

UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

Departamento de Arquitectura e Engenharia Civil.



Reabilitação energética de um edifício de grande escala – Caso prático.

António Alberto Gonçalves Coelho

**Dissertação de 2º Ciclo Conducente ao Grau de Mestre em
Arquitectura**

UBI – 2009

UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

Departamento de Arquitectura e Engenharia Civil.

Reabilitação energética de um edifício de grande escala – Caso Prático.

Dissertação, projecto de Mestrado realizada sob orientação do Professor Doutor Luís Oliveira do Departamento de Arquitectura e Engenharia Civil e sob Co-orientação do Professor Doutor António Baño da Universidade de Alcalá - Madrid, apresentado à Universidade da Beira Interior para a obtenção do Grau de Mestre em Arquitectura, registado na DGES.

António Alberto Gonçalves Coelho

“o mundo não pode evoluir além da actual crise utilizando o mesmo pensamento que criou esta situação”

Albert Einstein

“Contempla o sol.

Olha a lua e as estrelas.

Admira a beleza dos rebentos da terra.

Depois, pensa.”

Hildegard von Bingen

Índice

Agradecimentos	pág. 4
Prólogo	pág. 5
1. Introdução	pág. 6
a. Porquê pensar na reabilitação energética de edifícios de grande escala?	pág. 6
i. Reabilitações em grande escala	pág. 8
ii. Projectos sustentáveis em grande escala	pág. 11
2. Caso prático	pág. 21
a. Porquê a torre BBVA, de Francisco Oíza?	pág. 21
b. Estudo do edifício	pág. 21
i. Implantação	pág. 22
ii. Organização funcional	pág. 23
iii. Concepção estrutural	pág. 27
iv. Instalações	pág. 31
c. Intervenção	pág. 33
i. Estratégias passivas	pág. 33
a. Condições exteriores: dados climáticos	pág. 33
b. Condições interiores: sensação de conforto	pág. 38
c. Controlo da radiação solar	pág. 40
d. Câmara vegetal e Câmara chaminé solar	pág. 48
e. Iluminação natural	pág. 52
f. Reciclagem das águas cinza	pág. 54
g. Cobertura ajardinada	pág. 56
h. Estacionamento para bicicletas e Balneários	pág. 57
ii. Estratégias activas	pág. 59
a. Sistemas de produção de frio e calor	pág. 59
b. Sistemas mecânicos de climatização	pág. 63
c. Produção de energia (painéis fotovoltaicos)	pág. 66
d. Iluminação LED	pág. 68
e. Separação mecânica do lixo	pág. 69
d. Execução das alterações propostas	pág. 71
3. Resultados da reabilitação	pág. 74
a. Ganhos energéticos	pág. 74
b. Melhoria do ambiente interno e bem-estar dos utentes	pág. 77
4. Conclusões	pág. 78
5. Bibliografia	pág. 79

Agradecimentos

Este projecto não representa apenas o resultado de extensas horas de estudo, reflexão e trabalho. É igualmente o culminar de um objectivo académico a que me propus e que não seria possível sem a ajuda das seguintes pessoas.

Estou especialmente agradecido ao Sr. Professor Doutor Luís Oliveira pelos sábios conselhos, recomendações e contagioso entusiasmo.

Ao Sr. Professor Doutor António Baño pela sua vasta perspicácia, conhecimento e sugestões transmitidas durante a elaboração do projecto. À sua hábil direcção e apoio na superação dos diversos obstáculos.

À colega de Arquitectura Maria Neto pelo apoio constante e transmissão de confiança nos momentos mais difíceis do desenvolvimento do projecto.

Ao amigo João pela ajuda na revisão final do trabalho.

Aos meus pais, por me inculcaram o amor ao estudo e à realização profissional, entre outros valores que regem a minha vida.

À minha família, pela tolerância, compreensão e carinho que me deram quando estava a trabalhar.

Estou ainda em dívida com muitas pessoas relacionadas com as questões estudadas, pela ajuda, apoio, paciência, simpatia e colaboração.

Prólogo

Este projecto pretende apresentar um conjunto de soluções no âmbito da reabilitação energética, especificamente num edifício que se desenvolve em altura.

Este desafio surge aliado ao facto de no presente ano, o mesmo do desenvolvimento deste trabalho, o seu autor se encontrar a residir em Madrid ao abrigo do programa Erasmus, onde pôde aprofundar os conhecimentos relativos à construção sustentável.

A mesma cidade que lhe proporcionou adquirir estes conhecimentos simultaneamente o inquieta, visto que é constituída maioritariamente por edifícios de grande escala que consomem enormes quantidades de energia.

Por esta razão, e como contributo para a cidade e para o planeta, decidiu projectar a reabilitação energética de uma das torres mais emblemáticas da cidade, a sede do BBVA do Arquitecto Francisco Oíza.

A escolha deste edifício deve-se à grande admiração que nutre pelo arquitecto Oíza, e essencialmente à proximidade da sua residência com o referido edifício, que lhe permitiu analisar dia a dia todos os pormenores.

O grande objectivo deste projecto é demonstrar que através de estratégias quer sejam elas passivas, activas ou combinadas é possível diminuir consideravelmente o consumo energético e ao mesmo tempo as emissões dos gases efeito de estufa deste tipo de edifícios.

Procura-se também mostrar, através deste trabalho de reabilitação energética, a possibilidade de combinar e integrar sistemas em edifícios já existentes sem afectar a sua arquitectura inicial bem como as suas funções.

1. Introdução

Uma parte do consumo final de energia da União Europeia concentra-se no sector da habitação e dos serviços, formado na maioria por edifícios. A previsão é que o consumo continue a crescer e, por isso, aumente consecutivamente as emissões dos gases efeitos de estufa.

No entanto, a poupança de energia nos edifícios é uma das estratégias chave para assegurar o controlo energético e reduzir as emissões dos gases efeito de estufa da União Europeia.

No sector dos edifícios existe um grande potencial de melhoria da eficiência energética, tanto relativamente ao comportamento dos usuários, como às características físicas e de funcionamento dos mesmos.

Tendo em conta que mais de 60% da energia consumida nos edifícios europeus se destina à climatização dos espaços interiores habitáveis, é indispensável aplicar estratégias para reduzir o impacto ambiental que estes provocam.

Há uma necessidade urgente em repensar os edifícios procurando estratégias de climatização passivas ou activas de baixos consumos, ou até mesmo combinar ambas. Existem inúmeras medidas que se podem adoptar para reduzir, com maior ou menor eficácia, os impactos provocados pelos edifícios, dependendo, contudo, da sensibilidade, da capacidade e do engenho do projectista.

Actualmente, a responsabilidade com o meio ambiente é já tido por muitos projectistas como o requisito primário do projecto abordando apenas edifícios de pequena escala.

Deste modo, a reabilitação energética dos edifícios de grande escala revela-se cada vez mais importante, tendo em conta que são estes os autênticos “devoradores de energia”.

1.a. Porquê pensar na reabilitação energética de edifícios de grande escala?

Com o aumento da população nas grandes cidades do mundo e a escassez cada vez maior de recursos naturais básicos, o ser humano começa a preocupar-se com as formas de garantir que as futuras gerações tenham condições de se manter e de ser abastecidas através dos mesmos meios e fontes de recursos que existem hoje. Infelizmente, não há uma fórmula mágica que garanta a continuidade destas reservas e que assegure que elas suportarão o mesmo ritmo

frenético de consumo actual. A água potável é já um recurso muito escasso e acredita-se que, muito em breve, as reservas naturais estarão esgotadas ou sobre-exploradas .

Nas últimas décadas, a resposta ao crescimento da população citadina foi a construção de edifícios de grande escala, sustentada por motivos económicos, urbanos, demográficos etc.. Contudo, grande parte destas estruturas surgiu antes das crises do petróleo e num período onde a noção de impacto ambiental não era sequer equacionada, pois não se tinha em conta o consumo energético dos edifícios e muito menos as suas consequências no ambiente.

Segundo a empresa de investigação Ecofys, 75% do potencial de poupança encontra-se em edifícios construídos antes da década de 80. Estes são os que desperdiçam mais energia, mas, se forem usadas técnicas de eficiência energética na sua reabilitação, será possível obter reduções até 80% das necessidades de energia.

Tendo em conta que as torres de escritórios, de habitação, de hotéis ou de outras utilizações fazem parte integrante das cidades e não podem ser pura e simplesmente erradicadas, cabe aos projectistas procurar soluções para optimizar a sua eficiência energética encontrando um ponto de equilíbrio entre as necessidades do planeamento urbano e as condicionantes ambientais. No entanto, mais importante do que implementar novas construções seguindo os critérios da sustentabilidade é reabilitar as estruturas de grande escala com reduzida eficiência energética já existentes.

Segundo Ken Yeang: "os arranha-céus são uma efectiva alternativa "verde" à conhecida estrutura suburbana descentralizada e de ordenamento de baixa densidade."

O mesmo defende José Romano em *Edifícios em Altura: "Olhando o Futuro, consideram-se as utopias de torres de um quilómetro de altura, propondo um urbanismo vertical mais concentrado e menos poluente."*

Em conclusão, pode-se afirmar que, com a reabilitação energética dos edifícios de grande escala, reduz-se grande parte dos problemas ambientais actuais ao mesmo tempo que se encontram novas linhas de orientação para um planeamento urbanístico sustentável futuro.

Seguidamente ir-se-ão apresentar alguns edifícios que são tidos como referência da construção sustentável em grande escala. Os primeiros dois casos expostos (1a.i) são exemplos de reabilitações energéticas, enquanto os restantes (1a.ii) se tratam de estruturas verticais que aplicam, à partida, critérios de sustentabilidade na sua construção. (Interessa referir que os dois primeiros foram estudados e visitados pelo autor deste trabalho, comprovando a efectividade dessa reabilitação).

1.a.i. Reabilitações de grande escala

O primeiro exemplo trata-se de um edifício de escritórios inserido numa localização geográfica privilegiada de Madrid, na intercepção da Avenida da América com a M-30, da autoria dos arquitectos Ruiz-Larrea & Associados. Este foi reabilitado (Imagem 2) integralmente para acolher uma nova sede corporativa. Do edifício original (Imagem 1) apenas foi deixado o esqueleto estrutural, sendo redefinidos novos interiores e formas de uso.

A proposta teve como principais objectivos:

- Potenciar a condição de observador;
- Domesticar a agressão climática do clima madrilenho caracterizado pela forte radiação luminosa e calorífica;
- Controlar a poluição sonora das vias que cercam o edifício;
- Garantir uma iluminação natural difusa, sem claros-escuros, e sobretudo sem as distorções cromáticas dos vidros de alto controlo solar;
- Criar um objecto singular escultórico dada a necessidade publicitária da sede institucional.

Apesar das dificuldades inerentes, este projecto conseguiu dar resposta adequada às condicionantes e objectivos referidos através do desenho de uma fachada que faz uso de medidas passivas, composta por materiais convencionais, de custo razoável, e sobretudo que não obrigam a uma gestão complexa.

Para isso, recorreu a um elemento clássico da arquitectura popular, as palas, dimensionadas de tal forma que impeça, tanto no Verão, Outono ou Primavera, que a radiação solar chegue à fachada. Por outro lado, no Inverno, a radiação deverá ser suficiente para ajudar a aquecer o interior do edifício, quebrar as ondas sonoras e, ao mesmo tempo, converter a radiação luminosa directa em indirecta.

Com este tipo de fachada o comportamento do edifício em temporada de refrigeração (6 meses/ano) reflecte-se na redução de 62% da radiação solar incidente, poupança de 108kw/ano de energia eléctrica e diminuição de 40 toneladas de emissões de CO2 para a atmosfera.

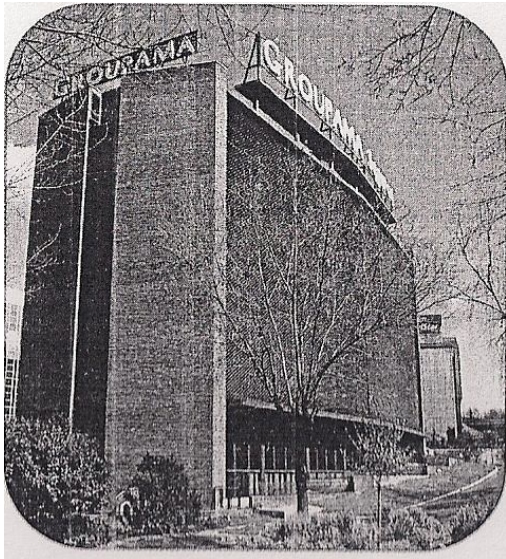


Imagem 1. Antes da reabilitação.



Imagem 2. Depois da reabilitação. Fonte: Infodorus N° 17 3/08

O exemplo seguinte é um edifício da nova sede do INE em Madrid da autoria dos arquitectos Cézar Ruiz-Larrea Cangas, António Gómez e Eduardo Prieto Gonzales (Imagem 3).

Situada na Paseo de la Castellana, nº183, é o resultado da reabilitação do obsoleto edifício que, durante mais de trinta anos, acolheu esta instituição. Devido às suas instalações antiquadas, incumprimento das normativas actuais, organizações funcionais inadequadas, sistemas de trabalho e comunicação anacrónicos face às novas tecnologias, foi necessária uma remodelação integral das suas velhas estruturas.

