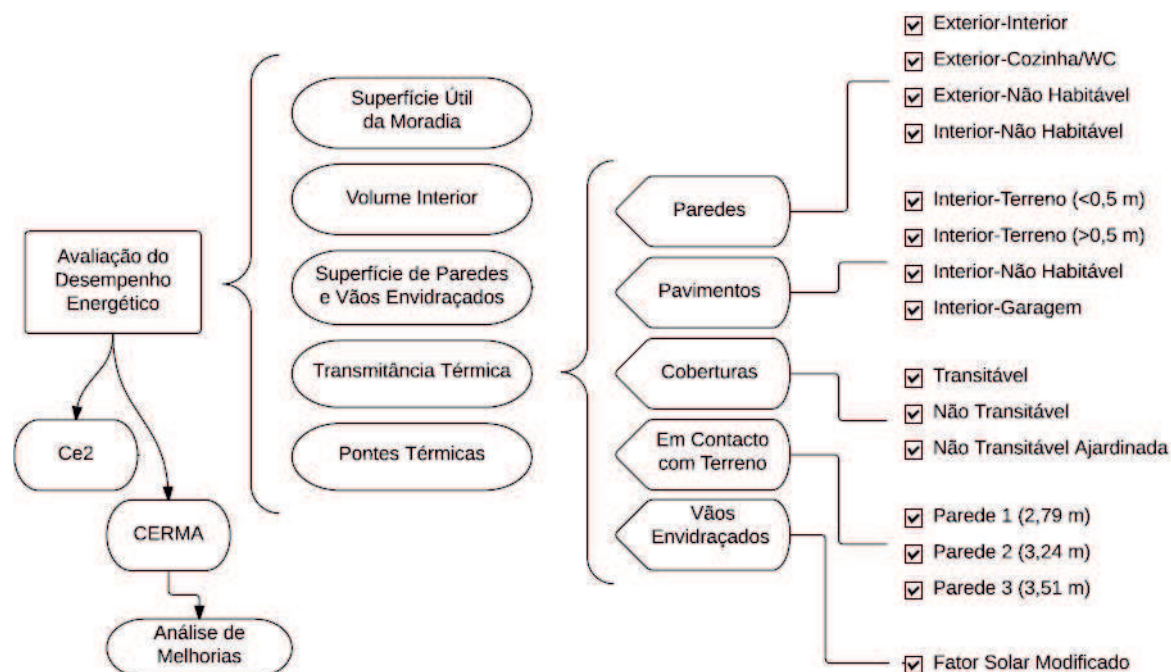


Figura 30 - Diagrama síntese dos passos realizados

3.2.1. Ce2 - Procedimiento Simplificado para Certificación Energética de Edificios de Vivienda

Este procedimento simplificado é realizado através do preenchimento de campos específicos, definidos por cor amarela, de uma folha Excel, sendo o cálculo do indicador de eficiência energética global feito automaticamente.

Assim, começa-se pela colocação dos dados relativos aos parâmetros característicos da envolvente, à fração de utilização de energia renováveis para as necessidades de água quente sanitária, ao caudal de ventilação e aos equipamentos instalados para a climatização e águas quentes sanitárias (AQS). De seguida, são preenchidos os dados referentes à captação solar dos vãos envidraçados, estando estes divididos pelas orientações sul, sul-este e sul-oeste. No Apêndice C, são apresentados os dados utilizados para o cálculo, das várias variantes, inseridos na folha Excel do Ce2.

Com o preenchimento de todos os campos de dados relativos ao projeto, obtêm-se os resultados da avaliação por tipo de necessidade (Figuras 31 e 32), além do resultado global e da classe energética que, neste caso, consiste na classe C (Figura 33).

5.- INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE DEMANDA DE CALEFACCIÓN

Indicador de Eficiencia Energética de Demanda Calefacción	Valor	Calificación Parcial
IEE _{DC}	0,82	C

A	IEE<	0,37
B	<= IEE <	0,60
C	<= IEE <	0,93
D	<= IEE <	1,43
E	<= IEE <	

Figura 31 - Indicador de eficiência energética da necessidade de aquecimento (Ce2)

4.- CALIFICACIÓN PARCIAL

Indicador de Eficiencia Energética de Demanda Refrigeración	Valor	Calificación Parcial
IEE _{DR}	0,85	C

A	IEE<	0,46
B	<= IEE <	0,66
C	<= IEE <	0,94
D	<= IEE <	1,37
E	<= IEE <	--

Figura 32 - Indicador de eficiência energética da necessidade de arrefecimento (Ce2)

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Indicador de Eficiencia Energética Global	Valor	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
IEE _G	0,68	C

A	IEE<	0,37
B	<= IEE <	0,60
C	<= IEE <	0,93
D	<= IEE <	1,43
E	<= IEE <	--

Figura 33 - Indicador de eficiência energética global (Ce2)

3.2.2. CERMA - Calificación Energética Residencial Método Abreviado

O *software* CERMA funciona por preenchimento de campos em branco, no entanto, não só obtém a classe energética da habitação em questão como, também, apresenta vários gráficos para uma melhor análise das necessidades energéticas e, ainda, analisa todas as melhorias possíveis para a obtenção de um desempenho energético superior.

O preenchimento começa pela localização da moradia e pelas suas características construtivas globais. De seguida, seguem-se os dados relativos às paredes, coberturas, pavimentos, envidraçados e equipamentos utilizados para a climatização e AQS. O Apêndice D apresenta cada secção de inserção dados da aplicação do CERMA para complementar a informação do presente relatório, visto que neste ponto serão analisados somente os resultados finais.

Assim sendo, na Figura 34 expõe os resultados obtidos de necessidades energéticas e de emissões por m² para aquecimento, arrefecimento e AQS:

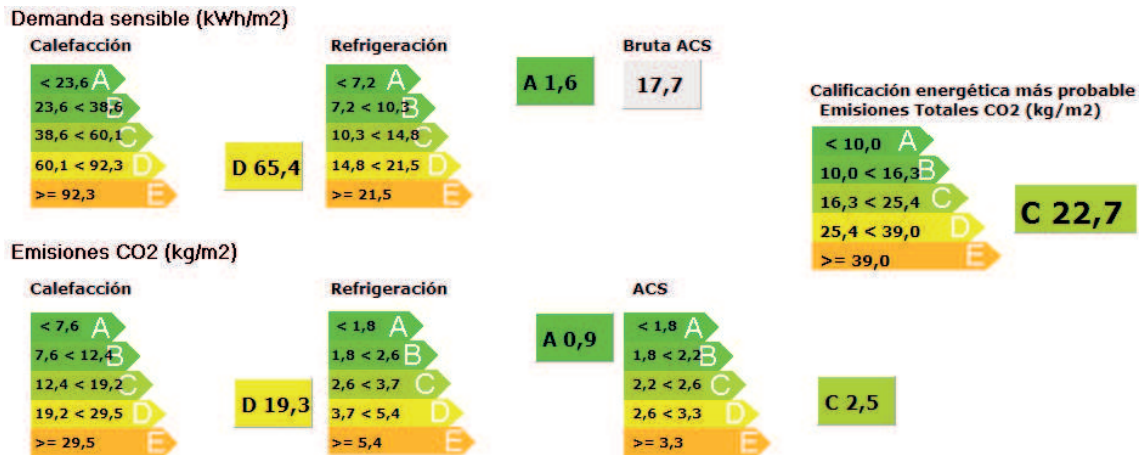


Figura 34 - Classificação energética obtida (CERMA)

Conforme os resultados apresentados, é atingida uma classe energética C com 22,7 kg/m² de dióxido de carbono (CO₂). Através dos gráficos seguintes (Figura 35), é perceptível que a maior percentagem de emissões do aquecimento deve-se à ventilação do edifício com 46,99%, relativamente à totalidade de 19,3 kg.CO₂/m², seguido pelos vãos envidraçados com 25,84% e as paredes com 19,43%. Por outro lado, as pontes térmicas representam o valor mínimo de emissões de CO₂ com 7,74%.

As emissões relacionadas com o arrefecimento do edifício atingem 0,9 kg.CO₂/m², sendo que, para além da carga interna que representa 58,16%, as paredes e os vãos envidraçados são os que mais provocam emissões de CO₂ com 17,95% e 10,81%, respetivamente. A ventilação é responsável por 11,11% e as pontes térmicas por 1,97% sendo as que apresentam o menor impacto.

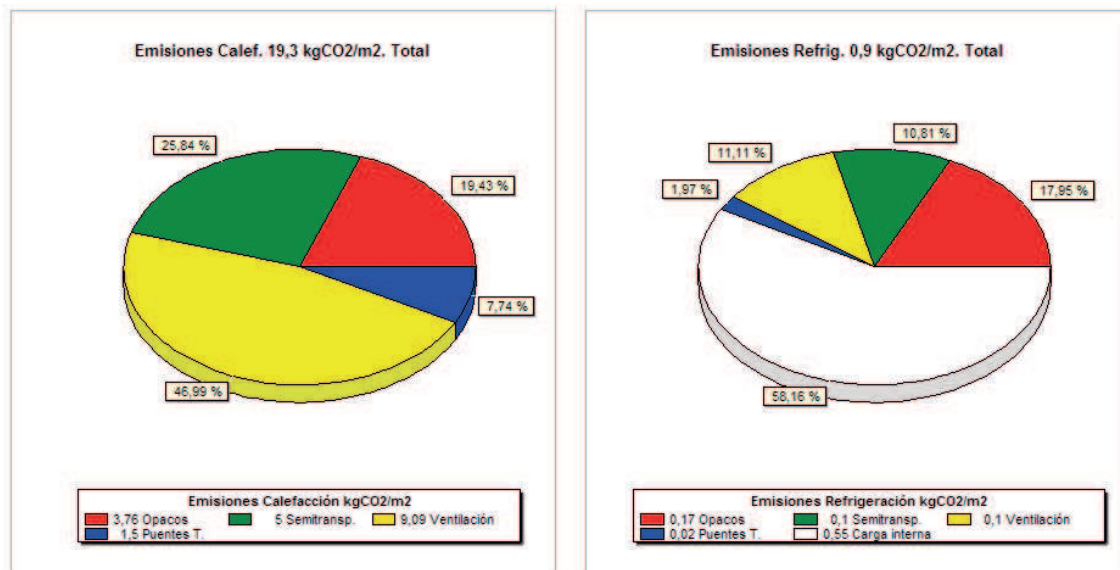


Figura 35 - Emissões totais do aquecimento e do arrefecimento (CERMA)

Numa análise global (Figura 36), a ventilação é a que produz mais emissões sendo responsável por 40,43% do total. Os vãos envidraçados representam 22,42% do total

das emissões, seguindo-se as paredes com 17,27%, as AQS com 10,81%, as pontes térmicas com 6,67% e, por fim, a carga interna com 2,40%. Assim, 85,05% do total de emissões está relacionado com o aquecimento da vivenda e, somente, 4,13% com o seu arrefecimento. Os restantes 10,81% são resultantes das necessidades de água quente sanitária.

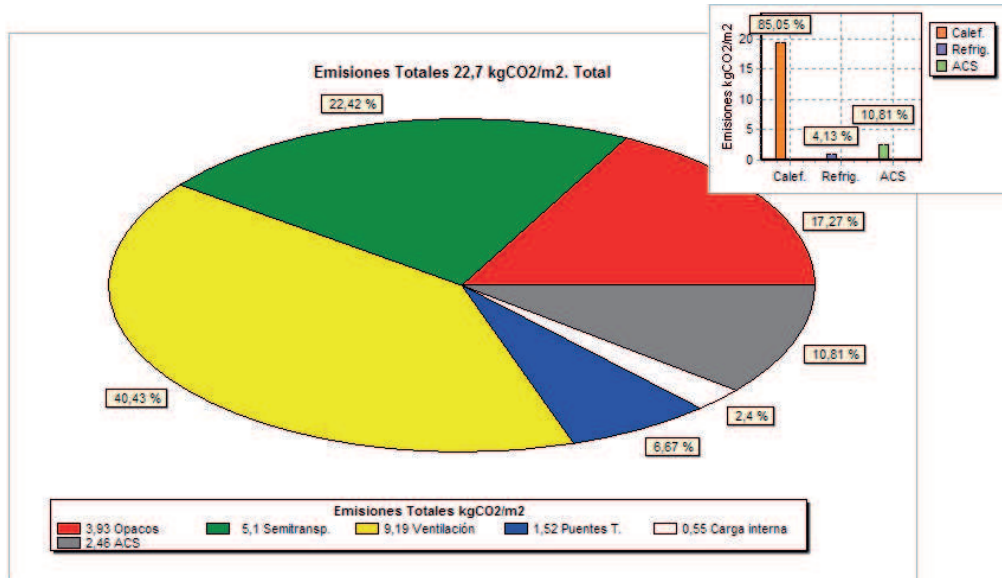


Figura 36 - Emissões totais globais (CERMA)

Os vãos envidraçados são os maiores responsáveis pelas emissões depois da ventilação, já que contribuem com 5,1 kg.CO₂/m². A partir da análise da Figura 37, é possível verificar que as portas 6 e 7, orientadas a este, são os envidraçados com uma percentagem mais elevada de emissões com 11,25% cada, seguindo-se as portas 6, orientadas a norte, com 8,12%. Logo depois, temos as emissões resultantes da porta 1 a norte (7,55%), da porta 5 a sul (6,47%) e da porta 1 a sul (6,25%).

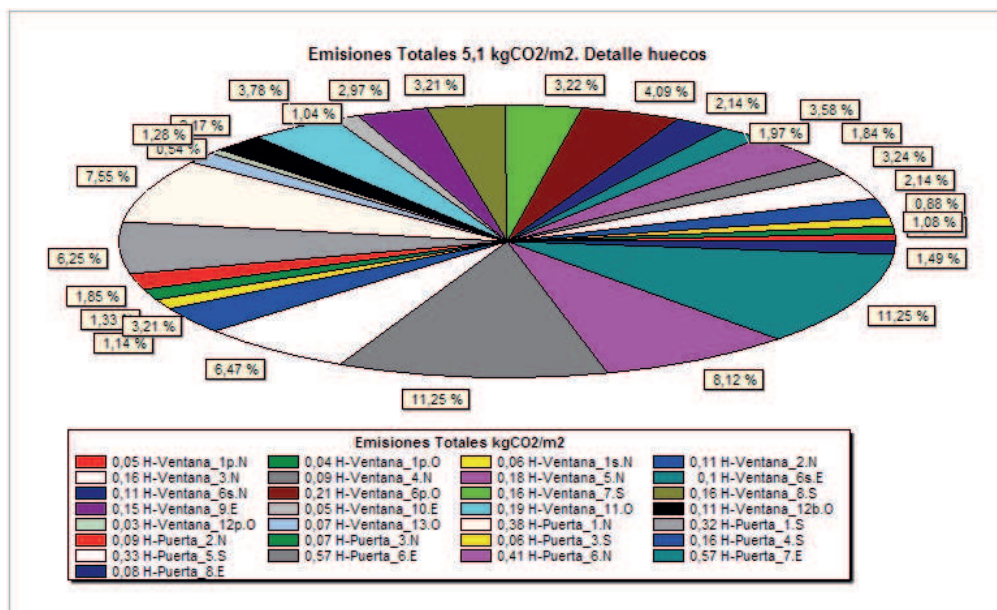


Figura 37 - Emissões totais devido aos vãos envidraçados (CERMA)

Estes valores poderão ser explicados devido às grandes dimensões dos vãos envidraçados em questão, como se pode verificar na Figura 38.



Figura 38 - Fachadas a norte, sul, este e oeste (Fairbanks Arquitectos)

Ao analisar as emissões em função da orientação de cada fachada (Figura 39), pode-se confirmar que os vãos envidraçados a norte, a sul e a este são os que mais originam

emissões, tal como acontece com as paredes, já que as que produzem mais emissões estão orientadas a norte e a sul.

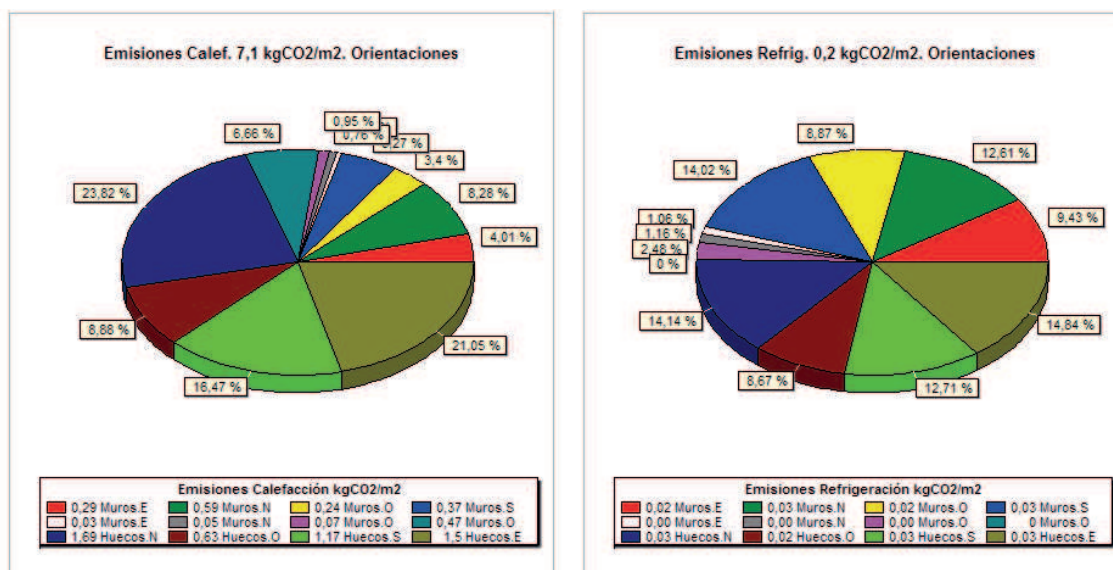


Figura 39 - Emissões por orientações (CERMA)

3.3. Melhorias

A obtenção de gráficos no programa CERMA permite avaliar onde é possível intervir de modo a melhorar o nível de desempenho energético, assim como possibilita calcular duas avaliações energéticas ao mesmo tempo, o que permite realizar um caso de estudo idêntico ao original, fazendo pequenas alterações para, no final, compará-los e analisar as diferenças obtidas. Assim sendo, foram comparadas medidas alternativas com a original, com o auxílio do *software*, de maneira a perceber como alcançar a melhor classe possível de desempenho.

Tal como analisado anteriormente, 95,06% das emissões produzidas são resultantes do aquecimento (85,05%) e das necessidades de água quente sanitária (10,81%) e, somente, 4,13% são resultado das necessidades de arrefecimento. Portanto, se o aquecimento for realizado com recurso a fontes de energia mais sustentáveis, será possível melhorar a classe da certificação energética.

Dessa forma, para efeitos de simulação de melhorias de desempenho energético, foi alterada a fonte de energia de aquecimento, passando de uma caldeira convencional de GPL para uma bomba de calor ar-água e, apesar de haver resultados desfavoráveis nas AQS que aumentam para 5%, obteve-se um total de emissões de CO₂ de 10,5 kg/m². Este valor representa uma redução de 54% em relação ao valor original, atingindo-se, assim, a classe energética B (Figura 40).

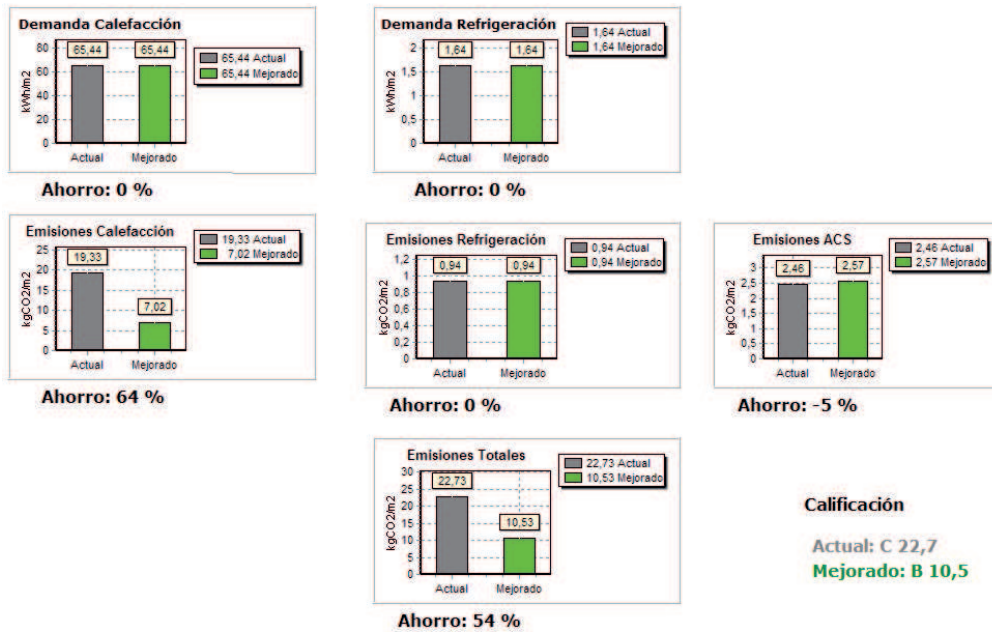


Figura 40 - Análise comparativa entre a caldeira convencional de GPL e bomba de calor ar-água (CERMA)

Do mesmo modo, o sistema de aquecimento e das AQS foi alterado, passando a ser realizado por uma caldeira de biomassa e este, novamente, comparado com o sistema original de caldeira convencional de GPL atingiu uma redução de emissões de CO₂ de 75% no aquecimento e 100% nas AQS, ou seja, os benefícios do uso de uma fonte renovável compensa, na totalidade, as emissões produzidas pelo aquecimento de águas quentes sanitárias. Assim sendo, há uma redução total de 75% de emissões, emitindo apenas 5 kg.CO₂/m², o que torna o sistema classificado com classe energética A (Figura 41).

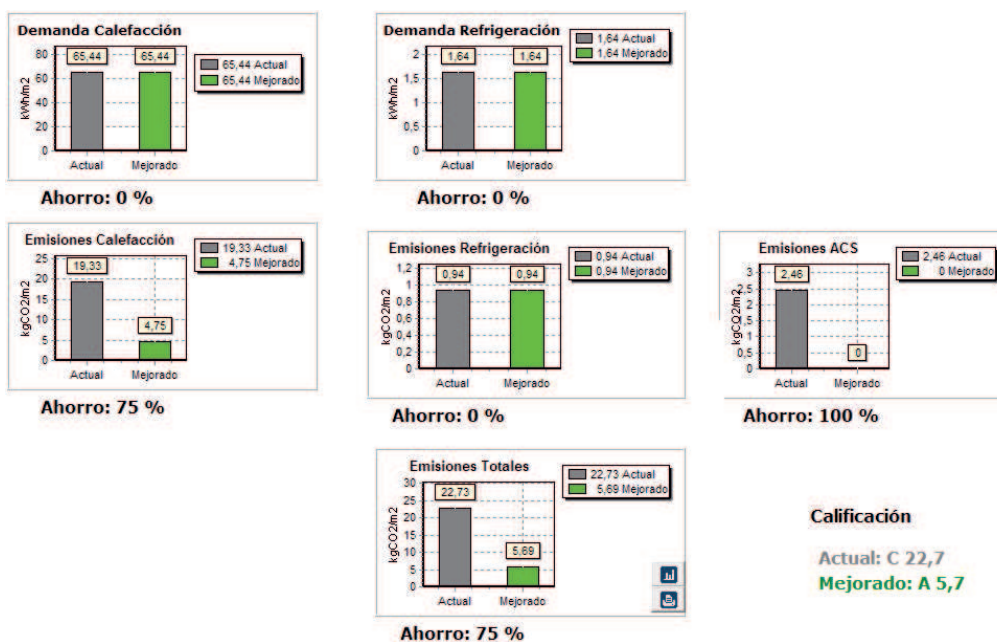


Figura 41 - Análise comparativa entre caldeira de GPL e caldeira de biomassa (CERMA)

Através dos exemplos apresentados, foi possível adquirir a classificação máxima de A exclusivamente através da mudança da fonte de energia, ou seja, pela opção de uma fonte renovável sendo, então, notório que o sistema espanhol enfatiza e beneficia os edifícios que optam por este tipo de fontes de energia.

3.4. Diferenças entre a legislação portuguesa e espanhola

A principal diferença entre o sistema espanhol e o português diz respeito à metodologia e às simplificações aplicadas nos sistemas. Por outras palavras, a legislação espanhola, para a avaliação energética de edifícios, é composta essencialmente pelos parâmetros e fórmulas relativos aos cálculos básicos necessários para a introdução de dados em programas reconhecidos pelo Ministério da Indústria, Energia e Turismo e pelo Ministério de Fomento [44]. Dessa forma, não apresenta as fórmulas de cálculo gerais estando, assim, sempre dependente da utilização de programas informáticos de cálculo, o que impossibilita o cálculo manual.

Por esse motivo, a legislação portuguesa torna-se mais completa, já que apresenta todos os cálculos necessários a realizar para a avaliação energética de edifícios [45], no entanto, também existem folhas de cálculo, da autoria e iniciativa de instituições independentes, que possibilitam um cálculo energético mais rápido e prático.

A elevada simplificação da legislação espanhola não implica uma análise descomplicada, uma vez que pode gerar dúvidas na seleção de opções e parâmetros durante a avaliação energética e, dessa forma, resultar na obtenção de uma certificação duvidosa e desajustada da realidade.

Uma diferença concreta nos cálculos efetuados em ambos os sistemas é relativamente à análise dos vãos envidraçados, dado que no sistema português [46] é obtido o fator solar do vão na estação de aquecimento e arrefecimento, o fator de obstrução da radiação solar e a fração envidraçada de todos os vãos em todas as orientações, enquanto no sistema espanhol, somente, se analisam estes parâmetros dos vãos envidraçados orientados a sul, sudeste, este, sudoeste e oeste, ignorando-se os vãos envidraçados localizados a norte, nordeste e noroeste.

Já os níveis utilizados para a certificação energética entre os dois países também difere, visto que em Portugal a escala apresenta 8 classes (A+, A, B, B-, C, D, E e F), em que a classe A+ corresponde a um edifício com melhor desempenho energético e a classe F com menor desempenho energético, enquanto em Espanha a escala é composta apenas por 7 classes de A a G.

3.5. Outros trabalhos desenvolvidos

Outro trabalho desenvolvido relativamente ao projeto da moradia familiar de Alcobendas, consistiu no estudo solar da mesma. O estudo solar teve como objetivo a análise do comportamento do sol ao longo do ano, de modo a controlar a incidência dos

raios solares no interior da moradia para evitar o seu sobreaquecimento no verão, assim como evitar a obstrução da incidência da radiação solar no seu interior durante o inverno.

Assim, com base na modelação 3D apresentada anteriormente através de imagens do SketchUp, foi avaliado o comportamento do sol ao longo do dia nas várias estações do ano, ou seja, foram analisados os dias 21 de março, de junho, de setembro e de dezembro, às 10h00, 12h00, 15h00, 18h00 e 20h00. Esta análise foi repetida nas quatro orientações da moradia.

Para melhor perceção do estudo realizado, apresentam-se imagens retiradas do SketchUp da fachada orientada a oeste, nas estações de verão e inverno.

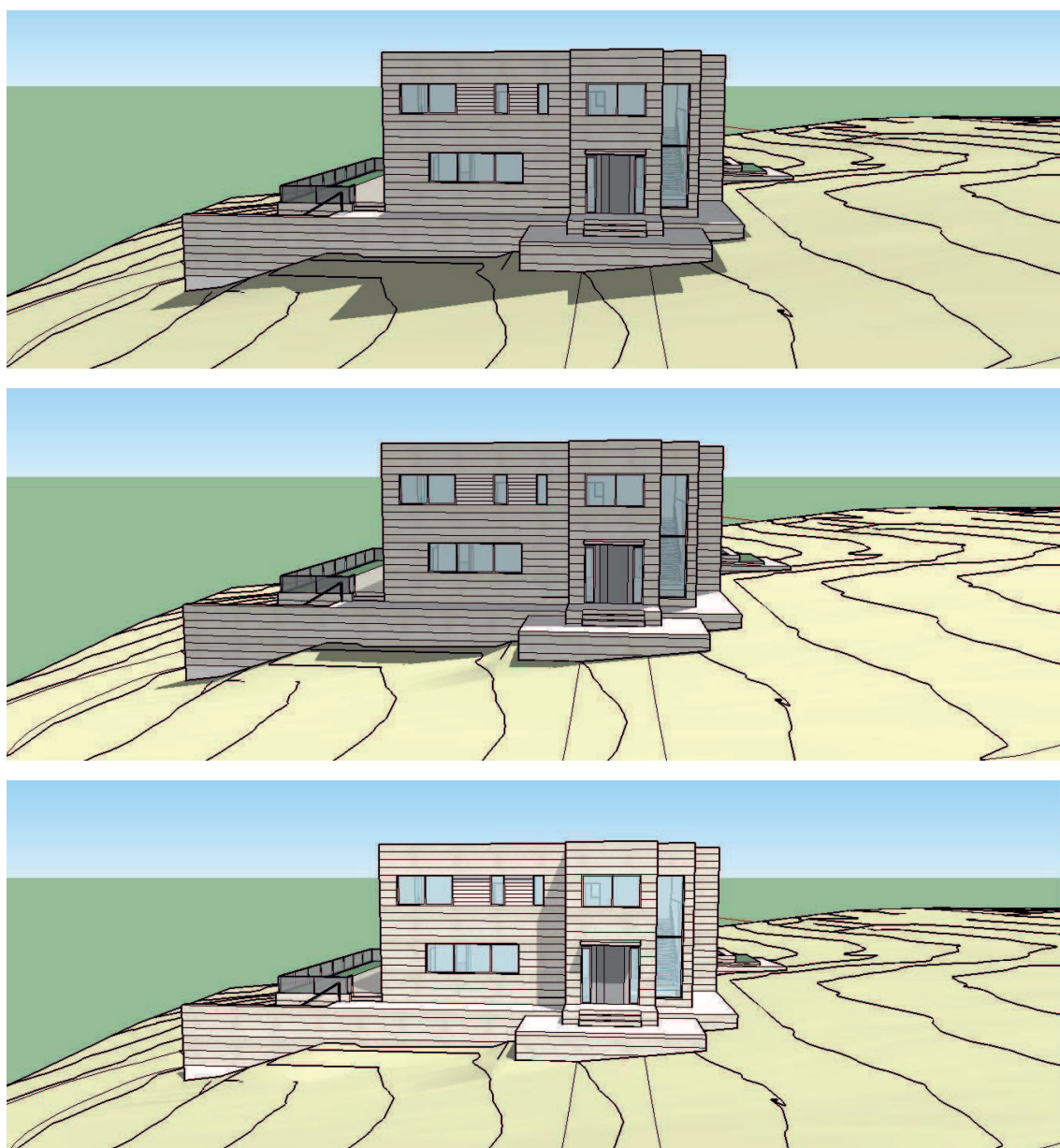


Figura 42 - Estudo solar no dia 21 de março às 10h00, 12h00 e 15h00 (SketchUp)

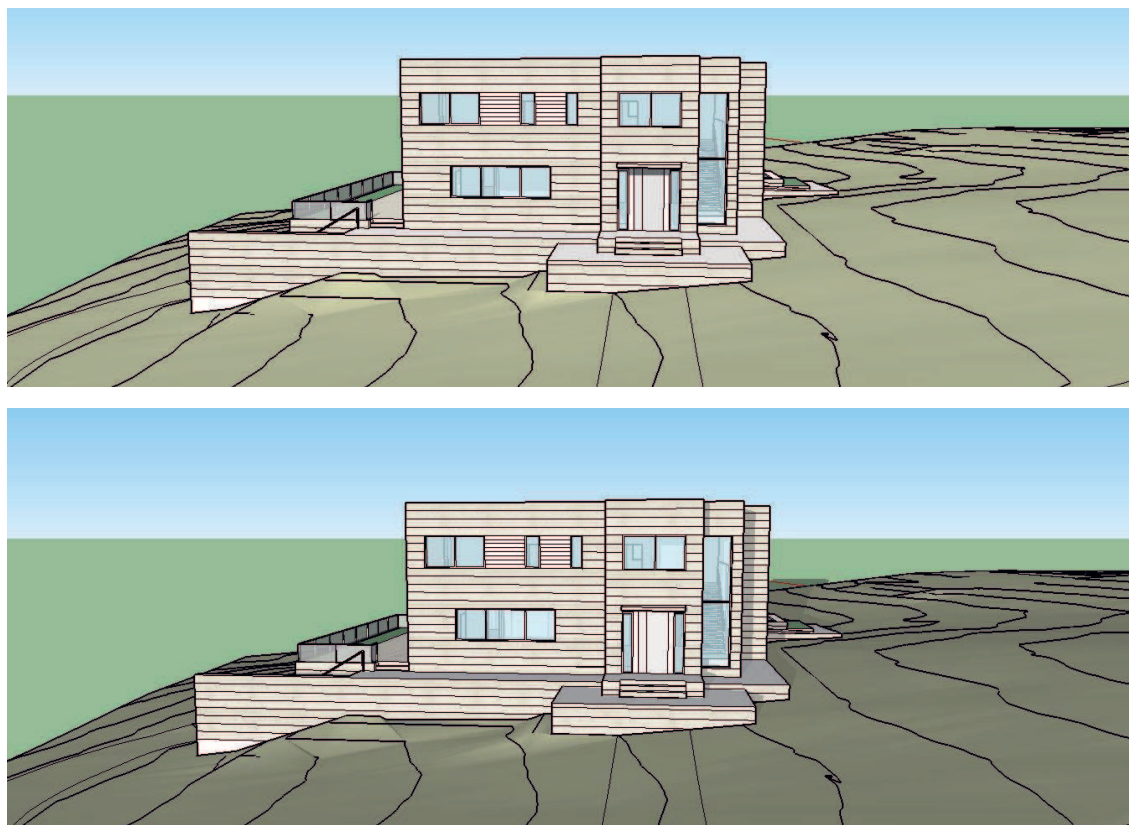


Figura 43 - Estudo solar no dia 21 de março às 18h00 e 20h00 (SketchUp)

Durante o verão, nota-se que a fachada oeste é sombreada totalmente durante as manhãs e ensolarada durante a tarde até ao pôr-do-sol (Figuras 42 e 43) e, por isso, os vãos envidraçados foram projetados com tamanhos menores para evitar a entrada excessiva do sol deixando, apenas, um vão envidraçado de maiores dimensões localizado nas escadas interiores entre o piso 1 e o piso 2.



Figura 44 - Estudo solar no dia 21 de dezembro às 10h00 (SketchUp)

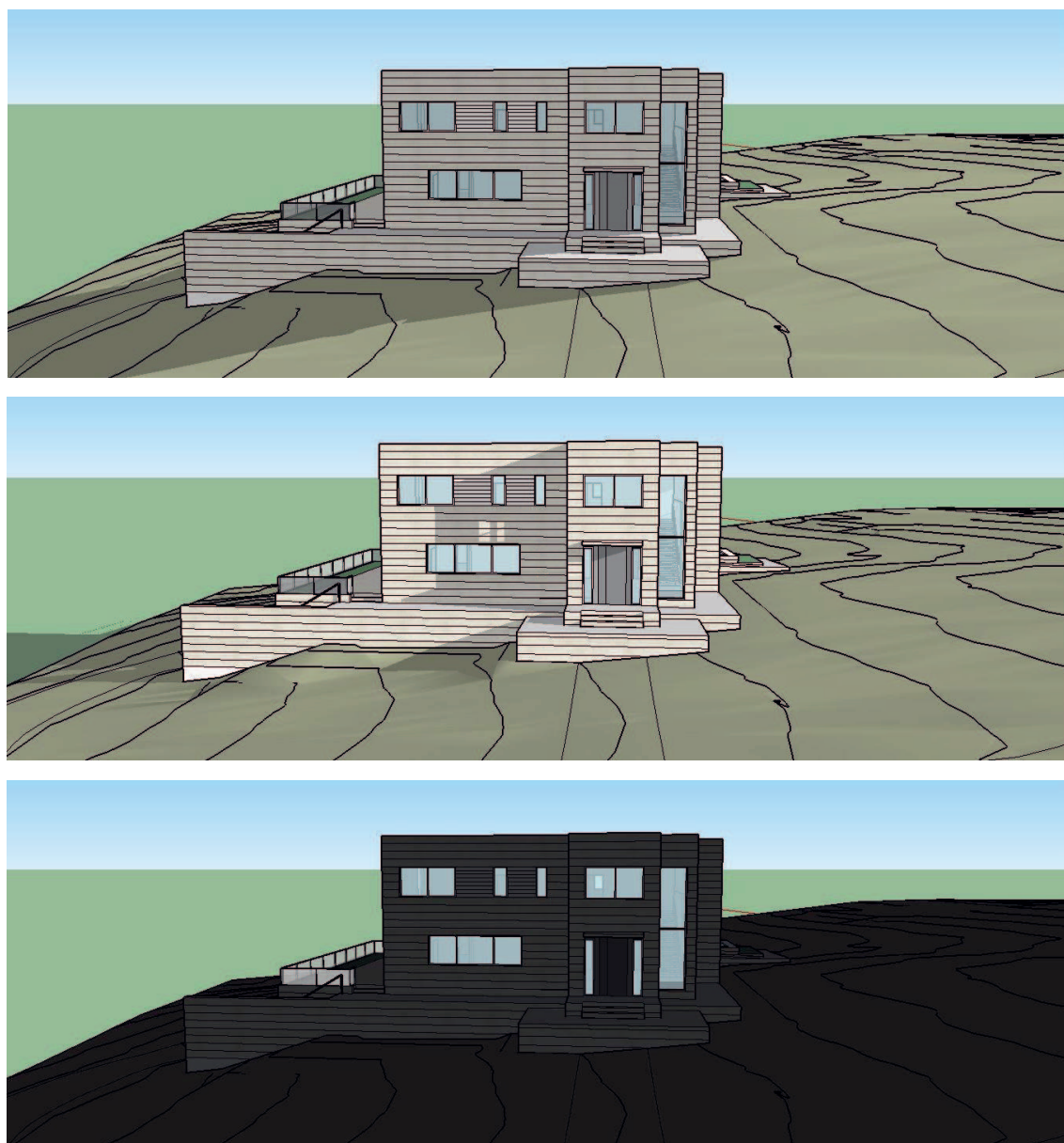


Figura 45 - Estudo solar no dia 21 de dezembro às 12h00, 15h00 e 18h00 (SketchUp)

Por sua vez, no inverno, a fachada permanece sombreada durante as manhãs, no entanto, às 15h00 o sombreamento é maior comparado com o verão devido à redução de altura do sol e, graças à diminuição das horas de sol nesta estação, pelas 18h00 já anoiteceu (Figuras 44 e 45).

3.6. Análise crítica de participação

O planeamento da moradia unifamiliar foi o projeto mais longo do período de estágio realizado na empresa Fairbanks Arquitectos devido a todo o processo de definição da arquitetura da moradia, alterações requeridas pelo cliente, escolha de materiais, entre outros elementos. Por estes motivos, foi possível acompanhar todas as

fases de projeto, contudo, a participação concentrou-se principalmente na realização do modelo 3D com o programa informático SketchUp, o que permitiu melhorar as competências de utilização desta ferramenta.

A modelação tridimensional da vivenda possibilitou uma visualização mais real do projeto pelo cliente, visualizando as suas exigências e as alterações propostas. O modelo possibilitou ainda ao cliente efetuar um estudo de mercado, em agências imobiliárias, sobre a procura face às características da moradia, já que pretendia vendê-la no final da sua construção. Para além disso, a colaboração também consistiu na certificação energética da construção considerando os fatores locais e os materiais a utilizar e, ainda, a análise das possíveis alterações de modo a obter uma melhor classificação energética.

A realização da certificação energética foi uma tarefa enriquecedora uma vez que foi necessário conhecer a legislação em vigor de Espanha, analisando-a de forma detalhada para a realização dos cálculos necessários e, posteriormente, aplicá-la através de programas nunca, anteriormente, utilizados. Assim sendo, foi prudente, por um lado, o estudo antecipado da legislação e a observação de certificações já realizadas para a execução dos cálculos necessários e, por outro, a leitura de manuais de usuário dos programas e a visualização de tutoriais de aplicação dos mesmos para a sua utilização e execução das avaliações necessárias à correta análise da moradia.

4. Sustentabilidade nos concursos públicos

4.1. Introdução

Os concursos públicos são, em muitas empresas, a principal forma de conseguirem projetos e, por conseguinte, manter a empresa no ativo. Desse modo, é essencial definir uma estratégia para a elaboração das propostas para concursos de maneira a criar uma proposta consolidada e interessante para assegurar o interesse por parte da entidade adjudicante por forma a esta ser aprovada. Nestes concursos procuram-se propostas com valores baixos, isto é, propostas com o menor orçamento e com o menor número de trabalhos possíveis e, cada vez mais, amigas do ambiente.

Por outras palavras, a sociedade atual está consciente dos problemas ambientais ocorrentes e a sua preocupação e atenção em relação a esta problemática tem sido crescente, nomeadamente, na construção, visto ser uma área com um impacto significativo no meio ambiente. Assim sendo, promovem-se padrões conscientes para construções sustentáveis, tais como, o consumo consciente de recursos, o uso de materiais reciclados e/ou adaptados ao contexto e provenientes de locais próximos, o uso de sistemas de geração e consumo de energias renováveis, a implementação de sistemas de gestão dos resíduos sólidos durante a obra e de procedimentos limpos, entre outros.

Nessa perspetiva, a construção tem evoluído e, se na construção convencional os fatores de competitividade eram o custo, o tempo e a qualidade, na construção sustentável o objetivo passa pelo equilíbrio entre fatores ambientais (qualidade de vida e qualidade do ambiente construído), fatores económicos (desenvolvimento economicamente sustentável) e fatores sociais (equidade social e herança social), tal como está representado na Figura 46.

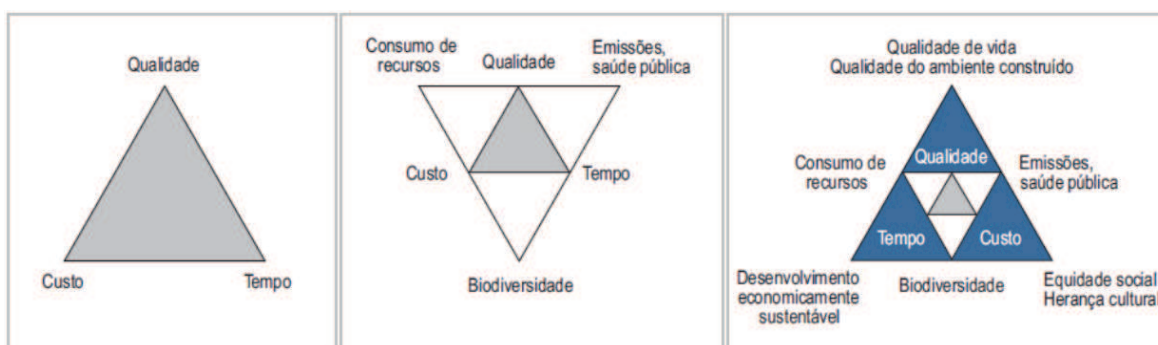


Figura 46 - Mudança no paradigma do processo tradicional de construção para a construção sustentável [Adaptado de 47]

Estas medidas para além de reduzirem o impacto ambiental na fase de construção, também permitem a redução do desperdício de materiais devido ao correto planeamento inicial. Podem ainda ser consideradas como uma mais-valia para os seus futuros utilizadores, já que uma construção sustentável traz um melhor aproveitamento dos recursos e, conseqüentemente, uma redução de custos.

Dessa forma, as entidades adjudicantes procuram propostas que aspiram medidas sustentáveis ou exigem determinados graus de sustentabilidade em fase de concurso. Na Fairbanks Arquitectos foram elaboradas duas propostas com estas exigências, sendo uma referente à construção de uma incubadora de empresas em Guipúscoa, Espanha, e a outra à construção de um hangar em Muharraq, Bahrain.

4.2. Metodologia

A proposta da construção de uma incubadora de empresas em Guipúscoa foi elaborada e considerada a partir de dois guias de edificação e reabilitação ambientalmente sustentáveis na Comunidade Autónoma do País Vasco, disponibilizadas por parte da entidade adjudicante. Um dos guias diz respeito a escritórios [48] enquanto o outro é referente a edifícios industriais [49], já que o edifício seria constituído não só por escritórios mas também por espaços laboratoriais onde as empresas poderiam desenvolver os seus produtos, caso necessitassem.

Os guias têm o intuito de ditar as pontuações através das medidas implementadas e são estruturadas da seguinte forma:

- Pontuação máxima: Apresenta qual a pontuação máxima possível de se obter (de 1 a 5 ou de 1 a 10) e em que categoria é possível pontuar (materiais, energia, água potável, águas residuais, atmosfera, qualidade interior, resíduos, uso do solo, transporte e ecossistema);
- Descrição: Breve descrição da medida e quais os seus objetivos;
- Âmbito da aplicação: Definição da entidade responsável pela medida, em que etapa se aplica a medida e a tipologia da categoria;
- Considerações técnicas e implicações: Descrição de algumas observações para o caso de obra nova ou de reabilitação;
- Impacto meio ambiental da medida: Benefícios ambientais da implementação da medida;
- Medidas relacionadas: Outras medidas descritas no guia que estão relacionadas com a medida presente;
- Quantificação da medida: Definição dos requisitos adquiridos e a respetiva pontuação;
- Requisitos para acreditar no cumprimento da medida: Requisitos obrigatórios para o cumprimento da medida.

Através da existência dos guias, entende-se a grande importância da elaboração de uma proposta sustentável, logo estes foram analisados detalhadamente e, por consequência, foi realizada uma tabela resumo (Apêndice E), onde foram descritos os requisitos ou exemplos fornecidos pelos guias e as pontuações máximas de cada medida. Esta tabela é composta por duas colunas designadas por “Aplicável” e “Aplicada”, onde na primeira é assinalado se é ou não uma medida possível de se aplicar, e na segunda, se será ou não aplicada na proposta elaborada (Tabela 10).

A tabela tem como objetivo resumir a informação dos guias, obter o total da pontuação máxima possível e, sobretudo, definir a pontuação que será aplicada de modo a determinar o grau de sustentabilidade atingido com a proposta desenvolvida.

Tabela 10 - Fração da tabela elaborada a partir dos guias de edificação e reabilitação ambientalmente sustentáveis

N.º	Área de actuación	Requisitos	Ejemplos/Alternativas	Aplicable	Aplicada	Puntuación Maxima
001	Uso del suelo	Ubicación dentro de la trama urbana		No		1
		Ubicación en una parcela desarrollada con anterioridad		No		4
	Transporte	Ubicación dentro de la trama urbana		No		5
002	Uso del suelo	Utilización de suelo "recuperado", de zonas degradadas recuperadas		No		5
	Ecosistemas					5
003	Ecosistemas	Desarrollo de un plan con acciones para proteger el entorno durante la fase de construcción	Proteger y prevenir el entorno frente a vertidos de residuos peligrosos, polvo, ruido, etc., mediante la incorporación de actuaciones ambientalmente seguras	Si		4
004	Ecosistemas	<50% de ocupación de suelo (edificio+carreteras+zonas aparcamiento)	Reducir el espacio con la disposición de los aparcamientos en el mismo edificio	Si		4
005	Materiales					3
	Energía	Situación más adecuada para el garage o aparcamiento	Aparcamientos en la planta baja sobre rasante	Si		2
	Residuos					3
	Uso del Suelo					3

No caso da construção em Muharraq, a proposta foi preparada tendo em conta a tipologia da construção, dado que se trata de um hangar. Ao contrário do trabalho desenvolvido anteriormente, neste concurso não foi fornecido qualquer tipo de guias para a aquisição de pontos para a sustentabilidade, contudo, requerem a melhor classificação possível numa avaliação LEED.

A certificação internacional LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) é um dos principais sistemas mundiais de avaliação da sustentabilidade dos edifícios, que quantifica e valoriza as medidas ambientais aplicadas em projetos. Portanto, o sistema tem como objetivo a implementação de boas práticas para uma construção “verde”, classificando os edifícios com o número de pontos obtidos em subcategorias de sete categorias distintas: 1. Parcelas sustentáveis; 2. Energia e atmosfera; 3. Qualidade do ar interior; 4. Importância regional; 5. Eficiência no uso da água; 6. Materiais e recursos; 7. Inovação na conceção. Para uma avaliação deste sistema, é necessária a obtenção mínima de quarenta pontos, sendo um máximo de cento e dez pontos, além da satisfação dos pré-requisitos que são obrigatórios e variam de tipologia para tipologia.

Assim sendo, as categorias foram analisadas ao pormenor com o intuito de alcançar a melhor classificação, através dos requisitos de avaliação do documento “*Nueva Construcción y Grandes Remodelaciones (v3.0)*” (Nova Construção e Grandes Remodelações) obtido pela Internet [50]. O documento está dividido por categorias e, em cada categoria, estão descritos os vários critérios, tendo estes a informação de ser um critério obrigatório ou, então, a pontuação que pode ser alcançada caso seja

implementado, o objetivo do critério, os requisitos para a sua validação e, por fim, uma descrição de tecnologias e estratégias potenciais para a concretização do critério.

Com base na análise realizada, foi elaborada uma tabela resumo (Apêndice F) onde é apresentada a categoria, a obrigatoriedade ou não, pelos pontos teóricos (propostos no sistema), pelos pontos reais (a pontuação possível de se atingir na proposta a desenvolver) e por observações retiradas do documento (Tabela 11).

Tabela 11 - Fração da tabela elaborada a partir do documento LEED

Categoría	Obligatorio	Puntos posibles teóricos	Puntos posibles reales	Observaciones
Prevención de la contaminación por actividades de construcción	Sí	-	-	Crear y implantar un Plan de Control de Erosión y Sedimentación.
Selección de la parcela	No	1	0	-
Densidad del desarrollo y conectividad de la comunidad	No	5	5	Localización en una parcela previamente desarrollada. En un radio de 800 metros de una zona residencial. En un radio de 8000 metros de al menos 10 servicios básicos (2 escuelas, 1 banco, 1 café, 3 hotel, 1 tienda, 1 club de basket, 1 cementerio, 1 huerto comunitario). Con acceso para peatones entre el edificio y los servicios.
Redesarrollo de suelos industriales contaminados	No	1	0	-
Transporte Alternativo: Acceso al Transporte público	No	6	6	Con paradas de autobuses en un radio de 400 metros (4 paradas).
Transporte Alternativo: Almacén de bicicletas y vestuarios	No	1	1	Proporcionar aparca-bicicletas y/o guarda-bicicletas en un radio de 180 metros de una entrada del edificio. Proporcionar duchas y vestuarios en el edificio o en un radio de 180 metros de una entrada del edificio.

A definição dos pontos reais foi essencial de modo a saber a máxima classificação possível a atingir, não só para a realização da proposta para concurso como, também, para realizar a justificação à identidade adjudicante, caso fosse exigida uma classificação superior à classificação definida como possível.

A Figura 47 representa todas as fases realizadas na análise da sustentabilidade nos concursos públicos.

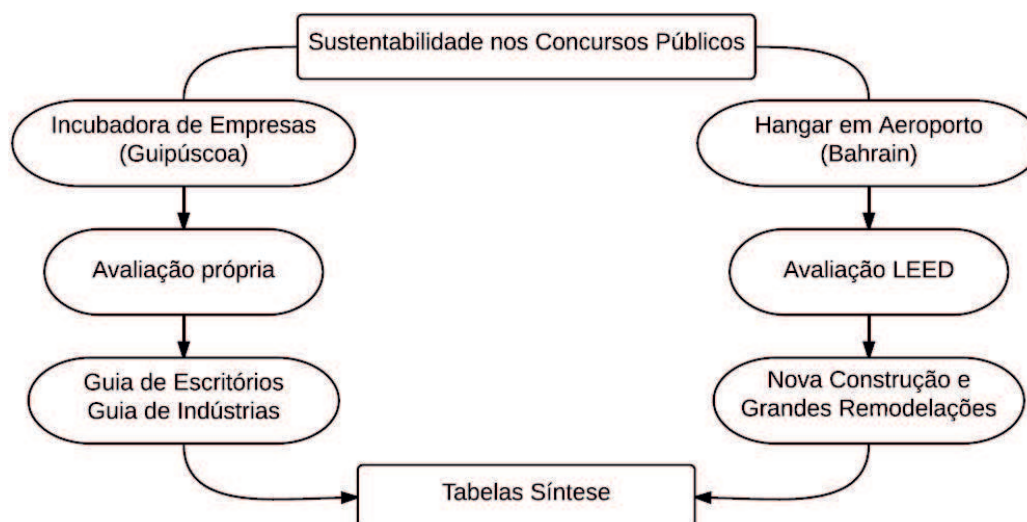


Figura 47 - Diagrama síntese das fases realizadas

4.3. Análise crítica de participação

Devido à crise no setor de construção, os concursos adquiriram uma importância crescente nos dias atuais, já que são, muitas vezes, o meio principal para a aquisição de trabalhos de várias empresas. Assim torna-se essencial analisar os parâmetros de avaliação da entidade adjudicante de modo a desenvolver um projeto como o pretendido para aumentar a probabilidade de ganhar o concurso.

Uma das exigências, por parte do Arquiteto Bruce Fairbanks, consistiu na definição e distinção entre a pontuação possível teórica e a pontuação possível real em ambas as análises, dado que muitas vezes as entidades adjudicantes não têm conhecimento da pontuação máxima possível de se obter perante as condicionantes e características do projeto. Dessa forma, possibilitam determinar os pontos adquiridos sob o total dos pontos possíveis, e não da totalidade da pontuação, possuindo as análises realizadas uma justificação dos pontos excluídos (ou não atingidos).

As análises efetuadas permitiram entender dois métodos distintos de avaliação e seleção de projetos em concursos e, principalmente, a dinâmica num gabinete de projeto resultante da participação e elaboração de propostas neste tipo de concursos, uma vez que foi possível vivenciar a pressão e importância da elaboração dos projetos para concurso por parte da empresa Fairbanks Architectos.

5. Sustentabilidade dos materiais

5.1. Introdução

O setor da construção é caracterizado por uma atividade de elevados impactos ambientais ao nível da extração de quantidades ilimitadas de matérias-primas não renováveis, de excessivos consumos energéticos e das consequentes e abundantes emissões de gases responsáveis pelo efeito de estufa.

Num mercado cada vez mais competitivo, atualmente as empresas de construção civil procuram realizar obras com menor impacto ambiental, aplicando medidas sustentáveis. Existem inúmeras medidas para criar um projeto com menor impacto ambiental, porém, estas devem ser analisadas e aplicadas em todas as fases do ciclo de vida do edifício, desde a conceção, execução, manutenção, reabilitação e, eventualmente, a desconstrução/demolição.

O projeto de um edifício como um todo não pode ser realizado à margem da escolha de materiais e componentes, pois fazem parte do edifício e são fundamentais para uma construção mais sustentável. A construção convencional de betão armado, apesar de apresentar uma elevada durabilidade, não é dos sistemas mais sustentáveis a executar devido às elevadas emissões provocadas com a produção de cimento, uma vez que a produção de uma tonelada de cimento Portland carece de um elevado consumo de energia e implica a libertação de cerca de uma tonelada de dióxido de carbono, estimando-se que representa cerca de 7% do total de CO₂ emitido para atmosfera [51]. Por estas razões, a tendência da utilização deste material tem sido contrariada, dado que para a obtenção de uma construção mais sustentável devem ser equacionadas outras soluções e materiais menos poluentes no seu fabrico e aplicação.

A seleção dos materiais de construção influencia não só o projeto, mas o desempenho posterior do edifício, portanto, a determinação destes deve ter em conta a influência no desempenho ambiental do edifício como um todo, ou seja, contabilizar os impactos ambientais responsáveis pela fabricação, processamento, transporte, construção, manutenção, demolição e reciclagem. Dessa forma, deverão ser selecionados os materiais que apresentem menor energia intrínseca, isto é, energia que é consumida em todo o processo de produção de um edifício a partir da aquisição de recursos naturais até à entrega do produto. Para este fim deverão ser selecionados os materiais que apresentem um menor impacto ambiental perante a avaliação do seu ciclo de vida, uma vez que esta avaliação determina o impacto ambiental de bens e serviços, quantificando os fluxos de energia e de materiais durante o ciclo de vida do produto.

O presente estudo teve o propósito de avaliar qual o material e a solução com menor impacto ambiental, considerando-se a sua utilização para o mesmo caso de construção. Assim sendo, foi criado um caso experimental simples de uma laje de estacionamento, devido à imposição de grandes vãos, sendo estes definidos com oito metros para este estudo.

5.2. Objetivo

Existe um leque variado de materiais estruturais, contudo, uns são considerados mais sustentáveis do que outros graças aos reduzidos impactos ambientais provocados pela produção, aplicação e manutenção destes. Para além disso, acredita-se que quanto mais leve é a estrutura, mais esta é sustentável, quer isto dizer que, por exemplo, uma estrutura de betão armado apresenta um peso específico maior que uma estrutura de aço para a mesma carga resistente, o que resulta numa maior necessidade de materiais, originando uma maior exigência na fase de fabrico destes e, conseqüentemente, uma maior procura de matéria-prima tornando-se, então, menos sustentável.

Por consequência, a Fairbanks Arquitectos pretende avaliar, através do caso experimental definido, qual o material mais sustentável através do peso por metro quadrado e pela quantidade de energia intrínseca e emissões atmosféricas provocadas por cada material e em função do tipo de laje.

5.3. Metodologia

O estudo pretendido foi realizado em duas fases distintas: a primeira consiste na análise e recolha de dados referentes às características dos vários tipos de materiais, analisando as principais vantagens e desvantagens do material em si e, posteriormente, da aplicação em obra como elemento estrutural em algumas tipologias de laje; a segunda trata do estudo comparativo entre os diferentes materiais, assim como, entre os vários tipos de laje definidos, de forma a obter os resultados pretendidos.

Inicialmente, foram analisados quatro materiais (betão armado, aço, alumínio e madeira), porém, no final do estudo foi feita apenas a comparação de vários tipos de laje em betão armado e em aço, por razões relacionadas com o trabalho da empresa, já que as construções realizadas pela Fairbanks Arquitectos são, raramente, compostas estruturalmente por alumínio ou madeira.

5.3.1. Fase 1 - Análise das vantagens e desvantagens dos materiais e dos tipos lajes

Para a análise dos materiais como elementos estruturais foi recolhida, por meio de pesquisa, informação relacionada com as vantagens e desvantagens dos materiais construtivos: betão armado, aço, alumínio e madeira. De seguida, serão apresentadas as vantagens e desvantagens relativamente ao betão armado de modo a demonstrar como foi efetuada a recolha de informação, constando os dados relacionados com os restantes materiais no Apêndice G.

Betão armado

- **Alta resistência à compressão** já que o betão tem a função de resistir a estes esforços, enquanto o aço está destinado a suportar os esforços de tração;

- **Confere um caráter monolítico** às suas estruturas, o que permite resistir mais eficientemente às cargas laterais de vento ou sismo;
 - **Durabilidade**, pois as estruturas de betão têm uma vida útil extensa;
 - **Elasticidade elevada**, no entanto, depende muito das características e materiais dos componentes do betão, tais como, o tipo de agregado, a argamassa de cimento e a zona de transição entre o agregado e a argamassa;
 - **Ductilidade** uma vez que tem a capacidade de deformar-se antes de entrar num estado plástico ou de rotura, embora o betão seja mais dúctil quanto mais ductilidade tenha o aço;
 - **Tenacidade** do material, o que é superior quando a resistência do betão tende a aumentar com o aumento da armadura de tração longitudinal;
 - **Boa resistência a esforços dinâmicos**, aos golpes e vibrações;
 - **Resistência à intempérie e ao desgaste mecânico**;
 - **Alta resistência ao efeito da água**, contudo, por ser muito poroso nunca vai ser totalmente impermeável, embora, para uma maior impermeabilidade pode-se utilizar aditivos para esse fim;
 - **Resistência ao fogo**, pois com o recobrimento adequado apenas sofre danos superficiais;
 - **Não requer mão-de-obra muito especializada**, além do mais, necessita de equipamentos simples para a sua preparação, transporte, densidade e vibração;
 - **Disponibilidade de variedades de formas** fazendo uso da cofragem adequada;
 - **Manutenção baixa**.
-
- × **Pouca resistência à tração**, aproximadamente a décima parte da sua resistência à compressão;
 - × **Lentidão na construção** devido a todo o processo de cofragem;
 - × **Custo elevado da cofragem** dado que pode alcançar entre um terço a dois terços do custo total da obra;
 - × **Elevado peso próprio** nas estruturas;
 - × **Aparecimento de fissuras** já que podem chegar a ser prejudiciais e causar danos e acelerar a oxidação da armadura;
 - × **Apresenta deformações variáveis com o tempo** pois as flexões nos elementos se incrementam com o tempo;
 - × **Dificuldade em grandes intervenções e demolições** que se convertem em trabalhosas e caras.

O passo seguinte consistiu na definição dos tipos de lajes para cada material de construção e, também, na recolha de informação referente às vantagens e desvantagens em obra de cada um destes. Foram assim definidas as seguintes lajes:

- Estrutura em betão armado: Laje maciça, laje aligeirada e laje pré-esforçada;
- Estrutura em aço: Laje mista com chapa colaborante;
- Estrutura em alumínio: Laje mista com chapa colaborante;
- Estrutura em madeira: Laje em madeira maciça.

A título de exemplo, são apresentadas as vantagens e desvantagens da construção de uma laje maciça, estando a informação das restantes tipologias referidas no Apêndice H.

Laje maciça de betão armado

- Apresenta um comportamento multidirecional, adquirindo a responsabilidade de enfrentar esforços de flexão, torsão e cortante que se desenvolvem dentro do esquema estrutural;
 - Elementos estruturais de betão armado, de seção transversal retangular, de pouca espessura;
 - Absorve maiores irregularidades em planta estrutural já que, devido à sua hiperestaticidade, as cargas conseguem encontrar caminhos relativamente simples até aos pilares, portanto, permite desenhos em planta que as restantes tipologias não suportam adequadamente;
 - O seu elevado peso e compacidade adquirem uma boa resistência térmica;
 - A existência de muitas vigas forma muitos pórticos, que garantem uma boa rigidez à estrutura de contraventamento;
- Apresenta um processo de construção de grande simplicidade.
- × Construção demorosa;
 - × Possui um peso próprio muito elevado;
 - × Maior consumo de cofragem;
 - × Elevado consumo de mão-de-obra referente às atividades dos profissionais: carpinteiro, armador, pedreiro e servente;
 - × É um processo de construção *in situ* de betão, portanto, tem muita manipulação de objetos para a execução e para a cofragem da estrutura;
 - × Não são convenientes para estruturas com grandes vãos pois são muito pesadas e pouco económicas.

A Figura 48 são representadas as etapas realizadas para a análise das vantagens e desvantagens dos materiais e dos tipos lajes.

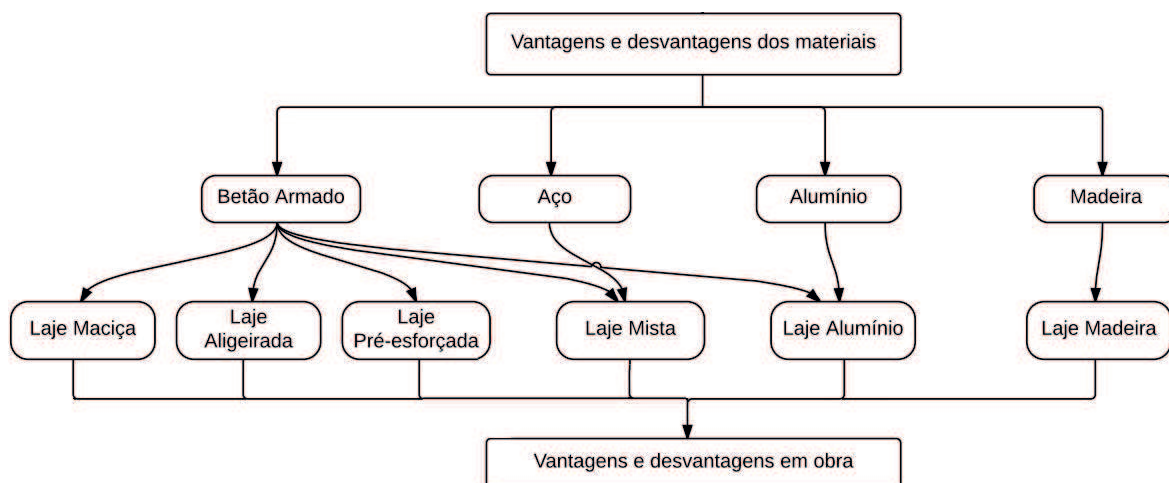


Figura 48 - Diagrama síntese das etapas realizadas

5.3.2. Fase 2 - Avaliação da sustentabilidade dos materiais e dos tipos de lajes

Para avaliar a sustentabilidade dos materiais e dos tipos de laje, foi executada uma recolha de características de todos os materiais já mencionados: betão armado, aço, alumínio e madeira, de modo a ser possível uma comparação global e direta entre as respetivas propriedades físicas, mecânicas e outras (Tabela 12).

Tabela 12 - Propriedades dos materiais

	Hormigón	Acero Perfil Laminado S275JR	Aluminio	Madera		Unidades
				Paralelo a las fibras	Perpendicular a las fibras	
Propiedades físicas						
Densidad	2 500	7 850	2 700	1 500		kg/m ³
Punto de fusión	-	1 400	660	-		°C
Punto de ebulición	-	2 500	2519	-		°C
Conductividad eléctrica	-	3,63	35-38	-		(m/Ohm mm) ²
Conductividad térmica	1,63-2,74	76	210	0,1-0,4		W/K.m
Coefficiente de dilatación lineal	1,00E-04	1,20E-05	2,40E-05	5,00E-05		°C ⁻¹
Velocidad del sonido	4 000	5 100	6 400	3 900		m/s
Propiedades mecánicas*						
Dureza	-	120-170	15	1,0-7,0		HB
Tenacidad	10	100	28	0,05-0,95	1,2-9,0	N/mm ²
Módulo de elasticidad	30 000	210 000	72 000	11 200		N/mm ²
Módulo de rigidez	38 000	81 000	26 200	4 100		N/mm ²
Tensión de rotura	25	400-580	90-180	40		N/mm ²
Resistencia a compresión	15-80	170	130-275	16-23	4,3-5,7	N/mm ²
Resistencia a tracción	20-50	410-580	140-600	8-18	0,3-0,4	N/mm ²
Resistencia a flexión	30	170	270	14-30		N/mm ²
Resistencia al corte	1-5	100	60-340	1,7-3,0		N/mm ²
Otras informaciones						
Coefficiente de Poisson	0,20	0,30	0,33	0,33		-
Soldadura	No	Sí	Sí	No		-
Plegado	Sí	Sí	Sí	Sí		-
Mecanizado	Sí	Sí	Sí	Sí		-
Resistente a la corrosión	Sí/No	No	Sí	No		-
Maleabilidad	No	Sí	Sí	No		-
Ductilidad	Mediana	Alta	Alta	Mediana		-
Higroscopicidad	Alta	Baja	Baja	Alta		-

*Valores aproximados

Tal como já referido anteriormente, o estudo irá concentrar-se em apenas dois materiais, betão armado e aço, uma vez que são a escolha preferencial da empresa como elementos estruturais nas suas obras e projetos. Assim, o estudo consistirá na comparação de estruturas com laje maciça, laje aligeirada e laje metálica com chapa colaborante.

Sendo um dos objetivos do estudo a obtenção da energia intrínseca nas lajes executadas a partir dos materiais em estudo (betão armado e aço), é imprescindível adquirir, em primeiro lugar, a energia necessária para a produção do material desde a fase de extração da matéria-prima até à finalização da produção do elemento apto para obra e, ainda, das emissões provocadas com esses processos, no entanto, não será contabilizado o transporte inerente a esses procedimentos.

Assim, por meio de pesquisa, chegou-se aos valores de energia necessária para a produção dos materiais e as respetivas emissões de CO₂ que constam nas Figuras 49 e 50.

MATERIAL	Contenido energetico ⁹ (kWh/t)
Aluminio	33700
Acero	11600
PVC	7190
Ladrillo	930
Hormigón armado	790
Madera	700

Figura 49 - Energia intrínseca dos materiais [52]

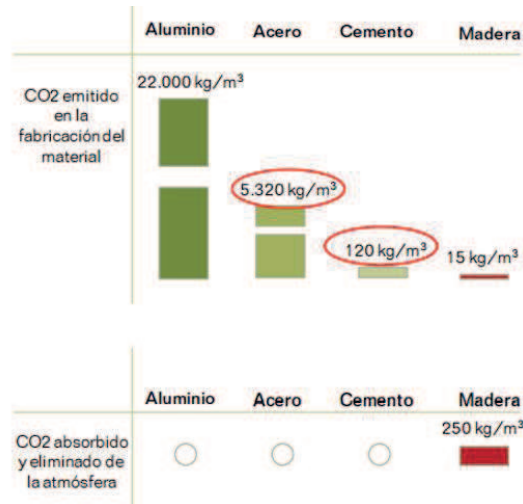


Figura 50 - Emissões de CO₂ provocadas pelo fabrico dos materiais [53]

De seguida, foram executados os cálculos necessários para determinar o peso próprio de cada laje definida para o estudo, tendo em conta todos os materiais e processos específicos para cada tipo de laje. Em cada caso, foi apenas contabilizada a área sombreada dos esquemas representados na Figura 51.

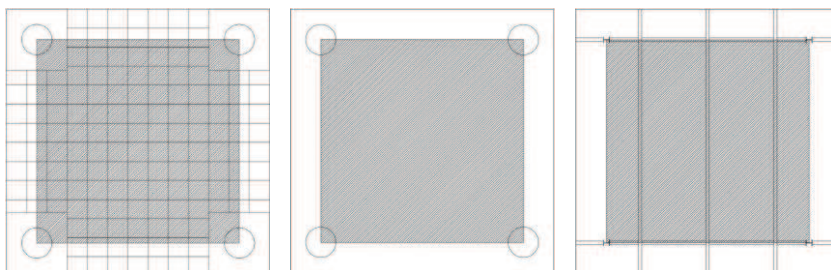


Figura 51 - Laje aligeirada, laje maciça e laje metálica

É importante referir que os cálculos foram simplificados de maneira a facilitar o estudo, baseando-se na determinação do peso próprio da laje quadrada de oito metros de lado e de um pilar, já que a parte sombreada cobre quatro quartos de pilar.

Os cálculos da laje aligeirada foram efetuados de acordo com as características dos moldes removíveis da Ulma e com os dados fornecidos pela ficha técnica destes (Anexo B), sendo o pilar e o capitel considerados em betão armado. Por outro lado, a laje maciça foi obtida em betão armado tal como o pilar e, por último, a laje metálica foi analisada com: vigas IPE 300, vigotas IPE 240, pilar HEB 240 e laje de betão armado em chapa colaborante MT-60 da Hiansa. Foram ainda consideradas as suas características e os dados fornecidos pelas respetivas fichas técnicas (Anexo C).

Os cálculos mencionados encontram-se no Apêndice I, contudo, são apresentados os resultados na Tabela 13.

Tabela 13 - Pesos próprios das lajes em estudo

	Peso próprio total [kg]
Laje aligeirada (Forjado reticular)	29 750,37
Laje maciça (Forjado macizo)	40 181,28
Laje metálica (Forjado acero)	1 740,00
	15 040,00

De acordo com a tabela apresentada, a laje aligeirada e a laje maciça contêm um peso de betão armado de 29.750,37 kg e de 40.181,28 kg, respetivamente, já a laje mista com chapa colaborante possui 1.740,00 kg de aço e 15.040,00 kg de betão armado.

Na Figura 52 são apresentadas as tarefas realizadas durante o estudo de materiais.