Desde o concurso, os arquitectos pretenderam que o edifício se compromettesse em incorporar todo o tipo de propostas de eficiência energética e de compromisso ambiental.

Com este objectivo, instalou-se um sistema de refrigeração por tecto mediante máquinas de absorção, painéis fotovoltaicos integrados nas palas da fachada Sul, painéis tubo de vácuo no módulo bioclimático na cobertura (Imagem 4), reentrâncias profundas para atenuar a radiação solar, vidros especiais de máxima eficiência energética, instalações de baixo consumo, palas de protecção solar etc., o que permite diminuir até 80% as emissões de CO₂ do edifício e até 50% o consumo energético.

Tudo isto fez com que este edifício fosse o primeiro da administração a adoptar tais medidas em tão grande escala.



Imagem 3. Sede do INE Madrid.



Imagem 4. Cobertura do INE. Fonte: Infodomus Nº 17 3/08.

Em Madrid, actualmente, quanto a reabilitações energéticas de grande escala que combinam sistemas passivos com activos, são estes os únicos exemplos existentes.

Estas duas situações não são, apesar de tudo, bons modelos de reabilitações, visto que, dos edifícios existentes praticamente só foi aproveitada a estrutura. Em consequência, verificaram-se elevados desperdício de material e produção de entulhos, detritos e substâncias poluentes libertadas na atmosfera. Embora eles sejam mais eficientes energeticamente e menos emissores de CO₂, começaram à partida por contaminar o ambiente pela forma como foram reabilitados. Claramente, o aproveitamento exclusivo da composição estrutural não é a solução mais sustentável do ponto de vista ecológico quando se trata de uma reabilitação de um edifício.

A boa prática da reabilitação energética deverá ter em conta estratégias passivas combinadas, se necessário, com as activas e, sendo estas, simultaneamente, o mínimo intrusivas aquando da sua instalação. Desta forma prolonga-se a vida do edifício, diminui-se o seu consumo energético, protege-se o ambiente dos detritos que seriam lançados na demolição e reduzem-se as emissões de CO₂ resultantes da produção de novos materiais de construção.

É de interesse referir que, para além dos exemplos supracitados, foram também realizadas várias reabilitações energéticas em Madrid, especialmente nos últimos 4 anos. No entanto, estas deram-se unicamente ao nível dos sistemas activos, como por exemplo, instalação de painéis fotovoltaicos, colectores para aquecimento de águas, troca dos equipamentos de ar condicionado por outros mais eficientes etc..

1.a.ii. Projectos sustentáveis em grande escala

Vão agora ser apresentados exemplos do edifício pioneiro de grande escala, que conta com princípios de eficiência energética e de alguns projectos que foram desenvolvidos após a construção deste protótipo.

A sede do Commerzbank em Frankfurt (Imagem 5) do grupo *Foster and Partners* foi o primeiro arranha-céus a tomar seriamente em consideração a sustentabilidade como base de projecto. O seu design contempla os princípios da sustentabilidade para reduzir a dependência dos combustíveis fósseis. As principais estratégias são, um inovador sistema de fachada que permite fazer ventilação natural (Imagem 6), um conjunto de jardins interiores, aproveitamento da iluminação natural (Imagem 7), reaproveitamento da água, entre outros.

Para cumprir os seus princípios, a disposição estrutural do edifício está intimamente aliada às qualidades espaciais do escritório e jardim. Das três ligações a cada maciço de comunicações verticais existentes, uma delas é dedicada a jardins interiores e as outras duas estão reservadas a escritórios. Assim, no centro resulta um átrio central triangular. Este átrio permite criar um espaço “exterior” no interior do edifício, potenciando a ventilação natural e o controlo luminoso das aberturas voltadas para o átrio.

Os jardins interiores funcionam como filtros de ar vegetais ao mesmo tempo que permitem a iluminação natural dos escritórios. Estes criam também pequenos microclimas (devidos ao perda de água pelas plantas) que servem para arrefecer o edifício através de ventilação natural.

O Commerzbank apresenta-se assim um edifício muito mais confortável e saudável para os seus ocupantes do que os arranha-céus convencionais sendo ao mesmo tempo muito mais eficiente energeticamente.



Imagem 5. Commerzbank.

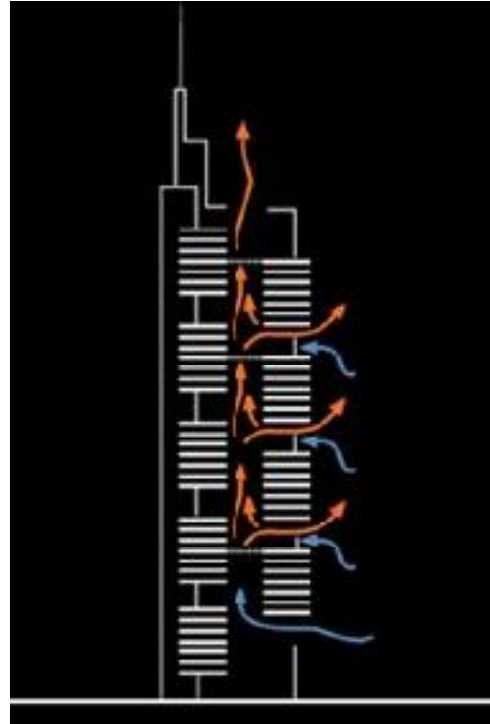


Imagem 6. Esquema de ventilação vertical.

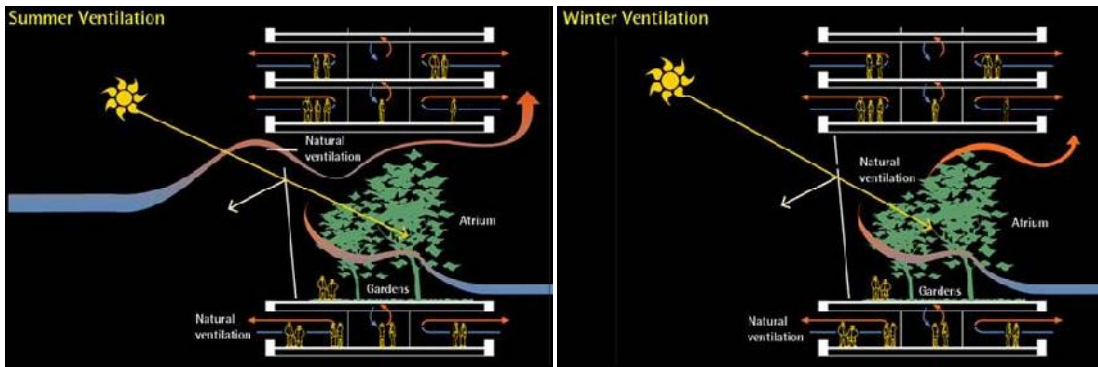


Imagem 7. Esquema de ventilação nos jardins interiores. Fonte: www.ecobuild.org.

Após a construção deste protótipo, surgiu uma série de novos projectos que seguem as mesmas linhas directivas. Entre eles encontram-se alguns exemplos reconhecidos como as melhores e recentes criações com desenho sustentável em grande escala:

- Urban Cactus, Roterdão. Em construção.



Imagem 8. Urban Cactus, fonte: www.ecogeek.org.

O Urban Cactus é um projecto residencial nos Países Baixos que irá oferecer 98 unidades residenciais em 19 andares. Graças ao desenho de varandas escalonadas curvas, cada unidade de espaço exterior receberá muita luz natural. Isto significa que este será realmente um arranha-céus verde quando os jardins de todos os moradores estiverem desenvolvidos. Embora esta torre não conte com tecnologia de produção de energia, o seu potencial de redução de emissões é assegurado pelo consumo de CO₂ devido ao processo fotossintético das plantas. Além disso, a cor branca vai ajudar a atenuar o efeito ilha de calor urbano.

- 340 sobre o Parque, Chicago. Concluído.



Imagem 9. 340 sobre o Parque, fonte: www.ecogeek.org.

Quando o 340 sobre o Parque abriu, tornou-se o primeiro arranha-céus residencial na cidade a cumprir as normas LEED. Conta com alta tecnologia de controlo solar e armazenamento de energia, que permite climatizar o edifício mediante ventilação natural.

- Waugh Thistleton Torre Residencial de Londres. Projecto.

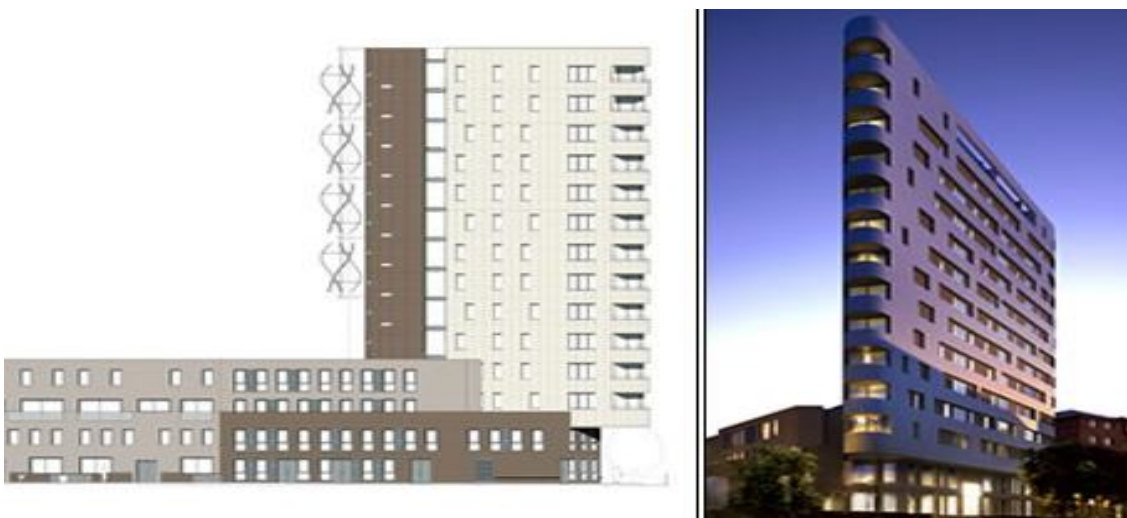


Imagem 10. Waugh Thistleton. Fonte: www.ecogeek.org.

Este projecto irá empregar tecnologia eólica, fazendo parte da sua composição formal turbinas helicoidais. Quatro turbinas anexadas a um dos lados da torre têm o potencial de gerar 40.000 kw/ano, mais de 15% das suas necessidades energéticas.

- Burj al-Taqa (Energia Torre), Dubai. Projecto.



Imagem 11. Burj al-Taqa. Fonte: www.ecogeek.org.

Se este edifício se tornar realidade, poderá tornar-se o mais alto de todas as eco-torres. Burj al-Taqa ocupará o lugar 22 na lista dos edifícios mais altos do mundo.

A grande turbina que surge no topo desta construção não é a única fonte geradora de energia. Possui uma ilha artificial de 48.000 metros quadrados de painéis fotovoltaicos ligados em cadeia. Responde a um programa funcional de edifício de escritórios, que consome apenas 60% da energia que produz.

- Hearst Tower, Nova Iorque. Concluído.



Imagem 12. Hearst Tower. Fonte: www.ecogeek.org.

A Hearst Tower, New York City, foi o primeiro arranha-céus a alcançar *LEED Gold*, acreditação do USGBC. Isto porque 80% do aço utilizado na sua construção era reciclado. Até no interior, o chão e tecto são feitos a partir de materiais reciclados.

A sua estrutura em forma de diamante não é de ordem estética, mas sim estrutural. Com este tipo de estrutura é possível poupar material na construção atingindo os mesmos níveis de rigidez. Facilita além do mais a entrada de luz natural.

- Torre SIA, Manchester Inglaterra. Concluída.



Imagem 13. Torre SAI. Fonte: www.ecogeek.org.

A torre SIA, toma principal destaque pela sua fachada com mais de 7000 painéis fotovoltaicos.

Conta ainda com 24 turbinas eólicas instaladas na cobertura.

Esta torre tem assim a capacidade de produzir mais 110% (www.ecogeek.org) das suas necessidades de consumo energético.

- Torre Farol, Dubai. Construção.



Imagem 14. Torre Farol. Fonte: www.ecogeek.org.

A Torre Dubai International Financial Centre Farol faz utilização de 4.000 painéis fotovoltaicos na fachada Sul, assim como três turbinas eólicas de 225 mega quilowatts para satisfazer as suas necessidades de electricidade.

- Bank of America Tower, New York City. Concluído.



Imagem 15, Bank of America Tower. Fonte: www.ecogeek.org.

Os criadores do Bank of America Tower, Cook + Fox Architects, obtiveram a certificação LEED Platina com a concretização desta torre.

Esta torre recolhe a água da chuva em fachada, para posterior utilização nos sanitários; faz uso da tecnologia de iluminação artificial led, de baixos consumos e como sistema gerador de energia utiliza uma tecnologia de criação de células energéticas resultantes da combustão de gás natural.