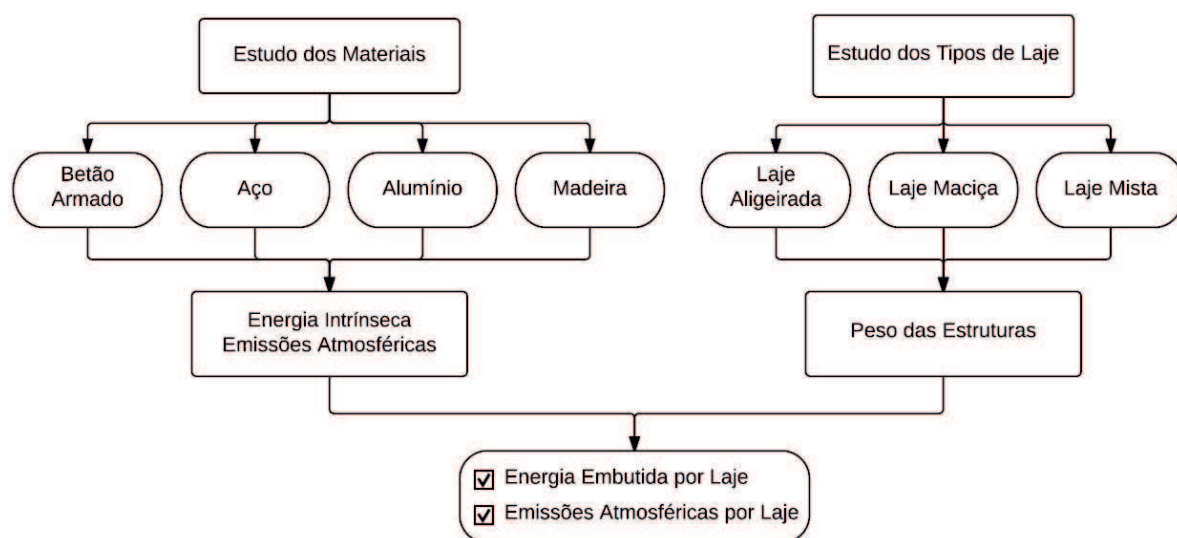


Figura 52 - Diagrama síntese dos processos realizados

5.4. Resultados

Após os cálculos necessários (Apêndice J) para a obtenção da energia intrínseca nas lajes estudadas e as respetivas emissões de CO₂, chegou-se aos valores representados nas Figuras 53 e 54.

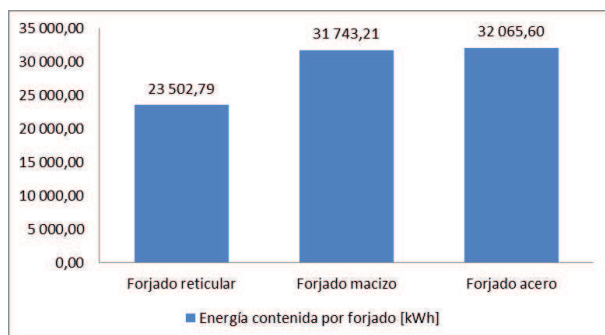


Figura 53 - Energia intrínseca por tipo de laje

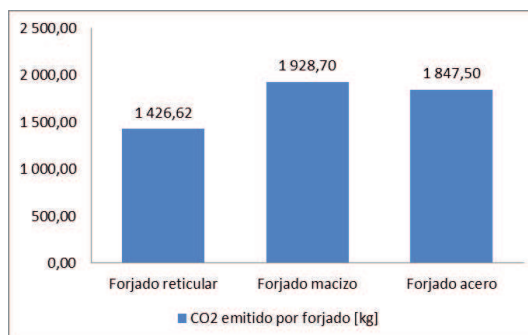


Figura 54 - Emissões de CO₂ por tipo de laje

Analisando os resultados, conclui-se que para uma mesma laje de estacionamento, a laje aligeirada apresenta os valores mais baixos de energia necessária para a sua realização com 23.502,79 kWh. Por outro lado, a laje metálica é o tipo de laje que requer mais energia já que necessita de 32.065,60 kWh e, embora tenha um valor idêntico a esta, a laje maciça apresenta um valor ligeiramente inferior de 31.743,21 kWh.

Na categoria das emissões de dióxido de carbono, é novamente a laje aligeirada que apresenta menores emissões com apenas 1.426,62 kg.CO₂, em seguida encontra-se a laje metálica com 1.847,50 kg.CO₂ e, por último, sendo a que mais provoca emissões, encontra-se a laje maciça com 1.928,70 kg. Através dos valores determinados, é notório que a laje que menos necessita de energia e que menos emite CO₂, portanto a mais adequada para uma construção sustentável, é a laje aligeirada.

Perante estes resultados, foi determinado em específico a quantidade de emissões provocadas e de matéria-prima necessária para cada tipo de laje de forma a complementar o presente estudo, tendo por base os valores das Figuras 55 e 56.

<u>Materias primas</u>		
Caliza	170	g/kg producto
Otros productos minerales	850	g/kg producto
Agua	80	g/kg producto
<u>Emisiones</u>		
Dióxido de carbono (CO ₂)	120	g/kg producto
Óxido de nitrógeno (NO _x)	0,55	g/kg producto
Óxido de sulfúrico (SO ₂)	0,14	g/kg producto
Metano (CH ₄)	0,13	g/kg producto
Componentes orgánicos volátiles (COV _{tot})	0,18	g/kg producto
Polvo	0,023	g/kg producto
Metales pesados (Cr,As,Cd,Hg,Tl,Pb)	20	µg/kg producto

Figura 55 - Matérias-primas e emissões de produção do betão [54]

<u>Materias primas</u>	
Ganga de hierro	1500 kg / t producto
Piedra caliza	225 kg / t producto
Carbón (en forma de coque)	750 kg / t producto
<u>Emisiones</u>	
Escoria	145 kg / t producto
Escoria granulada	230 kg / t producto
Agua residual	150000 l / t producto
Emisiones gaseosas (incluyendo dióxido de carbono, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno)	2 t / t producto
[DESCLOSE]:	
Dióxido de carbono (CO ₂)	1,950 t / t producto
Óxido de nitrógeno (NO _x)	0,003 t / t producto
Óxido de sulfúrico (SO ₂)	0,004 t / t producto
Metano (CH ₄)	0,626 kg / t producto
Componentes orgánicos volátiles (COV _{tot})	0,234 kg / t producto
Polvo	15,000 kg / t producto
Metales pesados (Pb,Cd,Hg,As,Cr,Cu,Ni,Se,Zn,V)	0,037 kg / t producto

Figura 56 - Matérias-primas e emissões de produção do aço [55]

A partir dos dados anteriores e do peso próprio de cada laje, foi possível alcançar os valores representados na Tabela 14, estando os cálculos no Apêndice K. Dessa forma, observa-se que, apesar de provocar maiores quantidades de emissões atmosféricas, num total de 51.616,71 kg, a laje metálica é aquela que necessita de menores quantidades de matéria-prima para a execução da laje de estacionamento, somente 4.306,50 kg. A laje aligeirada e a laje maciça libertam, respetivamente, 36.325,88 kg e 49.062,27 kg de emissões atmosféricas e carecem de 32.725,40 kg e 44.199,41 kg de matérias-primas, respetivamente, sendo esta última a que requer maior quantidade de matéria-prima.

Tabela 14 - Emissões e matérias-primas de cada tipo de laje

	Laje Aligeirada <i>(Forjado reticular)</i>	Laje Maciça <i>(Forjado macizo)</i>	Laje metálica <i>(Forjado acero)</i>
Emissões [kg] <i>(Emisiones)</i>	36.325,88	49.062,27	51.616,71
Matérias-primas [kg] <i>(Materias primas)</i>	32.725,40	44.199,41	4.306,50

5.5. Análise crítica de participação

O estudo em questão não esteve relacionado com nenhum desenvolvimento de projeto, tendo sido realizado à parte dos restantes trabalhos. O estudo de materiais foi solicitado pelo diretor da empresa Fairbanks Arquitectos, o Arquiteto Bruce Fairbanks, para a execução de um artigo próprio para uma conferência, onde trataria do tema da sustentabilidade na construção. Dessa forma, o estudo teve como objetivo determinar o material mais sustentável para completar o artigo em desenvolvimento.

O trabalho foi realizado individualmente, contudo, foi sempre acompanhado pelo Arquiteto Bruce Fairbanks, tendo sido responsável pela determinação dos objetivos a atingir e pela definição do caso experimental.

No decorrer do estudo, foi possível verificar alguns resultados já, inicialmente, espectáveis, no entanto, foi interessante analisar os valores obtidos de energia intrínseca dos materiais e de emissões provocadas por estes e, também, compará-los nos diferentes modos de construção de lajes, para o mesmo caso experimental.

6. Conclusões

6.1. Breve descrição do trabalho realizado

O presente relatório teve como objetivo relatar as várias atividades desenvolvidas durante o estágio na empresa Fairbanks Arquitectos, no intuito de aplicar os conhecimentos adquiridos na formação profissional e, principalmente, obter novos conhecimentos sobre a sustentabilidade na construção. Estas atividades foram realizadas a partir de uma integração participativa e colaborativa através de discussões e reuniões em conjunto com a equipa de projeto como, também, a partir de investigações científicas necessárias para a realização e/ou complemento dos projetos desenvolvidos pela empresa, sendo cada tarefa acompanhada por profissionais habilitados que ofereceram suporte e auxílio sobre as técnicas aplicadas atualmente e as novas tendências da sustentabilidade da Engenharia, Arquitetura e Urbanismo.

Desse modo, no Capítulo Dois foi abordada a importância dos estudos climáticos e locais no sentido de responder às necessidades do projeto de forma sustentável com aproveitamento dos recursos naturais e, ainda, melhorar a qualidade de vida dos habitantes/utilizadores.

O Capítulo Três apresentou a realização da avaliação energética de uma moradia através de dois programas de cálculo diferentes, nos quais se obteve a mesma classificação energética. O segundo programa possibilitou uma análise mais específica e detalhada, por isso, foram analisadas soluções de melhoria para a obtenção de uma melhor classificação a partir da mudança da fonte de energia para a climatização e para suprir as necessidades de AQS.

O tema dos projetos a concursos foi abordado no Capítulo Quatro, onde foi possível verificar que é, frequentemente, imprescindível o sucesso na elaboração dos projetos submetidos a concurso, já que implicam a aquisição de projetos e obras para muitas empresas. Desse modo, foram descritas duas análises para a avaliação de projeto em função das exigências definidas e da pontuação passível de ser obtida face as estratégias implementadas.

Por fim, no Capítulo Cinco foi exposto o estudo realizado sobre a sustentabilidade de materiais e a sua aplicação em lajes, tendo começado pelo estudo individual de cada material de forma a conhecer as suas características, as vantagens e desvantagens do mesmo e da sua aplicação em obra, a energia intrínseca e as emissões provocadas na sua produção. De seguida, determinou-se o peso de cada estrutura em estudo para calcular, na totalidade, a quantidade de energia intrínseca e as emissões provocadas de cada tipo de laje em análise e, assim, avaliar qual o material mais sustentável a empregar numa laje de estacionamento.

6.2. Conclusões gerais

As constantes intervenções humanas, sobretudo nas cidades, geram drásticas consequências ambientais, sejam exemplos: a expansão das atividades industriais gera poluição, redução da biodiversidade e mudanças climáticas; o aumento da compactação e impermeabilização do solo dificultam a infiltração da água prejudicando o abastecimento dos lençóis freáticos; o aumento da produção de resíduos origina a contaminação do solo e dos lençóis freáticos; o aumento da emissão de gases dos automóveis e indústrias polui a atmosfera e retém calor, intensificando o efeito de estufa; entre muitos outros problemas ambientais.

Com o passar do tempo, os conceitos “aquecimento global”, “camada de ozono”, “chuvas ácidas”, “desflorestação” e, sobretudo, “sustentabilidade” foram adicionados ao vocabulário corrente das pessoas e, dessa forma, a ambição da prática de medidas que contrariem as consequências ambientais têm aumentado gradualmente. Procura-se a ponderação na exploração dos recursos naturais do nosso planeta de modo a obter o equilíbrio entre a extração de matérias-primas e a preservação do meio ambiente, contudo, para um melhor alcance da sustentabilidade, é necessário ter em mente os três pilares que sustentam o conceito: ambiental, económica e social. A interação dos três pilares da sustentabilidade é essencial para satisfazer o conceito, por isso, na construção civil pretende-se o fornecimento de bens e serviços a preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas proporcionando uma boa qualidade de vida, promovendo simultaneamente a redução progressiva dos impactos ambientais e do consumo de recursos de forma inteligente, eficaz e duradoura.

Embora ainda seja frequente a utilização de métodos de construção tradicionais caracterizados pelo consumo excessivo de matérias-primas e pela elevada produção de resíduos, a construção sustentável é o novo paradigma do setor da construção e é notório que este tem sido gradualmente moldado aos princípios sustentáveis. A adaptação à nova construção surge devido às questões ambientais, bem como, resultar muitas vezes construções mais baratas que executadas por métodos tradicionais, graças à boa gestão e planeamento dos trabalhos executados.

Esta evolução do paradigma da construção não só traz benefícios ambientais e económicos, como ainda, traz destaque no mundo imobiliário uma vez que o comprador, hoje em dia, tem em consideração os gastos induzidos para o funcionamento normal de uma habitação e, nesse aspeto, as construções ditas sustentáveis apresentam uma elevada eficiência da água e da energia, que se traduz em menos gastos económicos comparados com os de habitações menos eficientes.

Conclui-se que, se antigamente, por interesses económicos, a necessidade de construir rapidamente colocou de parte a maioria das boas práticas de construção, o que implicou no sobredimensionamento e na aplicação de soluções tecnológicas, como sistemas de iluminação artificial e sistemas ativos de climatização para compensar a desadequação da construção ao clima. Atualmente, a construção está progressivamente focada no conforto dos utilizadores dos edifícios, utilizando boas

práticas de construção e aproveitando sempre que possível os recursos naturais da melhor forma. Porém, como é uma preocupação e uma forma de planejar recentes, o setor da construção tem ainda um longo trajeto a percorrer para se adaptar à construção sustentável e deixar ser um dos setores que mais prejudica o meio ambiente.

6.3. Conclusões específicas

Grande parte dos projetos desenvolvidos atualmente baseiam-se em conceitos sustentáveis de maneira a corresponder às necessidades ambientais e aos utilizadores das edificações que se tornam cada vez mais exigentes. Os responsáveis pela elaboração dos projetos e pelo processo de tomada de decisões procuram, então, escolhas com menor impacto ambiental e com benefícios na fase de construção, durante a utilização do edifício e no fim do ciclo de vida do mesmo.

Dessa forma, são seguidos métodos direcionados para o grande objetivo de uma construção sustentável e não prejudicial ao meio ambiente através, por exemplo, do aproveitamento dos recursos naturais para suprir as necessidades de conforto do ambiente interior. Tal como foi analisado no presente relatório, a análise local e climática do lugar onde se prevê a obra é o ponto de partida essencial de um projeto para se conseguir alcançar os objetivos pretendidos, uma vez que, com um bom planeamento, é possível aproveitar ao máximo os recursos naturais para suprir, sobretudo, as necessidades de climatização e iluminação, cujos consumos energéticos são, geralmente, os mais elevados a nível residencial.

As atividades desenvolvidas neste âmbito permitiram avaliar locais com costumes e culturas distintas, assim como analisar climas de calor extremo em lugares desérticos como Touggourt e climas muito húmidos como o de Guipúscoa. Estes estudos possibilitaram um conhecimento mais abrangente das medidas construtivas adaptadas para cada caso, aproveitando os recursos naturais conforme o desejado, porém, respeitando sempre a região e a tipologia de construção local.

Outro procedimento para uma construção sustentável é a definição da construção segundo o terreno presente antes da intervenção, por esse motivo, o projeto da moradia foi definido de acordo com as formas naturais do terreno para evitar trabalhos de movimentação de terra, que influenciariam o orçamento final da obra mas, principalmente, para respeitar o relevo natural de modo a não intervir drasticamente na paisagem. Ao longo do relatório foi referido como qualquer tipo de certificação que comprove a eficiência da moradia é vantajosa, assim sendo, foi analisado o desempenho energético da moradia por dois métodos distintos, tendo sido adquirido a classificação energética de B em ambas as ferramentas de análise. Posteriormente, a partir de uma avaliação de melhoria de desempenho que consistiu na mudança da fonte de energia utilizada, concluiu-se que quanto mais limpa for considerada a energia fornecida, ou seja, uma energia que não emita poluentes para a atmosfera, melhor será o desempenho energético do edifício. Para além disso, o estudo solar efetuado à

moradia, através da análise do modelo 3D, permitiu o controlo da radiação solar no interior da moradia, ou seja, permitiu perceber a orientação do sol e a incidência deste em cada fachada e, isso, influenciou o dimensionamento dos vãos envidraçados de cada fachada de modo a não sobreaquecer o interior da moradia no verão, porém beneficiar da incidência solar no interior durante o inverno.

Um planeamento detalhado de todas as fases de um projeto é muito importante para a obtenção de uma construção sem desperdícios e com o mínimo impacto ambiental possível. Desse modo, em projetos submetidos a concursos, todas as fases tem de ser pormenorizadamente definidas para ir ao encontro dos requisitos definidos pela entidade adjudicante ou por algum sistema de avaliação da sustentabilidade definido, tais como, LEED, BREEAM, SBTool, CEEQUAL, LiderA, entre outros. O aparecimento no mercado de sistemas de avaliação da sustentabilidade de edifícios é crescente mas, embora todos englobem as três vertentes da sustentabilidade (ambiental, económica e social), cada um aborda as medidas avaliadas de forma diferente, mediante as especificidades de cada país no qual o sistema será aplicado.

Os sistemas avaliam todas as fases do projeto, pelo que permitem avaliar as medidas mais pontuadas do projeto como medidas que podem e devem ser melhoradas para uma melhor classificação. Um dos itens avaliados pelos sistemas de sustentabilidade é a escolha dos materiais utilizados na construção, incentivando a utilização de materiais da região, de materiais que não contenham produtos tóxicos e materiais recicláveis. Com isto, entende-se a grande influencia que tem a seleção dos materiais utilizados, sobretudo, se forem materiais estruturais, por isso, é fundamental que a definição do material em obra seja ponderada, tal como, o método utilizado para a estrutura do edifício, pois os impactos ambientais provocados pelos diferentes métodos da construção da estrutura principal variam.

Tal como foi possível verificar no estudo realizado sobre a construção de lajes de estacionamento, a diferente aplicação dos mesmos materiais, o betão e o aço, leva a diferentes impactos ambientais, ou seja, a adoção de uma laje aligeirada provoca menor quantidade de emissões de CO₂ e necessita de menor quantidade de energia durante a sua produção. Uma avaliação deste tipo para uma solução em fase de implementação, é uma forma de analisar e definir qual o material e método de aplicação mais favorável para o projeto.

Assim, se as empresas de construção pretendem desenvolver projetos sustentáveis é importante definir e implementar medidas para este fim, tendo sempre o objetivo de aproveitar ao máximo os recursos naturais, evitando o desperdício e o consumo excessivo de energia. Os parâmetros relatados e analisados no presente relatório são exemplos de muitos fatores a ter em conta, que merecem todo o detalhe e rigor possível, para a obtenção de uma construção mais sustentável.

6.4. Trabalhos futuros

Para desenvolver um projeto baseado no conceito da sustentabilidade, respeitando as necessidades ambientais, económicas e sociais, requer-se uma gestão adequada das atividades e o conhecimento aprofundado sobre o tema. Requer ainda sistemas de avaliação de sustentabilidade para obter a certificação sobre a eficiência da construção em causa. Uma vez que se trata de um assunto relativamente recente e que está em constante evolução, é essencial a permanente atualização sobre as medidas e estratégias inovadoras para uma construção sustentável, para além da atualização ou conhecimento de novos sistemas de avaliação de sustentabilidade das construções que vão sendo criados.

Os trabalhos realizados no presente relatório consistiram na aplicação de estratégias e análise de noções já existentes, contudo, a sustentabilidade é um tema muito abrangente, já que é possível realizar inúmeras investigações e obter conceitos inovadores nos três campos principais, o ambiental, o económico e o social. Posto isto, qualquer plano no setor da construção civil que permita o equilíbrio entre a construção e o meio ambiente, como por exemplo, o desenvolvimento de estratégias de avaliação dos impactos ambientais provocados ou a possibilidade de redução destes, que facilite o acesso a recursos e oportunidades, melhorando as práticas de produção em busca de maior produtividade, menor consumo de recursos, durabilidade, viabilidade e competitividade económica e empresarial e, por fim, que desenvolvam oportunidades de desenvolvimento humano e uma melhoria da qualidade de vida dos utilizadores, são trabalhos futuros possíveis de se realizar e abrangidos nesta temática.

Referências Bibliográficas

- [1] Boff, L. (2002). *História da sustentabilidade*. Disponível em <http://www.coeptbrasil.org.br/portal/Publico/apresentarArquivo.aspx?ID=eb6c910e-145e-4f94-9fca-583e948f946b>;
- [2] Bruno, Artur. (s.d.). Argélia. Disponível em <http://www.arturbruno.com.br/images/conteudo/file/argelia.pdf>;
- [3] Wikipedia. (2015). Wikipedia: The free encyclopedia. Disponível em https://es.wikipedia.org/wiki/Demograf%C3%ADa_de_Argelia;
- [4] Wikipedia. (2015). Wikipedia: The free encyclopedia. Disponível em <https://en.wikipedia.org/wiki/Touggourt>;
- [5] Santander. (2015). Portal Santander Trade. Disponível em <https://es.santandertrade.com/analizar-mercados/argelia/politica-y-economia>;
- [6] Atalayar. (2014). Atalayar: Entre dos orillas. Disponível em <http://atalayar.com/content/marruecos-organizar%C3%A1-en-2015-la-conferencia-anual-sobre-el-empleo-en-%C3%A1frica>;
- [7] Embajada de la República Argentina-Argel. (2008). *Argelia: Guia de Negocios*. Disponível em <http://www.argentinatradenet.gov.ar/sitio/mercado/material/guiaargelia.pdf>;
- [8] Wikipedia. (2015). Wikipedia: The free encyclopedia. Disponível em <https://es.wikipedia.org/wiki/Argelia>;
- [9] Codron, J. (2013). Biogeografía. *Tema 5 - Las zonas áridas*. Disponível em <http://ocw.unican.es/ciencias-sociales-y-juridicas/biogeografia/materiales/pdfs-temas/5%2C%20aridas.pdf>;
- [10] World Climate Guide. (s.d.). World Climate Guide. Disponível em <http://www.worldclimateguide.co.uk/climateguides/algeria/touggourt.php>;
- [11] Zonu. (2005). Zonu. Disponível em <http://www.zonu.com/detail-en/2010-01-12-11702/Solar-irradiation-map-of-Africa-2005.html>;
- [12] Wikipedia. (2015). Wikipedia: The free encyclopedia. Disponível em https://es.wikipedia.org/wiki/Desierto_del_Sahara;
- [13] UNESCO. (s.d.). *Las viviendas en las zonas áridas*. Disponível em <http://www.unesco.org/mab/doc/ekocd/spanish/chapter6.html>;
- [14] Flickr. (2010). Taghit. Disponível em <https://www.flickr.com/photos/49908786@N03/sets/72157624000745638/>;
- [15] WDL. (2014). World Digital Library. Disponível em <http://www.wdl.org/es/item/2457/>;

- [16] PBase. (2013). PBase. Disponível em <http://www.pbase.com/bmcmorrow/image/150875161>;
- [17] Villa de Ayora: Alojamiento rural. (2009). Argelia - Un vistazo al país de los cedros [Postagem Weblog]. Disponível em <http://www.villadeayora.es/blog/argelia-un-vistazo-al-pais-de-los-cedros/>;
- [18] Meridel Rubenstein. (2007). Meridel Rubenstein: Photoworks. Disponível em <http://www.meridelrubenstein.com/wastewater-gardens/>;
- [19] São José dos Campos. (2013). São José dos Campos. Disponível em <http://www.saojosedoscamos.com.br/2013/diario/index.php?id=43423&cat=54&aderno=diario>;
- [20] Gag Daily. (s.d.). Gag Daily. Disponível em <http://www.gagdaily.com/educative/1356-multi-level-underground-city-cappadocia-turkey.html>;
- [21] Revolución Tres Punto Cero. (2013). Revolución Tres Punto Cero. Disponível em <http://revoluciontrespuntocero.com/saharai/?p=66>;
- [22] Carraco, P., Olarte, M., Simínovich, D. (2011). *Transferencia arquitectura têxtil para el desierto en el sur del Perú*. Disponível em http://www.upm.es/sfs/Rectorado/Vicerrectorado%20de%20Relaciones%20Internacionales/Cooperacion%20para%20el%20Desarrollo%20y%20la%20Solidaridad/ProyCoopDesarUPM_AmericaAndina_TecAplicDesAltoandino.pdf;
- [23] Flickr. (2013). Flickr. Disponível em <https://www.flickr.com/photos/camposleckiestudio/>;
- [24] Álvarez, M. E. R., Martínez, I. B., Mustapha, R. S., Sotomayor, S.P. (2007). *Sahara occidental: Plantas y usos* [PDF]. Disponível em http://www.jolube.es/pub/Plantas_Sahara_Occ_2007.pdf;
- [25] ArchiExpo. (s.d.). ArchiExpo. Disponível em <http://www.archiexpo.com/prod/marshalls-plc/product-70068-1482383.html>;
- [26] Canteras el Cerro. (s.d.). Cantera el Cerro. Disponível em <http://www.canteraselcerro.com/alcorques/>;
- [27] Dezeen. (2013). Dezeen Magazine. Disponível em <http://www.dezeen.com/2013/11/26/studio-fuksas-terminal-3-shenzhen-baoan-international-airport/>;
- [28] Passenger Terminal Today. (2013). Passenger Terminal Today. Disponível em <http://www.passengerterminaltoday.com/viewnews.php?NewsID=47374>;
- [29] Imgarcade. (s.d.). Imgarcade. Disponível em <http://imgarcade.com/1/queen-alia-airport-arrivals/>;

- [30] Comercio Latino. (2012). La Portada: Nueva Visión Hispana. Disponível em <http://comerciolatino.ca/noticia/islas-galapagos-estrena-la-primera-terminal-aerea-ecologica-del-mundo/460>;
- [31] Trebilcock, M., Díaz, M., Muñoz, C., Besser, D., Piderit, M. B., Guzmán, F., Sánchez, R. (s.d.). *Manual de diseño pasivo y eficiencia Energética en edificios públicos* [PDF]. Disponível em http://www.arquitecturamop.cl/centrodocumental/Documents/Manual-de-diseno-pasivo-y-eficiencia-energetica-en-edif%20Publicos_Parte1.pdf;
- [32] Plataforma Arquitectura. (2007). Plataforma Arquitectura. Disponível em <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-2952/centro-de-distribucion-y-logistica-fasa-guillermo-hevia>;
- [33] Arquitectura en Acero. (s.d.). Arquitectura en Acero: libertad & diseño. Disponível em <http://www.arquitecturaenacero.org/proyectos/sustentable/aeropuerto-desierto-de-atacama>;
- [34] SkyscraperCity. (2006). SkyscraperCity. Disponível em <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=383235>;
- [35] Hernández, José. (s.d.). ¿Sabías qué...? de la semana: Al Hamra Tower Kuwait [Postagem em Weblog]. Disponível em <http://www.jmhdezhdz.com/2013/10/al-hamra-tower-kuwait-som-trencadis.html>;
- [36] Organización Editorial Mexicana. (2015). La Prensa. Disponível em <http://www.oem.com.mx/laprensa/notas/n3698888.htm>;
- [37] Flashy Dubai. (2015). Flashy Dubai. Disponível em <http://flashydubai.com/al-bastakiya-dubai-the-oldest-residential-area-in-dubai/>;
- [38] Iolanda Fortunato. (s.d.). Iolanda Fortunato Design Studio. Disponível em <http://www.iolandafortunato.com/masdar-institute--abu-dhabi--uae.html>;
- [39] Green Prophet. (2011). Green Prophet: Sustainable News for the Middle East. Disponível em <http://www.greenprophet.com/2011/04/slideshow-masdar-city/>;
- [40] Interiii. (s.d.). Interiii. Disponível em <http://interiii.com/2013/05/levin-residence-design-by-ibarra-rosano-design-architects/>;
- [41] Architonic. (s.d.). Architonic: The Independent Resource for Architecture and Design. Disponível em <http://www.architonic.com/ntsht/designbuildbluff/7000147>;
- [42] Real Decreto 314/2006 de 17 de março do Ministerio de Vivienda. (2006). *Boletín Oficial del Estado, N^o 74*. Código Técnico de la Edificación. España. Disponível em <http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/realDecreto/RD3142006.pdf>;
- [43] Ministerio de Fomento Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo. (2013).

DA DB HE Ahorro de energía. Código Técnico de la Edificación. España. Disponível em <http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>;

[44] Ministerio de Fomento Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo. (2015). *DA DB HE/1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*. Código Técnico de la Edificación. España. Disponível em http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DA-DB-HE-1-Calculo_de_parametros_caracteristicos.pdf;

[45] Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto. (2013). *Sistema de Certificação Energética*. Diário da República, 1.ª série - N.º159. Ministério da Economia e do Emprego. Portugal. Disponível em <https://dre.pt/application/dir/pdf1s/2013/08/15900/0498805005.pdf>;

[46] Despacho (extrato) n.º 15793 - K/2013 do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 3 de Dezembro. (2013). *Parâmetros Térmicos*. Diário da República, 2.ª série - N.º 234. Ministério da Economia e do Emprego. Portugal. Disponível em <https://dre.pt/application/dir/pdf2sdip/2013/12/234000003/0005800087.pdf>;

[47] Bragança, L., Gouveia, M., Mateus, R. (2011). Construção Sustentável: O novo paradigma do setor da construção. *Paredes de Alvenaria: Reabilitação e Inovação*, 67-82. Disponível em http://www.hms.civil.uminho.pt/events/paredes2011/67_82.pdf;

[48] Gobierno Vasco. (2011). *Guía de edificación y rehabilitación ambientalmente sostenible: Edificios administrativos o de oficinas en la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Disponível em [http://www.ihobe.eus/Publicaciones/ficha.aspx?IdMenu=750e07f4-11a4-40da-840c-0590b91bc032&Cod=ed6880ae-6d6d-4b0b-9eba-6a583912131a&Idioma=es-ES&Tipo](http://www.ihobe.eus/Publicaciones/ficha.aspx?IdMenu=750e07f4-11a4-40da-840c-0590b91bc032&Cod=ed6880ae-6d6d-4b0b-9eba-6a583912131a&Idioma=es-ES&Tipo;);

[49] Gobierno Vasco. (2012). *Guía de edificación ambientalmente sostenible: Edificios industriales en la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Disponível em <http://www.ihobe.eus/Publicaciones/Ficha.aspx?IdMenu=750e07f4-11a4-40da-840c-0590b91bc032&Cod={539F83F5-E95E-4BEB-9CC6-C14C3EC30CEC}&Idioma=es-ES>;

[50] LEED. (2009). *Nueva construcción y grandes remodelaciones - Versión 3.0*. Disponível em <http://www.spaingbc.org/files/LEED%202009%20NC%20Nov%202008%20ESP.pdf>;

[51] Camões, A. (2005). Betões de elevado desempenho com elevado volume de cinzas volantes. *Engenharia Civil*, N.º23, 55-64. Disponível em http://www.civil.uminho.pt/cec/revista/Num23/n_23_pag_55-64.pdf;

[52] Golfin, J. I. F. (s.d.). *Huella Ecológica de la Madera*;

[53] Wadel, G. (s.d.). *Huella ecológica comparada (madera/convencional)*. Disponível em http://www.proholz.es/fileadmin/proholz.es/media/download/120512_huella-ecologica_gwadel.pdf;

[54] Borrell, C. M., Saladrigas, E.R. (s.d.). *Análisis de la viabilidad económica y ambiental del uso de armaduras corrugadas de acero inoxidable en elementos de hormigón armado sometidos a clases de exposición agresivas: Aplicación a elementos en contacto con aguas residuales agresivas* (p. 51-57). Disponível em <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3319/55868-8.pdf?sequence=8>;

[55] Borrell, C. M., Saladrigas, E.R. (s.d.). *Análisis de la viabilidad económica y ambiental del uso de armaduras corrugadas de acero inoxidable en elementos de hormigón armado sometidos a clases de exposición agresivas: Aplicación a elementos en contacto con aguas residuales agresivas* (p. 43-50). Disponível em <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3319/55868-7.pdf?sequence=7>;

Apêndices

Apêndice A - Cálculos prévios para avaliação do desempenho energético da moradia

Datos			
Zona climática	D3		
Altitud	670	m	< 950 m
Latitud	40°32'27"N	= 40,54°	
Numero de plantas	3		
Uso	Residencial		
Clase higrométrica	3		

Superficie útil del edificio	
Planta Sótano	403,11
Planta Baja	245,08
Planta Primera	199,82
Total	848,01 m ²

Volumen interior			
	Sup. útil [m ²]	Altura [m]	Volumen [m ³]
Planta Sótano	403,11	3,24	1306,08
Planta Baja	245,08	3,24	794,06
Planta Primera	199,82	3,24	647,42
Total	848,01		2747,55

Superficie de muros y huecos		
Fachada Norte	Muros exteriores	189,15 m ²
	Huecos exteriores	59,35 m ²
Fachada Sur	Muros exteriores	136,00 m ²
	Huecos exteriores	50,24 m ²
Fachada Este	Muros exteriores	101,66 m ²
	Huecos exteriores	56,58 m ²
Fachada Oeste	Muros exteriores	97,98 m ²
	Huecos exteriores	26,30 m ²

Espacios			
Planta Sótano	Área [m ²]	Planta Baja	Área [m ²]
Garaje	101,95	Vestíbulo	2,75
Gimnasio	38,75	Oficio	18,30
Distribuidor	22,90	Cocina	13,25
Aseo	2,70	Aseo	2,95
Vestíbulo	6,10	Distribuidor	10,50
Almacén	9,55	Escalera	5,89
Despensa	9,25	Vestíbulo	45,15
Trastero	23,75	Comedor	28,60
Vestíbulo	6,21	Salon 1	74,75
Plancha	10,55	Sala de estar	42,94
Instalaciones	18,35	Total	245,08
Pasillo	8,55		
Biblioteca	27,95		
Baño 4	5,95		
Dormitorio 4	21,35		
Oficio	5,70		
Aseo	3,10		
Salón 2	57,70		
Pasillo	22,75		
Total	403,11		

Planta Primera	Área [m ²]
Dormitorio 1	21,75
Sala de estar 1	25,10
Baño 1	25,85
Escalera	8,60
Distribuidor	23,85
Dormitorio 2	32,40
Baño 2	6,05
Dormitorio 3	34,50
Baño 3	6,05
Vestíbulo 1	7,17
Vestíbulo 2	8,50
Total	199,82

Transmitância térmica de muros de fachada

Muros M1: Exterior-Interior

	e [m]	λ [W/m.k]	R [m².K/W]
Rsi	-	-	0,13
Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,06
Aislamiento de lana de roca	0,075	0,036	2,08
Cámara de aire	0,140	-	0,16
Poliuretano proyectado	0,030	0,028	1,07
Enfoscado de mortero	0,015	0,930	0,02
1/2 pie de ladrillo perforado	0,120	-	0,21
Mortero de cemento	0,030	0,700	0,04
Piedra natural	0,020	1,400	0,01
Rse	-	-	0,04
RT			3,83

UM = 0,26 W/m².K

Muros M1: Exterior-Cocina/Baños

	e [m]	λ [W/m.k]	R [m².K/W]
Rsi	-	-	0,13
Chapado de piedra natural	0,020	1,400	0,01
Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,06
Aislamiento de lana de roca	0,075	0,036	2,08
Cámara de aire	0,140	-	0,16
Poliuretano proyectado	0,030	0,028	1,07
Enfoscado de mortero	0,015	0,930	0,02
1/2 pie de ladrillo perforado	0,120	-	0,21
Mortero de cemento	0,030	0,700	0,04
Piedra natural	0,020	1,400	0,01
Rse	-	-	0,04
RT			3,84

UM = 0,26 W/m².K

Muros M2: Exterior-No habitable

	e [m]	λ [W/m.k]	R [m².K/W]
Rsi	-	-	0,13
Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,06
Aislamiento de lana de roca	0,075	0,036	2,08
Cámara de aire	0,140	-	0,16
Poliuretano proyectado	0,030	0,028	1,07
Enfoscado de mortero	0,015	0,800	0,02
1/2 pie de ladrillo perforado	0,120	-	0,21
Mortero de cemento	0,030	0,700	0,04
Piedra natural	0,020	1,400	0,01
Rse	-	-	0,04
RT			3,83

UM = 0,26 W/m².K

Muros M3: Interior-No habitable

	e [m]	λ [W/m.k]	R [m².K/W]
Rsi	-	-	0,13
Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,06
Aislamiento de lana de roca	0,060	0,036	1,67
Enfoscado de cemento	0,015	0,700	0,02
1/2 pie de ladrillo perforado	0,120	-	0,21
Enfoscado de cemento	0,015	0,700	0,02
Rse	-	-	0,04
RT			2,15

Espacio ligeramente ventilado
 No aislado - Aislado
 Ah-nh/Anh-e 1,02 CASO 1

b = 0,92

U = 0,47 W/m².K

UM = 0,43 W/m².K

Transmitancia térmica de suelos

Suelo S1: Interior-Terreno (<0,50 m)

	e [m]	λ [W/m.K]	R [m².K/W]
Rsi	-	-	-
Solado de piedra natural	0,020	1,400	0,01
Mortero de agarre	0,060	0,400	0,15
Poliestireno expandido	0,050	0,039	1,28
Hormigón	0,060	2,000	0,03
Cavity	0,300	0,220	1,36
Solera de hormigón	0,150	-	0,08
Rse	-	-	-
RT			2,92

US = 0,48 W/m².K

Ancho D [m]	6,75
Resistencia térmica del aislante [m².K/W]	1,28
Longitud del perímetro expuesto de la solera [m]	93,40
Área de la solera [m²]	267,44
Longitud característica B'	5,73

Suelo S1: Interior-Terreno (>0,50 m)

	e [m]	λ [W/m.K]	R [m².K/W]
Rsi	-	-	-
Solado de piedra natural	0,020	1,400	0,01
Mortero de agarre	0,060	0,400	0,15
Poliestireno expandido	0,050	0,039	1,28
Hormigón	0,060	2,000	0,03
Caviti	0,300	0,220	1,36
Solera de hormigón	0,150	-	0,08
Rse	-	-	-
RT			2,92

US = 0,57 W/m².K

Profundidad respecto el nivel del terreno [m]	3,78
Resistencia térmica [m².K/W]	1,28
Longitud del perímetro expuesto de la solera [m]	74,06
Área de la solera [m²]	157,19
Longitud característica B'	4,24

Suelo S2: Interior-No habitable

	e [m]	λ [W/m.K]	R [m².K/W]
Rsi	-	-	0,17
Solado de piedra natural	0,020	1,400	0,01
Mortero de agarre	0,060	0,400	0,15
Poliestireno expandido	0,050	0,039	1,28
Aislamiento de poliestireno extruido	0,050	0,035	1,43
Lamina acústica Impactodan 10	0,010	0,040	0,25
Losa de hormigón	0,300	-	0,12
Cámara de aire	0,277	-	0,18
Placa de yeso laminado	0,150	0,250	0,60
Rse	-	-	0,17
RT			4,36

U= 0,23 W/m².K

Espacio ligeramente ventilado	CASO 1
No aislado - Aislado	
Ah-nh/Anh-e	1,28

b= 0,89

US = 0,20 W/m².K

Suelo S2: Interior-Garaje

	e [m]	λ [W/m.K]	R [m².K/W]
Rsi	-	-	0,17
Solado de piedra natural	0,020	1,400	0,01
Mortero de agarre	0,060	0,400	0,15
Poliestireno expandido	0,050	0,039	1,28
Aislamiento de poliestireno extruido	0,050	0,035	1,43
Lamina acústica Impactodan 10	0,010	0,040	0,25
Losa de hormigón	0,300	-	0,12
Rse	-	-	0,17
RT			3,58

U= 0,28 W/m².K

Espacio ligeramente ventilado	CASO 1
No aislado - Aislado	
Ah-nh/Anh-e	1,83

b= 0,89

US = 0,25 W/m².K

Transmitancia térmica de cubiertas**Cubierta C1: Transitabile**

	e [m]	λ [W/m.K]	R [m ² .K/W]
Rse	-	-	0,04
Piedra natural	0,030	1,400	0,02
Mortero de agarre	0,030	0,400	0,08
Geotextil de polipropileno Terram 1500	0,020	0,220	0,09
Aislamiento de poliestireno extruido Roofmate	0,150	0,035	4,29
Geotextil de polipropileno Terram 1500	0,010	0,220	0,05
Impermeabilización bituminosa bicapa	0,010	0,230	0,04
Mortero de nivelación	0,020	1,300	0,02
Pendiente con hormigón aligerado con arcilla	0,010	0,220	0,05
Losa de hormigón forjado	0,300	-	0,12
Cámara de aire	0,277	-	0,16
Placa de yeso laminado	0,013	0,250	0,05
Rsi	-	-	0,10
RT			5,09

UC = 0,20 W/m².K**Cubierta C1: No transitabile**

	e [m]	λ [W/m.K]	R [m ² .K/W]
Rse	-	-	0,04
Grava	0,050	2,000	0,03
Geotextil de polipropileno Terram 3000	0,010	0,220	0,05
Aislamiento de poliestireno extruido Roofmate	0,150	0,035	4,29
Geotextil de polipropileno Terram 1500	0,010	0,220	0,05
Impermeabilización bituminosa bicapa	0,010	0,230	0,04
Mortero de nivelación	0,020	1,300	0,02
Pendiente con hormigón aligerado con arcilla	0,010	0,220	0,05
Losa hormigón forjado	0,300	-	0,12
Cámara de aire	0,277	-	0,16
Placa de yeso laminado	0,013	0,250	0,05
Rsi	-	-	0,10
RT			4,98

UC = 0,20 W/m².K**Cubierta C1: No transitabile ajardinada**

	e [m]	λ [W/m.K]	R [m ² .K/W]
Rse	-	-	0,04
Tierra vegetal	0,050	0,520	0,10
Capa drenante	0,010	0,160	0,06
Geotextil de polipropileno Terram 3000	0,010	0,400	0,03
Mortero de protección	0,050	0,035	1,43
Geotextil de polipropileno Terram 1500	0,010	0,230	0,04
Impermeabilización bituminosa bicapa	0,010	0,230	0,04
Mortero de nivelación	0,020	1,300	0,02
Pendiente con hormigón aligerado con arcilla	0,010	0,220	0,05
Losa de hormigón forjado	0,300	-	0,12
Cámara de aire	0,277	-	0,16
Placa de yeso laminado	0,013	0,250	0,05
Rsi	-	-	0,10
RT			2,23

UC = 0,45 W/m².K

Transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno

Muro enterrado T1 (2,79 m)

	e [m]	λ [W/m.k]	R [m².K/W]
Rsi	-	-	-
Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,06
Aislamiento de lana de roca	0,105	0,036	2,92
Cámara de aire	0,030	-	0,16
Hormigón	0,300	-	0,12
Rse	-	-	-
RT			3,26

Profundidad de z [m]	2,79
Rm [m².K/W]	3,26

UT= 0,32 W/m².K

Muro enterrado T2 (3,24 m)

	e [m]	λ [W/m.k]	R [m².K/W]
Rsi	-	-	-
Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,06
Aislamiento de lana de roca	0,105	0,036	2,92
Cámara de aire	0,030	-	0,16
Hormigón	0,300	-	0,12
Rse	-	-	-
RT			3,26

Profundidad de z [m]	3,24
Rm [m².K/W]	3,26

UT= 0,30 W/m².K

Muro enterrado T3 (3,51 m)

	e [m]	λ [W/m.K]	R [m².K/W]
Rsi	-	-	-
Placa de yeso laminado	0,015	0,250	0,06
Aislamiento de lana de roca	0,105	0,036	2,92
Cámara de aire	0,030	-	0,16
Hormigón	0,300	-	0,12
Rse	-	-	-
RT			3,26

Profundidad de z [m]	3,51
Rm [m².K/W]	3,26

UT= 0,29 W/m².K

Síntese:

> Muros	Fachada Norte			Fachada Sur		
	Área [m²]	U [W/m².K]	A*U [W/K]	Área [m²]	U [W/m².K]	A*U [W/K]
Muros M1: Exterior-Interior	163,63	0,26	42,74	136,00	0,26	35,53
Muros M1: Exterior-Cocina/Baños	15,09	0,26	3,93	-	-	-
Muros M2: Exterior-No habitable	10,43	0,26	2,72	-	-	-
Muros M3: Interior-No habitable	-	-	-	-	-	-
Total	189,15		49,39	136,00		35,53

UNORTE med = 0,26 W/m².K USUL med = 0,26 W/m².K

> Muros	Fachada Este			Fachada Oeste		
	Área [m²]	U [W/m².K]	A*U [W/K]	Área [m²]	U [W/m².K]	A*U [W/K]
Muros M1: Exterior-Interior	91,40	0,26	23,88	72,72	0,26	19,00
Muros M1: Exterior-Cocina/Baños	10,26	0,26	2,67	20,27	0,26	5,28
Muros M2: Exterior-No habitable	-	-	-	4,98	0,26	1,30
Muros M3: Interior-No habitable	-	-	-	33,05	0,43	14,14
Total	101,66		26,55	131,03		39,72

UESTE med = 0,26 W/m².K UOESTE med = 0,30 W/m².K

UMUROS med NORTE* =	0,35	W/m ² .K	< 0,66 W/m ² .K	Cumple
UMUROS med SUR* =	0,35	W/m ² .K	< 0,66 W/m ² .K	Cumple
UMUROS med ESTE* =	0,33	W/m ² .K	< 0,66 W/m ² .K	Cumple
UMUROS med OESTE* =	0,36	W/m ² .K	< 0,66 W/m ² .K	Cumple

Puentes térmicos

	ψ _i	FR _{si}	≥ fR _{si,min} = 0,61	LPF [m]				
				Norte	Sur	Este	Oeste	
Pilares integrados en fachada	0,00	0,93	Cumple	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frentes de forjado	0,22	0,93	Cumple	71,60	52,20	33,35	33,30	
Esquina saliente	0,06	0,93	Cumple	16,18	17,94	6,90	21,33	
Esquina entrante	-0,08	0,93	Cumple	6,72	14,40	7,35	21,60	
UPT				16,19	11,41	7,16	6,88	

> Muros enterrados

	Fachada Sur			Fachada Este			Fachada Oeste		
	Área [m ²]	U [W/m ² .K]	A*U [W/K]	Área [m ²]	U [W/m ² .K]	A*U [W/K]	Área [m ²]	U [W/m ² .K]	A*U [W/K]
Muro enterrado T1 (2,79 m)	-	-	-	-	-	-	55,99	0,32	17,83
Muro enterrado T2 (3,24 m)	96,04	0,30	29,08	-	-	-	-	-	-
Muro enterrado T3 (3,51 m)	-	-	-	31,59	0,29	9,31	-	-	-
Total	96,04		29,08	31,59		9,31	55,99		17,83

USUR med =	0,30 W/m ² .K	UESTE med =	0,29 W/m ² .K	UOESTE med =	0,32 W/m ² .K
------------	--------------------------	-------------	--------------------------	--------------	--------------------------

UCONTACTO TERRENO med = 0,31 W/m².K < 0,66 W/m².K Cumple

> Suelos

	Área [m ²]	U [W/m ² .K]	A*U [W/K]
Suelo S1: Interior-Terreno (<0,50 m)	267,44	0,48	129,44
Suelo S1: Interior-Terreno (>0,50 m)	157,19	0,57	89,91
Suelo S2: Interior-No habitable	58,86	0,20	10,96
Suelo S2: Interior-Garaje	53,75	0,25	14,61
Total	537,23		244,92

USUELOS med = 0,46 W/m².K

Puentes térmicos

Transmitancia térmica lineal de los suelos en contacto con el terreno (<0,50 m)	ψ _i =	0,39 W/m.K	
Longitud del puente térmico	FR _{si} =	0,88 ≥ fR _{si,min} = 0,61	Cumple
Longitud del puente térmico		43,81 m	
Transmitancia térmica lineal de los suelos en contacto con el terreno (>0,50 m)	ψ _i =	0,43 W/m.K	
Longitud del puente térmico	FR _{si} =	0,86 ≥ fR _{si,min} = 0,61	Cumple
Longitud del puente térmico		43,03 m	

USUELOS med* = 0,08 W/m².K < 0,49 W/m².K Cumple

> Cubiertas

	Área [m ²]	U [W/m ² .K]	A*U [W/K]
Cubierta C1: Transitable	194,33	0,20	38,14
Cubierta C1: No transitable	213,17	0,20	42,82
Cubierta C1: No transitable ajardinad	16,27	0,45	7,29
Total	423,77		88,25

UCOBIERTAS med = 0,21 W/m².K

Puentes térmicos

Puente térmico de las cubiertas planas	ψ _i =	0,24 W/m.K	
Longitud del puente térmico	FR _{si} =	0,95 ≥ fR _{si,min} = 0,61	Cumple
Longitud del puente térmico		184,90 m	

UCOBIERTAS med* = 0,10 W/m².K < 0,38 W/m².K Cumple

Transmitância térmica de huecos

	Cantidad	Ancho [m]	Alto [m]	Área/un [m²]	Área total [m²]	FM med	Tipo	UH,v [W/m².K]
Ventana 1 (sótano)	2	0,68	1,41	0,95	1,90	0,209	4+4/16/4+4	1,30
Ventana 1 (primera)	4	0,68	1,41	0,95	3,81	0,209	6/16/4+4	1,30
Ventana 2	1	2,70	1,41	3,81	3,81	0,141	6/16/4+4	1,30
Ventana 3	2	1,35	2,13	2,88	5,75	0,139	6/16/4+4	1,30
Ventana 4	1	1,35	2,43	3,28	3,28	0,112	4+4/16/4+4	1,30
Ventana 5	1	3,60	1,77	6,37	6,37	0,098	4+4/16/4+4	1,30
Ventana 6 (sótano)	2	2,70	1,41	3,81	7,61	0,125	4+4/16/4+4	1,30
Ventana 6 (primera)	2	2,70	1,41	3,81	7,61	0,125	6/16/4+4	1,30
Ventana 7	2	1,35	2,52	3,40	6,80	0,183	6/16/4+4	1,30
Ventana 8	2	1,35	2,52	3,40	6,80	0,164	4+4/16/4+4	1,30
Ventana 9	1	2,70	2,13	5,75	5,75	0,116	6/16/4+4	1,30
Ventana 10	2	1,35	1,41	1,90	3,81	0,139	6/16/4+4	1,30
Ventana 11	1	4,50	1,41	6,35	6,35	0,132	4+4/16/4+4	1,30
Ventana 12 (baja)	1	1,35	3,00	4,04	4,04	0,092	4+4/16/4+4	1,30
Ventana 12 (primera)	1	1,35	3,00	4,04	4,04	0,092	6/16/4+4	1,30
Ventana 13	2	0,45	2,61	1,17	2,35	0,284	4+4/16/4+4	1,30
Puerta 1	2	5,40	2,49	13,45	26,89	0,097	4+4/16/4+4	1,30
Puerta 2	1	1,35	2,43	3,28	3,28	0,144	4+4/16/4+4	1,30
Puerta 3	2	0,90	2,61	2,35	4,71	0,277	4+4/16/4+4	1,30
Puerta 4	1	2,68	2,58	6,90	6,90	0,087	4+4/16/4+4	1,30
Puerta 5	1	5,40	2,58	13,93	13,93	0,096	4+4/16/4+4	1,30
Puerta 6	5	2,70	2,49	6,72	33,62	0,097	4+4/16/4+4	1,30
Puerta 7	2	4,05	2,49	10,08	20,17	0,097	4+4/16/4+4	1,30
Puerta 8	1	1,35	2,13	2,88	2,88	0,149	4+4/16/4+4	1,30
Total	42	53,98	51,77	115,51	192,47			

Fachada Norte

	Ventana 1	Ventana 2	Ventana 3	Ventana 4	Ventana 5
Área de la parte cristalizada AH,v [m²]	0,75	3,33	2,48	2,91	5,75
Transmitancia térmica del acristalamiento UH,v [W/m².K]	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Área del marco AH,m [m²]	0,20	0,54	0,40	0,37	0,62
Transmitancia del marco UH,m [W/m².K]	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20
Longitud de contacto entre marco y acristalamiento lv [m]	3,77	10,33	8,96	7,16	13,57
Transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y acristalamiento Ψ_v [W/m².K]	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Área de la parte con panel opaco AH,p [m²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transmitancia térmica de la zona con panel opaco UH,p [W/m².K]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud de contacto entre marco y paneles opacos lp [m]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y paneles opacos Ψ_p [W/m².K]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
UH [W/m².K]	2,014	1,778	1,814	1,688	1,656

Fachada Norte

	Ventana 6	Puerta 1	Puerta 2	Puerta 3	Puerta 6	Total
Área de la parte cristalizada AH,v [m²]	3,33	12,14	2,80	1,97	6,07	
Transmitancia térmica del acristalamiento UH,v [W/m².K]	0,00	1,30	1,30	1,30	1,30	
Área del marco AH,m [m²]	0,48	1,31	0,47	0,38	0,65	
Transmitancia del marco UH,m [W/m².K]	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	
Longitud de contacto entre marco y acristalamiento lv [m]	10,33	29,24	11,72	8,12	14,62	
Transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y acristalamiento Ψ_v [W/m².K]	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	
Área de la parte con panel opaco AH,p [m²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Transmitancia térmica de la zona con panel opaco UH,p [W/m².K]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Longitud de contacto entre marco y paneles opacos lp [m]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y paneles opacos Ψ_p [W/m².K]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
UH [W/m².K]	0,616	1,659	1,861	1,885	1,659	26,143

Fachada Sur							
	Ventana 7	Ventana 8	Puerta 1	Puerta 3	Puerta 4	Puerta 5	
Área de la parte cristalizada AH,v [m ²]	2,78	2,84	12,14	1,97	6,30	12,60	
Transmitancia térmica del acristalamiento UH,v [W/m ² .K]	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	
Área del marco AH,m [m ²]	0,62	0,56	1,25	0,38	0,60	1,34	
Transmitancia del marco UH,m [W/m ² .K]	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	
Longitud de contacto entre marco y acristalamiento lv [m]	9,43	7,14	29,24	8,12	14,98	29,96	
Transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y acristalamiento Ψ_v [W/m ² .K]	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	
Área de la parte con panel opaco AH,p [m ²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Transmitancia térmica de la zona con panel opaco UH,p [W/m ² .K]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Longitud de contacto entre marco y paneles opacos lp [m]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y paneles opacos Ψ_p [W/m ² .K]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
UH [W/m².K]	1,869	1,780	1,652	1,885	1,640	1,654	Total 14,128

Fachada Este							
	Ventana 6	Ventana 9	Ventana 10	Puerta 6	Puerta 7	Puerta 8	
Área de la parte cristalizada AH,v [m ²]	3,33	5,08	1,64	6,07	9,11	2,44	
Transmitancia térmica del acristalamiento UH,v [W/m ² .K]	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	
Área del marco AH,m [m ²]	0,48	0,67	0,27	0,65	0,98	0,43	
Transmitancia del marco UH,m [W/m ² .K]	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	
Longitud de contacto entre marco y acristalamiento lv [m]	10,33	16,86	5,12	14,62	21,93	10,52	
Transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y acristalamiento Ψ_v [W/m ² .K]	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	
Área de la parte con panel opaco AH,p [m ²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Transmitancia térmica de la zona con panel opaco UH,p [W/m ² .K]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Longitud de contacto entre marco y paneles opacos lp [m]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y paneles opacos Ψ_p [W/m ² .K]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
UH [W/m².K]	1,754	1,755	1,780	1,659	1,658	1,878	Total 17,239

Fachada Oeste						
	Ventana 1	Ventana 6	Ventana 11	Ventana 12	Ventana 13	
Área de la parte cristalizada AH,v [m ²]	0,75	3,33	5,60	3,36	0,84	
Transmitancia térmica del acristalamiento UH,v [W/m ² .K]	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	
Área del marco AH,m [m ²]	0,20	0,48	0,84	0,37	0,33	
Transmitancia del marco UH,m [W/m ² .K]	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	
Longitud de contacto entre marco y acristalamiento lv [m]	3,77	10,33	16,41	7,88	5,69	
Transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y acristalamiento Ψ_v [W/m ² .K]	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	
Área de la parte con panel opaco AH,p [m ²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Transmitancia térmica de la zona con panel opaco UH,p [W/m ² .K]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Longitud de contacto entre marco y paneles opacos lp [m]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y paneles opacos Ψ_p [W/m ² .K]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
UH [W/m².K]	2,014	1,754	1,751	1,658	2,226	Total 17,055

Fachada Norte

	Cantidad [un]	Área/un [m ²]	Área total [m ²]	UH [W/m ² .K]	AT*UH [W/K]
Ventana 1 (sótano)	2	0,95	1,90	2,01	3,83
Ventana 1 (primera)	2	0,95	1,90	2,01	3,83
Ventana 2	1	3,81	3,81	1,78	6,77
Ventana 3	2	2,88	5,75	1,81	10,43
Ventana 4	1	3,28	3,28	1,69	5,54
Ventana 5	1	6,37	6,37	1,66	10,55
Ventana 6	1	3,81	3,81	0,62	2,35
Puerta 1	1	13,45	13,45	1,66	22,31
Puerta 2	1	3,28	3,28	1,86	6,11
Puerta 3	1	2,35	2,35	1,88	4,44
Puerta 6	2	6,72	13,45	1,66	22,30
Total			59,35	18,64	98,45

UH medio ponderado [W/m².K] = 1,66 < 2,5 W/m².K

Cumple

Fachada Sur

	Cantidad [un]	Área/un [m ²]	Área total [m ²]	UH [W/m ² .K]	AT*UH [W/K]
Ventana 7	2	3,40	6,80	1,87	12,72
Ventana 8	2	3,40	6,80	1,78	12,11
Puerta 1	1	13,45	13,45	1,65	22,22
Puerta 3	1	2,35	2,35	1,88	4,44
Puerta 4	1	6,90	6,90	1,64	11,32
Puerta 5	1	13,93	13,93	1,65	23,05
Total			50,24	10,48	85,84

UH medio ponderado [W/m².K] = 1,71 < 3,5 W/m².K

Cumple

Fachada Este

	Cantidad [un]	Área/un [m ²]	Área total [m ²]	UH [W/m ² .K]	AT*UH [W/K]
Ventana 6	1	3,81	3,81	1,75	6,68
Ventana 9	1	5,75	5,75	1,75	10,09
Ventana 10	2	1,90	3,81	1,78	6,78
Puerta 6	3	6,72	20,17	1,66	33,45
Puerta 7	2	10,08	20,17	1,66	33,45
Puerta 8	1	2,88	2,88	1,88	5,40
Total			56,58	10,48	95,84

UH medio ponderado [W/m².K] = 1,69 < 2,6 W/m².K

Cumple

Fachada Oeste

	Cantidad [un]	Área/un [m ²]	Área total [m ²]	UH [W/m ² .K]	AT*UH [W/K]
Ventana 1	2	0,95	1,90	2,01	3,83
Ventana 6	2	3,81	7,61	1,75	13,36
Ventana 11	1	6,35	6,35	1,75	11,11
Ventana 12	2	4,04	8,09	1,66	13,41
Ventana 13	2	1,17	2,35	2,23	5,23
Total			26,30	9,40	46,94

UH medio ponderado [W/m².K] = 1,78 < 3,5 W/m².K

Cumple

Factor solar modificado de huecos

Tipo 6/16/4+4

Factor solar del acristamiento g _L	0,41
Transmitancia térmica del marco del hueco Um [W/m ² .K]	3,20
Coefficiente de sombra Fs	0,47
Absortividad del marco α	0,55

Tipo 4+4/16/4+4

Factor solar del acristamiento g _L	0,39
Transmitancia térmica del marco del hueco Um [W/m ² .K]	3,20
Coefficiente de sombra Fs	0,45
Absortividad del marco α	0,55

	Área [m ²]	Factor de sombra del hueco Fs	Fracción del hueco ocupada por el marco FM	Factor solar modificado FH	A*FH	Horizontal		Vertical
						Izquierda [°]	Derecha [°]	
Norte								
Ventana 1 (primera)	0,95	0,47	0,209	0,159	0,152	-	-	-
Ventana 1 (primera)	0,95	0,47	0,209	0,159	0,152	-	-	-
Ventana 1 (sótano) (dir)	0,95	0,45	0,209	0,145	0,138	51	-	-
Ventana 1 (sótano) (izq)	0,95	0,45	0,209	0,145	0,138	11	-	-
Ventana 2	3,81	0,47	0,141	0,170	0,648	-	-	-
Ventana 3	2,88	0,47	0,139	0,170	0,490	-	-	-
Ventana 3	2,88	0,47	0,139	0,170	0,490	-	4	-
Ventana 4	3,28	0,45	0,112	0,159	0,523	-	4	-
Ventana 5	6,37	0,45	0,098	0,161	1,029	-	-	-
Ventana 6	3,81	0,45	0,125	0,158	0,600	-	-	-
Puerta 1	13,45	0,45	0,097	0,161	2,171	-	-	-
Puerta 2	3,28	0,45	0,144	0,155	0,508	-	-	-
Puerta 3	2,35	0,45	0,277	0,136	0,319	69	-	-
Puerta 6 (dir)	6,72	0,45	0,097	0,162	1,086	60	-	-
Puerta 6 (izq)	6,72	0,45	0,097	0,162	1,086	33	-	-
Sur								
Ventana 7	3,40	0,47	0,183	0,164	0,556	-	-	-
Ventana 7	3,40	0,47	0,183	0,164	0,556	-	-	-
Ventana 8	3,40	0,45	0,164	0,152	0,517	-	-	-
Ventana 8	3,40	0,45	0,164	0,152	0,517	-	-	-
Puerta 1	13,45	0,45	0,097	0,161	2,171	-	22	-
Puerta 3	2,35	0,45	0,277	0,136	0,319	-	3	-
Puerta 4	6,90	0,45	0,087	0,163	1,124	7	-	-
Puerta 5	13,93	0,45	0,096	0,162	2,253	28	-	-
Este								
Ventana 6 (sótano)	3,81	0,45	0,125	0,158	0,600	-	-	-
Ventana 9	5,75	0,47	0,116	0,174	1,002	-	-	-
Ventana 10	1,90	0,47	0,139	0,170	0,325	-	-	-
Ventana 10	1,90	0,47	0,139	0,170	0,325	-	-	-
Puerta 6 (esq)	6,72	0,45	0,097	0,162	1,086	10	-	-
Puerta 6 (med)	6,72	0,45	0,097	0,162	1,086	29	-	-
Puerta 6 (dir)	6,72	0,45	0,097	0,162	1,086	44	-	-
Puerta 7 (baja)	10,08	0,45	0,097	0,162	1,629	12	-	-
Puerta 7 (sótano)	10,08	0,45	0,097	0,162	1,629	-	6	-
Puerta 8	2,88	0,45	0,149	0,154	0,443	-	-	-
Oeste								
Ventana 1 (primera) (esq)	0,95	0,47	0,209	0,159	0,152	19	-	-
Ventana 1 (primera) (dir)	0,95	0,47	0,209	0,159	0,152	54	-	-
Ventana 6 (primera)	3,81	0,47	0,125	0,173	0,658	72	-	-
Ventana 6 (primera)	3,81	0,45	0,125	0,165	0,630	-	-	-
Ventana 11	6,35	0,45	0,132	0,157	0,993	63	-	-
Ventana 12 (primera)	4,04	0,47	0,092	0,178	0,720	-	17	-
Ventana 12 (baja)	4,04	0,45	0,092	0,162	0,656	-	17	-
Ventana 13	1,17	0,92	0,284	0,275	0,323	-	-	78
Ventana 13	1,17	0,92	0,284	0,275	0,323	-	-	78

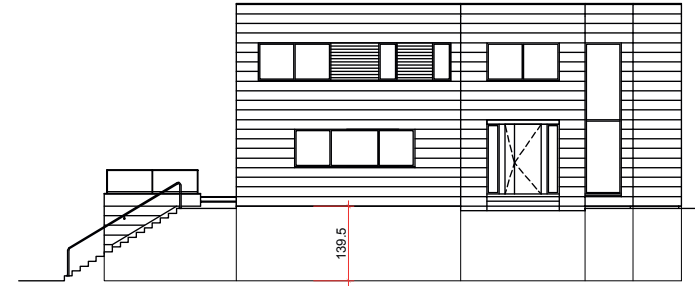
Voladizo_Ventana 13

D	0,00
H	2,61
L	1,31
L/H	0,50
D/H	0,00

	Factor solar modificado medio FHm
Fachada Norte	-
Fachada Sur	0,160
Fachada Este	0,163
Fachada Oeste	0,175

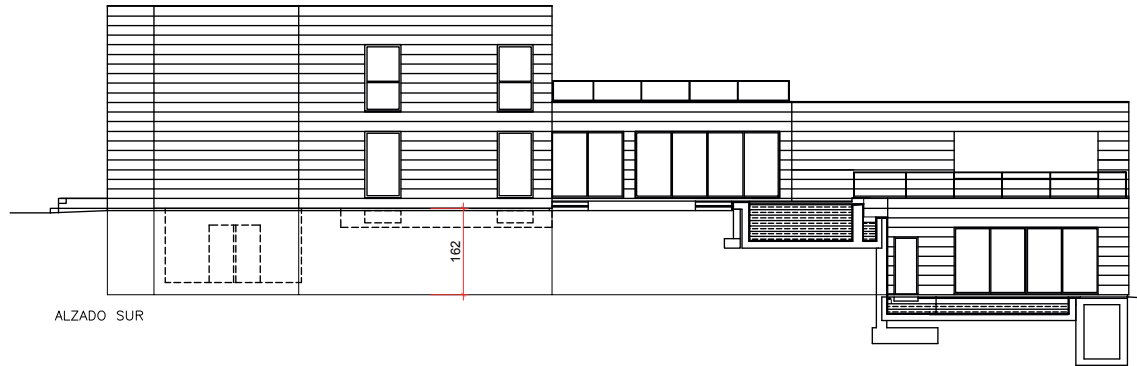
Apêndice B - Determinações auxiliares para avaliação do desempenho energético da moradia

Muro enterrado T1



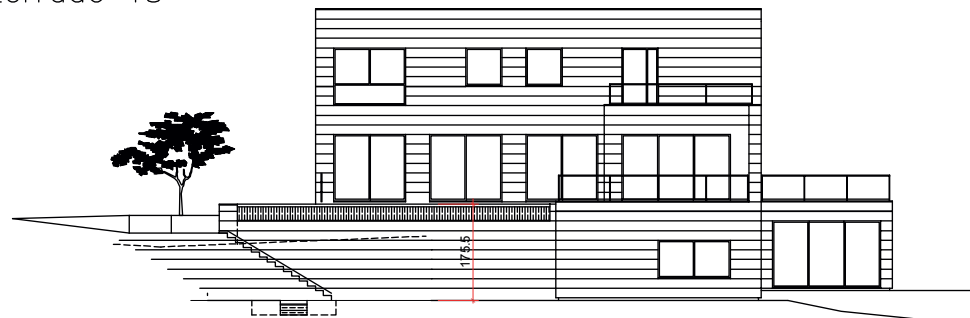
ALZADO OESTE

Muro enterrado T2



ALZADO SUR

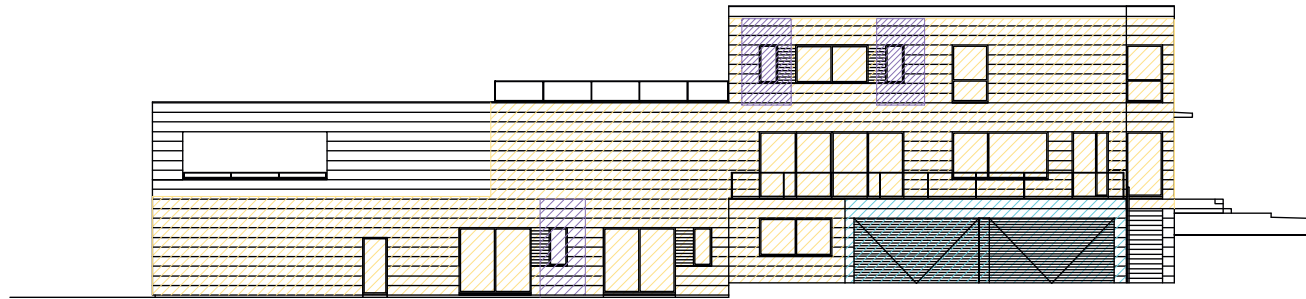
Muro enterrado T3



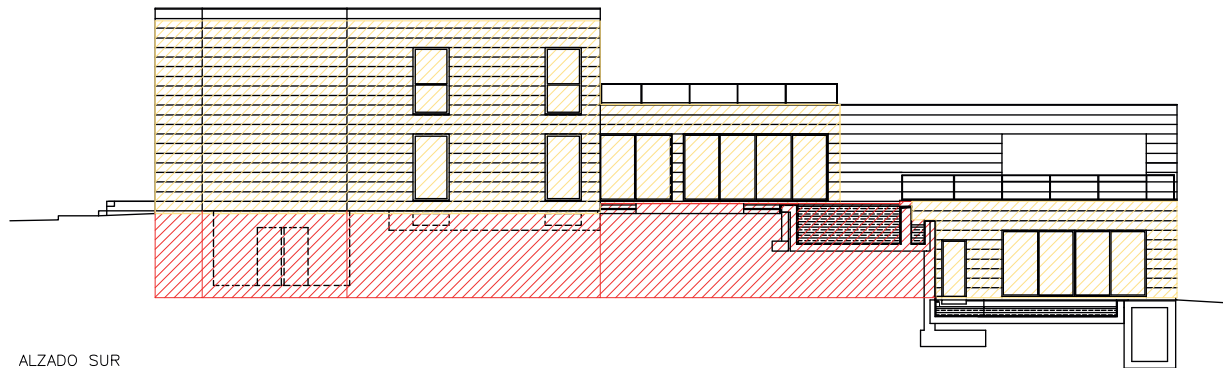
ALZADO ESTE

Fairbanks Arquitectos

Ubicación Alcobendas, Madrid España	Proyecto Chale Proyecto de ejecución Busca Investigación Intervención	Escalas <input type="checkbox"/> 1/100 <input checked="" type="checkbox"/> 1/200 <input type="checkbox"/> 1/500	Medición de los muros enterrados Bruce S. Fairbanks	Numero 02
---	---	--	--	---------------------



ALZADO NORTE

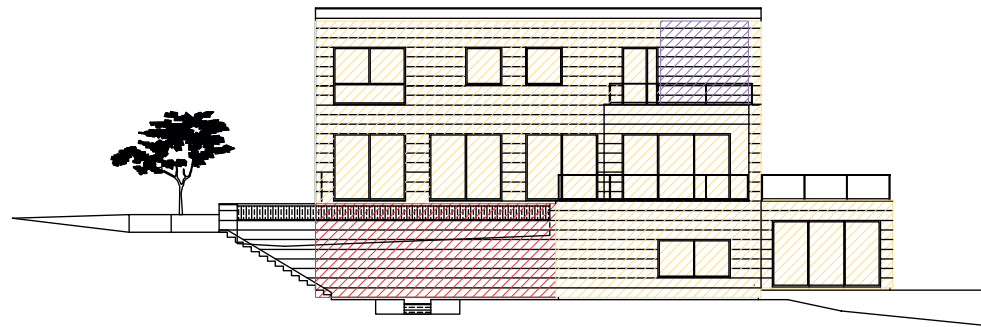


ALZADO SUR

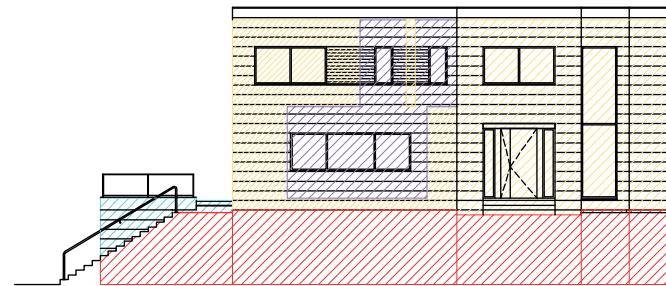
- Muro Exterior-Interior
- Muro Exterior-Cocina/Baños
- Muro Exterior-No habitable
- Muro enterrado

Fairbanks Arquitectos

Ubicación Alcobendas, Madrid España	Proyecto Chale Proyecto de ejecución Busca Investigación Intervención	Escalas <input type="checkbox"/> 1/100 <input checked="" type="checkbox"/> 1/200 <input type="checkbox"/> 1/500	Definición de áreas: norte y sur Bruce S. Fairbanks	Numero <div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">03</div>
---	---	--	--	--