- Pearl River Tower, Guangzhou, China. Em construção

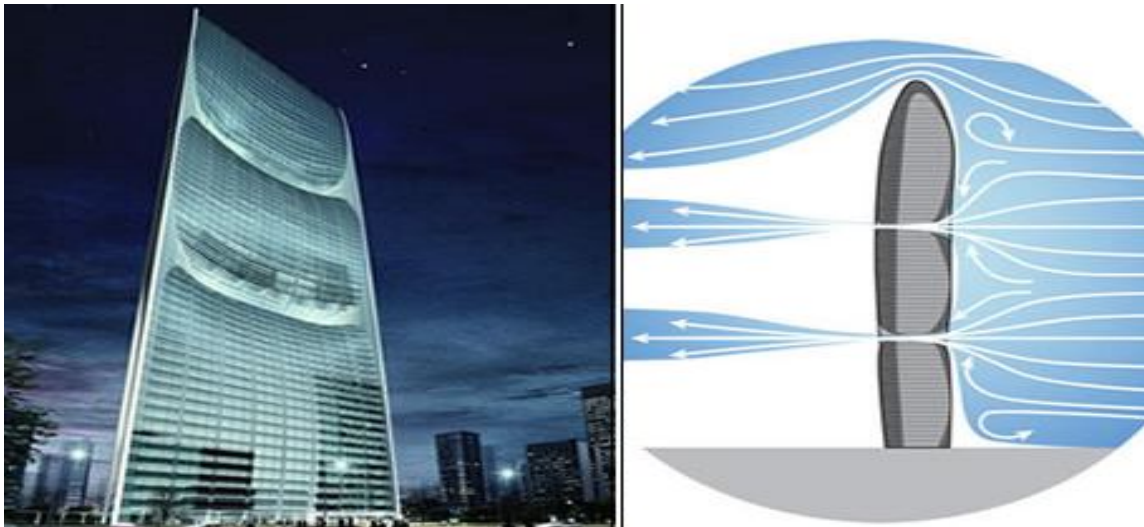


Imagem 16. Pearl River Tower. Fonte: www.ecogeek.org.

Este é mais um arranha-céus destinado a aproveitar os ventos a elevadas altitudes, o Pearl River Tower usará turbinas eólicas internas para manter as luzes acesas. A sua configuração, de fachada em asa gigante, empurra o ar através da torre para dois túneis de vento do edifício de 71 andares. Esta eco-maravilha irá empregar energia geotérmica, fachadas ventiladas, urinóis sem água e fotovoltaica integrada.

- O Bahrain World Trade Center Towers, Reino do Bahrein. Em construção.



Imagem 17, Bahrain World Trade Center Towers. Fonte: www.ecogeek.org.

Três hélices, capazes de produzir mais de 1100 mega watts/ano, surgem suspensas entre as torres e irão abastecê-las. A forma do próprio edifício cria um fluxo de ar acelerado para potenciar a produção de energia nas turbinas. Além desta característica tão marcante este encerra ainda um conjunto de tecnologia de alta eficiência energética para a sua climatização.

Em suma e com a observação destes exemplos é possível concluir que a arquitectura desta escala procura cada vez mais a sua auto-suficiência energética, caminhando de uma eco-eficiência (em que se tenta otimizar o consumo de energia) para uma eco-efectividade (em que, para além da auto-suficiência, os edifícios são produtores excedentários, ou seja, podem ainda fornecer energia renovável para a rede).

2. Caso prático

2.a. Porquê a torre BBVA, de Francisco Oíza?

Esta escolha deve-se aos factos já referidos no prólogo.

Não obstante, é indispensável reafirmar que a escolha se deve ao facto de este edifício ter sido construído na década de 80, quando a energia era abundante e os problemas ambientais ainda não eram preocupação. Por ser um edifício de elevados consumos energéticos, este seria um bom desafio ao tema da reabilitação energética.

Um segundo aspecto decisivo foi também a grande admiração pela obra de Oíza e essencialmente a particularidade de o autor ter convivido diariamente com o edifício BBVA.

A mega estrutura, o rigor construtivo, a qualidade de execução e as paradoxais complexidade e simplicidade do processo construtivo foram as razões tidas em conta na eleição do mesmo. O acesso à informação também foi factor chave, pois sem uma fiável informação sobre o edifício seria impossível trabalhar sobre ele.

A admiração do autor por este mestre foi-lhe despertada pela longevidade da sua carreira como arquitecto e professor, com um importante papel no panorama da Arquitectura Espanhola, a partir do pólo de Madrid, desde os finais da década de 40.

No número 32\33 de Abril de 1998 da revista *El Coquis*, inteiramente dedicada a Oíza, é possível apercebermo-nos, não só da variedade da sua obra desenhada e construída, como também dos vários vectores de intervenção no meio arquitectónico madrileno, sobretudo através dos testemunhos dos seus alunos, colaboradores e pares. Também muitas outras publicações, revistas, ensaios e teses de história, ressaltam a singularidade do homem, do professor e do arquitecto, que é talvez uma das suas primeiras características.

2.b. Estudo do edifício

O estudo do edifício do BBVA foi apoiado essencialmente em inúmeras visitas, consulta de algumas revistas e manuais referidos na bibliografia.

A primeira tentativa de abordagem a esta mega estrutura foi a procura dos desenhos técnicos. Actualmente, não existem desenhos seus em formato digital, tendo em conta que na época em que foi projectado o uso de tecnologia informatizada não era corrente. A única forma de acesso

aos desenhos foi através da consulta de revistas e de um pequeno manual sobre este edifício. Devido à sua má qualidade, houve necessidade de redesenhar todas as peças. Esta tarefa não foi de fácil execução pois não se tratava apenas de um simples gesto mecânico de decalque dos desenhos, foi ainda necessário compreender exaustivamente cada componente que o formava. Só depois desta compreensão, de um estudo alargado e de várias visitas ao edifício foi possível redesenhá-lo em formato digital.

O resultado deste trabalho pode ser analisado nos desenhos técnicos correspondentes ao levantamento.

Relativamente à análise do edifício, os tópicos que se seguem descrevem sucintamente a sua concretização.

2.b.i. Implantação

A sede do BBVA insere-se no *Paseo de la Castellana* precisamente no conjunto AZCA (Imagem 18) e tem de coordenadas 40°3' N, 3°4' W.

O *Paseo de la Castellana*, também chamado de *Castellana*, é uma das principais e mais largas avenidas de Madrid. Tem actualmente seis faixas de rodagem centrais e mais quatro laterais. Percorre a cidade desde a *Plaza de Colón*, e segue para Norte até à *Plaza de Castilla*. No extremo Sul liga-se ao *Paseo de Recoletos*, que por sua vez se une ao *Paseo del Prado* (estes dois últimos são muitas vezes incluídos no *Paseo de la Castellana*); estas três vias formam um eixo importante que percorre a cidade de Norte a Sul. É também ao longo do *Paseo de la Castellana* que se erguem os muitos edifícios do complexo financeiro de AZCA, o mais importante da cidade, e também, o recente complexo das Quatro Torres Business Area.

Estão também instalados ao longo da *Castellana* o *Palácio Municipal de Exposições e Congressos de Madrid*; em frente desse edifício fica o Estádio *Santiago Bernabéu* do clube de futebol Real Madrid. Há que destacar também o facto da maioria dos edifícios dos ministérios se encontrarem nesta avenida, tal como algumas embaixadas.

Após esta pequena descrição da *Castellana*, é perceptível que o edifício em causa se encontra inserido num ponto urbano nobre.

Resumidamente trata-se de uma torre de escritórios de 107,8 metros de altura, configurado em 30 pisos com uma superfície de 39,6x29,04 metros por piso, mais quatro caves que ocupam toda a superfície do lote de 64,84x48 metros.



Imagem 18. Conjunto AZCA (esquerda); vista aérea da avenida castelhana, BBVA assinalado a vermelho (direita). Fonte: Google Earth.

2.b.ii. Organização funcional

O esquema compositivo (Imagem 19) das plantas impôs toda a disposição da torre. Foi este esquema que ditou a organização dos núcleos resistentes de betão, da estrutura metálica, das caixas de escada, das instalações sanitárias e até da disposição do mobiliário e divisões internas.

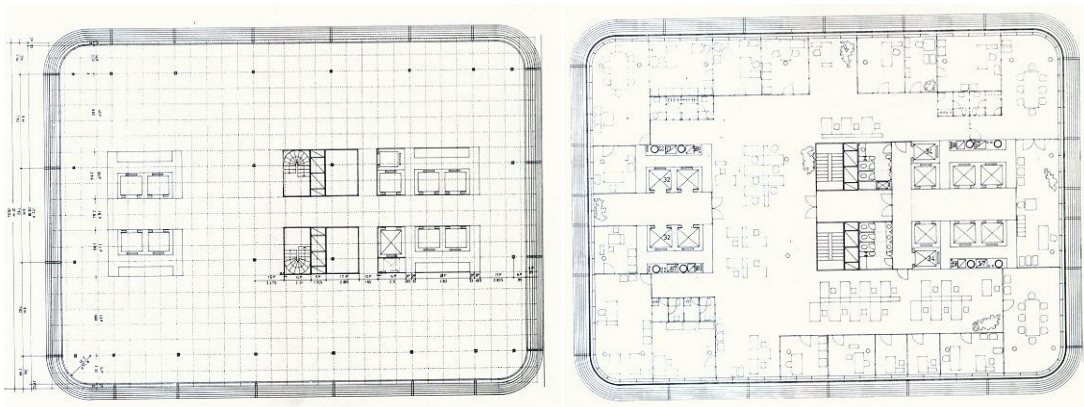


Imagem 19, Esquema compositivo de planta e Planta exemplo. Fonte: El croquis Abril 1988.

O programa funcional do edifício inicia-se em dois níveis fundamentais (Imagem 20). A existência de dois pisos rés-do-chão, correspondentes às cotas da *Castellana* e do espaço AZCA, proporciona de imediato o contacto público que se estabelece a partir de ambos os níveis. Para dar maior unidade de funcionamento e conexão, visual e humana, entre estes níveis, existe um piso intermédio com função comercial bancária, proporcionando um ambiente

mais cómodo e um jogo de espaços mais sugestivo e atraente. Uma dupla escada mecânica facilita ao mesmo tempo esta ligação, com total independência das galerias de circulação pública.



Imagem 20, Relação dos dois níveis. Fotografias do autor.

A divisão dos grupos de circulação vertical permite uma directa relação entre os espaços de estacionamento inferiores e os restantes pisos, sem necessidade de transbordo ou transferência no piso de vestíbulo.

A zona 1, ou zona alta (pisos 18 a 30), foi reservada para os próprios serviços do banco. A zona 2 ou zona baixa (pisos 3 a 17), para os espaços de reserva. Nos pisos mais altos (26,27 e 28) encontra-se a presidência, a direcção geral e a sala de conselho.

Mediante as suas necessidades, cada piso pode ter uma configuração espacial diferente revelando uma capacidade de adaptação a diferentes usos, tal como se verifica na imagem 21.

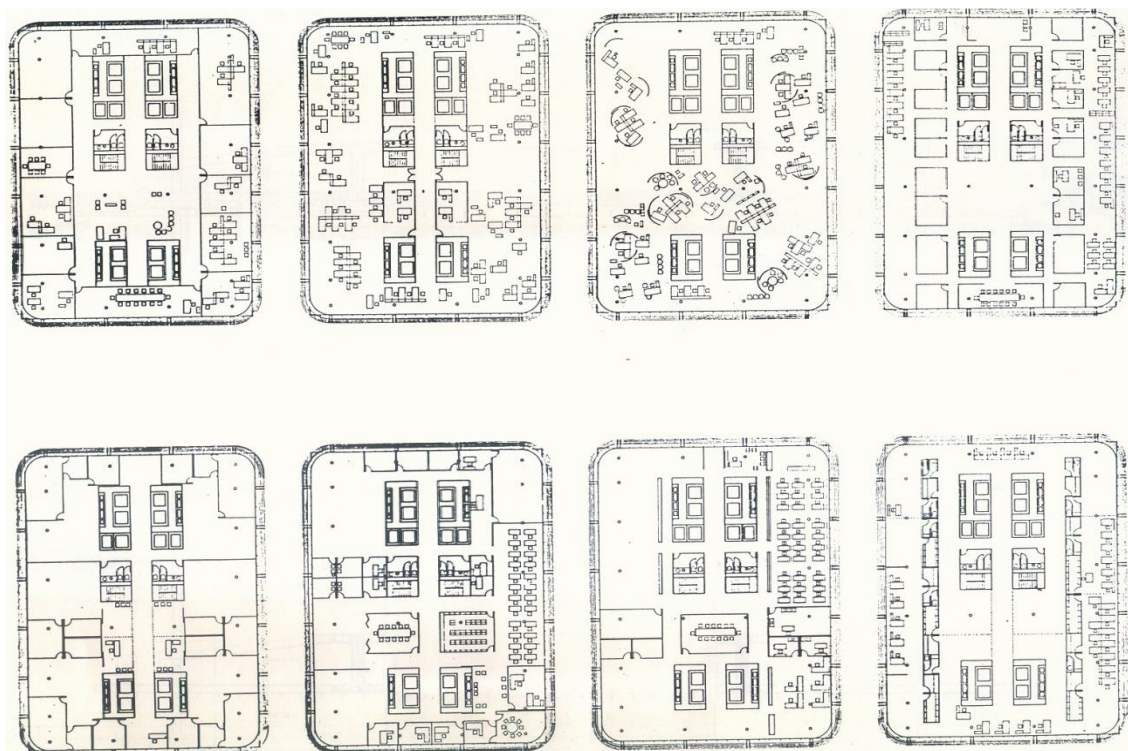


Imagem 21, versatilidade de planta. El croquis Abril 1988.