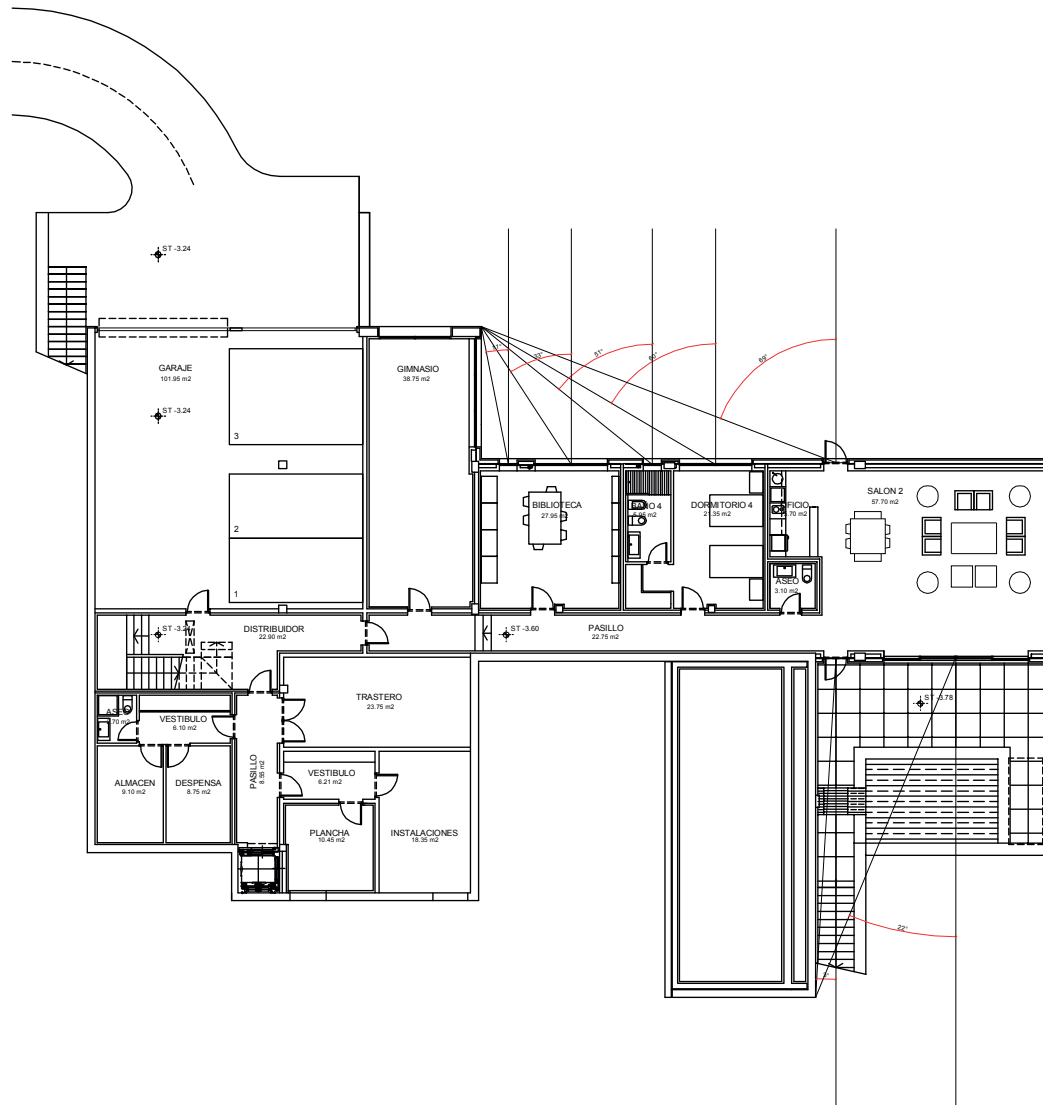
ALZADO ESTE



ALZADO OESTE

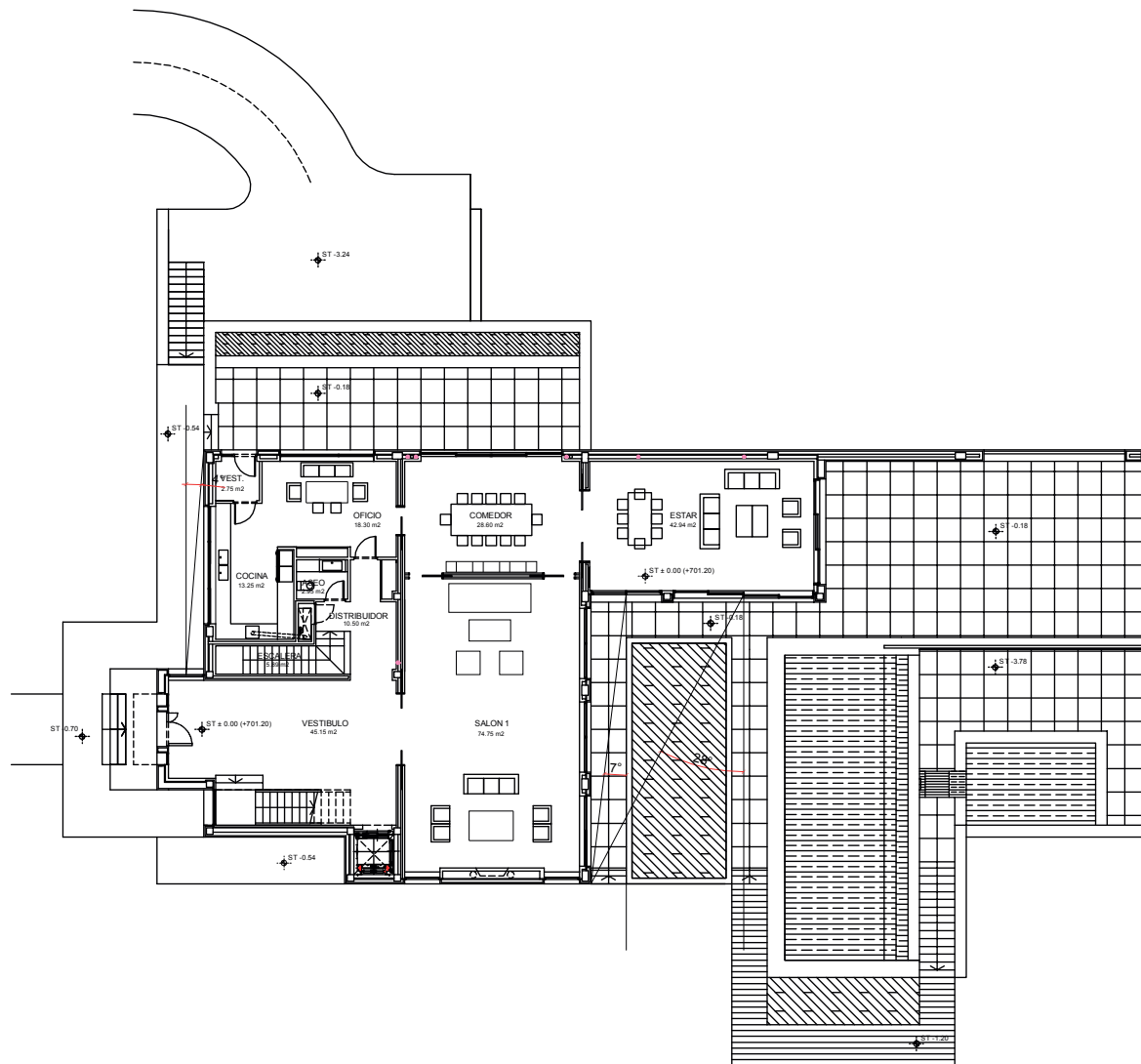
- Muro Exterior-Interior
- Muro Exterior-Cocina/Baños
- Muro Exterior-No habitable
- Muro enterrado

Ubicación Alcobendas, Madrid España	Proyecto Chale Proyecto de ejecución Busca Investigación Intervención	Escalas <input type="checkbox"/> 1/100 <input checked="" type="checkbox"/> 1/200 <input type="checkbox"/> 1/500	Definición de áreas: este y oeste Bruce S. Fairbanks	Numero 04
---	---	--	---	-------------------------



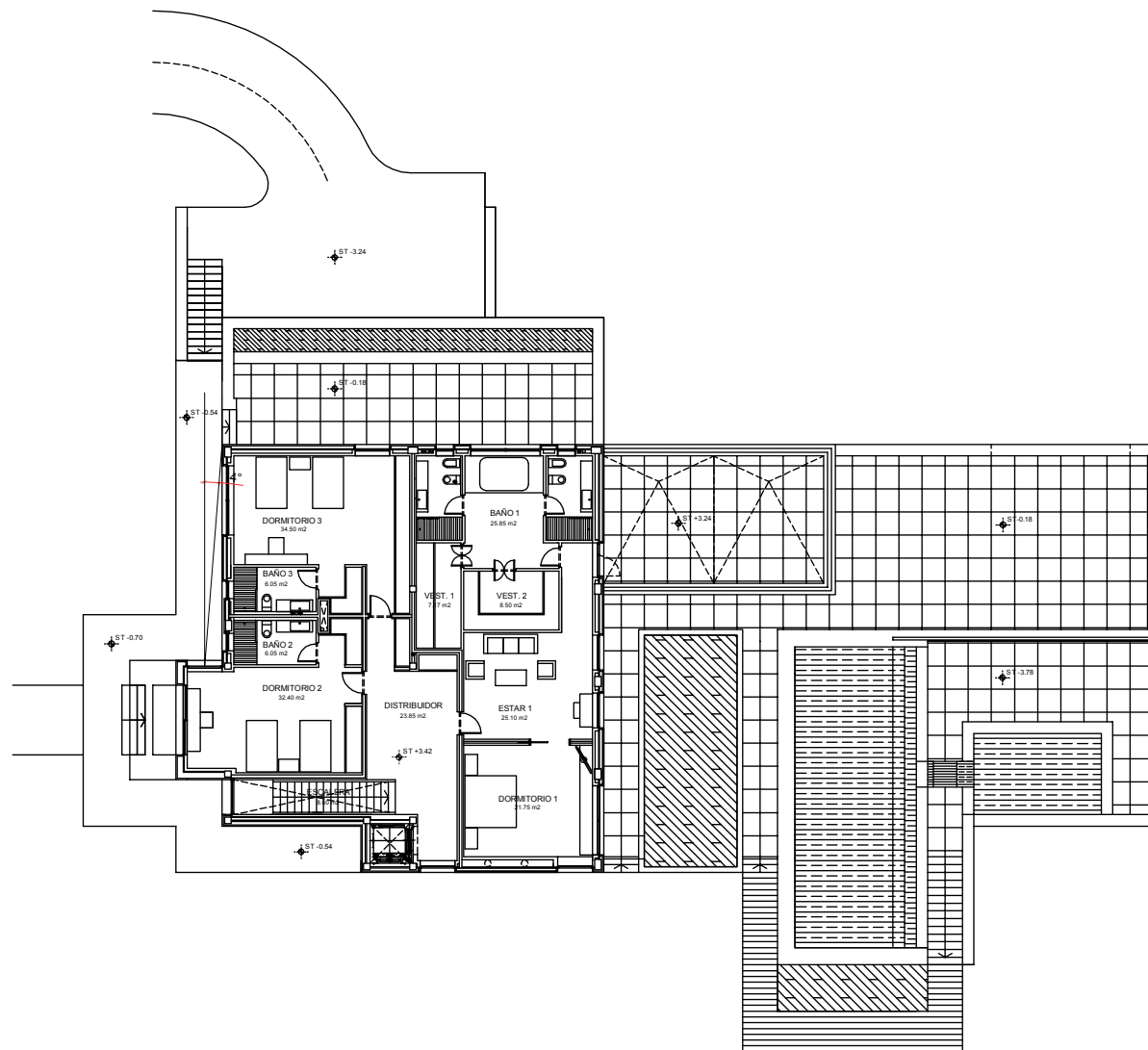
Fairbanks Arquitectos

Ubicación Alcobendas, Madrid España	Proyecto Chale Proyecto de ejecución Busca Investigación Intervención	Escalas <input type="checkbox"/> 1/100 <input checked="" type="checkbox"/> 1/200 <input type="checkbox"/> 1/500	Ángulos de incidencia de la radiación solar Planta Semisótano/Baja: norte y sur Bruce S. Fairbanks	Numero 05
---	---	--	--	---------------------



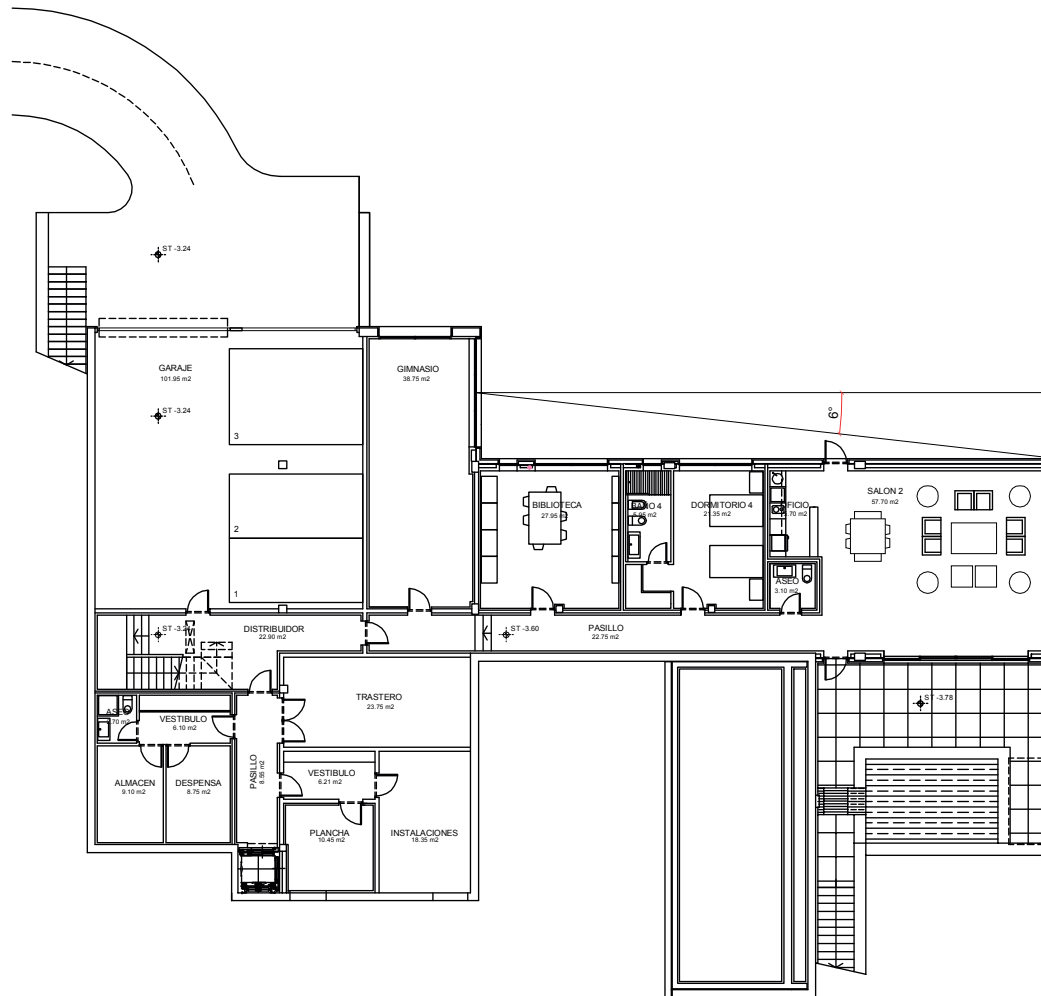
Fairbanks Arquitectos

Ubicación Alcobendas, Madrid España	Proyecto Chalé Proyecto de ejecución Busca Investigación Intervención	Escalas <input type="checkbox"/> 1/100 <input checked="" type="checkbox"/> 1/200 <input type="checkbox"/> 1/500	Ángulos de incidencia de la radiación solar Planta Baja: norte y sur Bruce S. Fairbanks	Numero 06 2015
---	---	--	---	-----------------------------



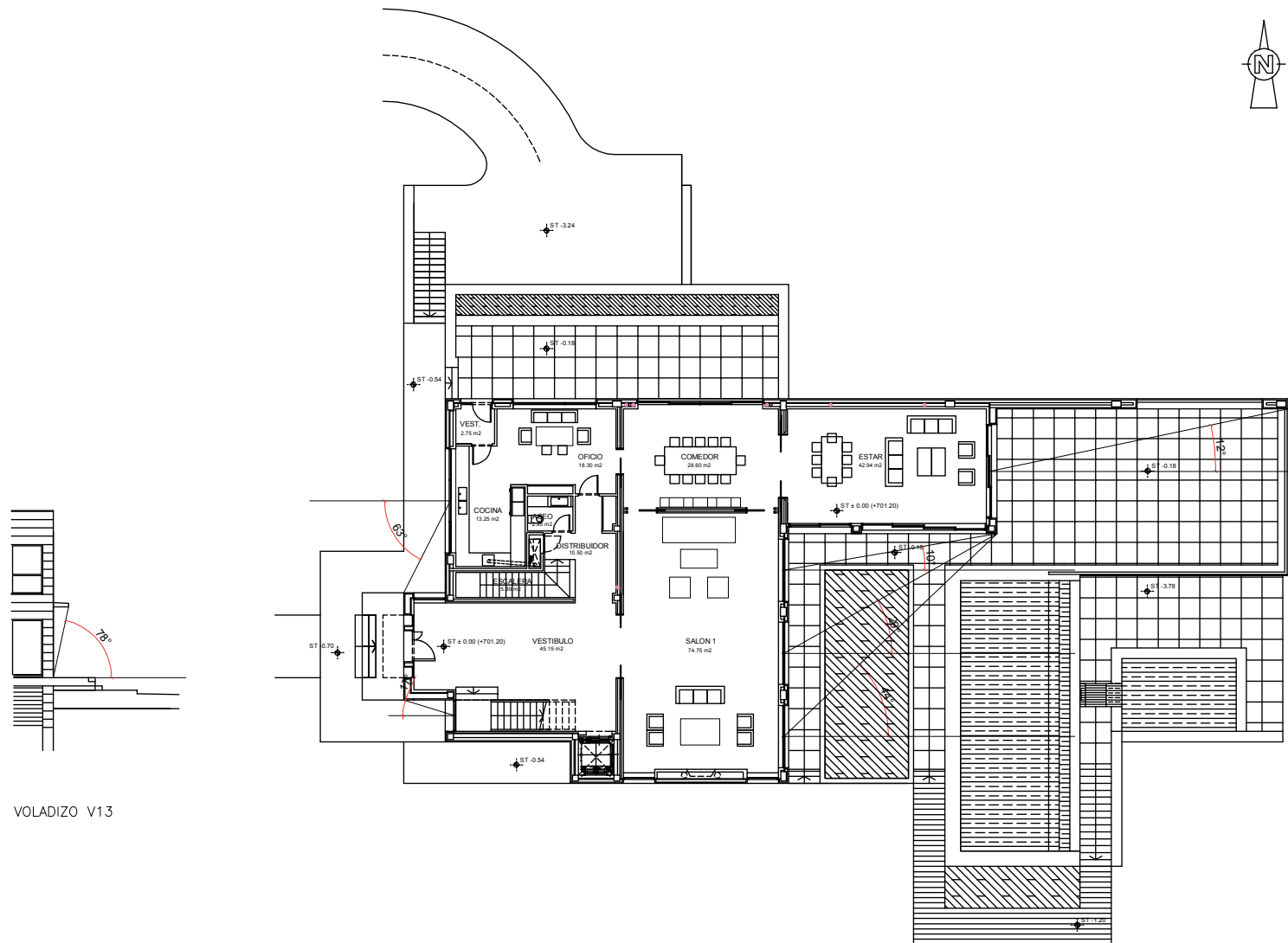
Fairbanks Arquitectos

Ubicación Alcobendas, Madrid España	Proyecto Chale Proyecto de ejecución Busca Investigación Intervención	Escalas <input type="checkbox"/> 1/100 <input checked="" type="checkbox"/> 1/200 <input type="checkbox"/> 1/500	Ángulos de incidencia de la radiación solar Planta Primera: norte y sur Bruce S. Fairbanks	Numero 07
---	---	--	--	---------------------



Fairbanks Arquitectos

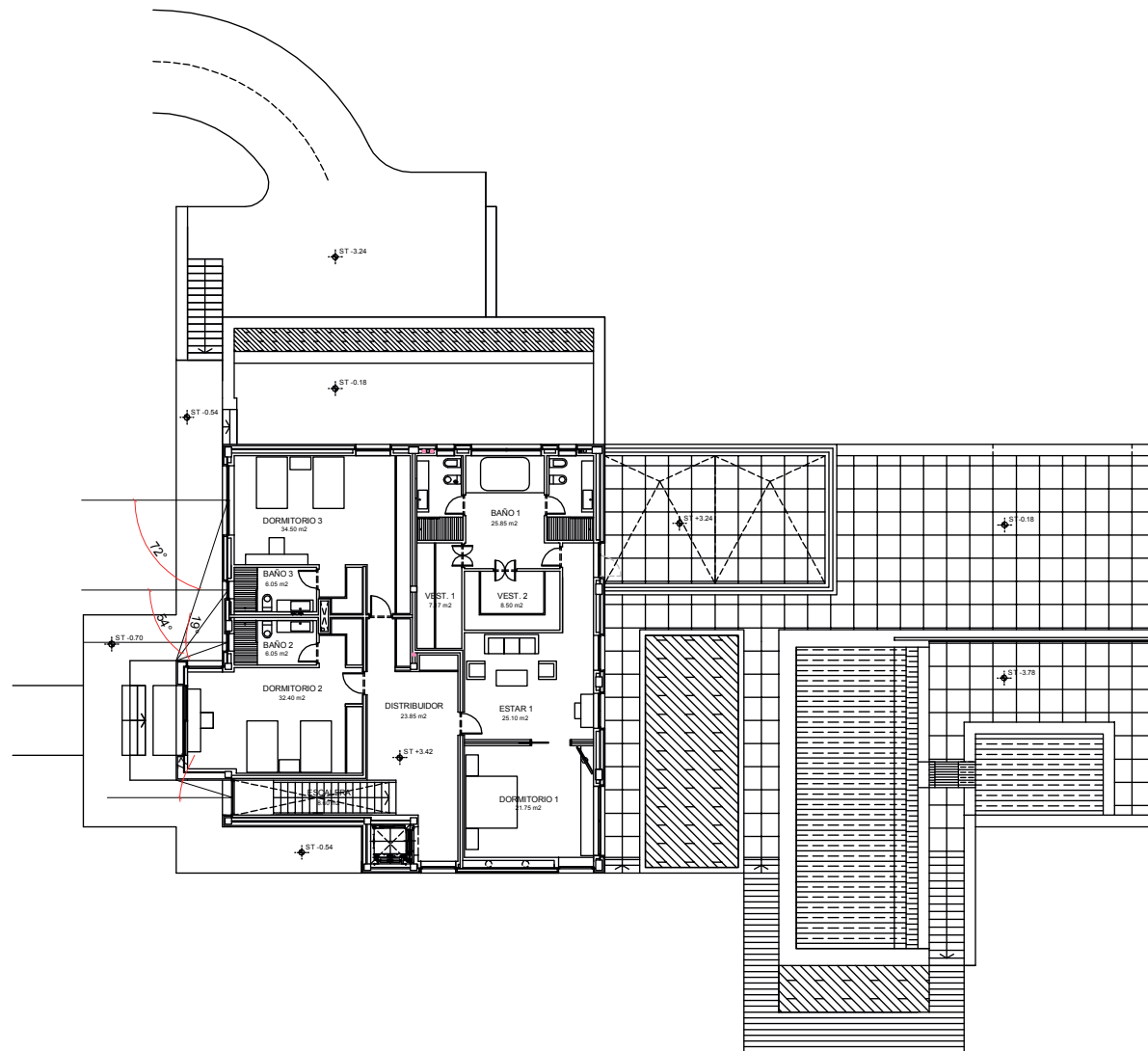
Ubicación Alcobendas, Madrid España	Proyecto Chale Proyecto de ejecución Busca Investigación Intervención	Escalas <input type="checkbox"/> 1/100 <input checked="" type="checkbox"/> 1/200 <input type="checkbox"/> 1/500	Ángulos de incidencia de la radiación solar Planta Semisótano/Baja: este y oeste Bruce S. Fairbanks	Numero 08
---	---	--	---	---------------------



VOLADIZO V13

Fairbanks Arquitectos

Ubicación Alcobendas, Madrid España	Proyecto Chalé Proyecto de ejecución Busca Investigación Intervención	Escalas <input type="checkbox"/> 1/100 <input checked="" type="checkbox"/> 1/200 <input type="checkbox"/> 1/500	Ángulos de incidencia de la radiación solar Planta Baja: este y oeste Bruce S. Fairbanks	Numero 09 2015
---	---	--	--	-----------------------------



Fairbanks Arquitectos

Ubicación Alcobendas, Madrid España	Proyecto Chale Proyecto de ejecución Busca Investigación Intervención	Escalas <input type="checkbox"/> 1/100 <input checked="" type="checkbox"/> 1/200 <input type="checkbox"/> 1/500	Ángulos de incidencia de la radiación solar Planta Primera: este y oeste Bruce S. Fairbanks	Numero 10
---	---	--	---	---------------------

Apêndice C - Preenchimento de dados no Ce2

Tabela C.1 - Parâmetros característicos da envolvente

D1.-DATOS RELATIVOS AL DB-HE1 DEL CÓDIGO TECNICO DE LA EDIFICACIÓN																			
D1.1.-Características del edificio																			
S_u Superficie Útil m2	V Volumen m3	n° Plantas sobre rasante					Tipo Edificio												
848,01	2747,55	3					Unifamiliar												
						ZONA	D3												
						LATITUD	40,56												
						Situación	Peninsular												
D1.2.- Áreas y parámetros característicos de fachadas																			
Orientación fachada	A_M Área muros	U_{Mm} Transmitancia media muros(*)	$A_M \times U_{Mm}$	A_H Área huecos	U_{Hm} Transmitancia media huecos	$A_H \times U_{Hm}$	F_{Hm} Media ponderada Factor solar modificado												
	m2	W/m2-K	W/K	m2	W/m2-K	W/K													
Norte	189,59	0,35	66,36	59,35	1,7	100,90	--												
Este	101,66	0,33	33,55	56,58	1,69	95,62	0,163												
Oeste	97,98	0,35	34,29	26,3	1,38	36,29	0,175												
Sur	136	0,35	47,60	50,24	1,71	85,91	0,16												
Sureste																			
Suroeste																			
(*) Debe incluir impacto Puentes Térmicos integrados																			
<table border="1"> <tr> <th>A_{TM} Área total muros</th> <th>$\Sigma A_M \times U_{Mm}$</th> </tr> <tr> <td>m2</td> <td>W/K</td> </tr> <tr> <td>525,23</td> <td>181,80</td> </tr> </table>		A_{TM} Área total muros	$\Sigma A_M \times U_{Mm}$	m2	W/K	525,23	181,80	<table border="1"> <tr> <th>A_{TH} Área total huecos</th> <th>$\Sigma A_H \times U_{Hm}$</th> </tr> <tr> <td>m2</td> <td>W/K</td> </tr> <tr> <td>192,47</td> <td>318,72</td> </tr> </table>		A_{TH} Área total huecos	$\Sigma A_H \times U_{Hm}$	m2	W/K	192,47	318,72				
A_{TM} Área total muros	$\Sigma A_M \times U_{Mm}$																		
m2	W/K																		
525,23	181,80																		
A_{TH} Área total huecos	$\Sigma A_H \times U_{Hm}$																		
m2	W/K																		
192,47	318,72																		
<table border="1"> <tr> <th>$U_{Mm} = \Sigma A_M \times U_{Mm} / A_{TM}$ Transmitancia media muros</th> <th>$U_{Hm} = \Sigma A_H \times U_{Hm} / A_{TH}$ Transmitancia media huecos</th> </tr> <tr> <td>W/m2-K</td> <td>W/m2-K</td> </tr> <tr> <td>0,35</td> <td>1,66</td> </tr> </table>			$U_{Mm} = \Sigma A_M \times U_{Mm} / A_{TM}$ Transmitancia media muros	$U_{Hm} = \Sigma A_H \times U_{Hm} / A_{TH}$ Transmitancia media huecos	W/m2-K	W/m2-K	0,35	1,66											
$U_{Mm} = \Sigma A_M \times U_{Mm} / A_{TM}$ Transmitancia media muros	$U_{Hm} = \Sigma A_H \times U_{Hm} / A_{TH}$ Transmitancia media huecos																		
W/m2-K	W/m2-K																		
0,35	1,66																		
D1.3.- Áreas y parámetros característicos de suelos y cubiertas (incluidos lucernarios) y cerramientos en contacto con el terreno																			
Suelos		Cubiertas		Cerramiento en contacto con el terreno															
A_{TS} Área total	U_{Sm} Transmitancia media (*)	A_{TC} Área total	U_{Cm} Transmitancia media (*)	A_{CT} Área total	U_{Tm} Transmitancia media														
m2	W/m2-K	m2	W/m2-K	m2	W/m2-K														
537,23	0,08	423,77	0,1	183,62	0,31														
(*) Debe incluir impacto PT integrados			(*) Debe incluir impacto Puentes Térmicos integrados y lucernarios																

Tabela C.2 - Fração de utilização de energia renováveis para AQS e caudal de ventilação

D2.-DATOS RELATIVOS AL DB-HE4 DEL CÓDIGO TECNICO DE LA EDIFICACIÓN	
D2.1 Fracción de la demanda de ACS cubierta por energías renovables para el cumplimiento del DB HE4	
Es el valor alcanzado en el proyecto no tiene porque coincidir exactamente con el valor limite exigido	
50	En %
D3.-DATOS RELATIVOS AL DB-HS3 DEL CÓDIGO TECNICO DE LA EDIFICACIÓN	
D3.1 Caudal de ventilación del total del edificio para el cumplimiento del DB HS3.	
593	En litros/segundo
Renov/h= 0,78	

Tabela C.3 - Equipamentos para climatização e AQS

D4.-DATOS RELATIVOS A LAS INSTALACIONES			
D4.1 Instalación de Calefacción			
Grado de centralización:	Vivienda		
Equipo principal	Caldera mixta Standard	Combustible	GLP
Rendimiento o COP nominal	1,04	m2 calefactado de la superficie útil	687,2
Equipo secundario		Combustible	
Rendimiento o COP nominal		m2 calefactado de la superficie útil	
D4.2 Instalación de Refrigeración			
Grado de centralización:			
Equipo principal	Centralizados vivienda		
EER nominal	45	m2 refrigerado de la superficie útil	687,2
Equipo secundario			
EER nominal		m2 refrigerado de la superficie útil	
D4.3 Instalación de Agua Caliente Sanitaria			
Grado de centralización:	Vivienda		
Equipo de producción	Caldera mixta Standard	Combustible	GLP
Rendimiento o COP nominal	1,04		

Tabela C.4 - Captação solar dos vãos envidraçados

D5.-DATOS RELATIVOS A LA CAPTACIÓN SOLAR DE LOS HUECOS

D5.1 Tabla de justificación del cumplimiento de condiciones de captación solar. Sur

		Condición 1	Condición 2	Factor Corrección					
		β_0	β_1	K					
LATITUD	> 41°	< 22°	> 65°	0,73					
	38° ≤ L ≤ 41°	< 23°	> 60°	0,78					
	< 38°	< 25°	> 60°	0,84					
Huecos a Sur	A_H				Área de huecos que cumplen las tres condiciones (en m²)	Altura Hueco	Altura Capialzado	Vuelo o Retranqueo	
Descripción	Área huecos (m²)	Sección	Planta	Sección	FC = 1+ H/h -K·L/h	h	H	L	K
Puerta 1	13,45	Si	No	1,00		2,49	0,27		0,78
Puerta 3	2,35	Si	No	1,00		2,61	0,27		0,78
Puerta 4	6,9	Si	No	1,00		2,58	0,27		0,78
Puerta 5	13,93	Si	No	1,00		2,58	0,27		0,78
									0,78
									0,78
									0,78
A_{HCS} , Área de huecos captadores Sur									0,78

D5.2 Tabla de justificación del cumplimiento de condiciones de captación solar. Sur-Este

		Condición 1	Condición 2	Factor Corrección					
		β_0	β_1	K					
LATITUD	> 41°	< 10°	> 65°	0,73					
	38° ≤ L ≤ 41°	< 12°	> 60°	0,78					
	< 38°	< 15°	> 60°	0,84					
Huecos a SE	A_H				Área de huecos que cumplen las tres condiciones (en m²)	Altura Hueco	Altura Capialzado	Vuelo Retranqueo	
Descripción	Área huecos (m²)	Sección	Planta	Sección	FC = 1+ H/h -K·L/h	h	H	L	K
Puerta 6 esq	6,72	Si	No	1,00		2,49	0,27		0,78
Puerta 6 med	6,72	Si	No	1,00		2,49	0,27		0,78
Puerta 6 dir	6,72	Si	No	1,00		2,49	0,27		0,78
Puerta 7 baj	10,08	Si	No	1,00		2,49	0,27		0,78
Puerta 7 sót	10,08	Si	No	1,00		2,49	0,27		0,78
									0,78
									0,78
$A_{HCS/SE}$, Área de huecos captadores SurEste									0,78

D5.3 Tabla de justificación del cumplimiento de condiciones de captación solar.Sur-Oeste

		Condición 1	Condición 2	Factor Corrección					
		β_0	β_1	K					
LATITUD	> 41°	< 10°	> 65°	0,73					
	38° ≤ L ≤ 41°	< 12°	> 60°	0,78					
	< 38°	< 15°	> 60°	0,84					
Huecos a SO	A_H				Área de huecos que cumplen las tres condiciones (en m²)	Altura Hueco	Altura Capialzado	Vuelo Retranqueo	
Descripción	Área huecos (m²)	Sección	Planta	Sección	FC = 1+ H/h -K·L/h	h	H	L	K
Ventana 1 (x2)	1,9	Si	No	1,00		1,41	0,27		0,78
Ventana 6	0,95	Si	Si	1,00	0,95	1,41	0,27		0,78
Ventana 11	6,35	Si	Si	1,00	6,35	1,41	0,27		0,78
Ventana 12 baja	4,04	Si	No	1,00		3	0,27		0,78
Ventana 12 pri	4,04	Si	No	1,00		3	0,27		0,78
Ventana 13	1,17	Si	No	0,71		2,61	0,27	1,31	0,78
Ventana 13	1,17	Si	No	0,71		2,61	0,27	1,31	0,78
$A_{HCS/SO}$, Área de huecos captadores SurOeste					7,30				

Apêndice D - Preenchimento de dados no CERMA

Provincia: MADRID Ciudad: Alcobendas Municipio: Alcobendas a.s.n.m (m): 667 Latitud(°): 40,53 Zona climática: D3 Temperatura: Radiación: IV

Mapa España Sombras Entorno

Posición Sol

Figura D.1 - Localização

Tipo de edificio: Viviendas Unifamiliares

Generales
 Volumen total (m3): 2136,9
 Suelo habitable (m2): 848,0

Clase de higrometría: 3 (55%) 4 (62%) 5 (70%)

Ayuda cálculo nº de renovaciones (CTE-HS3)

Tipo A

nº dormitorios dobles (>8* m2): 1
 nº dormitorios sencillo (>6* m2): 3
 nº de estar-comedor (>16* m2): 5
 nº de cuartos de baño: 7
 Superficie cocina * (m2): 13,3
*Superficie recintos sin incluir espacio para almacenamiento

nº renovaciones: 0,22
 Aceptar

nº renov/hora finales (utilizado por el programa): 1,00

Puentes térmicos
 Puentes térmicos del edificio - características constructivas

Tipo de encuentro con frente de forjado: Frente de forjado no aislado Frente de forjado aislado Aislamiento continuo

Puentes térmicos pilares: Pilar no aislado Pilar aislado por el exterior Pilar aislado por el interior Sin pilares

Tipo de encuentro con jambas de ventanas: Sin aislamiento en fachada (Termoarcilla) Cerramiento cte. hasta la línea de jamba Cerr. conforma la jamba al doblar la hoja exterior

Puentes térmicos del edificio - fijar valores
 Puentes térmicos del edificio - valores por defecto de LIDER
 Espesor de cada forjado (entre 0,1 m y 0,5 m): 0,50

Valores de puentes térmicos asumidos

Pilares (m)
 Longitud (m): Estimados Facilitados
 Anchura: 0,40 (m)

Figura D.2 - Características construtivas globais

Valores máximos (CTE-HE1)

Ext. Tipo 1		Exterior Tipo 2	
U (W/m2K)	0,26	U (W/m2K)	0,26
No definido		No definido	
Area total (m2)	Area fuera 1º plano (m2)	Area total (m2)	Area fuera 1º plano (m2)
N... 163,6		N... 15,1	
O... 72,7	0,0	O... 20,3	0,0
SO 0,0	0,0	SO 0,0	0,0
S... 136,0	0,0	S... 0,0	0,0
SE 0,0	0,0	SE 0,0	0,0
E... 91,4	0,0	E... 10,3	0,0

Cálculo U

Otros muros Tipo 1

Local/no hab.	Local no hab./Ext.	Nivel estanquidad		Orientación
Area total (m2)	Area total (m2)	U (W/m2K)	U (W/m2K)	
A local no hab. 0,0	15,4	0,00	0,26	Note
No definido	No definido			
En contacto con el terreno.....	0,0	0,00	Profundidad 1,0 m	No definido
Medianera/adiab....	0,0	1,00	No definido	
Particiones interiores (Viv.) con zonas comunes no calefactadas	0,43	No definido		

Otros muros Tipo 2

Local/no hab.	Local no hab./Ext.	Nivel estanquidad		Orientación
Area total (m2)	Area total (m2)	U (W/m2K)	U (W/m2K)	
A local no hab. 0,0	152,3	0,00	0,30	SurDeste
No definido	No definido			
En contacto con el terreno.....	183,6	0,31	Profundidad 3,2 m	No definido
Medianera/adiab....	0,0	1,00	No definido	
Particiones interiores (Viv.) con zonas comunes no calefactadas	0,00	No definido		

Figura D.3 - Datos referentes às paredes

Valores máximos (CTE-HE1)

Exterior Horiz Tipo 1		Exterior Horiz Tipo 2		Exterior Horiz Tipo 3	
U (W/m2K)	0,20	U (W/m2K)	0,20	U (W/m2K)	0,45
No definido		No definido		No definido	
Area m2 total	Area m2 Sombra	Area m2 total	Area m2 Sombra	Area m2 total	Area m2 Sombra
Horizontal..... 194,3	0,0	Horizontal..... 213,2	0,0	Horizontal..... 16,3	0,0

Cálculo U

Exterior Incl.1

U (W/m2K)	Area m2 total	Area m2 Sombra
0,00	0,0	0,0
Inclinadas		
N 0,0	0,0	0,0
O 0,0	0,0	0,0
SO 0,0	0,0	0,0
S 0,0	0,0	0,0
SE 0,0	0,0	0,0
E 0,0	0,0	0,0

Otras Cubiertas Tipo 1

Local/Buhardilla	Buhardilla/Exterior	Nivel estanquidad	
Area (m2)	Area (m2)	U (W/m2K)	U (W/m2K)
Cubierta / Espacio no habitable 0,0	0,0	0,00	0,00
No definido	No definido		
Cubierta enterrada.....	0,0	0,00	No definido
Cubierta adiabática	0,0	1,00	No definido
Particiones interiores (Viv.) con zonas comunes no calefactadas	0,00	No definido	

Figura D.4 - Datos sobre as coberturas

ACS Global Demanda ACS <input type="text" value="763"/> litros/día , aporte solar mínimo según CTE <input type="text" value="60"/> (%) Temp. media agua red <input type="text" value="13,6"/> (°C) , aporte solar de la instalación <input type="text" value="50"/> (%)		Generales Suelo habitable <input type="text" value="848,00"/> (m2)	
Servicio Nombre: <input type="text" value="Refrigeración"/> Tipo de servicio: <input type="radio"/> Calefacción + Refrigeración <input type="radio"/> ACS <input checked="" type="radio"/> Refrigeración <input type="radio"/> ACS + Calefacción <input type="radio"/> Calefacción		Suelo acondicionado por servicio (m2) (con equipos) en refrigeración <input type="text" value="687,20"/>	
Equipos de Refrigeración Nº equipos <input type="text" value="1"/> <input type="radio"/> Unizona. Equipo con Rend. estacional conocido <input type="radio"/> Compresión unizona. <input checked="" type="radio"/> Compresión multizona conductos Datos de cada equipo sólo frío: Pot. total refrigeración nominal (kW) <input type="text" value="45,00"/> Pot. sensible refrigeración nominal (kW) <input type="text" value="13,11"/> Pot. eléctrica nominal consumida (kW) <input type="text" value="13,11"/> <input type="radio"/> Compresión multizona Exp. Directa		Sistemas Edificio ACS+Calef 687,20/687,20/-- 1 Cal.conven, 45,00 kW GLP 90% Refrigeración --/--/687,20/ 1 Exp.Directa. Solo Frio 45/13,11/13,11 kW	
		Servicios Equipos <input type="button" value="↶"/> <input type="button" value="↷"/>	

Figura D.7 - Dados referentes aos equipamentos de climatização e AQS

Apêndice E - Tabela resumo dos guias de edificação e reabilitação ambientalmente sustentáveis

N.º	Área de actuación	Requisitos	Ejemplos/Alternativas	Aplicable	Aplicada	Puntuación Máxima
001	Uso del suelo	Calificación inicial del suelo en el que se ubicará el edificio industrial				5
002	Aguas Grises	Cuando se justifique el diseño de balsas de decantación, filtros u otros dispositivos que permitan la separación de aceites u otros sólidos en suspensión				2
	Ecosistemas					1
003	Ecosistemas	Estudio de la vegetación y flora existentes en el área antes del inicio del proyecto y tras el proyecto y mantener al menos el 50% de los árboles que se encuentran sanos y en buen estado antes de la obra		Sí		2
004	Transporte	Industria ligera, cuando el edificio se encuentre a una distancia máxima de 2km de un centro urbano que cuente con una población mínima de 8000 habitantes		No		3
005	Transporte	Ubicación cerca de los transportes públicos		No		4
006	Uso del suelo	Disposición de vías de acceso peatonales y para ciclistas, con las correspondientes medidas de seguridad y de confort para minimizar accidentes y fomentar el caminar y uso de la bicicletas; zonas de aparcamiento para bicicletas; vestuarios con duchas para los usuarios del polígono		Sí		2
	Transporte					3
007	Atmósfera	Adoptar medidas encaminadas a reducir los impactos causados por la actividad industrial en su entorno		Sí		3
	Ecosistemas					3
008	Atmósfera	Incorporación de un producto fijador de CO2 y de Nox u otras sustancias contaminantes		Sí		4
009	Residuos	Estudio de viabilidad de la instalación de un centro de transferencia de residuos, instalación de un centro de transferencia o un emplazamiento para el almacenamiento de residuos y instalación un compactador de residuos		Sí		5
	Transporte					2
010	Ecosistemas	No utilizar metales pesados en los cerramientos y conducciones que quedan vistas en el exterior		Sí		4
011	Agua Potable	Reemplace de >30% de las aguas pluviales para uso sanitarios, recuperación de las aguas pluviales para riego de espacios verdes o limpieza de vehículos, o para limpieza de vales y otros usos similares	Reutilizar las aguas pluviales como el riego de espacios verdes, lavado de vehículos y otros usos del agua del edificio	Sí		4
	Aguas Grises					5
012	Energía	Los valores máximos de iluminancia media de las instalaciones en zonas exteriores no superan más de un 15% de los niveles medios establecidos por la ITC-EA-02; Más del 75% de las luminarias disponen de abastecimiento por energías renovables; No existe iluminación ornamental exterior para destacar las características arquitectónicas especiales del edificio o proporcionar una iluminación exterior del edificio, de los aparcamientos y/o de los jardines que sobrepase los niveles de seguridad; El diseño de los elementos evita la contaminación lumínica ascendente		Sí		3
	Atmósfera					5
013	Ecosistemas	80-100% en superficie de productos cerámicos con esmaltes sin metales pesados ni plomo		Sí		3
014	Energía	Estudio de sombras proyectadas sobre las superficies exteriores tomando como referencia la posición del equinoccio (21 de marzo) y al menos el 20% de la superficie pavimentada está sombreada; Diseño del entorno no favorece el calentamiento local en verano	Evitar superficies pavimentadas oscuras, colocación de elementos vegetales en zonas pavimentadas con aparcamientos, aceras, carriles bici, etc.			2
	Atmósfera					2
	Ecosistemas					2
015	Ecosistemas	Pavimentos permeables en al menos el 80% de las zonas peatonales/ciclistas ya pavimentos permeables en al menos el 80% de los aparcamientos y zonas de carga y descarga		Sí		4
016	Ecosistemas	Evitar colores vivos, formas sofisticadas que originan contrastes poco compatibles con el entorno y utilizar barreras naturales que ocultan parcial o totalmente el edificio		Sí		4
017	Ecosistemas	Un mínimo de un 85% de la vegetación plantada es autóctona y variada y empleo de criterio de xerojardinería, agrupación de especies con requisitos hídricos o fitosanitarios similares		Sí		2
018	Atmósfera	Plantar árboles en al menos el 50% de la superficie no construida de la parcela (árboles que no hubieran sido previamente eliminados)		Sí		4
019	Materiales	Reutilización de los materiales de la propia obra u otras cercanas (Capítulos: cimentación y estructura, cubiertas, cerramientos exteriores, divisiones interiores, carpinterías, pavimentos, instalaciones y equipamientos)		Sí		5
	Residuos					5
	Transporte					2
020	Uso del suelo	La superficie útil está distribuida equitativamente en un mínimo de dos plantas				4
021	Materiales	Disponer de espacio para ampliar el edificio, aportar flexibilidad a la estructura y cerramientos y la adopción de divisiones interiores fácilmente desmontables		Sí		3
	Energía					1
	Residuos					4
022	Energía	La actividad no genera calor y la compacidad del edificio $\geq 2,5$ o la actividad genera calor y la compacidad del edificio < 2		Sí		1
023	Energía	No se ha desviado la fachada principal (siempre y cuando exista una demanda de calefacción en invierno y la urbanización de la parcela lo permita) en más de +/- 18º de la orientación sur y se ha estudiado la distribución en planta en función de los usos, ocupación y ganancias solares		Sí		4
	Calidad Interior					3
024	Energía	Estudio de las necesidades de ventilación y la adopción/integración de ventilación natural		Sí		3
	Calidad Interior					3

025	Energía	Incorporación de un sistema de refrigeración pasiva por evaporación, por refrigeración nocturna, por masa térmica y por fachada o cubierta ventilada		Sí		3
	Calidad Interior					3
026	Energía	Contemplar una captación solar y almacenamiento por efecto invernadero y soluciones de precalentamiento del aire de renovación	Superficies transparentes o translúcidas			5
027	Energía	Se requiere almacenar calor para su uso a la tarde o noche por las características de productivas (horario y usos)		Sí		2
028	Energía	70-100% de superficie interior del edificio transitado de manera habitual que recibe iluminación natural		Sí		5
	Calidad Interior					4
029	Materiales	Aparcamientos exteriores en superficie	Aparcamiento dentro de los edificios, en planta baja, en cubierta o subterráneos	Sí		0,75
	Energía					0,8
	Residuos					0,75
	Uso del suelo					3
030	Calidad Interior	Entrega de un documento describiendo las medidas que han sido adoptadas para garantizar la seguridad y la no contaminación procedente de las zonas de almacenaje		Sí		2
	Ecosistemas					2
031	Materiales	Registros donde se garantiza que se han llevado a cabo las acciones planteadas de reducción del uso de embalajes en la fase de construcción		Sí		2
	Residuos					2
	Transporte					1
032	Materiales	Redacción de un libro del edificio con las prescripciones e informaciones		Sí		2
	Energía					3
	Agua Potable					3
	Atmósfera					2
	Calidad Interior					2
	Residuos					2
Transporte	2					
033	Materiales	Volumen de materiales naturales rápidamente renovables utilizados con respecto al total empleados en el edificio (Capítulos: estructura, cubiertas, cerramientos de fachada, carpinterías)		Sí		4
	Ecosistemas					2
034	Materiales	Utilización mayoritaria de productos prefabricados, industrializados o modulares (Capítulos: cubiertas y acabados de cubiertas, cerramientos de fachada, estructura y/o cimientos, particiones interiores, carpintería interior y exterior)		Sí		5
	Residuos					5
035	Materiales	Elegir las soluciones constructivas y materiales empleados según criterios de durabilidad y requerimientos de mantenimiento, considerando la vida útil del edificio		Sí		4
	Residuos					3
36	Materiales	Productos con etiquetado ambiental tipo I, tipo II o tipo III certificada por tercera parte (Capítulos: estructura, cubiertas, cerramientos exteriores, divisiones interiores, carpintería exterior y interior, mobiliario, instalaciones, revestimiento)				4
037	Materiales	Construcciones del edificio construidas mayoritariamente con materiales reciclados (Capítulos: estructura, cubiertas, cerramientos de fachada, divisiones interiores, pavimentos, carpinterías, instalaciones)		Sí		5
	Residuos					4
038	Materiales	Utilización mayoritaria de materiales o componentes reciclables (Capítulos: estructura, cubiertas, cerramientos de fachada, divisiones interiores, pavimentos, carpinterías, instalaciones)		Sí		4
	Residuos					3
039	Materiales	Utilización mayoritaria de materiales o componentes reciclables de baja energía embebida o bien sean locales o traídos desde un radio inferior de 100km (Capítulos: estructura, cubiertas, cerramientos de fachada, divisiones interiores, pavimentos, carpinterías, instalaciones)		Sí		4
	Transporte					4
040	Calidad Interior	Acabados de suelos lisos, poco porosos y fáciles de mantener y las luminarias están situadas en lugares accesibles (con empleo de escalones o escaleras de mano)		Sí		3
041	Calidad Interior	Mayoría de los recubrimientos utilizados sean en base acuosa o no tengan disolventes orgánicos		Sí		2
	Atmósfera					2
042	Materiales	<5% de tierra que ha sido necesario extraer fuera de la parcela sobre los movimientos totales de tierra a realizar		Sí		2
	Residuos					3
	Ecosistemas					4
043	Materiales	Coefficientes de seguridad aplicados en los cálculos estructurales no hayan aumentado en más de un 20% respecto a los que marca la normativa aplicable		Sí		4
044	Materiales	Madera utilizada es producida sosteniblemente y está tratada con productos que supongan un menor impacto ambiental (Capítulos: estructura, cubiertas, cerramientos de fachada, carpinterías)		Sí		3
	Residuos					1
	Transporte					1
045	Energía	Al menos un 60% de la superficie de cubierta vegetada o inundada		Sí		2
	Aguas Grises					4
	Atmósfera					4
046	Energía	La cubierta es ventilada y tiene una reflexión superior al 50%, en el caso de que la cubierta tenga menos de 50% de cubierta ajardinada o inundada		Sí		2
047	Energía	Identificar los periodos diarios y estacionales en los que se requieren sombra, considerando el tipo de edificio, su zonificación y los usos de las mismas y calcular las dimensiones o tipo de dispositivo necesario estudiando los ángulos de sombra de acuerdo con las necesidades		Sí		4
	Calidad Interior					2
048	Energía	Las juntas han sido ejecutadas de forma que se minimicen los puentes térmicos y la transmitancia del aislamiento exterior sea $\leq 0,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$		Sí		4
049	Energía	Diseñar la orientación de los portones evitando los vientos predominantes de la zona y separar la zona de carga y descarga de camiones del resto edificio y se dispone de entradas independientes para peatones		Sí		4
050	Calidad Interior	Adptar medidas constructivas para reducir el ruido al que están sometidos los trabajadores como es el caso de paneles que absorban el ruido generado en el interior		Sí		2

051	Energia	Las divisiones interiores se aíslen en función de las condiciones térmicas de las zonas que delimitan; se hayan minimizado las infiltraciones no deseadas entre los espacios, utilizando por ejemplo sistemas de cierre automático de puertas o láminas plásticas; se hayan evitado las infiltraciones no deseadas entre los espacios, mediante zonas de atemperización		Sí		4
052	Energia	Los sistemas de calefacción y refrigeración se encuentran sectorizados y zonificados y se dispone de sistemas individuales de control y regulación de las zonas y de los termostatos de la instalación de calefacción/refrigeración/climatización son programables		Sí		4
053	Energia	Sistemas de calefacción por sistemas de cogeneración y sistemas de refrigeración por bombas de calor de COP>4 o sistemas combinados de generación de calor y frío por sistemas de cogeneración		Sí		10
	Atmósfera					5
054	Atmósfera	Utilización de tableros de aglomerado de clase E1		Sí		3
	Calidad Interior					4
055	Ecosistemas	80-100% en peso de pintura sin minio ni sustancias crómicas		Sí		3
056	Energia	>50% de mejora sobre el porcentaje de recuperación de calor/frío del aire de ventilación en las zonas de oficinas y en las áreas de trabajo donde el RITE sea de aplicación a las instalaciones térmicas no productivas o ≥80% de aire de ventilación con recuperación en las áreas de trabajo donde el RITE no sea de aplicación a las instalaciones térmicas no productivas		Sí		4
057	Atmósfera	Los fluidos refrigerantes de los sistemas de aire acondicionado tengan un potencial de calentamiento inferior a 5GWP para un período de 100 años		Sí		5
058	Energia	Zonificar las distintas zonas de trabajo del edificio en función de las ganancias solares y realizar un estudio previo que permite adaptar la iluminación de cada zona a las necesidades de la actividad y a los usos de la misma		Sí		4
059	Energia	Establecer sistemas de gestión y control para zonas de paso, sensores de movimiento para controlar la iluminación en zonas de trabajo no habituales y un sistema automático de regulación de la luz artificial inferior en función de la cantidad de luz natural incidente	Horarios de uso, sensores o temporizadores	Sí		2
060	Energia	≥80% de la superficie iluminada mediante lámparas de bajo consumo siguiendo las estrategias descritas en la medida		Sí		4
061	Energia	Estudiar las futuras necesidades eléctricas y de iluminación para las actividades industriales que se vayan a llevar a cabo en el edificio y se optimice el dimensionado de la red de abastecimiento		Sí		4
062	Energia	>50% de energía demandada que es cubierta mediante las soluciones consideradas (englobar los consumos energéticos propios del edificio pero no el consumo derivado de la actividad industrial)	Aprovechar los calores residuales que se generan por el proceso industrial para calefactar algunos espacios con demanda de calefacción	Sí		5
	Atmósfera					4
063	Energia	Instalar contadores y equipos medidores del consumo de energía y de agua por unidades de proceso		Sí		4
	Agua Potable					2
064	Energia	Agrupar instalaciones		Sí		2
065	Materiales	Especificar en la memoria del proyecto aquellos elementos que permitan la ampliación y adaptación a las necesidades futuras de las redes de instalaciones de agua, energía eléctrica, climatización, protección contra incendios, etc., mediante su fácil acceso por arquetas o acceso aéreo, máxima lotización o número de acometidas		Sí		2
	Residuos					2
066	Agua Potable	Garantizar un valor de presión de servicio en grifos de cuartos húmedos entre los 1.5 y los 3 bares		Sí		4
	Aguas Grises					3
067	Energia	Porcentaje sobre el total de la demanda de ACS que es cubierta por solar térmica u otras energías renovables o de alto rendimiento y porcentaje sobre el total de la demanda de energía eléctrica que cubre la generación mediante fotovoltaica u otras energías renovables o de alto rendimiento		Sí		5
068	Transporte	Infraestructuras que permitan recargar vehículos de energía alternativa a por lo menos 7% de las plazas de aparcamiento		Sí		4
069	Agua Potable	Diseñar o instalar un sistema de detección de fugas para cada unidad de abastecimiento de aguas		Sí		4
070	Agua Potable	Instalación de dispositivos: Inodoros: fluxadores con doble pulsador y descarga inferior a 8 litros, inodoros con sistema de reducido volumen y posibilidad de elección de descarga y detectores de presencia en inodoros; Urinarios: fluxores con doble pulsador y descarga inferior a 8 litros, urinarios secos y detectores de presencia en urinarios; Grifos: grifos con aireadores, reductores de presión o restrictores de flujo, grifos termostáticos en las duchas y detectores de presencia en lavabos		Sí		5
071	Aguas Grises	90-100% de aguas residuales reutilizadas		Sí		4
	Ecosistemas					4
072	Residuos	Realizar un análisis de los residuos reciclables, no reciclables y peligrosos que serán generados durante la actividad industrial y existen en proyecto locales o zonas de almacenamiento específicas para dichos residuos, que contemplan las necesidades específicas para evitar contaminación, y determinar indicadores relativos a los residuos producidos, establecidos unos objetivos de reciclaje, almacenamiento y gestión y se contempla la monitorización y seguimiento de los mismos		Sí		4

073	Materiales	Todos los sistemas auxiliares de obra (por ejemplo encofrados) sean reutilizables	Sí		3
	Residuos				1
074	Aguas Grises	Realización de medidas efectivas para la restitución de las zonas ocupadas temporalmente a la situación previa a la ocupación (aguas fluviales, toxicidad del terreno y cantidad y variedad de las especies vegetales y árboles) y de medidas de reducción de residuos, de ruido, de polvo y de aguas grises	Sí		1
	Atmósfera				2
	Residuos				1
	Ecosistemas				5
075	Energía	Acreditación de que está implantado un sistema de gestión ambiental en la fase de construcción	Sí		1
	Agua Potable				1
	Aguas Grises				1
	Atmósfera				1
	Residuos				2
	Transporte				1
076	Ecosistemas	Mantenimiento planificado predictivo para las instalaciones del edificio	Sí		3
	Energía				4
	Atmósfera				2
077	Calidad Interior	Incorporación de un gestor de la sostenibilidad en: mantenimiento y reforma de los edificios, ruidos y olores, urbanización, vales y zonas verdes, planes de movilidad, ahorro de agua y ahorro de energía	Sí		2
	Materiales				3
	Energía				3
	Agua Potable				3
	Atmósfera				3
	Calidad Interior				4
	Residuos				3
	Transporte				3
Ecosistemas	2				
078	Materiales	Aprovechar sinergias para minimizar impactos en la categoría de movilidad y/o transporte, de materiales, de residuos y de energía	Sí		1
	Energía				3
	Residuos				1
	Transporte				1
079	Transporte	Definición e instauración de un plan de movilidad a nivel de edificio/polígono	Sí		5
080	Energía	Formar y concienciar a todos los usuarios del edificio de aspectos como los servicios del edificio y las medidas de ahorro energético y agua, transporte y materiales y residuos	No		5
	Agua Potable				2
	Atmósfera				5
	Residuos				2

471,3

Apêndice F - Tabela resumo do documento LEED

	Categoría	Obligatorio	Puntos posibles teóricos	Puntos posibles reales	Observaciones	Puntos Totales por categoría
Localizaciones sostenibles	Prevención de la contaminación por Selección de la parcela	Sí	-	-	Crear y implantar un Plan de Control de Erosión y Sedimentación.	26
	Densidad del desarrollo y conectividad de la comunidad	No	5	5	Localización en una parcela previamente desarrollada. En un radio de 800 metros de una zona residencial. En un radio de 8000 metros de al menos 10 servicios básicos (2 escuelas, 1 banco, 1 café, 3 hotel, 1 tienda, 1 club de basket, 1 cementerio, 1 huerto comunitario). Con acceso para peatones entre el edificio y los servicios.	
	Redesarrollo de suelos industriales contaminados	No	1	0	-	
	Transporte Alternativo: Acceso al Transporte público	No	6	6	Con paradas de autobuses en un radio de 400 metros (4 paradas).	
	Transporte Alternativo: Almacén de bicicletas y vestuarios	No	1	1	Proporcionar aparcamiento para bicicletas y/o guarda-bicicletas en un radio de 180 metros de una entrada del edificio. Proporcionar duchas y vestuarios en el edificio o en un radio de 180 metros de una entrada del edificio.	
	Transporte Alternativo: Vehículos de baja emisión y combustible eficiente	No	3	3	1. Proporcionar aparcamiento preferente para vehículos de baja emisión y combustible eficiente y proporcionar un abono de aparcamiento con descuento para el aparcamiento de estos vehículos. 2. Instalar estaciones de servicio para combustibles alternativos. 3. Proporcionar vehículos de baja emisión y combustible eficiente y aparcamiento para estos vehículos. 4. Proporcionar un programa para compartir vehículos de baja emisión o combustible eficiente.	
	Transporte Alternativo: Capacidad de aparcamiento	No	2	2	1. Capacidad de aparcamiento debe cumplir los requisitos mínimos locales para la zona y proporcionar aparcamiento preferente para coches y furgonetas compartidos. 2. Aparcamiento a menos del 5% de los ocupantes Equivalentes a Tiempo Completo del edificio: proporcionar aparcamiento preferente a coches y furgonetas compartidos y disponer de una tarifa descuento de aparcamiento para vehículos compartidos. 3. No proporcionar nuevo aparcamiento.	
	Desarrollo de la Parcela: Maximizar el espacio abierto	No	1	1	Reducir la huella del desarrollo y/o proporcionar espacio abierto ajardinado dentro de los límites del proyecto para exceder los requisitos de espacio abierto de la zonificación local para la parcela en un 25%. Para edificio que obtengan el criterio "Densidad del Desarrollo y Conectividad de la Comunidad", las áreas de cubierta vegetada pueden contribuir al cumplimiento del crédito. Para edificio que obtengan el criterio "Densidad del Desarrollo y Conectividad de la Comunidad", las áreas con jardinería no vegetal que favorezcan el uso peatonal pueden contribuir al cumplimiento del crédito; se debe ajardinar con vegetales un mínimo del 25% del espacio abierto.	
	Desarrollo de la Parcela: Proteger o restaurar el Hábitat	No	1	1	Restaurar o proteger un mínimo del 50% de la parcela, excluyendo la huella del edificio, o el 20% del área total de la parcela, incluyendo la huella del edificio, lo que sea mayor, con vegetación autóctona o adaptada. Los edificios que obtengan el Crédito "Densidad del Desarrollo y Conectividad de la Comunidad" pueden incluir la superficie de cubierta vegetada en este cálculo si las plantas son autóctonas o adaptadas, proporcionan hábitat y promueven la biodiversidad.	
	Diseño de Escorrentías: Control de cantidad	No	1	1	Implantar un plan de gestión de escorrentía que dé como resultado una disminución del 25% del volumen de escorrentía para la precipitación calculada de 24 horas con período de retorno de dos años.	
	Diseño de Escorrentías: Control de calidad	No	1	1	Implantar un plan de gestión de escorrentía que reduzca la cubierta impermeable, promueva la infiltración y capture y trate el exceso de escorrentía procedente del 90% de las precipitaciones medias anuales usando las Mejores Prácticas de Gestión aceptables.	
	Efecto Isla de Calor: No-tejado	No	1	1	1. Proporcionar cualquier combinación de las siguientes estrategias para el 5% de los elementos sólidos (incluyendo carreteras, accesos, aceras, patios y aparcamientos): Sombra procedente de las copas de los árboles existentes; Sombra procedente de estructuras cubiertas por paneles solares que produzcan energía utilizada para compensar el uso de fuentes no renovables; Sombra procedente de elementos arquitectónicos o estructuras con un índice de Reflectancia Solar de al menos 29; Materiales de pavimentación con un índice de Reflectancia Solar de la menos 29; Sistema de pavimentación de rejilla abierta (al menos un 50% impermeable). 2. Colocar un mínimo del 50% de los espacios de aparcamiento bajo cubierto. Cualquier tipo de tejado usado para dar sombra o cubrir el aparcamiento debe tener un índice de Reflectancia Solar de al menos 29, puede ser un tejado vegetado o cubierto con paneles solares que produzcan energía utilizada para compensar fuentes no renovables.	
	Efecto Isla de Calor: Tejado	No	1	1	1. Usar materiales para la cubierta con un índice de Reflectancia Solar (IRS) igual o mayor que valores de la tabla que figura a continuación para un mínimo del 75% de la superficie de la cubierta. 2. Instalar una cubierta vegetada que cubra al menos el 50% del área de tejado. 3. Instalar superficies de cubierta de alto albedo y vegetadas combinadas.	
	Reducción de la contaminación lumínica	No	1	1	Iluminación Interior: 1. La potencia de alimentación a través de un dispositivo automático de todas las luminarias interiores con línea de visión directa hacia cualquier apertura en el envoltorio (translúcida o transparente) al menos un 50%. 2. Todas las aperturas en el envoltorio (translúcidas o transparentes) con una línea directa de visión directa a luminarias, no de emergencia, deben contar con una persiana controlada/cerrada por un dispositivo automático con una transmitancia resultante de menos del 10%. Iluminación Exterior: Clasificar el edificio bajo con las zonas definidas en IESNA RP-33 y seguir todos los requisitos para dicha zona específica; Iluminar las áreas sólo en función de la seguridad y el confort, cumplir los requisitos de control de iluminación exterior de ANDI/ASHRAE/IESNA 90.1:2007 con erratas pero sin enmiendas, seguir todos los requisitos para la zona perteneciente al edificio, la iluminancia generada desde una única luminaria situada en la intersección de un camino de entrada privado y una carretera pública que accede a la parcela se permite usar el centro de la vía pública como límite de la parcela para una longitud de 2 veces la anchura del camino de entrada centrada en la línea central de dicho camino de entrada.	
	Eficiencia en agua	Reducción del consumo de agua	Sí	-	-	
Jardinería eficiente en agua		No	4	4	Reducir el consumo de agua potable para riego un 50% respecto a un caso calculado en función de la línea base para el medio del verano, a través de una combinación de los siguientes puntos: especies de plantas, densidad y factor del microclima; eficiencia del riego; uso de agua de lluvia recogida; uso de aguas residuales recicladas; uso de agua tratada y transportada por una agencia pública específicamente para usos no potables. Las filtraciones de agua subterránea que se bombean de la vecindad inmediata de las losas y cimientos del edificio se pueden usar riego de jardines con el fin de cumplir el propósito de este crédito. 1. Usar solo agua de lluvia recogida, aguas residuales recicladas, aguas grises recicladas o agua tratada y transportada por una agencia pública específicamente para riego con agua no potable. 2. Instalar una jardinería que no requiera sistemas de riego permanentes. Los sistemas de riego temporal utilizados para el establecimiento de las plantas y su arraigo se permiten solo si se eliminan al cabo de un año de la instalación.	
Tecnologías Innovadoras en aguas residuales		No	2	2	1. Reducir el uso de agua potable para el transporte de las aguas residuales del edificio un 50% a través del uso de aparatos conservados de agua (sanitarios y urinarios) o agua no potable (lluvia recogida, aguas grises recicladas y aguas residuales tratadas in-situ o por el municipio). 2. Tratar el 50% de las aguas residuales in-situ según normas terciarias. El agua tratada debe ser infiltrada o usada in-situ.	
Reducción del uso de agua		No	4	4	Emplear estrategias que en conjunto usen 40% menos agua que el consumo de línea base calculado para el edificio, sin incluir el riego. Calcular la línea base de acuerdo con las líneas base comercial y/o residencial con base de los ocupantes estimados y se deben incluir retretes, urinarios, grifos de lavabos, duchas, grifos de fregaderos de cocinas y perлизadores, aireadores o difusores.	

Energía y Atmósfera	Recepción fundamental de los sistemas de energía del edificio	Sí	-	-	Designar una persona como Autoridad de Recepción para dirigir, revisar y supervisar la finalización de las actividades del proceso de recepción. El propietario debe documentar los Requisitos de Proyecto del Propietario; el equipo de diseño debe desarrollar las Bases de Diseño del Proyecto; la Autoridad de Recepción debe revisar estos documentos para conseguir que sean claros y completos; el propietario y el equipo de proyecto serán responsables de las actualizaciones de sus respectivos documentos. Desarrollar e incorporar los requisitos de la recepción en los documentos de construcción. Desarrollar e implantar un plan de recepción. Verificar la instalación y la eficiencia de los sistemas para que puedan ser recibidos adecuadamente. Completar un informe resumen de recepción.	35
	Mínima eficiencia energética	Sí	-	-	1. Demostrar una mejora del 10% en el índice de eficiencia propuesto para edificios nuevos o una mejora del 5% en el índice de eficiencia propuesto para el edificio para grandes remodelaciones en edificios existentes, en comparación con el índice de eficiencia del edificio de referencia y calcular o índice de eficiencia del edificio de referencia de acuerdo con el método de clasificación de eficiencia de edificios en el Apéndice G de la Norma ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-2007, con erratas pero sin enmiendas, usando un modelo de simulación por ordenador para el proyecto completo del edificio. 2. Cumplir las medidas obligatorias identificadas en la Guía Avanzada para la Eficiencia del Envoltorio para Edificios desarrollada por el Instituto de Edificios Nuevos (menos de 9.300 m ² ; cumplir la Sección 1: Estrategias para el Proceso de Diseño y la Sección 2: Requisitos de Eficiencia del Núcleo; oficinas, colegios, edificios para reuniones públicas y edificios de comercio al por menor menores de 9.300 m ² deben cumplir la Sección 1 y la Sección 2 de la Guía de Eficiencia del Núcleo; otros tipos de edificios menores de 9.300 m ² implanten los requisitos básicos de la Guía de Eficiencia del Núcleo; los edificios hospitalarios, de almacenes y laboratorios no se pueden elegir para esta vía).	
	Gestión de los refrigerantes principales	Sí	-	-	No utilizar refrigerantes con CFC en los nuevos sistemas básicos de calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración del edificio. Cuando se reutilicen equipos básicos ya existentes de calefacción, ventilación y aire acondicionado del edificio, completar una amplia conversión gradual de los sistemas a otros sin CFC previamente a la finalización del edificio.	
	Optimización de la eficiencia energética	No	19	19	Mostrar 48% de mejora en el índice de eficiencia propuesto para el edificio en comparación con el índice de eficiencia del edificio de referencia. Calcular o índice de eficiencia del edificio de referencia de acuerdo con el Apéndice G de la Norma ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-2007, con erratas pero sin enmiendas, usando un modelo de simulación por ordenador para el proyecto completo del edificio.	
	Energía renovable in-situ	No	7	7	Usar sistemas de energía renovable in-situ para compensar el coste energético del edificio y calcular la eficiencia del proyecto la energía producida por los sistemas renovables como 13% de los costes anuales de energía. Usar los costes anuales de energía del edificio calculados en el Criterio "Optimización de la Eficiencia Energética" o usar los datos de la Encuesta de Consumo Energético de Edificios Comerciales del Departamento de Energía para determinar el uso estimado de electricidad.	
	Recepción Mejorada	No	2	2	Previamente al comienzo de la fase de documentación de los planos de taller para la construcción, designar una Autoridad de Recepción independientes para liderar, revisar y supervisar la finalización de todas las actividades del proceso de recepción para la puesta en marcha. La Autoridad de Recepción debe dirigir como mínimo una revisión de recepción del proyecto que incluirá los Requisitos del Proyectos del Propietario, las Bases de Diseño del Proyecto y los documentos de proyecto previo a los planos de taller anteriores a la fase de documentación a media construcción y volverá a comprobar los comentarios a la revisión en las presentaciones subsiguientes de diseño. La Autoridad de Recepción debe revisar la documentación remitida por los contratistas aplicables a los sistemas que se están recibiendo en la puesta en marcha para comprobar el cumplimiento con los Requisitos de Proyecto de la Prosperidad y con las Bases de Diseño del Proyecto. Esta revisión estará de acuerdo con las revisiones del arquitecto o ingeniero y se remitirá al equipo de proyecto y a la Propiedad. Desarrollar un manual sobre los sistemas que proporcione al futuro personal de operación y mantenimiento la información necesaria para comprender y operar óptimamente los sistemas energéticos del edificio recibidos para la puesta en marcha. La Autoridad de Recepción u otro miembro del equipo debe verificar que se completan los requisitos para la formación del personal de operación y mantenimiento y de los ocupantes del edificio. Asegurar la implicación de Autoridad de Recepción de Autoridad de Recepción en la revisión de la operación del edificio durante los 10 meses siguientes a la recepción provisional. Incluir un plan para la resolución de los problemas más destacados relativos a la recepción para la puesta en marcha de los sistemas.	
	Gestión mejorada de los refrigerantes	No	2	2	1. No usar refrigerantes. 2. Seleccionar refrigerantes y sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración que minimicen o eliminen la emisión de componentes que contribuyan a la disminución de la capa de ozono o al calentamiento global y no instalar sistemas de extinción de incendios que contengan sustancias que provoquen la disminución del ozono (CFCs, HCFCs o Halones).	
	Medición y verificación	No	3	3	1. Desarrollar e implantar un Plan de Medición y Verificación consistente con la "Opción D: Simulación Calibrada" (Método 2 de Estimación del Ahorro) como se especifica en el Protocolo Internacional de Medición y Verificación de la Eficiencia, Volumen III: Conceptos y Opciones para Determinar los Ahorros de Energía en Nueva Construcción, Abril, 2003. El periodo de Medición y Verificación debe cubrir al menos 1 año de la ocupación post-construcción y disponer de un proceso para acciones correctoras si los resultados del plan Medición y Verificación indican que no se están consiguiendo los ahorros energéticos. 2. Desarrollar e implantar un Plan de Medición y Verificación consistente con la "Opción B: Aislamiento de Medidas de Conservación de Energía" como se especifica en el Protocolo Internacional de Medición y Verificación de la Eficiencia, Volumen III: Conceptos y Opciones para Determinar los Ahorros de Energía en Nueva Construcción, Abril, 2003. El periodo de Medición y Verificación debe cubrir al menos 1 año de la ocupación post-construcción y disponer de un proceso para acciones correctoras si los resultados del plan Medición y Verificación indican que no se están consiguiendo los ahorros energéticos.	
	Energía Verde	No	2	2	Proporcionar al menos el 35% de la electricidad del edificio a partir de fuentes renovables firmando un contrato de suministro de energía renovable de al menos dos años. 1. Usar el consumo anual de electricidad procedente de los resultados del "Optimización de la Eficiencia Energética". 2. Usar los datos de la Encuesta de Consumo de Energía en los Edificios Comerciales del Departamento de Energía de USA para determinar el consumo estimado de electricidad.	
Materiales y Recursos	Almacenamiento y recogida de reciclables	Sí	-	-	Proporcionar una área fácilmente accesible que sirva a todo el edificio y se dedique a la recogida y almacenamiento de materiales no tóxicos para su reciclaje, incluyendo, como mínimo, papel, cartón corrugado, vidrio, plástico y metales.	14
	Reutilización del edificio: Mantener los muros, forjados y cubierta existentes	No	3	0	Reutilizar 95% del edificio manteniendo las estructuras del edificio existente (incluyendo el forjado estructural y el forjado metálico perdido) y del envoltorio (la estructura y piel exterior, excluyendo los materiales de los ensamblajes de las ventanas y los elementos no estructurales de la cubierta).	
	Reutilización del Edificio: Mantener los elementos no estructurales del interior	No	1	0	Utilizar los elementos no estructurales del interior del edificio (ejemplo, paredes interiores, puertas, sistemas de cubiertas y techos) al menos un 50% por superficie del edificio completo, incluyendo los anexos.	
	Gestión de residuos de construcción	No	2	2	Reciclar y/o recuperar residuos de construcción y demolición no tóxicos y no peligrosos. Desarrollar e implantar un plan de gestión de residuos de construcción que, como mínimo, identifique los materiales que tienen que ser desviados de los vertederos y si dichos materiales se deben clasificar in-situ o tratar en conjunto. Reciclar o recuperar en el mínimo 75% de los residuos.	
	Reutilización de materiales	No	2	2	Usar materiales recuperados, restaurados o reutilizados de forma que la suma de estos materiales constituya al menos el 10%, en función del coste, del valor total de los materiales del edificio.	
	Contenido en reciclado	No	2	2	Usar materiales con contenido en reciclados de forma que la suma del contenido en reciclados post-consumidor más la mitad del contenido pre-consumidor constituya al menos el 20%, en función del coste, del valor total de los materiales del proyecto.	
	Materiales regionales	No	2	2	Usar materiales o productos para el edificio que se hayan extraído, recolectado o recuperado, así como también fabricado, en un radio de 800 km de la parcela del edificio para un mínimo del 20%, en función del coste, del valor total de los materiales.	
	Materiales rápidamente renovables	No	1	1	Usar materiales de construcción y productos rápidamente renovables, hechos de plantas que se recolecten habitualmente en un ciclo de diez años o más corto, para el 2,5% del valor total de todos los materiales de construcción y producto usados en el edificio, en función del coste.	
Madera certificada	No	1	1	Usar un mínimo del 50%, en función del coste, de materiales y productos con base madera, la cual debe ser certificada de acuerdo con los Principios y criterios para componentes de construcción de madera del Forest Stewardship Council. Se deben incluir sólo materiales permanentemente instalados en el edificio.		