Os acessos automóveis são feitos por dupla galeria subterrânea que tem entrada em AZCA. Os acessos pedonais fazem-se tanto através das galerias de circulação interiores como directamente a partir do exterior, pela zonas de esquina dos limites do edifício. O acesso principal surge ligeiramente fundido com a cota da Avenida do Generalíssimo.

As circulações verticais são conseguidas através de dois grupos de elevadores que se encontram alojados nos núcleos estruturais de betão armado que os envolvem. Como alternativa aos elevadores, os acessos verticais também podem ser feitos por dois grupos de caixas de escada, mas servem essencialmente como escadas de emergência.

As instalações sanitárias aparecem em dois grupos independentes, sendo cada um dedicado ao sexo feminino e outro ao masculino.

Os serviços de segurança contra incêndios estão servidos por dois grupos de caixa de escada resistentes ao fogo e dotadas de um sistema de fecho independente. Um ventilador de ar forçado assegura também, em qualquer momento, a ventilação e qualidade do ar. Cada piso conta com um sistema de extinção de incêndios automático instalado no tecto, incluindo os pisos de garagem.

Os limites de toda a envolvente exterior são executados em vidro duplo com câmara interior isolante e a carpintaria exterior é em alumínio anodizado a bronze.

A envolvente vidrada exterior está protegida por uma linha de pequenas palas horizontais (Imagem 23) em todo o seu perímetro que servem também para fazer a limpeza e manutenção da fachada.

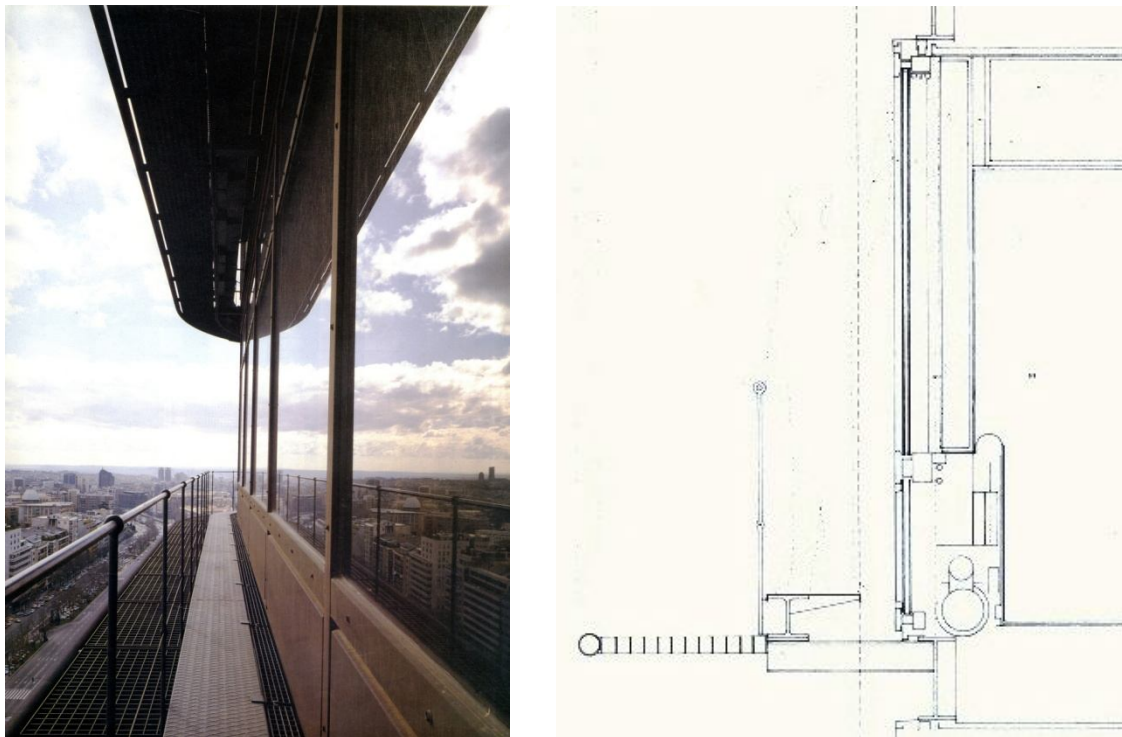


Imagem 22. Fechamento de fachada. Fonte: El croquis Abril 1988.



Imagem 23. Originalidade da fachada dada pelo conjunto das palas. Fotografias do autor.

Os acabamentos, apesar de mais antigos, são qualitativamente correspondentes aos de um edifício de escritórios actual (Imagem 24), tais como, pisos de borracha de cor clara sobre betonilha autonivelante e tectos em aglomerado negro de cortiça para corrigir a acústica dos espaços abertos.

Nas zonas nobres como a agência bancária os acabamentos são de primeira qualidade, granito polido, mármore, madeiras e mobiliário requintado.



Imagem 24 Interior da agência bancária (à esquerda) e escritórios (à direita). Fotografias do autor.

2.b.iii. Concepção estrutural

O conceito geral da estrutura surgiu das ideias que Oíza trouxe da viagem aos EUA em 1947. Este baseou-se em estruturas como as das torres CBS de Saarinen, Klinede Jonson e a torre dos Caballeros de Roche, sendo esta última a mais influente no projecto final.

A presença dos túneis do metro influiu desde o primeiro momento no projecto estrutural, assim como a rapidez de execução que o cliente desejava.

Foram pensadas várias soluções, mas no final foi adoptada uma estrutura formada por dois núcleos de betão armado situados em ambos os lados dos túneis, que servem como suporte total da estrutura elevada.

Ao nível das fundações, o grande problema foi a possível transmissão das vibrações do metro para a estrutura do edifício, que poderiam ser incómodas aos seus usuários. A solução encontrada foi isolar a estrutura principal da estrutura do estacionamento e dos túneis do metro

através da utilização de tacos de neoprene. Contudo, o túnel foi reforçado para se poderem construir os pisos de garagem.

Relativamente à estrutura da parte inferior, esta foi realizada em betão armado, dando origem a quatro caves e três pisos elevados acima do nível da Castellana, sendo estes últimos laterais ao desenvolvimento do edifício.

No que concerne ao desenvolvimento altura, a solução adoptada foi a de colocar dois núcleos estruturais no centro da construção e aproveitar o seu interior para a disposição das diversas instalações e circulações verticais (Imagem 25). Os dois núcleos verticais de betão têm de dimensões 9x6,3 metros, permitindo um vão de 19 metros, que é determinado pela largura dos túneis do metro. Esta decisão obrigou a criar plataformas rígidas, que suportam cinco pisos de estrutura metálica tradicional.

No conjunto, o edifício é formado por seis plataformas rígidas onde se apoiam os cinco pisos em estrutura metálica.

Cada uma das seis plataformas é formada por duas vigas longitudinais de betão pré-esforçado que se apoiam nos núcleos. A partir das duas grandes vigas pré-esforçadas dispõem-se oito vigas transversais, também de betão pré-esforçado, em consola, completando a superfície dos pisos.

Quanto às forças verticais e horizontais, estas são assumidas pelos núcleos estruturais, que ao estarem perfurados para a colocação dos elevadores, produzem uma ligeira deformação. Porém, esta deformação é em parte controlada pela resistência à flexão das plataformas, que une entre si os dois núcleos, ao mesmo tempo que aumenta a sua resistência à torção.

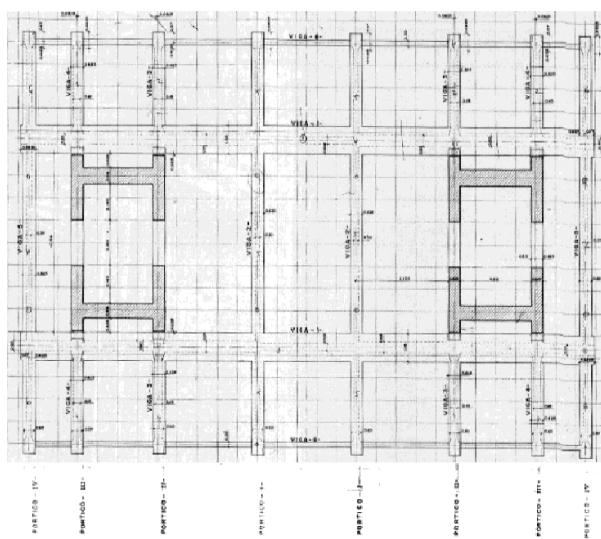
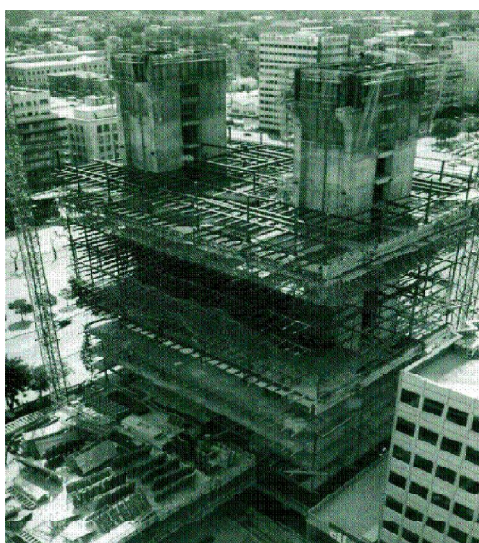


Imagem 25 Núcleos, plataformas de betão pré-esforçado e estrutura metálica (esquerda). Planta da plataforma pré-esforçada (direita). Fonte: Oíza, Francisco/ banco Bilbao, projecto e edicion de Andres Novas.

O processo construtivo do edifício seguiu as seguintes etapas (Imagem 26):

- 1º Execução dos muros de suporte, ancorados ao terreno, para posterior escavação.
 - 2º Execução das cimentações dos grandes núcleos verticais através de muros de betão ancorados ao terreno até formar um recinto alveolar, sobre o qual se dispôs as sapatas de betão pré-esforçado. Depois destas, procedeu-se à construção dos núcleos através de confrangem deslizante.
 - 3º Simultaneamente, foi feita a protecção da estrutura do túnel contra os esforços que apareceram durante a escavação. Este processo realizou-se através da introdução de acções artificiais, que mantiveram o estado de tensão produzido pelo impulso de escavação do túnel na terra.
 - 4º Execução da laje inferior de betão pré-esforçado, assente directamente sobre o túnel e que serve de apoio aos pisos de cave.
 - 5º Construção da estrutura de betão armado das caves e dos três pisos acima da cota da rua, laterais ao desenvolvimento do edifício.
 - 6º Confrangem da primeira plataforma de betão pré-esforçado e construção "in situ" da mesma. Colocação da estrutura metálica dos cinco pisos correspondentes.
 - 7º Elevação do conjunto da plataforma, juntamente com os cinco pisos de estrutura metálica e ancoragem no topo dos núcleos.
 - 8º Repetiu-se este processo até completar o edifício.
- O projecto foi executado de 1972 a 1977.

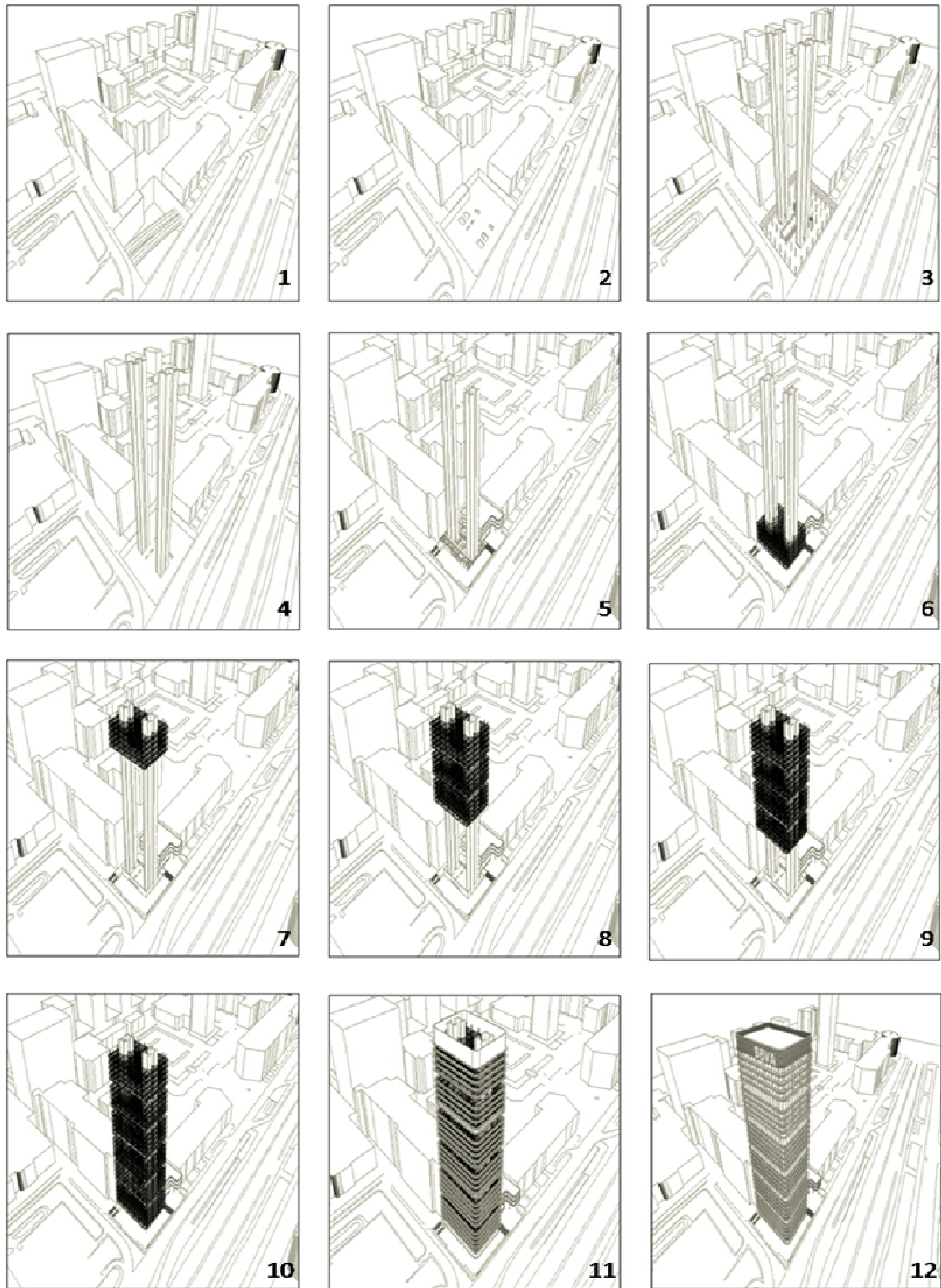


Imagem 26. Desenvolvimento da execução estrutural. Imagem desenhada pelo autor.