Calidad del Aire Interior	Minima eficiencia de calidad del aire interior	Si	-	-	Espacios con Ventilación Mecánicamente: Cumplir los requisitos mínimos de las Secciones 4 a 7 de ASHRAE 62.1-2007. Ventilación para una Calidad Aceptable del Aire Interior, con erratas pero sin enmiendas. Los sistemas de ventilación mecánica se proyectan usando el Procedimiento de Índice de Ventilación o el código local correspondiente, el que sea más restrictivo. Espacios con Ventilación Natural: Los edificios con ventilación natural deben cumplir las normas de ASHRAE 62.1-2007, Párrafo 5.1, con erratas pero sin enmiendas.
	Control del humo del tabaco ambiental	Si	-	-	1. Prohibir fumar en el edificio, prohibir fumar en la propiedad dentro de un radio de 8 metros respecto a las entradas, tomas de aire fresco exterior y ventanas operables y colocar señales para permitir fumar en áreas designadas a tal efecto, prohibir fumar en áreas designadas o prohibir fumar en toda la propiedad. 2. Prohibición de fumar en el edificio excepto en áreas designadas para fumadores, prohibir fumar en la propiedad dentro de un radio 8 metros respecto a las entradas, tomas de aire fresco exterior y ventanas operables y colocar señales para permitir fumar en áreas designadas a tal efecto, prohibir fumar en áreas designadas o prohibir fumar en toda la propiedad, disponer de salas designadas para fumadores para contener, capturar y eliminar eficazmente el Humo de Tabaco Ambiental del edificio con una extracción directa hacia al exterior, lejos de las tomas de aire y de las vías de entrada al edificio, sin recirculación del aire que contiene Humo de Tabaco Ambiental hacia el área de no fumadores del edificio y debe estar acotada con particiones impermeables y de forjado a forjado; verificar la eficiencia de las presiones de aire diferenciales de la sala de fumadores realizando una medición de 15 minutos, con un mínimo de una medición cada 10 segundos, de la presión diferencial en la sala de fumadores con respecto a cada área adyacente y en los bastidores verticales adyacentes a las puertas de la sala de fumadores con las puertas cerradas.
	Seguimiento de la entrada de aire fresco	No	1	1	Instalar sistemas de seguimiento permanente que proporcionen una retroalimentación en la eficiencia de los sistemas de ventilación para asegurar que los sistemas de ventilación mantienen los requisitos mínimos del diseño de ventilación. Configurar todos los equipos de seguimiento para generar una alarma cuando las condiciones varíen un 10% o más respecto al límite establecido, bien a través de una alarma del sistema automático del edificio al personal de mantenimiento del edificio, bien a través de una alerta audible o visual a los ocupantes del edificio. Espacios ventilados mecánicamente: Seguimiento de las concentraciones de dióxido de carbono en todos los espacios densamente ocupados, aquellos con una densidad de ocupación proyectada igual o mayor que 26 personas por 100 m ² ; para cada sistema de ventilación mecánica directa que sirva a espacios no densamente ocupados, proporcionar un aparato de medición directa del flujo de aire fresco capaz de medir el índice mínimo de flujo de aire fresco con una precisión aproximada del 15% del índice mínimo de flujo de aire fresco proyectado, como define ASHRAE62.1-2007, con erratas pero sin enmiendas. Espacios ventilados de forma natural: Seguimiento de las concentraciones de CO2 en todos los espacios ventilados de forma natural. Los sensores se localizarán en las salas a 90-180 cm del suelo; un sensor de CO2 se puede usar para medir múltiples espacios si el diseño de la ventilación natural utiliza succión(es) pasiva(s) u otros medios para inducir el flujo de aire a través de dichos espacios por igual y simultáneamente sin intervención de los ocupantes del edificio. 1. Usar diagramas y cálculos para mostrar que el diseño de los sistemas de ventilación natural cumplen las recomendaciones establecidas en el Manual de Aplicaciones 10: 2005 de CIBSE, Ventilación Natural en Edificios No-residenciales. 2. Usar un modelo analítico o macroscópico y multi-zonal para predecir que los flujos de aire de habitación a habitación ventilarán eficazmente de forma natural, proporcionando los índices de ventilación mínimos requeridos por ASHRAE 62.1-2007, Capítulo 6, con erratas pero sin enmiendas, para al menos el 90% de los espacios ocupados.
	Incremento de la Ventilación	No	1	1	Espacios Ventilados Mecánicamente: Incrementar los índices de ventilación con aire fresco exterior de la zona de respiración para todos los espacios ocupados al menos el 30% por encima de los índices mínimos requeridos por la Norma 62.1-2007 de ASHRAE, con erratas pero sin enmiendas, como se determina en el Prerrequisito "Minima Eficiencia de la Calidad del Aire Interior". Espacios ventilados de forma natural: Diseñar los sistemas de ventilación natural para los espacios ocupados para cumplir las recomendaciones establecidas en la "Guía de Buenas Prácticas 237" de Carbon Trust, 1998; determinar que la ventilación natural es una estrategia eficaz para el proyecto siguiendo el proceso de diagrama de flujo mostrado en la Figura 1.18 del Manual de Aplicaciones 10: 2005 de Chartered Institution of Building Services Engineers, Ventilación Natural en Edificios No-residenciales. 1. Usar diagramas y cálculos para mostrar que el diseño de los sistemas de ventilación natural cumplen las recomendaciones establecidas en el Manual de Aplicaciones 10: 2005 de CIBSE, Ventilación Natural en Edificios No-residenciales. 2. Usar un modelo analítico o macroscópico y multi-zonal para predecir que los flujos de aire de habitación a habitación ventilarán eficazmente de forma natural, proporcionando los índices de ventilación mínimos requeridos por ASHRAE 62.1-2007, Capítulo 6, con erratas pero sin enmiendas, para al menos el 90% de los espacios ocupados.
	Plan de gestión de calidad del aire interior durante la construcción	No	1	1	Cumplir o exceder las Medidas Recomendadas de Control de la Directrices de CAI para Edificios Ocupados y en Construcción de la Asociación Nacional de Contratistas de Planchas de Metal y Aire Acondicionado. Proteger los materiales absorbentes almacenados in-situ o instalados de los daños por humedad. Si los climatizadores permanentes instalados se utilizan durante la fase de construcción, se deben usar medio de filtración con un Valor Mínimo de Respuesta de Eficiencia de 8 en cada rejilla de aire de retorno, como determina ASHRAE 52.2-1999, con erratas pero sin enmiendas. Reemplazar todos los medio de filtración inmediatamente antes de la ocupación.
	Plan de gestión de calidad del aire Interior antes de la construcción	No	1	1	Durante la construcción, cumplir o exceder las Medidas Recomendadas de Control de la Directrices de Calidad del Aire Interior para Edificios Ocupados y en Construcción de la Asociación Nacional de Contratistas de Planchas de Metal y Aire Acondicionado, 2ª Edición 2007, ANSI/SMACNA 008-2008 (Capítulo 3). Proteger los materiales absorbentes almacenados in-situ o instalados de los daños por humedad. Si los climatizadores permanentes instalados se utilizan durante la fase de construcción, se deben usar medios de filtración con un Valor Mínimo de Respuesta de Eficiencia de 8 en cada rejilla de aire de retorno, como determina ASHRAE 52.2-1999, con erratas pero sin enmiendas. Reemplazar todos los medios de filtración inmediatamente antes de la ocupación.
	Materiales de baja eqmisión: Adhesivos y sellantes	No	1	1	Todos los adhesivos y sellantes usados en el interior del edificio, en el interior del sistema de impermeabilización y aplicados (in-situ) deben cumplir los requisitos del Distrito de Gestión de Calidad del Aire de la Costa Sur, Norma 1168.
	Materiales de baja emisión: Pinturas y recubrimientos	No	1	1	Pinturas, recubrimientos e imprimadores arquitectónicos aplicados a paredes y techos interiores no deben exceder los límites de contenido en COV establecidos en la Norma Green Seal GC-03, Pinturas, 1ª edición, 20 de Mayo de 1993. Pinturas anti-corrosión y anti-oxidación aplicadas a sustratos metálicos ferrosos interiores no deben exceder el límite de contenido en COV de 250 g/l establecidos en la Norma Green Seal GC-03, Pinturas Anti-Corrosivas, 2ª edición, 7 de Enero de 1997. Acabados de madera maciza, recubrimientos de suelos, tintes y lacas aplicadas a elementos interiores no deben exceder los límites de contenido en COV establecidos por la Norma 1113, Recubrimientos Arquitectónicos del Distrito de Gestión de Calidad del Aire de la Costa Sur, normas con efecto desde el 1 de Enero de 2004.
	Materiales de baja emisión: Sistemas de suelos	No	1	1	1. Todas las moquetas instaladas en el interior del edificio deben cumplir los requisitos de pruebas y productos del programa Green Label Plus del Instituto de Moquetas y Alfombras, todos los rellenos de las moquetas instaladas en el interior del edificio deberá cumplir los requisitos del programa Green Label Plus del Instituto de Moquetas y Alfombras, todos los adhesivos de moquetas deben cumplir los requisitos del Crédito "Adhesivos y Sellantes", que incluye un límite de compuestos orgánicos volátiles de 50 g/l, todos los suelos de superficie dura deben ser certificados cumpliendo la norma FloorScore, se acepta una vía de cumplimiento alternativo usando FloorScore para lograr este crédito: 100% de los suelos acabados sin moquetas deben ser certificados FloorScore y deben constituir al menos el 25% de la superficie de suelo acabado, los acabados de suelos de hormigón, madera, bambú y corcho como sellantes y tintes deben cumplir los requisitos de la Norma 1113 del Distrito de Gestión de Calidad del Aire de la Costa Sur, Recubrimientos Arquitectónicos, normas con efecto desde el 1 de Enero de 2004, adhesivos y lechada para baldosas deben cumplir la Norma 1168 del Distrito de Gestión de Calidad del Aire de la Costa Sur. Los límites de COV corresponden a la fecha efectiva del 1 de Julio de 2005 y las enmiendas a la norma de 17 de Enero de 2005. 2. Todos los elementos de suelos instalados en el interior del edificio deben cumplir los requisitos de pruebas y productos de las Prácticas Estándar para las Pruebas de Emisiones de COV procedentes de Diversas Fuentes Usando Cámaras Medioambientales a Pequeña Escala del Departamento de Servicios Sanitarios de California, incluyendo las Enmiendas de 2004.

	Materiales de baja emisión: Productos de maderas compuestas y de fibras agrícolas	No	1	1	Los productos de madera compuesta y fibras agrícolas usados en el interior del edificio no deben contener resinas con urea-formaldehído añadido. Los adhesivos para laminados usados para fabricar in-situ y aplicados en taller para ensamblar maderas compuestas y fibras agrícolas no deben contener resinas con urea-formaldehído añadido.	
	Control de fuentes interiores de productos químicos y contaminantes	No	1	1	Emplear sistemas de entrada permanentes de al menos 1,8 metros de longitud en la dirección principal del recorrido para evitar la entrada de suciedad y partículas en el edificio en todas las entradas que están directamente conectadas con el exterior. Donde pueda haber presencia o se utilicen gases o productos químicos perjudiciales, extraer el aire de cada espacio suficientemente para crear una presión negativa con respecto a los espacios adyacentes con las puertas de la sala cerrada, para cada uno de estos espacios, disponer de puertas de auto-cierre y particiones de forjado a forjado o techos de paneles duros. En edificios ventilados mecánicamente, dotar a las áreas habitualmente ocupadas del edificio de medios de filtración previamente a la ocupación que proporcionen un Valor Mínimo de Respuestas de Eficiencia de 13 o mayor. Disponer de contenedores para el depósito apropiado de residuos líquidos peligrosos en lugares donde se producen mezclas de concentrados químicos con agua.	
	Capacidad de control de los sistemas: Iluminación	No	1	1	Proporcionar controles individuales de iluminación para el mínimo 90% de los ocupantes del edificio con el fin de permitir ajustarse a las necesidades de las tareas y preferencias individuales. Proporcionar controles de los sistemas de iluminación para todos los espacios multi-ocupados compartidos con el fin de permitir los ajustes de iluminación que respeten las necesidades y preferencias del grupo.	
	Capacidad de control de los sistemas: Confort térmico	No	1	1	Proporcionar controles de confort individuales para mínimo el 50% de los ocupantes del edificio para permitir ajustes a las necesidades de tareas o preferencias individuales. Proporcionar controles de los sistemas de confort para todos los espacios multi-ocupados compartidos para permitir ajustes a las necesidades y preferencias del grupo. Las condiciones para el confort térmico están descritas en la Norma ASHRAE 55-2004, con erratas pero sin enmiendas, para incluir los principales factores de temperatura del aire, temperatura radiante, velocidad y humedad del aire.	
	Confort Térmico: Diseño	No	1	1	Proyectar los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado y el envoltorio del edificio para cumplir los requisitos de la Norma ASHRAE 55-2004, Condiciones de Confort Térmico para la Ocupación Humana, con erratas pero sin enmiendas. Demostrar que el diseño cumple los requisitos de Documentación de la Sección 6.1.1.	
	Confort Térmico: Verificación	No	1	1	Conseguir el Crédito "Confort Térmico: Diseño". Disponer de un sistema permanente de seguimiento para asegurar que la eficiencia del edificio cumple los criterios de confort deseados tal como se determina en el Crédito "Confort Térmico: Diseño". Acordar la realización de un sondeo sobre el confort térmico de los ocupantes del edificio en un periodo de 6 a 18 meses después de la ocupación para recoger respuestas anónimas sobre confort térmico en el edificio incluyendo una valoración de la satisfacción general con la eficiencia térmica y la identificación de los problemas relacionados con el confort térmico. Acordar el desarrollo de un plan para emprender acciones correctivas si los resultados del sondeo indican que más del 20% de los ocupantes están insatisfechos con el confort térmico en el edificio. Este plan deberá incluir medidas de variables medioambientales relevantes en áreas problemáticas de acuerdo con la Norma ASHRAE 55-2004, con erratas pero sin enmiendas.	
	Luz natural y vistas: Luz natural	No	1	1	Conseguir luz natural en al menos 75% en los espacios. 1. Demostrar a través de una simulación por ordenador que el 75% o más de los espacios habitualmente ocupados consiguen niveles de iluminancia por luz natural de un mínimo de 270 lm/m ² y un máximo de 5.400 lm/m ² . 2. Utilizar una combinación de iluminación lateral y/o iluminación cenital para lograr una zona de iluminación total por luz natural que sea al menos el 75% de todos los espacios habitualmente ocupados. 3. Demostrar, a través de registros de mediciones de luz interior que ha conseguido un nivel mínimo de iluminación con luz natural de 270 lm/m ² en al menos el 75% de todas las áreas habitualmente ocupadas y proporcionar dispositivos de re-dirección de la luz natural y/o control del deslumbramiento para evitar situaciones de gran contraste que podrían impedir las tareas visuales. 4. Cualquiera de los métodos de cálculo anteriores se pueden combinar para documentar la iluminación con luz natural en al menos el 75% de todos los espacios habitualmente ocupados. Los diferentes métodos usados en cada espacio se deben registrar claramente en todos los planos del edificio.	
	Luz natural y vistas: Vistas	No	1	1	Conseguir una línea directa del entorno exterior para los ocupantes del edificio a través de un acristalamiento de visión entre 76,2 cm y 228,6 cm por encima del acabado del suelo en el 90% de todas las áreas habitualmente ocupadas; Determinar el área con línea directa de vistas totalizando la superficie habitualmente ocupada que cumpla los siguientes criterios: Vistas en planta, el área está dentro de las líneas de visión dibujadas desde el acristalamiento perimetral de visión; Vistas en sección, se puede dibujar una línea directa de visión desde el área hasta el acristalamiento perimetral de visión.	
	Innovación y Diseño	Innovación en el diseño	No	5	5	
Profesional acreditado LEED		No	1	1	Al menos uno de los participantes principales en el equipo del proyecto será un Profesional Acreditado en LEED.	
Prioridades regionales	Prioridades regionales	No	4	4	Obtener 4 de los 6 créditos de Prioridad Regional identificados por los consejos y capítulos regionales de USGBC como de importancia medioambiental para la región donde se realiza el proyecto. Se puede encontrar una base de datos de créditos de Prioridad Regional y su aplicabilidad geográfica en la página web del USGBC. Se concede un punto por cada crédito de Prioridad Regional conseguido; no se pueden obtener más de 4 créditos identificados como Prioridad Regional.	4
			110	104		

Apêndice G - Vantagens e desvantagens dos materiais estruturais

Acero

- **Alta resistencia mecánica** por unidad de peso, lo que implica poco peso de las estructuras;
 - **Uniformidad** de las propiedades ya que no cambian apreciablemente con el tiempo;
 - **Durabilidad** pues las estructuras de acero duraran indefinidamente cuando el mantenimiento es adecuado;
 - **Elasticidad** ya que tiene un comportamiento prácticamente linealmente elástico hasta alcanzar esfuerzos considerables;
 - **Ductilidad** puesto que dota la capacidad de deformarse considerablemente antes de entrar a un estado plástico o de rotura;
 - **Tenacidad** del material ya que posee una enorme capacidad de absorción de energía en deformación;
 - **Rapidez de montaje;**
 - **Disponibilidad de secciones y tamaños** dado que se encuentra disponible en perfiles para optimizar su uso en gran cantidad de tamaños y formas;
 - **Posibilidad de prefabricar** la mayor parte de una estructura en taller y la mínima en obra consiguiendo mayor exactitud;
 - **Facilidad de unión de diversos miembros** por medio de varios tipos de conectores como la soldadura, los tornillos y los remaches;
 - **Permite modificaciones fácilmente** pues permite modificaciones y/o ampliaciones en proyectos de manera relativamente sencilla;
 - **Retorno de la inversión más rápido** para el cliente;
 - **Reciclabilidad** después cuando termina la vida útil del edificio, la estructura puede ser desmontada y posteriormente utilizadas en nuevos usos o ser re-aprovechada con un fácil reciclaje.
-
- × **Posibilidad de corrosión** cuando se encuentra a la intemperie por lo que deben recubrirse siempre con esmaltes alquidálicos (primarios anticorrosivos) exceptuando a los aceros como el inoxidable;
 - × Es un **material endotérmico** pues propaga fácilmente el calor debido a las propiedades físicas y, por eso, en caso de incendio las altas temperaturas se propagarán fácilmente por la estructura haciendo disminuir su resistencia;
 - × **Propenso a la fatiga** dado que las grandes variaciones de fuerza de tensión expone a los elementos del acero a la tensión extensiva, lo que reduce su resistencia total;
 - × **Susceptibilidad al pandeo elástico** debido a su alta resistencia y a el empleo de perfiles esbeltos sujetos a compresión, por lo que en ocasiones no son económicos las columnas de acero;

- × **Coste económico de su mantenimiento** visto que es necesario el mantenimiento de las pinturas contra la corrosión, aplicación de paneles de protección frente al fuego, entre otras medidas de prevención.

Aluminio

- **Elevada resistencia a la tracción** dependiendo de la aleación y del proceso de elaboración;
- **Alta relación resistencia/peso** pues tiene elevada resistencia y solamente 1/3 de la densidad del acero;
- **Uniformidad** de las propiedades ya que no cambian apreciablemente con el tiempo y en los largos períodos de almacenamiento y su exposición a la radiación ultravioleta no afectan el material;
- **Durabilidad** pues las estructuras de aluminio duraran indefinidamente cuando el mantenimiento es adecuado;
- **Elasticidad** dado que el módulo elástico es un tercio que el del acero, es decir, que el momento de inercia debe ser tres veces mayor en una extrusión de aluminio para lograr la misma deflexión que un perfil de acero;
- **Ductilidad** ya que dota la capacidad de deformarse antes de entrar a un estado plástico o de rotura, siendo esta capacidad superior con el aumento de elementos de aleación;
- **Sin límite de fatiga** ya que para tensiones internas de 0,1-0,2 veces el límite elástico del aluminio, aparece ciclos muy elevados pues pueden alcanzar los mil millones de ciclos;
- **Tenacidad** del material ya que posee la capacidad de absorción de energía en deformación;
- **Elevada conductividad térmica y eléctrica** aun cuando se las compare con el cobre;
- **Alta capacidad para reflejar la luz solar**, con poca radiación y con baja emisividad, lo que torna el interior más fresco;
- **Alta resistencia a la corrosión y autoprotector** pues en contacto con oxígeno, la superficie de este material se recubre con una capa de óxido que se renueva de inmediato en caso de resultar dañada;
- **Impermeable al vapor** ya que en caso de períodos de almacenamiento extremadamente prolongados, la humedad no puede penetrar a través del material;
- **Elevada maleabilidad** permitiendo la fabricación de láminas de aluminio muy delgadas;
- **Disponibilidad de secciones y tamaños** dado que se encuentra disponible en perfiles para optimizar su uso en gran cantidad de tamaños y formas;
- **Buena adaptación a decorados** ya que se encuentra varias formas, colores y tonalidades;

- **Facilidad para el armado y ensamble** por su menor peso, lo que es útil para montajes en zonas y/o lugares con difícil acceso;
 - **Facilidad de unión de diversos miembros** utilizando los métodos usuales disponibles como la soldadura, el pegado con adhesivos, el remachado, el atornillado, entre otros;
 - **Resistencia al fuego;**
 - **Rapidez de montaje;**
 - **Mayor capacidad autoportante** debido al menor peso propio;
 - **Posibilidad de ser aislado** térmicamente y acústicamente;
 - **Mantenimiento** bajo o nulo;
 - **Permite modificaciones fácilmente** pues permite modificaciones y/o ampliaciones en proyectos de manera relativamente sencilla;
 - **Reciclabilidad** después cuando termina la vida útil del edificio, la estructura puede ser desmontada y posteriormente utilizadas en nuevos usos o ser re-aprovechada con un fácil reciclaje.
- × **Resistencia a altas temperaturas** ya que al aumentar la temperatura, disminuyen la resistencia a la tracción, el límite elástico e la dureza, en tanto que, en general, aumenta el alargamiento de rotura y la estricción de rotura;
 - × **Resistencia a la abrasión o al desgaste** es particularmente baja en el rozamiento en seco pues no ofrece grande resistencia a dejarse erosionar cuando está en contacto de fricción con otro material pero el desgaste se puede reducir drásticamente por un tratamiento superficial apropiado.

Madera

- **Producto de origen natural**, cuyo proceso productivo requiere un bajo consumo energético y respeta la naturaleza ya que no es tóxica ni genera olores o vapores tóxicos de origen químico;
- **Promueve la construcción bioclimática** dado que busca reducir el consumo de energía y traer beneficios económicos, ecológicos y de confort para los usuarios;
- **Renovable** ya que es un recurso que continua disponible y sigue creciendo en nuevos asentamientos forestales;
- **Alta resistencia mecánica**, tanto a los esfuerzos de tracción, a la compresión y, también, a la tracción en la flexión, siendo la resistencia a la tracción y a la compresión similar al acero pero superior, en el caso de tracción, a la del hormigón;
- **Baja masa y baja densidad;**
- **Alta resistencia contra los sismos** pues una construcción de madera con un bajo peso en caso de terremoto cede ante la oscilación pero no se derrumba;

- **Durabilidad** ya que las estructuras de madera duraran indefinidamente cuando el mantenimiento es adecuado;
 - **Versatilidad de uso** pues puede ser producida en piezas con dimensiones estructurales que pueden ser rápidamente desplegadas en piezas pequeñas;
 - **Textura**, en su aspecto natural, ofrece una gran variedad de patrones;
 - **Facilidad de unión de diversos miembros** utilizando los métodos usuales disponibles como el pegado con adhesivos apropiados, unir con clavos, tornillos, pernos y conectores especiales;
 - **Resistencia al fuego** puesto que cuando una casa de madera es correctamente diseñada puede soportar un incendio en mayor medida que una casa tradicional debido su baja conductividad térmica;
 - **Rapidez de construcción** pues el tiempo empleado para realizar una casa de madera es considerablemente menor que el empleado en una casa del mismo tamaño con un sistema de construcción tradicional;
 - **Mayor capacidad autoportante** debido al menor peso propio;
 - **Excelente aislante natural térmico y acústico** debido a la inercia térmica que posee, lo que permite reducir la cantidad de energía necesaria para la climatización de espacios;
 - **Posibilidad realizar elementos prefabricados o modulares** en taller para después transportarlos y ensamblarlos en el sitio de la obra;
 - **Permite modificaciones fácilmente** pues permite modificaciones y/o ampliaciones en proyectos de manera relativamente sencilla;
 - **Reciclabilidad** dado que es posible ser reutilizadas varias veces.
-
- × **Dimensiones limitadas**, aunque puede ser un inconveniente resueltos por laminación, madera contrachapada o tableros de partículas;
 - × **Propensa al ataques de agentes xilófagos** cuando no se da un tratamiento preservador a la madera o está a la intemperie, lo que perjudica la durabilidad de la construcción;
 - × **Poca resistencia a la humedad** cuando no se da el tratamiento adecuado;
 - × **Material heterogéneo y anisotrópico** pues no posee los mismos módulos de resistencia mecánica en todas sus direcciones, lo que puede generar inestabilidad en la estructura si no se selecciona el tipo adecuado de madera;
 - × **Baja elasticidad**, comparado con otros materiales;
 - × **Baja resistencia** para elementos constructivos con grandes alturas;
 - × **Mantenimiento regular** se vuelve una necesidad impetuosa.

Apêndice H - Vantagens e desvantagens da aplicação dos materiais estruturais em obra

Forjado reticular de hormigón

- Presenta un comportamento bidireccional pues pertenece a la familia de las losas de hormigón armado, no homogéneas, aligeradas y armadas en dos direcciones ortogonales configurando una placa nervada;
 - Debido a su forma, admite que sus flexiones puedan ser descompuestas y analizadas según las dos direcciones de armado y forma, con los soportes o su capitel, un conjunto estructural capaz de soportar las acciones verticales repartidas y puntuales muy adecuadamente y las horizontales razonablemente bien;
 - Son más livianas y más rígidas que las losas macizas, soportando cargas muy fuertes con gran estabilidad a las cargas dinámicas;
 - La comodidad, seguridad, resistencia al fuego y su coste económico competente con los forjados unidireccionales tradicionales;
 - Es posible montar previamente la retícula metálica y después colocar los casetones y tableros;
 - Mayor duración de la madera de cimbra ya que sólo se adhiere las nervaduras y puede utilizarse más veces;
 - Los casetones recuperables son importantes en aquellos lugares en los que, además de grandes luces y cargas, sea importante conseguir una estética digna;
 - Es posible forjados con casetones de aligeramiento que aportan propiedades diferentes a las puramente resistentes, tales como, casetones de poliestireno para un mejor aislamiento térmico, de fibras especiales resistentes al fuego, con acabados estéticos, entre otros.
 - Montaje rápido y sencillo;
 - No necesita de encofrado pues el ladrillo actúa como encofrado lateral de las viguetas;
 - Aligeramiento de la estructura debido al menor peso de estructura y de cimientos;
 - Sistema flexible pues abarca distintas geometrías;
 - La construcción de este tipo de losa proporciona un aislamiento acústico y térmico;
 - El entrepiso plano por ambas caras le da un aspecto más limpio a la estructura y permite aprovechar la altura real que hay de piso a techo para el de luz natural;
 - Permite la modulación con claros cada vez mayores, lo que significa una reducción considerable en el número de columnas.
- × Es un proceso de construcción in situ de hormigón, por lo tanto, tienen mucha manipulación de objetos para la ejecución y para el encofrado de la estructura;

- × Requiere de una cimbra tradicional, lo que hace que se vuelva una opción cara para usarla en edificaciones con claros pequeños;
- × No es conveniente emplear refuerzo en compresión en estos elementos pues es poco peraltado, su efectividad es casi nula.

Forjado postesado

- Presenta un comportamiento unidireccional dado que se caracteriza por resistir a flexión en una sola dirección dadas sus condiciones de apoyo y disposición de armaduras;
- Acortamiento significativo de plazos de ejecución de la obra rústica gracias a rápidos y eficientes programas de construcción ya que el sistema de encofrado se puede retirar inmediatamente concluido el tesado;
- Forjados más económicos que los tradicionales por la eficiencia del concreto, además, permiten resolver situaciones más complicadas;
- Ahorro en hormigón, acero, mano de obra y encofrados, ya que el sistema disminuye en forma considerable cada uno de ellos;
- Aligeramiento de la estructura debido al menor peso de estructura y de cimientos;
- Se obtienen elementos estructurales más esbeltos que permiten disminuir la altura del edificio, reducir las cargas de fundación y aumentar las luces;
- Es posible obtener losas más delgadas;
- Estructuras con menos acero de refuerzo, más ligeras con una mayor capacidad de carga logrando mayores claros o espacios entre los elementos de soporte;
- Integridad estructural superior proporcionada por la continuidad de la losa y cables, con un buen desempeño sísmico;
- Evita la aparición de fisuras aumentando su vida útil, además, es impermeable al estar el concreto comprimido;
- Uniones sencillas y eficientes entre losas, vigas, muros y columnas, que eliminan problemas de juntas entre los elementos;
- Mayor firmeza, durabilidad y resistencia al fuego;
- Bajos requerimientos de mantenimiento;
- Más eficiente que el hormigón pretensado porque se le da la forma al cable según los momentos, de forma de contrarrestarlos en toda la extensión de la pieza;
- En caso de losas sin vigas, al eliminarse las vigas tradicionales estáticas, se logra una mayor altura útil de piso a techo, dejando mayor espacio para la instalación de ductos y servicios. Así, en algunos edificios altos, es posible añadir plantas adicionales sin cambiar la altura total del edificio o la adición de un metro a una cierta profundidad.

- × Requiere de maquinaria y mano de obra más especializada que el hormigón sin postesar;
- × El cálculo es más complejo y por lo tanto más caro;
- × El sistema es más caro que el de hormigón pretensado pues los anclajes no se recuperan y quedan perdidos en el hormigón;
- × Se deberá tener extrema precaución al utilizar acero engrasado en el diseño y ejecución de los ancles y sus recubrimientos;
- × Los códigos sísmicos de algunos países no permiten su uso en zonas sísmicas, por la transmisión de fuerzas producidas por la excitación dinámica.

Forjado mixtos de chapa colaborante

- Son estructuralmente eficientes porque explotan la resistencia a la tracción del acero y la resistencia a compresión del hormigón, mejorando tanto su resistencia como su rigidez;
- Permite una mayor simplicidad y rigidez en la construcción, ya que la rigidez y el peso reducido de la losa facilitan su transporte, almacenamiento e instalación;
- Ideal para edificios en altura, en donde es posible avanzar con el montaje de la estructura sin necesidad de hormigonar forjados, solamente disponiendo la chapa nervada fijada a las vigas metálicas, que incluso aporta una adecuada capacidad de arriostramiento a efectos horizontales, tanto en la etapa de ejecución como en la de servicio;
- La chapa extendida, premontada y debidamente sujeta, resulta ser una plataforma segura de trabajo, para facilitar el movimiento de las personas y para el acopio de los materiales;
- Puede no necesitar la colocación de apuntalamientos o cimbras para soportar el peso del hormigón antes del endurecimiento del mismo, lo que simplifica mucho la ejecución de la obra, permitiendo ejecuciones muy rápidas;
- En el caso de forjados a una determinada altura importante, por ejemplo por encima de 5 metros, al no necesitar apuntalamiento ni cimbras resulta muy adecuado para no tener que montar castilletes o varios niveles de apuntalamiento, simplificando y abaratando la ejecución;
- Por la forma de la propia chapa, este tipo de forjados permite, con la colocación de elementos complementarios, el introducir instalaciones, evitando en ocasiones la necesidad de disponer falsos techos o falsos suelos de magnitudes importantes;
- Necesita menos construcción in situ, ya que los perfiles de acero se fabrican bajo condiciones controladas, lo que permite alcanzar tolerancias más estrictas y establecer procedimiento de calidad;
- Permite ahorrar hasta un 30% de hormigón, gracias al perfil ondulado y profundo de la chapa de acero. Esta reducción en el peso propio de la losa

- produce una reducción significativa de la carga que soporta la estructura, dando lugar a una construcción más ligera que un edificio tradicional de hormigón;
- La mayor rigidez de los forjados mixtos permiten que éstos puedan ser más delgados para una misma luz, conduciendo a bajar alturas de piso y ahorros en el coste de revestimiento o, alternativamente, permitiendo más espacio para los servicios.

 - × La resistencia última de un forjado mixto de chapa colaborante viene determinada por la resistencia de la conexión acero-hormigón frente a los esfuerzos rasantes por lo que las luces que se pueden salvar de manera económica son más bien reducidas;
 - × Es necesario utilizar personal especializado para el montaje del mismo, debiendo cuidar mucho las condiciones de limpieza;
 - × Deben existir planos de montaje, pues no permite habitualmente la improvisación;
 - × La conexión entre chapa y hormigón no queda asegurada en caso de acciones dinámicas;
 - × La masa muy reducida de los forjados mixtos de chapa colaborante puede contribuir a una cierta tendencia de estos elementos a vibrar de manera perceptible;
 - × En ausencia de revestimientos específicos o de falsos techos, la resistencia de los forjados mixtos de chapa colaborante en caso de incendio es relativamente débil;
 - × Propenso a la oxidación, siendo necesaria la protección con pinturas antioxidantes.

Forjado de aluminio

- Su resistencia y rigidez permite utilizar pocos elementos constructivos, logrando un importante ahorro en mano de obra y la rápida reutilización de los equipos;
- Debido a su variedad de medidas de los elementos, permiten resolver diferentes configuraciones de forma y carga;
- Facilidad de montaje, manejo y transporte gracias al bajo peso de los elementos;
- Muy resistente a la corrosión debido a la propiedad del aluminio de generar de forma natural una capa de óxido que lo hace muy resistente a la corrosión, sin embargo, los diferentes tipos de tratamiento de revestimiento pueden mejorar aún más esta propiedad;
- Debido a la ausencia de corrosión, los gastos de mantenimiento son reducidos;
- Garantiza una total estanquidad al aire, al agua e al viento;
- Ofrece un factor de aislamiento térmico y acústico óptimos;

- Debido a su reducido peso, permite la utilización de longitudes;
- El material debe ser limpiado minuciosamente (por medio mecánicos, químicos o una combinación de ambos) antes de ser soldado para que la calidad y la facilidad del procedimiento se vea mejorada;

- × Resistencia a altas temperaturas ya que al aumentar la temperatura, disminuyen la resistencia a la tracción, el límite elástico e la dureza, en tanto que, en general, aumenta el alargamiento de rotura y la estricción de rotura;
- × Resistencia a la abrasión o al desgaste es particularmente baja en el rozamiento en seco pues no ofrece grande resistencia a dejarse erosionar cuando está en contacto de fricción con otro material pero el desgaste se puede reducir drásticamente por un tratamiento superficial apropiado.

Forjados de madera

- Material muy versátil que se adapta a cualquier diseño de estructura, además, tiene grandes posibilidades estéticas;
- El tiempo de construcción es corto, ya incluyendo la espera del kit de madera en el terreno de propietario;
- Los precios de las estructuras en madera son menores comparando con las tradicionales, lo que hace que estas viviendas sea más accesible a mayor número de personas;
- Es una construcción ecológica porque es rápida, limpia, consume poca agua pues es una construcción seca y en el proceso de transformación, como el corte y secado de la madera, se utiliza poca energía;
- Construcción de con un ahorro de agua y tiempo de secados;
- Es fácilmente manejable y mecanizable;
- Su facilidad de trabajo y el hecho de tratarse de una construcción en seco hacen que se convierta en una construcción rápida y eficaz;
- Requiere herramientas manuales sencillas o de máquinas-herramientas de fácil transporte y utilización;
- Se puede adaptar en cualquier sitio, sin importar el clima y las condiciones ambientales y en todo el tipo de estructuras de pequeña o gran complejidad;
- Posibilidad de ensamblar y pegar con adhesivos apropiados, unir con clavos, tornillos, pernos y conectores especiales, produciendo uniones limpias resistentes y durables;
- Debido a la ligereza de la madera, se ahorran energéticos en los procesos de elaboración y en el costo de transporte de los elementos, respecto a los costos correspondientes de otros materiales y sistemas;
- La madera regula la temperatura interior de las construcciones y controla la humedad, por lo tanto, es menos intensivo el uso de climatización asistida;

- Presenta una buena absorción de las ondas acústicas, lo que se traduce en una reducción de la reverberación de las ondas sonoras y en una mejora del confort acústico interno;
 - Con determinadas técnicas de tratamiento, exhiben un comportamiento bajo la acción de los incendios, superior al de muchas estructuras de materiales incombustibles;
 - Con un diseño y puesta en obra correctos, pueden llegar a ser muy durables.
-
- × Necesidad tomar medidas de protección adecuadas contra la humedad, intemperie y el ataque de los organismos que se alimentan de celulosa;
 - × Es aconsejable que los revestimientos estancos al agua y resistentes a la humedad;
 - × Material heterogéneo y anisotrópico pues no posee los mismos módulos de resistencia mecánica en todas sus direcciones, lo que puede generar inestabilidad en la estructura si no se selecciona el tipo adecuado de madera.

Apêndice I - Cálculos do peso próprio das lajes de estacionamento

FORJADO RETICULAR

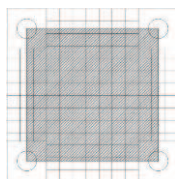
Datos	Largo [m]	Ancho [m]	Área [m ²]
Forjado total	8,00	8,00	64,00
Capitel	2,40	2,40	5,76
Maciza	-	-	5,76
Reticular	-	-	58,24

Análisis reticular	Altura [m]	Largo [m]	Ancho [m]	Área [m ²]	Volumen [m ³]	Número de cubetas	Volumen de hormigón por m ² [m ³ /m ²]	Volumen total hormigón [m ³]	Peso propio por cubeta [kg/m ²]	Peso propio total cubeta [kg]	Peso propio total reticular [kg]
Cubeta	0,250	0,749	0,799	0,598	0,106	97	0,159	9,260	398	238,183	23 179,52
Hormigón ficticio	0,325	-	-	58,240	18,928						
Hormigón real	-	-	-	-	8,612						

Análisis maciza	Altura [m]	Largo [m]	Ancho [m]	Área [m ²]	Volumen [m ³]	Peso propio del hormigón armado [kg/m ³]	Peso propio capitel [kg]
Capitel	0,325	2,400	2,400	5,760	1,872	2 500	4 680,00

Análisis pilar	Altura [m]	Radio [m]	Área [m ²]	Volumen [m ³]	Peso propio del hormigón armado [kg/m ³]	Peso propio pilar [kg]
Pilar	2,675	0,30	0,283	0,756	2 500	1 890,85

29 750,37

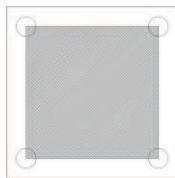


FORJADO MACIZO

Análisis forjado	Altura [m]	Largo [m]	Ancho [m]	Área [m ²]	Área - Área pilar [m ²]	Volumen [m ³]	Peso propio del hormigón armado [kg/m ³]	Peso propio forjado [kg]
Forjado	0,240	8,000	8,000	64,000	63,717	15,292	2 500	38 230,35

Análisis pilar	Altura [m]	Radio [m]	Área [m ²]	Volumen [m ³]	Peso propio del hormigón armado [kg/m ³]	Peso propio pilar [kg]
Pilar	2,760	0,30	0,283	0,780	2 500	1 950,93

40 181,28



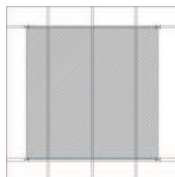
FORJADO ACERO

Datos	Altura [m]	Largo [m]	Ancho [m]	Área [m ²]
Forjado	2,40	8,00	8,00	64,00

Análisis estructura	Cantidades	Peso propio por metro de viga [kg/m]	Peso propio total [kg]	Área de la sección [m ²]	Volumen de acero [m ³]
Viga IPE 300	1	42,20	337,60	0,00538	0,043
Viguetas IPE 240	3	30,70	736,80	0,00391	0,094
Pilar HEB 240	1	83,20	665,60	0,01060	0,085
			1 740,00		0,222

Análisis forjado	Altura [m]	Largo [m]	Ancho [m]	Espesura [m]	Área [m ²]	Volumen de hormigón por m ² [m ³ /m ²]	Volumen de hormigón total [m ³]	Peso propio chapa + hormigón [kg/m ²]	Peso propio total chapa + hormigón [kg]
Chapa colaborante	0,06	8,00	8,00	0,001	64,00				
Hormigón armado	0,06	8,00	8,00	-	64,00	0,087	5,568	235	15 040,00

16 780,00



Apêndice J - Cálculos da energia embutida e CO₂ das lajes

Análisis Energía	Peso propio total [kg]	Energía contenida por material [kWh/kg]	Energía total contenida [kWh]	Energía contenida por forjado [kWh]
Forjado reticular	29 750,37	0,79	23 502,79	23 502,79
Forjado macizo	40 181,28	0,79	31 743,21	31 743,21
Forjado acero	1 740,00	11,6	20 184,00	32 065,60
	15 040,00	0,79	11 881,60	

Análisis Emisiones	Volumen total de los materiales [m3]	CO2 emitido en la fabricación del material [kg/m3]	CO2 total emitido [kg]	CO2 emitido por forjado [kg]
Forjado reticular	11,89	120,00	1 426,62	1 426,62
Forjado macizo	16,07	120,00	1 928,70	1 928,70
Forjado acero	0,22	5 320,00	1 179,34	1 847,50
	5,57	120,00	668,16	

Apêndice K - Cálculos das emissões atmosféricas e matérias-primas

Emisiones del forjado de hormigón	Emisiones por kg [g/kg]	Emisiones del forjado reticular [g]	Emisiones del forjado macizo [g]
Caliza	170	5 057 562,23	6 830 818,12
Otros productos minerales	850	25 287 811,17	34 154 090,58
Agua	80	2 380 029,29	3 214 502,64
Dióxido de carbono	120	3 570 043,93	4 821 753,96
Óxido de nitrógeno	0,550	16 362,70	22 099,71
Óxido de sulfúrico	0,140	4 165,05	5 625,38
Metano	0,130	3 867,55	5 223,57
Componentes orgánicos volátiles	0,180	5 355,07	7 232,63
Polvo	0,023	684,26	924,17
Metales pesados	0,00002	0,60	0,80
		36 325 881,84	49 062 271,56

Emisiones del forjado de acero	Emisiones por kg [g/kg]	Emisiones del forjado [g]
Escoria	145,00	32,14
Escoria granulada	230,00	50,99
Agua residual	150000000,00	33 252 000,00
Dióxido de carbono	1950,00	432,28
Óxido de nitrógeno	3,00	0,67
Óxido de sulfúrico	4,00	0,89
Metano	0,626	0,14
Componentes orgánicos volátiles	0,234	0,05
Polvo	15,00	3,33
Metales pesados	0,037	0,01
		33 252 520,48

+

Emisiones del forjado de hormigón	Emisiones por kg [g/kg]	Emisiones del forjado [g]
Caliza	170	2 556 800,00
Otros productos minerales	850	12 784 000,00
Agua	80	1 203 200,00
Dióxido de carbono	120	1 804 800,00
Óxido de nitrógeno	0,550	8 272,00
Óxido de sulfúrico	0,140	2 105,60
Metano	0,130	1 955,20
Componentes orgánicos volátiles	0,180	2 707,20
Polvo	0,023	345,92
Metales pesados	0,00002	0,30
		18 364 186,22
		51 616 706,70

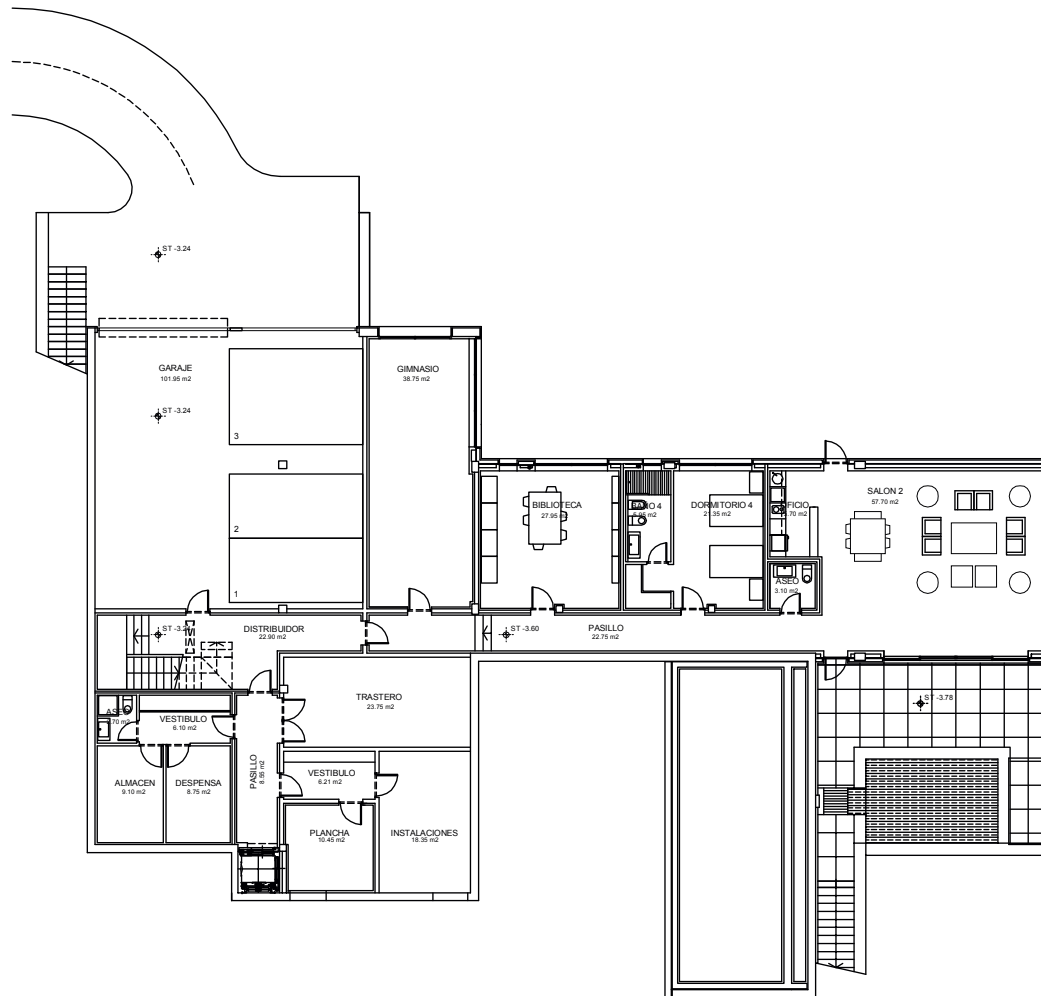
Materias primas forjado reticular	Materias primas necesarias para el fabrico del material [g/kg]	Materias primas totales necesarias para el forjado [g]
Caliza	170	5 057 562,23
Otros productos minerales	850	25 287 811,17
Agua	80	2 380 029,29
		32 725 402,69

Materias primas forjado macizo	Materias primas necesarias para el fabrico del material [g/kg]	Materias primas totales necesarias para el forjado [g]
Caliza	170	6 830 818,12
Otros productos minerales	850	34 154 090,58
Agua	80	3 214 502,64
		44 199 411,34

Materias primas acero	Materias primas necesarias para el fabrico del material [g/kg]	Materias primas totales necesarias para el forjado [g]
Ganga de hierro	1500	2 610 000,00
Piedra caliza	225	391 500,00
Carbón	750	1 305 000,00
		4 306 500,00

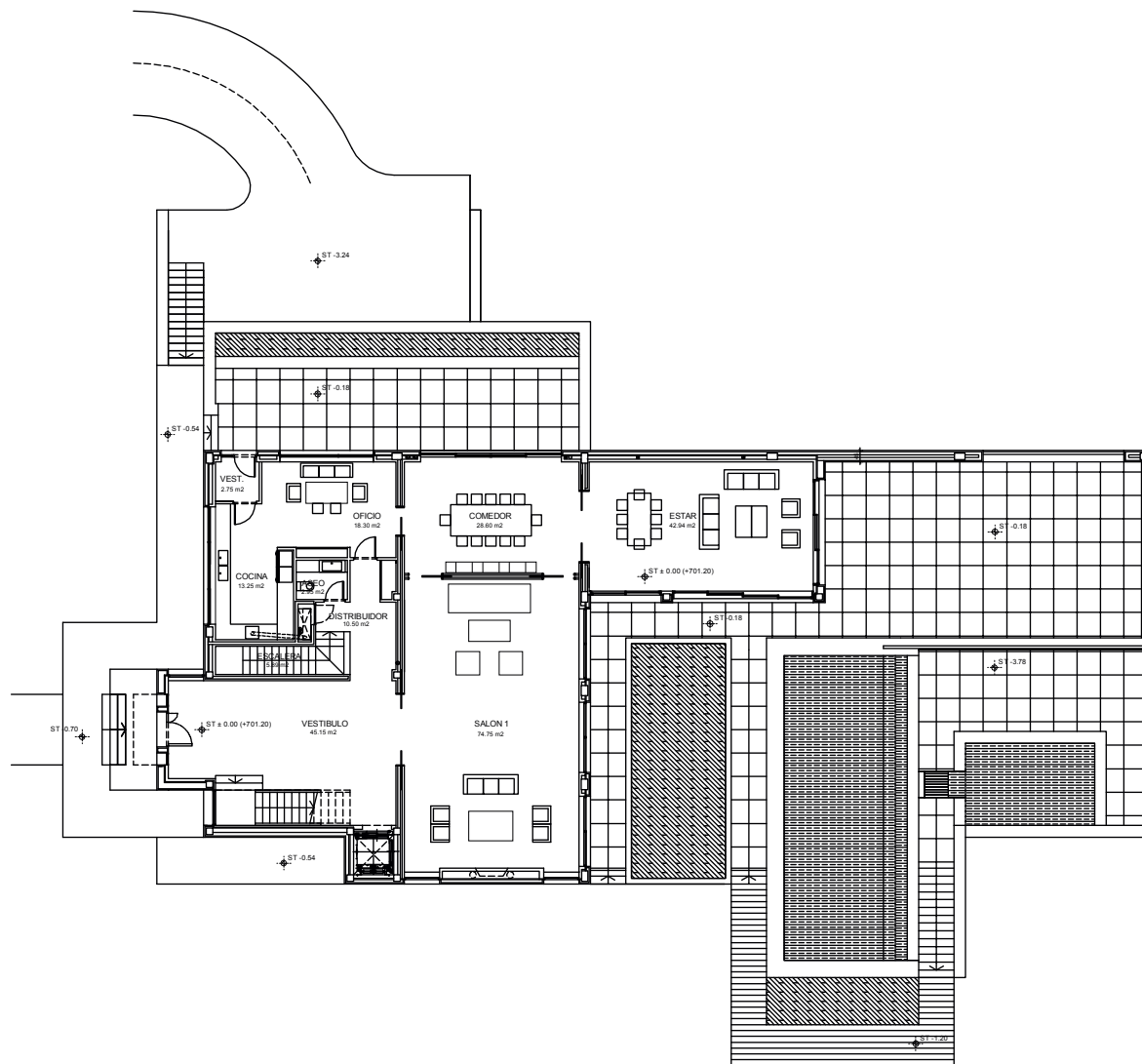
Anexos

Anexo A - Plantas e alçados da moradia



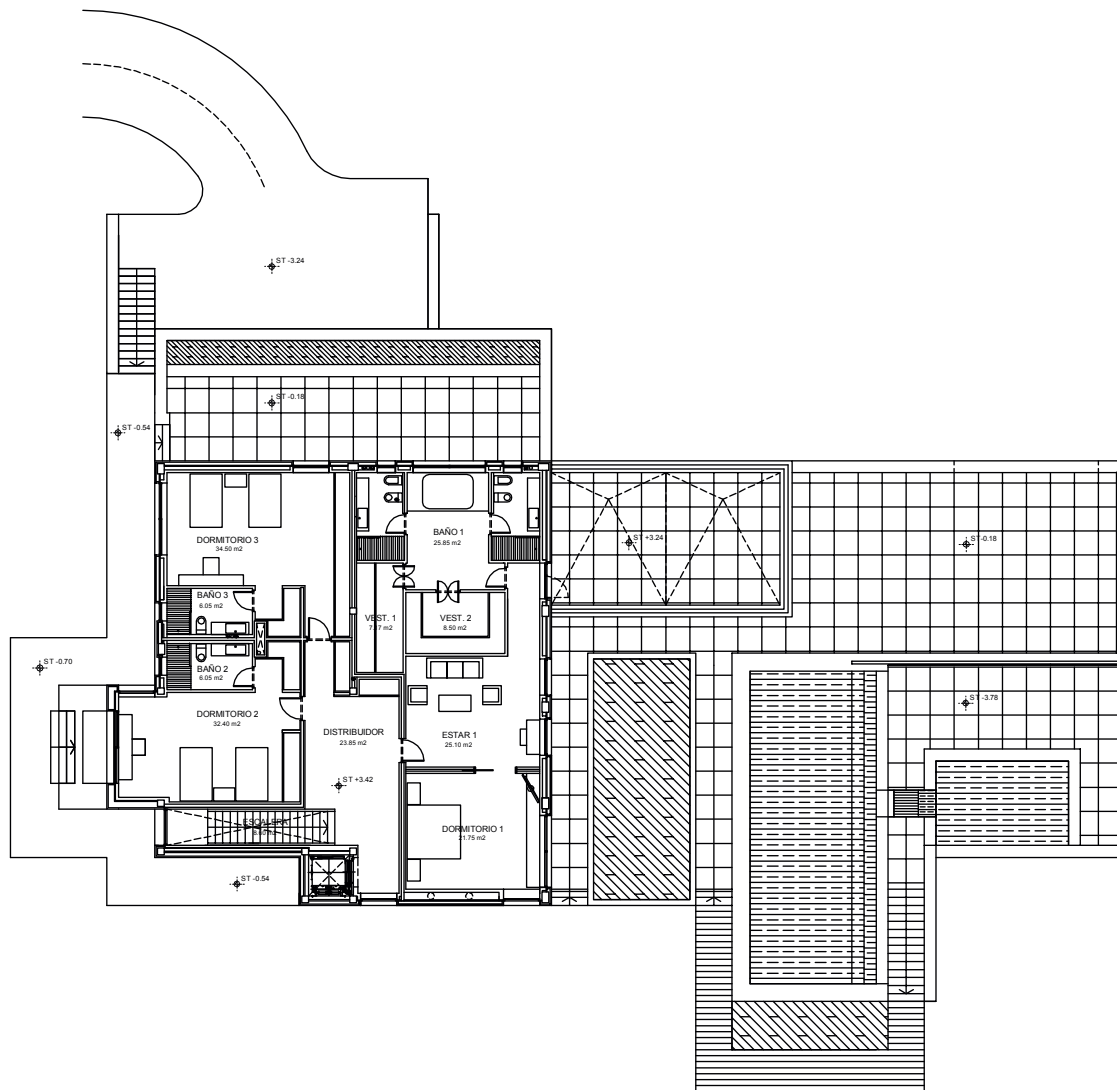
Fairbanks Arquitectos

Ubicación Alcobendas, Madrid España	Proyecto Chale Proyecto de ejecución Busca Investigación Intervención	Escalas <input type="checkbox"/> 1/100 <input checked="" type="checkbox"/> 1/200 <input type="checkbox"/> 1/500	Planta Semisótano/Baja Bruce S. Fairbanks	Numero 01
---	---	--	--	---------------------



Fairbanks Arquitectos

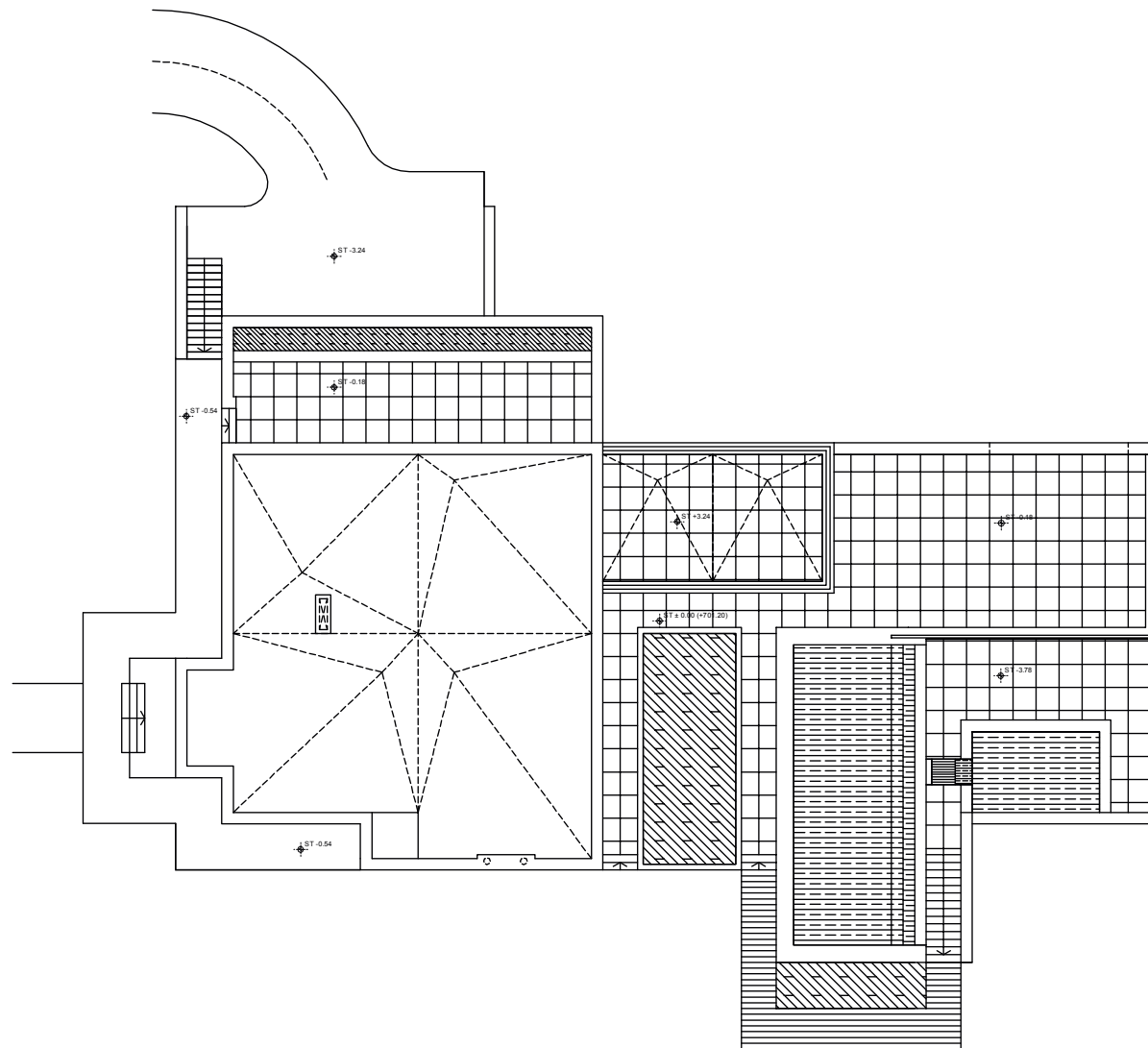
Ubicación Alcobendas, Madrid España	Proyecto Chale Proyecto de ejecución Busca Investigación Intervención	Escalas □ 1/100 ■ 1/200 □ 1/500	Planta Baja Bruce S. Fairbanks	Numero 02
---	---	--	-----------------------------------	---------------------



Fairbanks Arquitectos

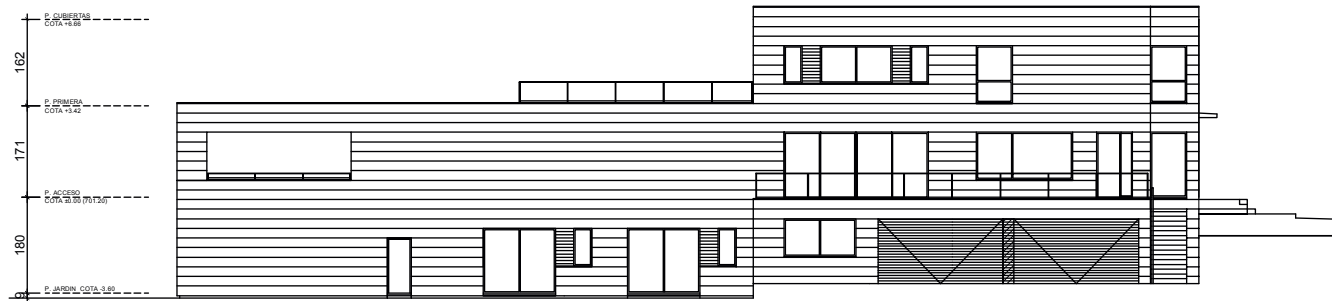
Ubicación Alcobendas, Madrid España	Proyecto Chale Proyecto de ejecución Busca Investigación Intervención	Escalas <input type="checkbox"/> 1/100 <input checked="" type="checkbox"/> 1/200 <input type="checkbox"/> 1/500	Planta Primera Bruce S. Fairbanks	Numero 03
---	---	--	--------------------------------------	---------------------

2015

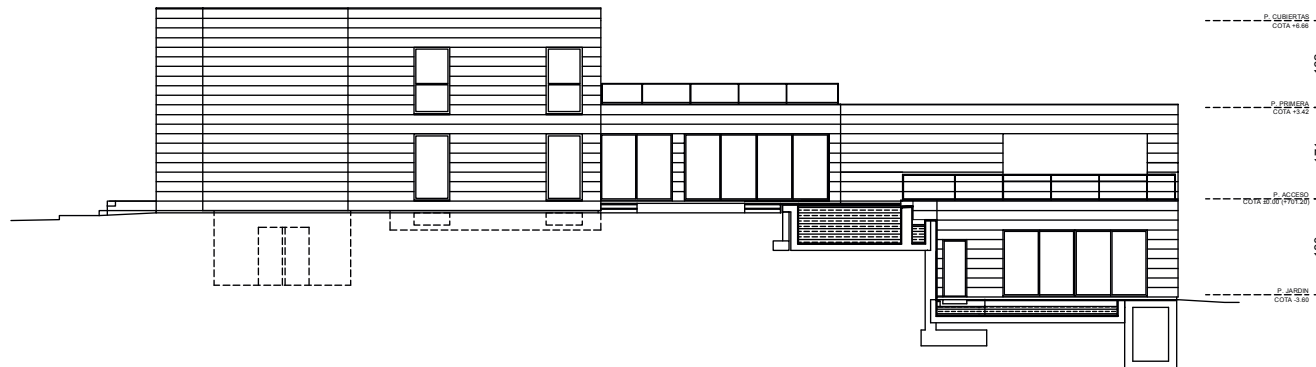


Fairbanks Arquitectos

Ubicación Alcobendas, Madrid España	Proyecto Chale Proyecto de ejecución Busca Investigación Intervención	Escalas <input type="checkbox"/> 1/100 <input checked="" type="checkbox"/> 1/200 <input type="checkbox"/> 1/500	Planta de Cobiertas Bruce S. Fairbanks	Numero 04
---	---	--	---	---------------------



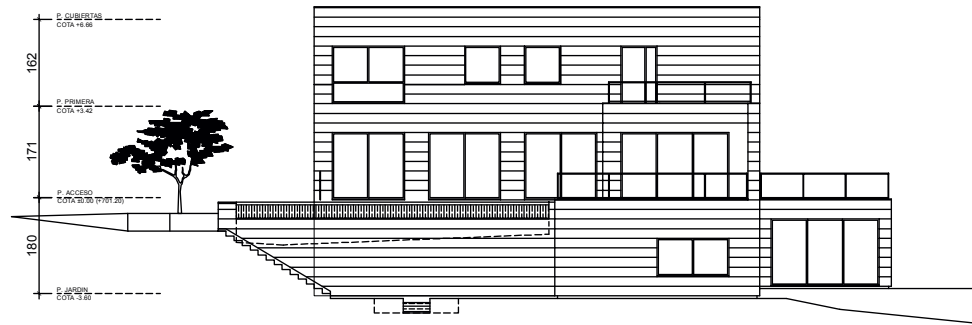
ALZADO NORTE



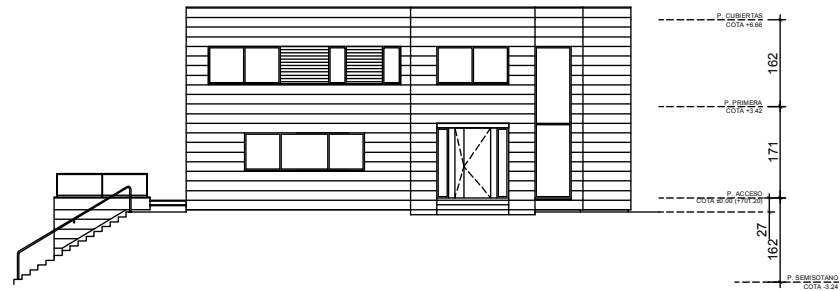
ALZADO SUR

Fairbanks Arquitectos

Ubicación Alcobendas, Madrid España	Proyecto Chale Proyecto de ejecución Busca Investigación Intervención	Escalas □ 1/100 ■ 1/200 □ 1/500	Alzados norte y sur Bruce S. Fairbanks	Numero 05
---	---	--	---	---------------------



ALZADO ESTE

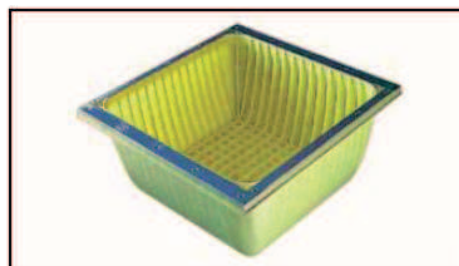


ALZADO OESTE

Ubicación Alcobendas, Madrid España	Proyecto Chale Proyecto de ejecución Busca Investigación Intervención	Escalas □ 1/100 ■ 1/200 □ 1/500	Alzados este y oeste Bruce S. Fairbanks	Numero 06
---	---	--	--	-------------------------

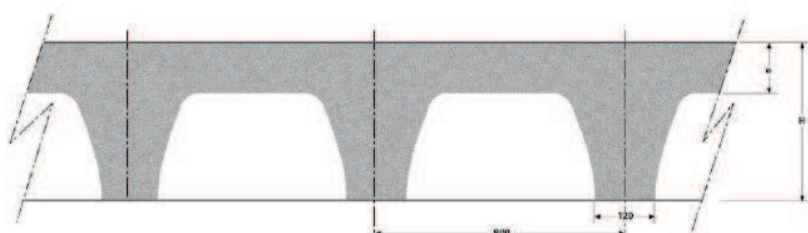
Anexo B - Características técnicas dos moldes removíveis Ulma

Las Cubetas Recuperables están diseñadas para soportar una capa de compresión de hasta 150 mm.



CUBETAS RECUPERABLES					
Altura (mm)	200	250	300	350	400
Peso (Kg)	11,2	11,4	12,5	13	13,3
Dimensiones (mm)	749 x 799				

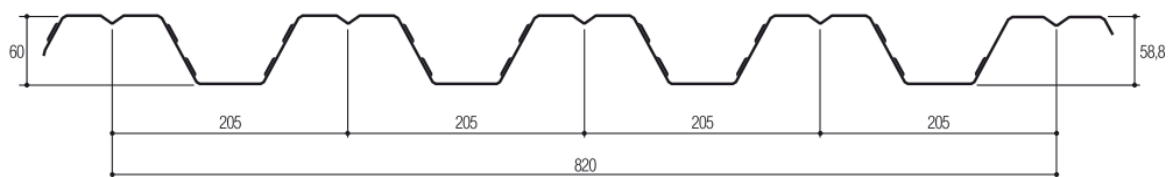
El siguiente dibujo muestra la forma del nervio que dejan las Cubetas en el hormigón.



A continuación se presenta el cuadro de los desalijos de hormigón para cada una de las Cubetas de distinta altura.

CUADRO DE DESALOJOS					
CUBETA	DESALOJO POR CUBETA (m ³)	ESPESOR DE CAPA DE COMPRESION E (mm)	ESPESOR TOTAL DE FORJADO H (mm)	PESO PROPIO DE FORJADO ALIGERADO (kg/m ²)	VOLUMEN TOTAL DE HORMIGON POR m ² DE FORJADO (m ³ /m ²)
200	0,0865	50	250	287,5	0,115
		75	275	350	0,14
		100	300	412,5	0,165
		150	350	537,5	0,215
250	0,106	50	300	335	0,134
		75	325	398	0,159
		100	350	460	0,184
		150	400	585	0,234
300	0,119	50	350	410	0,164
		75	375	473	0,189
		100	400	535	0,214
		150	450	660	0,264
350	0,128	50	400	500	0,2
		75	425	563	0,225
		100	450	625	0,25
		150	500	750	0,3
400	0,137	50	450	590	0,236
		75	475	653	0,261
		100	500	715	0,286
		150	550	840	0,336

Anexo C - Características técnicas da chapa colaborante Hiansa



PESO PROPIO DEL PERFIL + HORMIGÓN (Kg/m²)

CANTO DE LA LOSA (cm)		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
CONSUMO DE HORMIGÓN DEL FORJADO (dm ³ /m ²)		67	77	87	97	107	117	127	137	147	157	167	177	187	197	207	217
ESPESOR CHAPA (mm)	0,8	183	208	233	258	283	308	333	358	383	408	433	458	483	508	533	558
	1,0	185	210	235	260	285	310	335	360	385	410	435	460	485	510	535	560
	1,2	187	212	237	262	287	312	337	362	387	412	437	462	487	512	537	562