2.b.iv. Instalações

As instalações do BBVA foram alvo de grande preocupação logo aquando do projecto do edifício, da estrutura e dos fechamentos até à formalização definitiva do mesmo. Já nos seus primeiros esquiços, Sáenz de Oíza fazia denotar um certo cuidado com a organização das instalações.

Este destinou três pisos a pisos técnicos (Imagem 27). Em cada um deles encontram-se os equipamentos de climatização, que se compõem por um sistema de ar condicionado frio-quente alimentado por quatro grandes torres de refrigeração colocadas na cobertura do edifício.

A distribuição das instalações é feita através dos núcleos verticais, desde os pisos técnicos aos pisos adjacentes. Esta escolha permite que estas sejam visitadas para possíveis alterações ou reparações.

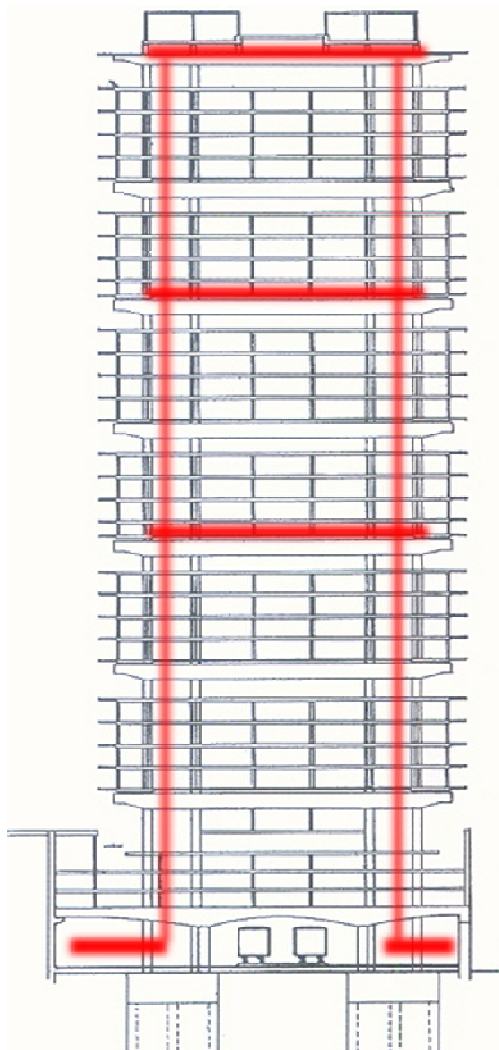
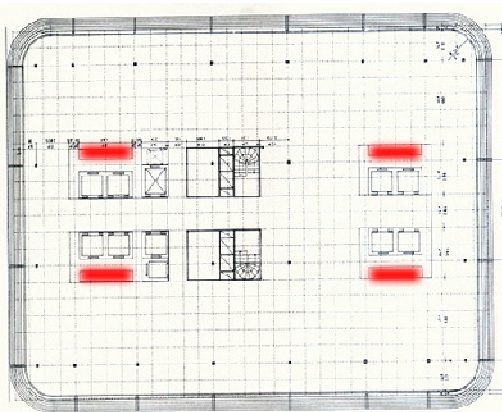
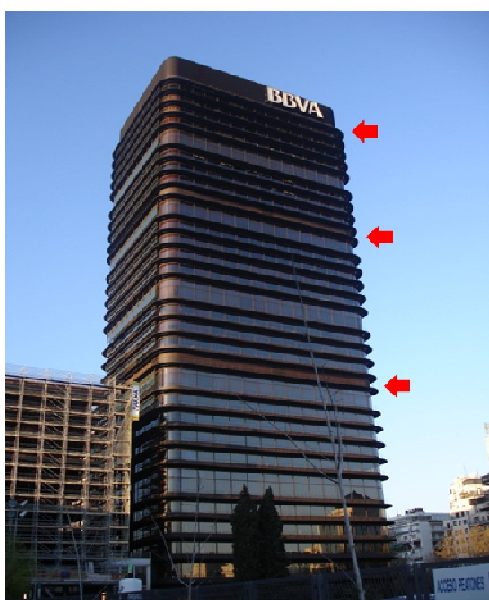


Imagem 27. Distribuição das instalações. Imagem do autor.

As instalações de tubos que alimentam as unidades de tratamento de ar (UTA), as instalações eléctricas e as condutas de ar distribuem-se por tectos falsos (Imagem 28). O conjunto das unidades de tratamento de ar, alimentados por água fria ou quente, percorrem todo o perímetro da fina pele de vidro do edifício, climatizando-o a partir dos seus limites.

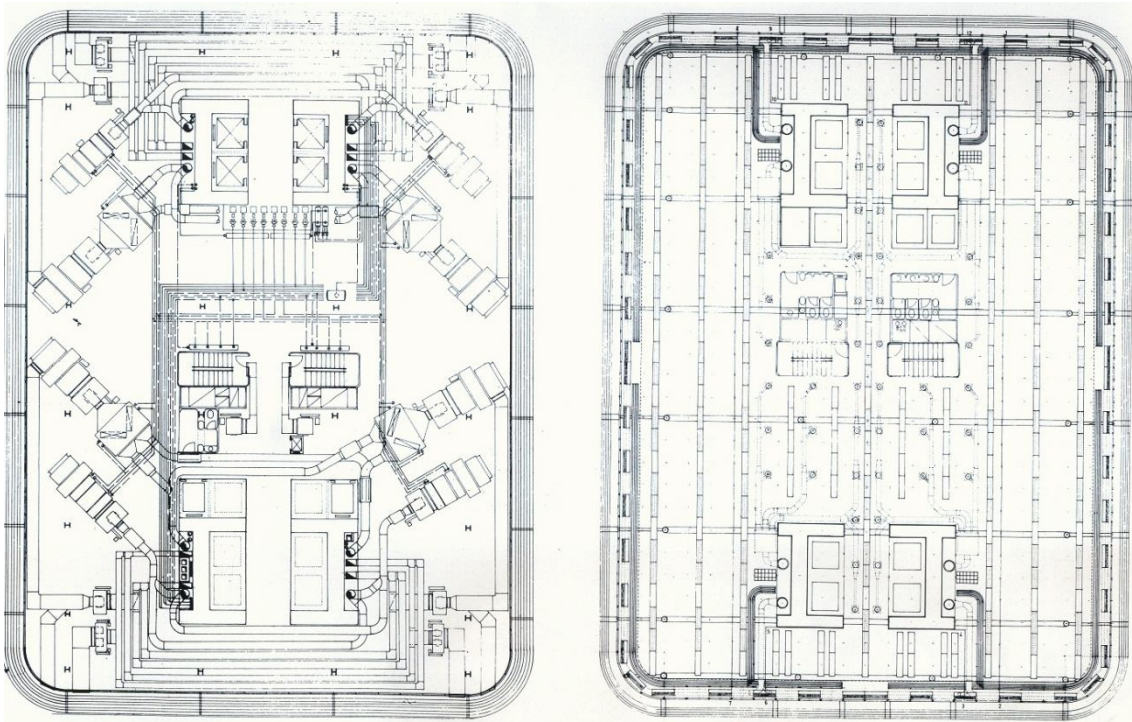


Imagem 28. Planta do piso técnico (esquerda), Planta de tectos (direita). Fonte: El croquis Abril 1988.

Para controlar todos estes equipamentos o edifício conta com uma sala de controlo.

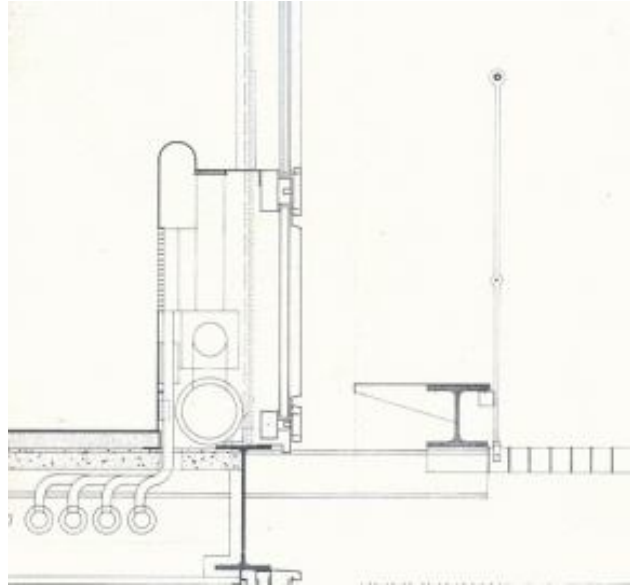


Imagem 29. Sala de controlo dos equipamentos (esquerda), Pormenor da unidade de tratamento de ar (direita). Fonte: El croquis Abril 1988.

2.c. Intervenção

A intervenção, convém repetir, trata-se da reabilitação energética do edifício BBVA. Esta pretende ser o menos invasiva possível, por várias razões:

- Este tem uma imagem na cidade que tem de ser mantida;
- Não seria sustentável alterar os seus parâmetros de funcionamento, uma vez que responde eficazmente às necessidades;
- O tipo de construção permite realizar alterações de certos componentes sem afectar o ambiente interior e exterior.

A intervenção assenta na introdução de estratégias passivas e activas que melhoram o conforto interior do edifício, ao mesmo tempo que diminuem os gastos energéticos.

2.c.i. Estratégias passivas

As estratégias passivas são soluções de climatização e de aproveitamento de recursos naturais que não requerem nenhum consumo de energia.

O edifício em causa pouco uso faz de estratégias passivas de climatização. A sua utilização resume-se ao isolamento térmico, ao vidro duplo e ao uso de palas nas fachadas Este, Sul e Oeste. A climatização, está entregue essencialmente aos equipamentos de climatização artificial.

2.c.i.a. Condições exteriores: dados climáticos

Segundo o desenho sustentável, antes de intervir num edifício ou antes de se projectar, devem-se estudar as condições exteriores a que este vai estar sujeito.

Para fazer o estudo, foram introduzidos os dados climáticos e geográficos da cidade de Madrid, segundo o *DEPARTMENT OF ENERGY*, no software *ECOTECH* da *autodesk*. A utilização deste Software, permitiu realizar uma análise detalhada das condições exteriores e interiores do edifício a intervir.

Os gráficos que se seguem mostram: a latitude, a pluviosidade, o regime de ventos, a radiação solar, as temperaturas médias anuais, a humidade relativa (HR) e a orografia da cidade.

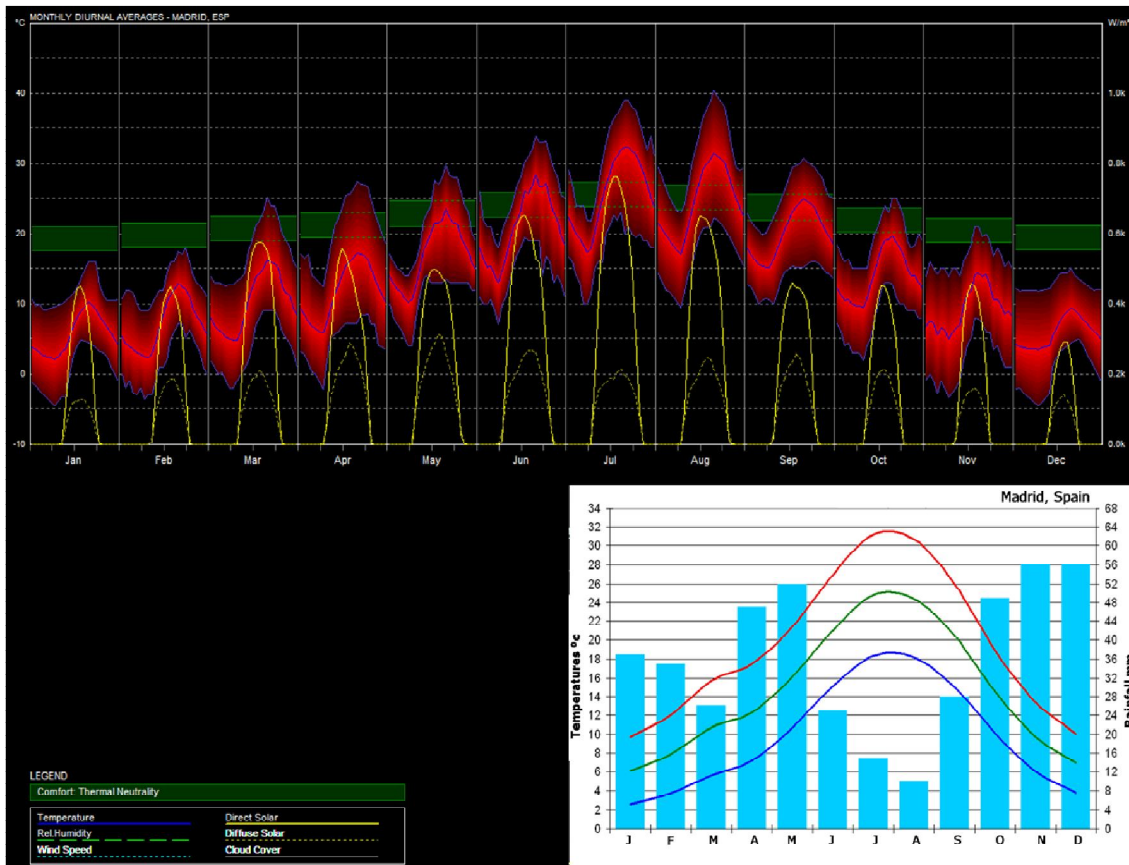


Imagem 30, Gráfico geral de temperatura (azul e vermelho), radiação solar directa (amarelo) e indirecta (amarelo tracejado), HR (verde), velocidade do vento (azul claro tracejado), nebulosidade (cinza), linha de conforto térmico verde-escuro e precipitação (gráfico canto inferior direito). Imagem do autor.

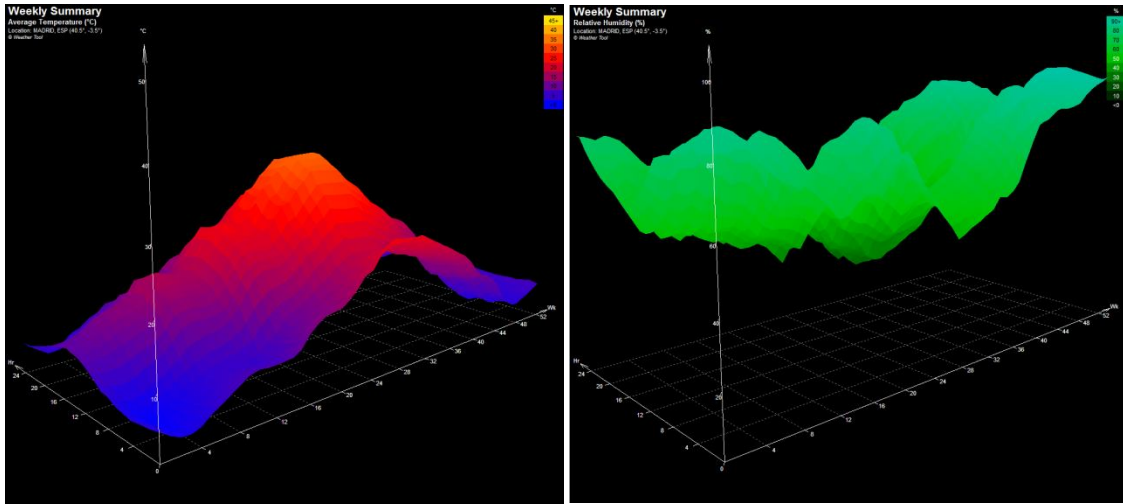


Imagem 31. Gráfico das temperaturas (esquerda); gráfico da HR (direita) de acordo com a semana e a hora. Imagem do autor.

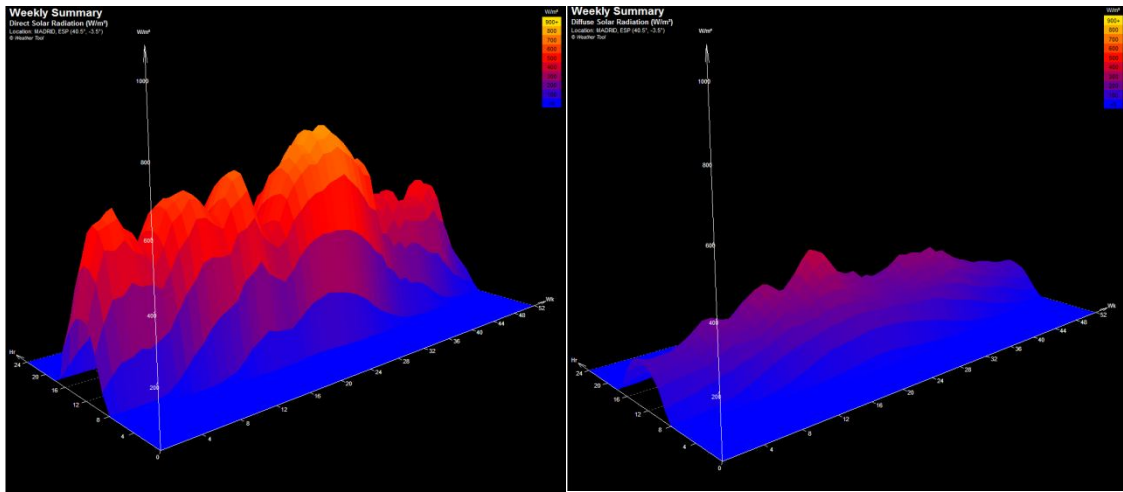


Imagem 32. Gráfico da radiação solar directa (esquerda); gráfico da radiação indirecta (direita) de acordo com a semana e a hora. Imagem do autor.

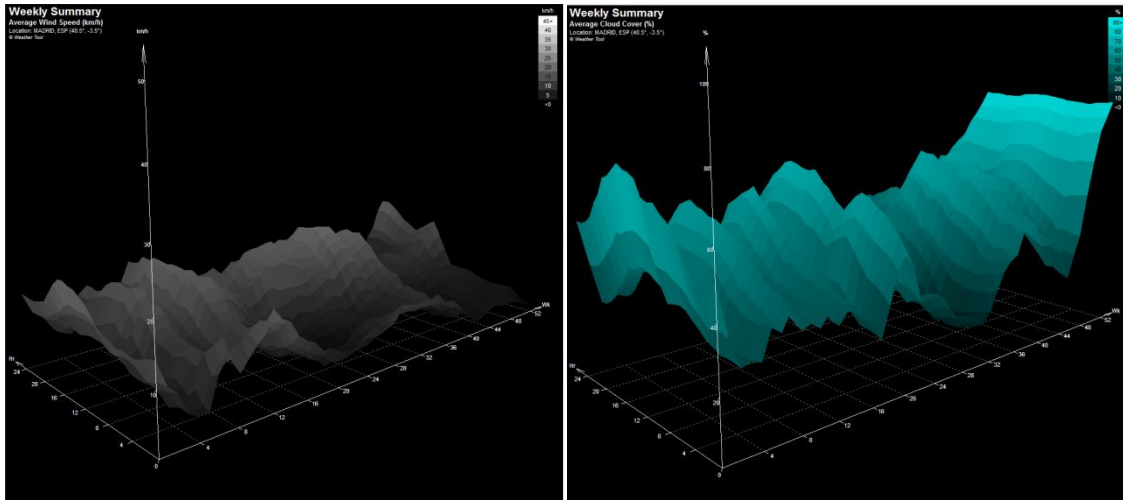


Imagem 33. Gráfico da velocidade do vento (esquerda); gráfico da nebulosidade (direita) de acordo com a semana e a hora. Imagem do autor.

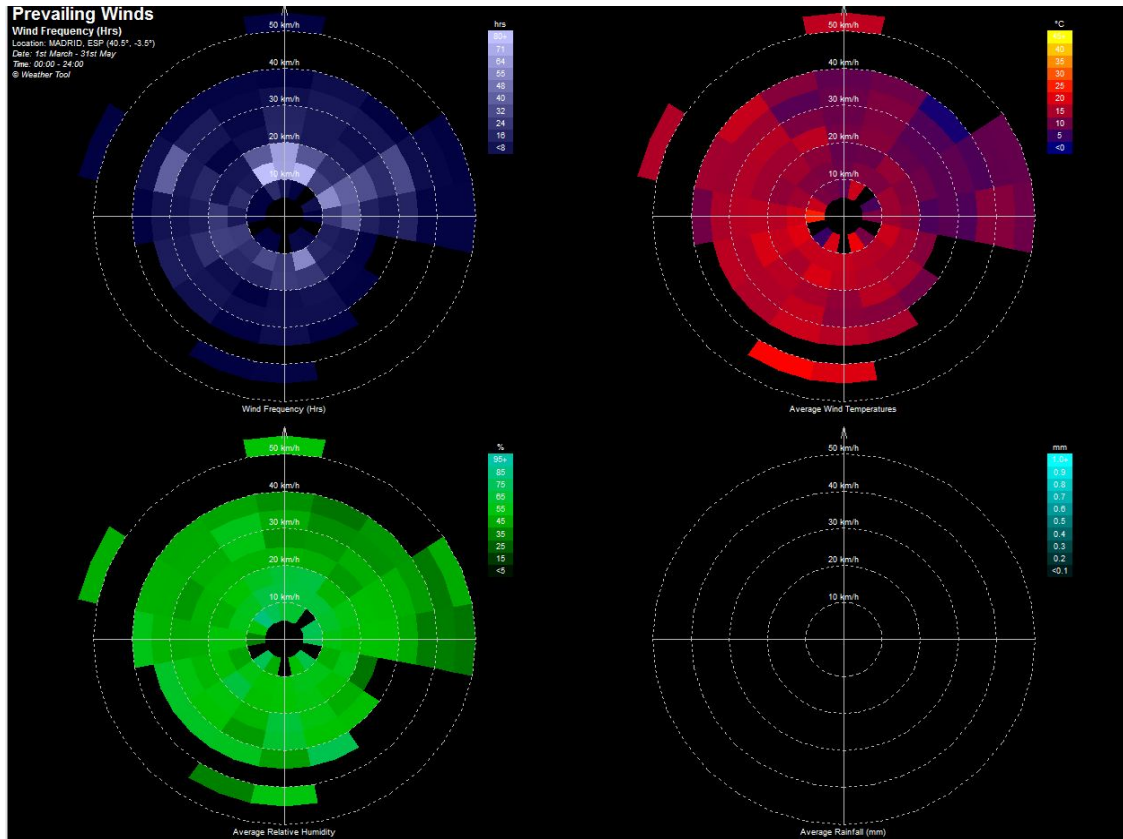


Imagem 34. Carta de ventos de acordo com a velocidade, frequência, temperatura e a HR. Imagem do autor.

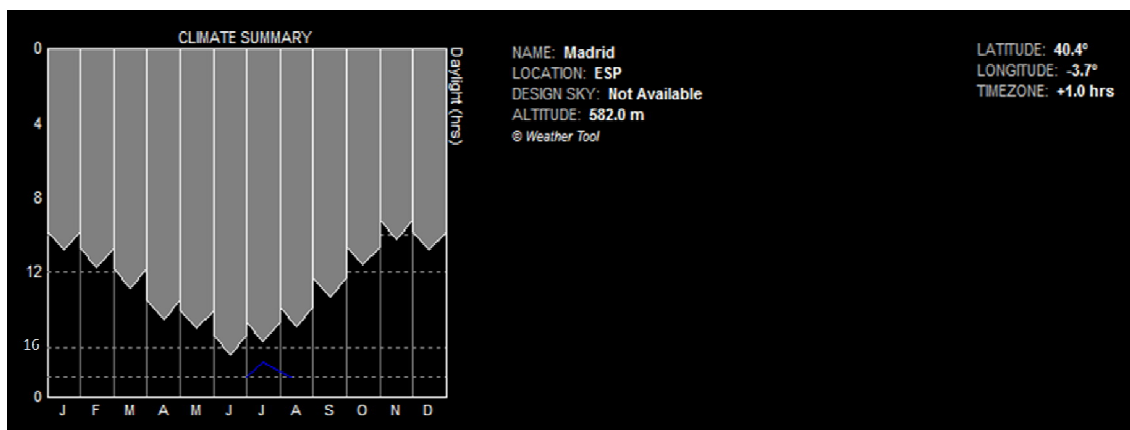


Imagem 35. Gráfico das horas luz médias de cada mês do ano. Imagem do autor.

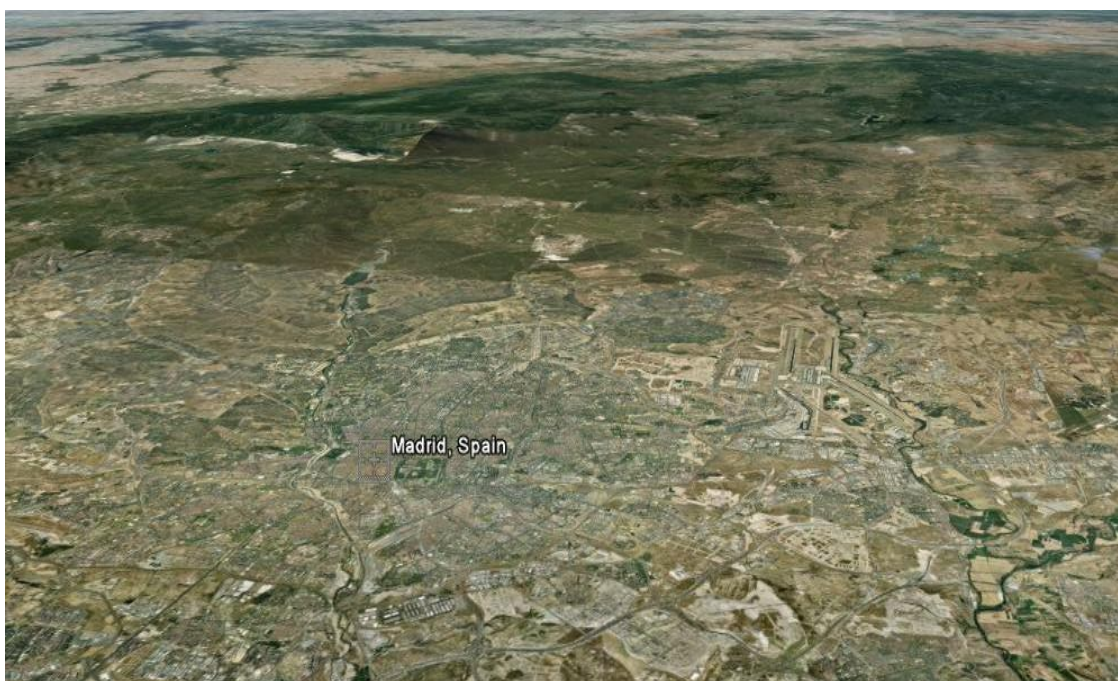


Imagem 36. Orografia da cidade de Madrid. Fonte: Google Earth.

Após a análise destes gráficos é possível saber já a que condições exteriores o edifício vai estar sujeito.

Relativamente às temperaturas externas, é de ter em conta a amplitude térmica que se verifica entre o dia e a noite assumindo uma diferença média de 10°C. No Inverno verifica-se a temperatura mínima de -5°C e máxima de 15°C. No Verão a temperatura mínima verificada é de 15°C e a máxima de 40°C. Estas condições apontam um clima agressivo, tipicamente continental, com baixas temperaturas no período de Inverno e altas temperaturas no período de Verão.

Quanto à HR, os valores são contrários aos da temperatura, ou seja, percentagens altas nos períodos de Inverno, entre os 65% e 85%, e baixas no período de Verão, entre os 20% e os 45%.

A radiação solar directa e indirecta é constante ao longo de todo ano sendo mais intensa no período de Verão. A primeira oscila entre os 400 e 800 w/m² e a segunda oscila entre os 100 e os 300 w/m².

Observa-se maior intensidade dos ventos no período da noite. Estes são relativamente constantes ao longo de todo ano, excepto no mês de Outubro, que apresenta baixas frequências. A sua direcção predominante é Norte, oscilando entre os 0 e 40km/h.

A nebulosidade apresenta percentagens na ordem dos 40 a 50% no Inverno e de 20% no Verão. Quanto ao período de luz diurna, este oscila ente as 10 horas no Inverno e as 16 no Verão.

A orografia da cidade é de planície com presença de uma cordilheira a Norte.

Como conclusão, sendo um bom exemplo de um Clima Continental Mediterrânico, a cidade de Madrid é caracterizada pelas temperaturas extremas, tanto mínimas, de Inverno, como máximas de Verão, apresentando uma elevada amplitude térmica anual. Para além disso, a duração dos períodos mais amenos (Primavera e Outono) é bastante reduzida, ou mesmo insignificante, pelo que se consideram, geralmente, apenas as estações do Verão e Inverno. Deste modo, os edifícios terão sempre importante dependência da climatização, seja para aquecimento ou arrefecimento. É então de vital importância promover a utilização de estratégias que optimizem o consumo de energia necessário para estas duas acções, tal como vai ser explanado no seguimento deste trabalho.

2.c.i.b. Condições interiores: sensação de conforto

Conhecendo as condições exteriores é agora possível determinar as condições de conforto interiores do edifício e as necessidades de aquecimento e arrefecimento. Sendo um edifício de escritórios, a temperatura de conforto foi calculada para os parâmetros de actividade sedentária.

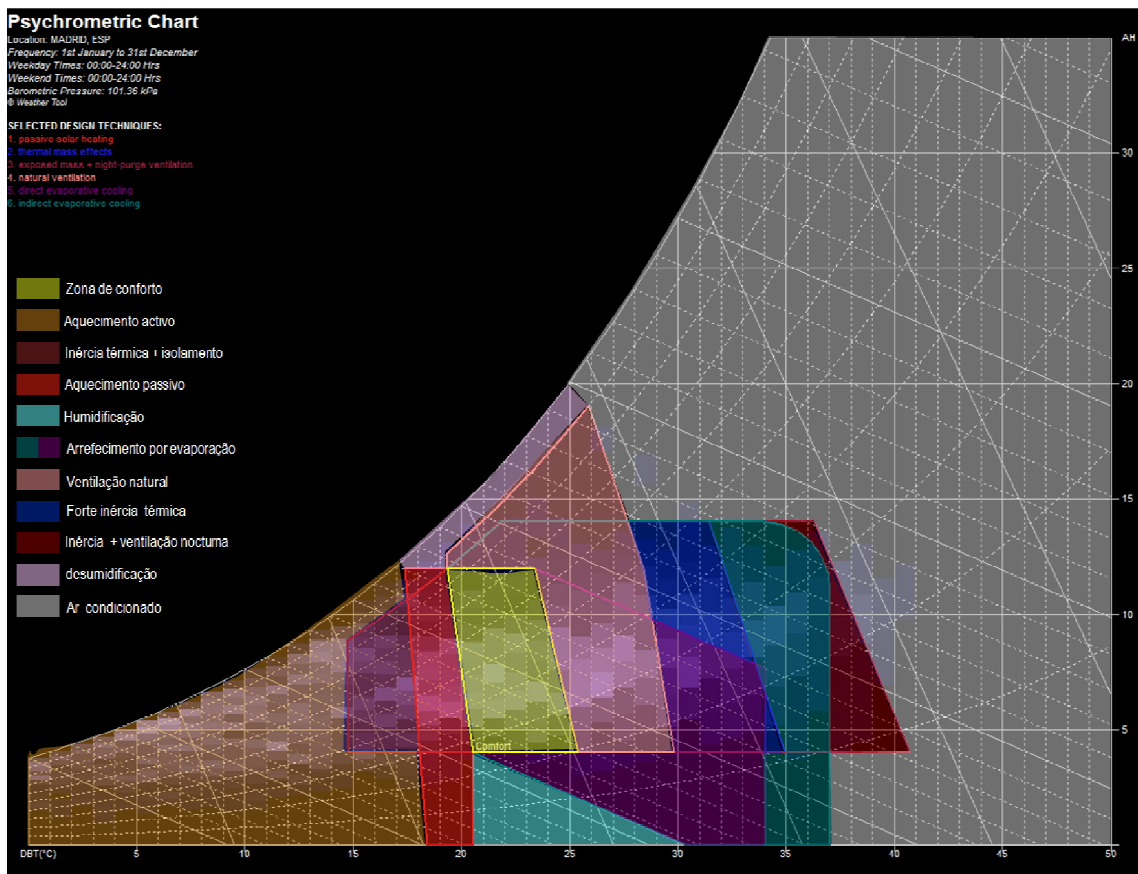


Imagem 37. Gráfico psicrométrico de Givoni para a cidade de Madrid. Imagem do autor.

Este gráfico define uma área de conforto a partir da qual, podemos relacionar estratégias de design passivo de modo a criar condições para que este se verifique. A representação do clima local é feita por linhas que correspondem à união entre pontos representando as temperaturas máximas e mínimas.

Zona de conforto - Pode verificar-se que a sensação de conforto térmico pode ser obtida para HR entre os 20 e os 80% e temperatura entre 20 e os 25°C.

Tendo sempre em vista a obtenção desta zona no ambiente interior, tal como está apresentado no gráfico, consoante as condições específicas que podem existir, poder-se-ão aplicar as seguintes estratégias:

Aquecimento activo – Esta situação corresponde à necessidade de utilizar estratégias de aquecimento artificial, pois o aquecimento solar passivo poderá não ser suficiente. O sistema de aquecimento activo deve ser utilizado em conjunto com o aquecimento passivo, de forma a minimizar o consumo de energia.

Inércia térmica + isolamento - Neste caso, podem-se adoptar componentes construtivos com maior inércia térmica, além de aquecimento solar passivo e isolamento térmico, para evitar perdas de calor, pois esta zona situa-se entre temperaturas de 14 a 20°C.

Aquecimento Passivo - Esta zona é do aquecimento solar passivo. O edifício ao possuir grandes áreas envidraçadas terá ganhos térmicos por efeito de radiação solar.

Humidificação - A estratégia de humidificação é recomendada quando a temperatura do ar se apresenta menor que 30°C e a HR abaixo de 20%. Recursos simples, como recipientes com água colocados no ambiente interno podem aumentar a HR do ar, juntamente com o vapor de água gerado por actividades domésticas ou produzido por plantas.

Arrefecimento por evaporação - É uma estratégia utilizada para aumentar a HR do ar e diminuir a sua temperatura. Pode ser obtido de forma directa ou indirecta, através uso de vegetação, de fontes de água ou de outros recursos que resultem da evaporação da mesma, directamente no ambiente que se deseja arrefecer.

Ventilação natural - A ventilação corresponde a uma estratégia de arrefecimento natural da ambiente devida à substituição do ar interno (mais quente) pelo externo (mais frio).

Forte inércia térmica - A utilização de componentes construtivos com inércia térmica elevada faz com que a amplitude da temperatura interior diminua em relação a exterior, ou seja, os picos de temperatura verificados externamente não serão percebidos internamente.

Inércia térmica + ventilação nocturna - A utilização de componentes construtivos com inércia térmica elevada permite criar massas de ar quente no interior do edifício, que, no período da noite, ao serem libertadas, estimulam a entrada do ar exterior que se encontra mais frio.

Desumidificação - estratégia passiva que faz uso da ventilação para diminuir a HR.

Ar condicionado - O arrefecimento artificial deve ser utilizado quando as estratégias de ventilação, arrefecimento evaporativo e massa térmica não proporcionam as condições desejadas de conforto.

Com esta análise do gráfico psicrométrico de Madrid, podemos determinar entre que temperaturas se poderá fazer uso, tanto das estratégias passivas, como das estratégias activas de climatização.

2.c.i.c. Controlo da radiação solar

Os gráficos que se seguem (Cartas solares) permitem examinar as trajectórias solares e determinar se a orientação do edifício está correcta. Contudo, os ganhos térmicos por radiação

solar bem como a percentagem de sombreamento provocado pelas palas horizontais do edifício sobre os envidraçados, são também possíveis de determinar através das cartas.

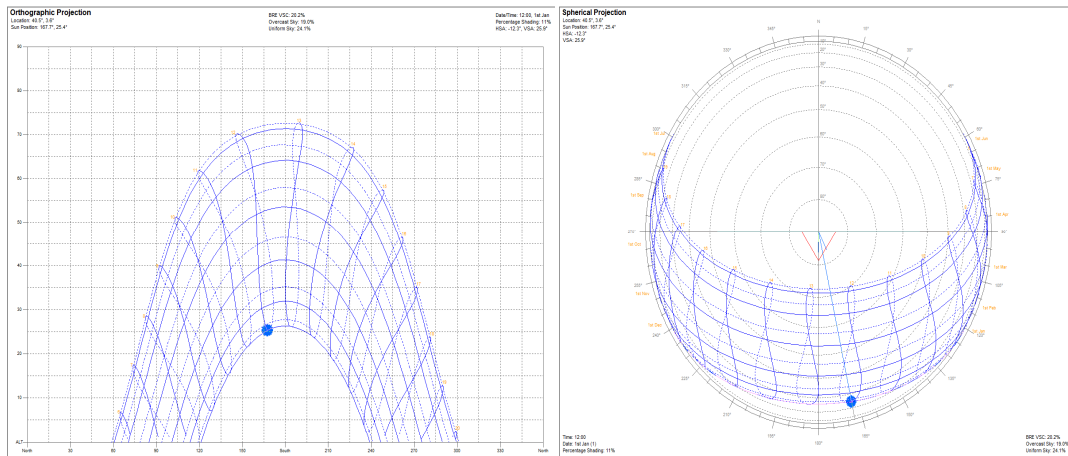


Imagem 38. Cartas solares. Imagem do autor.

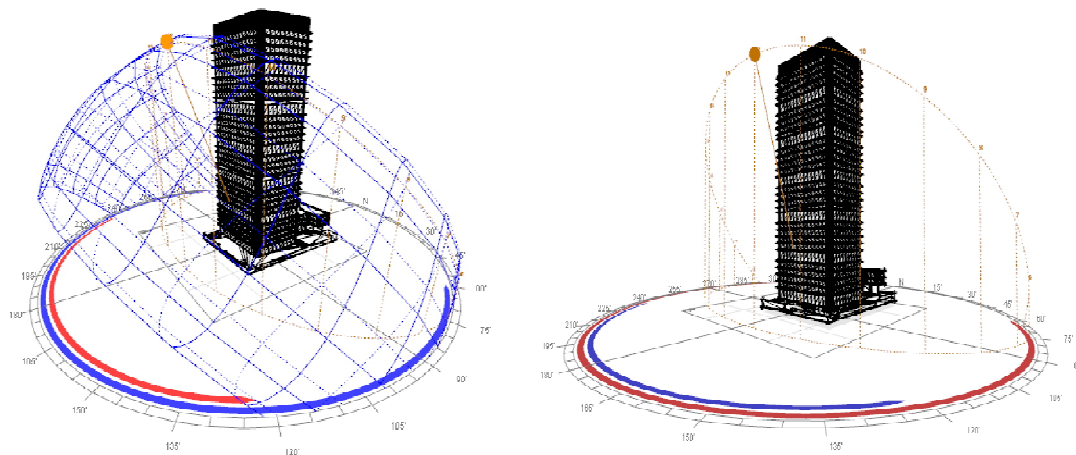


Imagem 39. Representação das trajetórias solares. Imagem do autor.

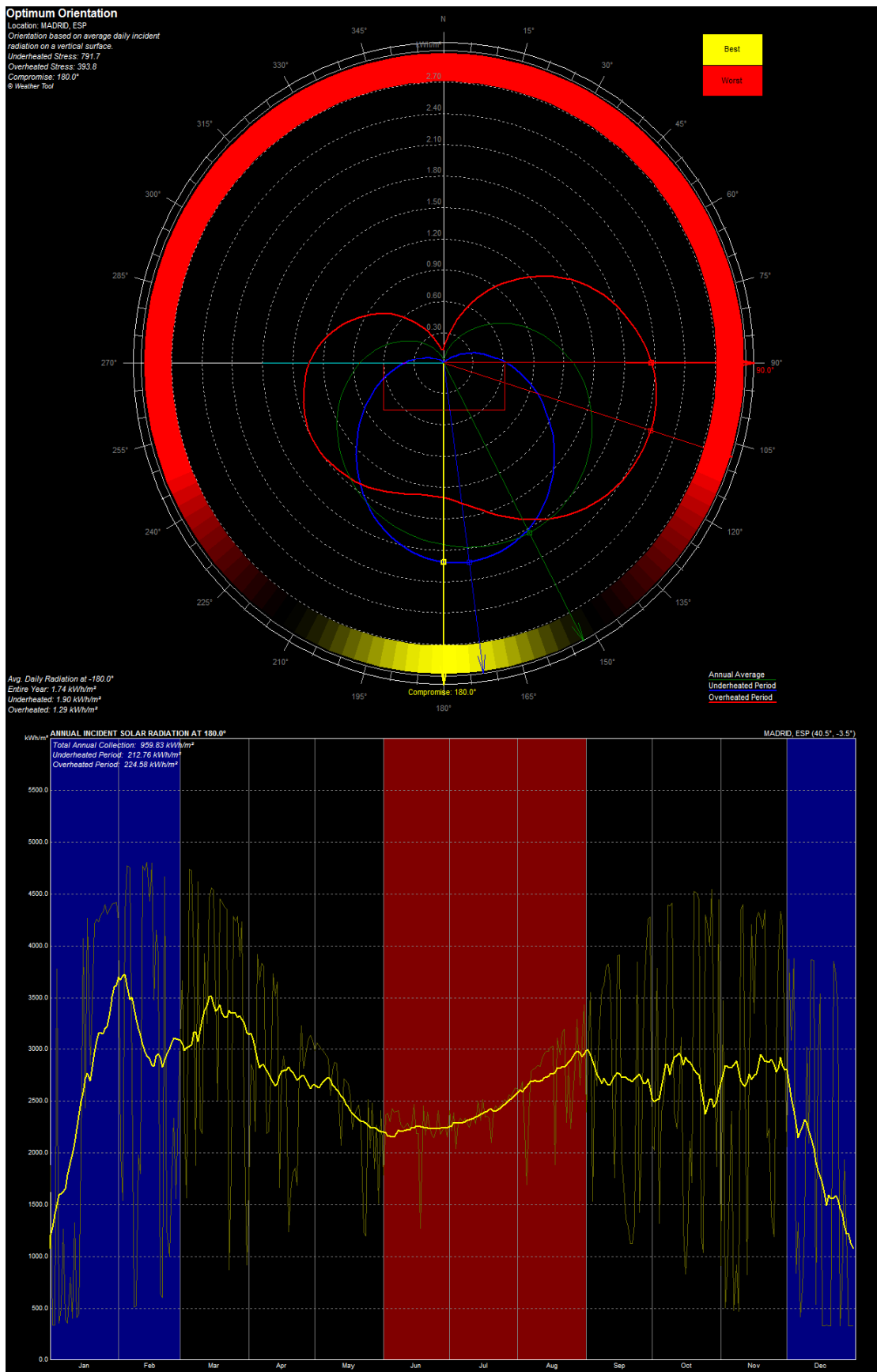


Imagem 40. Verificação da melhor orientação solar do edifício face à incidência de radiação solar. Imagem do autor.

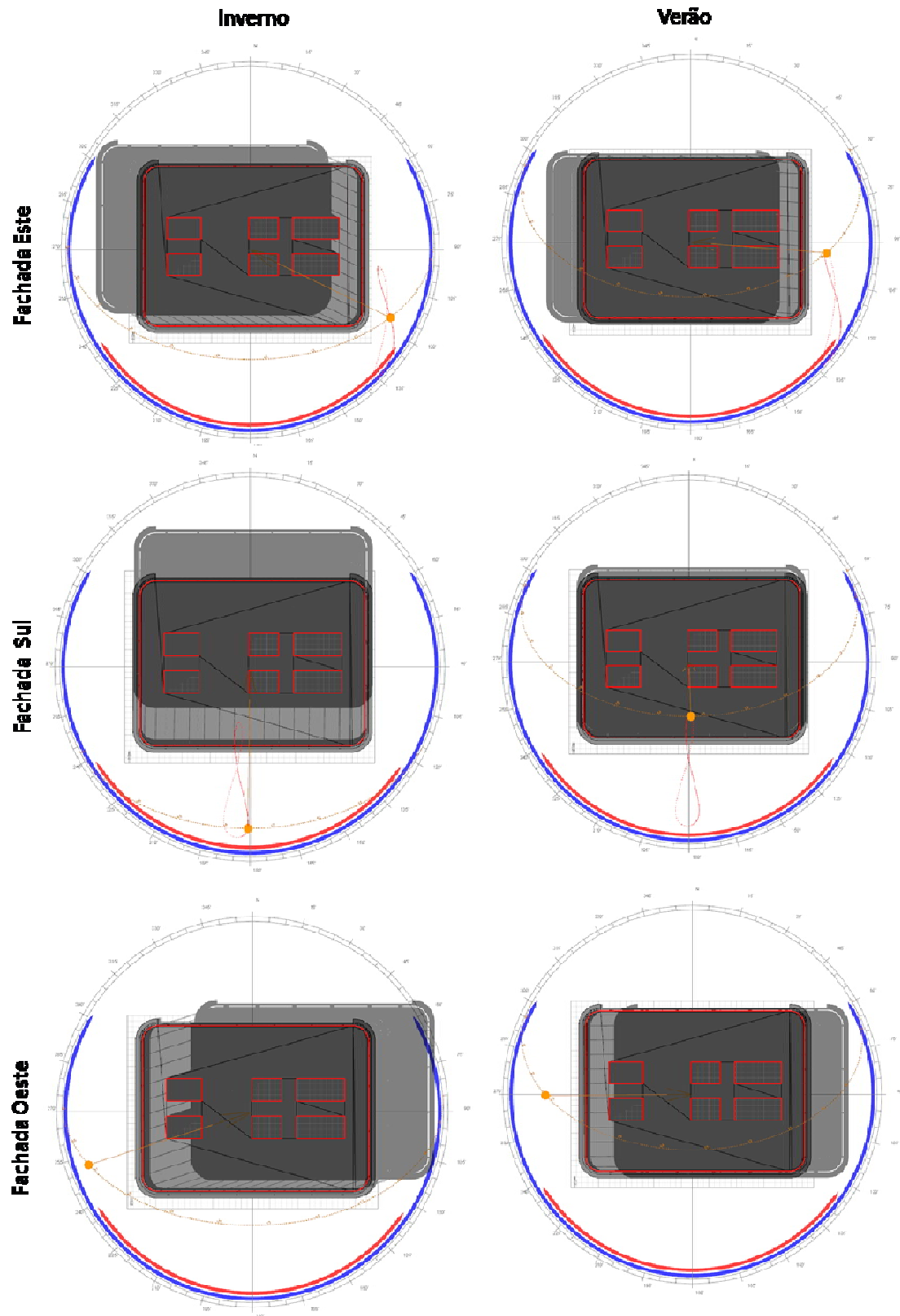


Imagem 41. Representação dos ganhos solares por piso de acordo com a estação de Inverno e Verão. Imagem do autor.

Effective Shading Coefficients

Latitude: 40.4°
Longitude: 3.7°
Timezone: 15.0° [+1.0hrs]
Orientation: 0.0°

North Façade

Month	Avg.SC
January	[Behind]
February	[Behind]
March	[Behind]
April	11.1%
May	16.8%
June	15.7%
July	17.8%
August	12.0%
September	[Behind]
October	[Behind]
November	[Behind]
December	[Behind]
Winter	0.0%
Summer	16.8%
Annual	6.1%

Effective Shading Coefficients

Latitude: 40.4°
Longitude: 3.7°
Timezone: 15.0° [+1.0hrs]
Orientation: 190.0°

South façade

Month	Avg.SC
January	14.9%
February	26.7%
March	46.3%
April	72.8%
May	88.3%
June	92.9%
July	88.3%
August	69.3%
September	39.6%
October	22.0%
November	13.6%
December	11.8%
Winter	17.8%
Summer	89.9%
Annual	48.9%

Effective Shading Coefficients

Latitude: 40.4°
Longitude: 3.7°
Timezone: 15.0° [+1.0hrs]
Orientation: 95.0°

East Façade

Month	Avg.SC
January	28.1%
February	33.4%
March	40.8%
April	41.0%
May	44.0%
June	43.8%
July	43.0%
August	42.5%
September	39.7%
October	33.3%
November	25.0%
December	25.7%
Winter	29.1%
Summer	43.6%
Annual	36.7%

Effective Shading Coefficients

Latitude: 40.4°
Longitude: 3.7°
Timezone: 15.0° [+1.0hrs]
Orientation: 270.0°

West Façade

Month	Avg.SC
January	33.3%
February	41.2%
March	46.0%
April	43.8%
May	44.4%
June	46.5%
July	44.7%
August	44.4%
September	38.8%
October	38.5%
November	27.3%
December	28.0%
Winter	34.2%
Summer	44.9%
Annual	39.6%

Imagem 42. Tabelas da percentagem média de sombra nos envidraçados segundo a orientação da fachada e o mês do ano. Imagem do autor.

Insolation Analysis

Total Sunlight Hours
Value Range: 0 - 900 Hrs
© ECOTECH v5

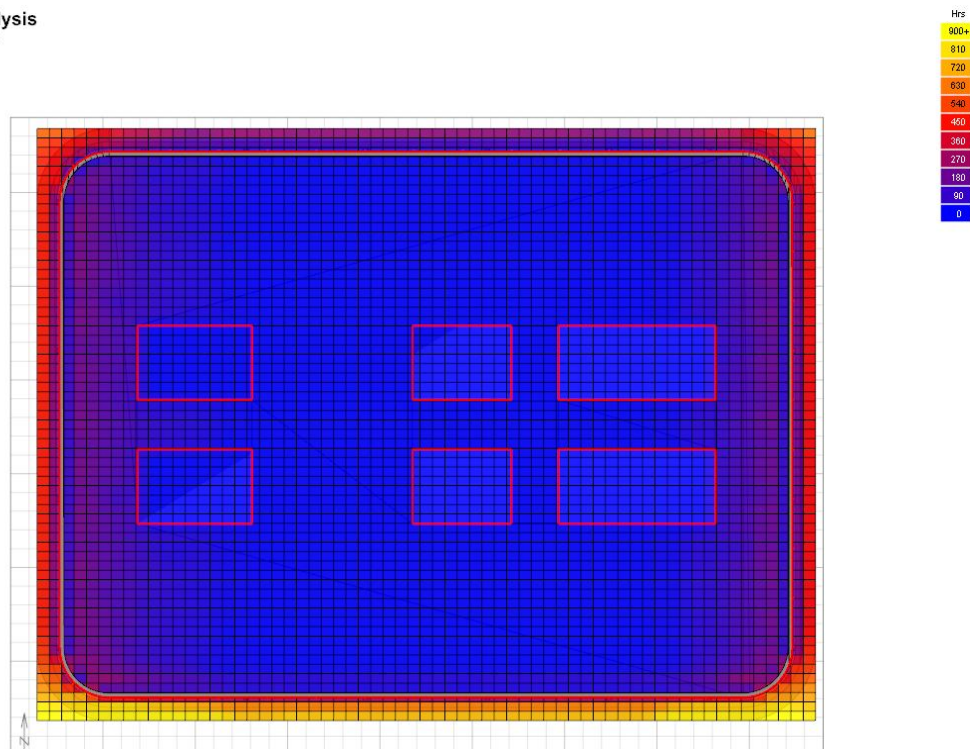


Imagem 43. Gráfico de insolação em planta durante o Verão. Imagem do autor.

Insolation Analysis
Average Daily PAR
Value Range: 0.30 - 5.30 MJ/m2
(c) ECOTECH v6

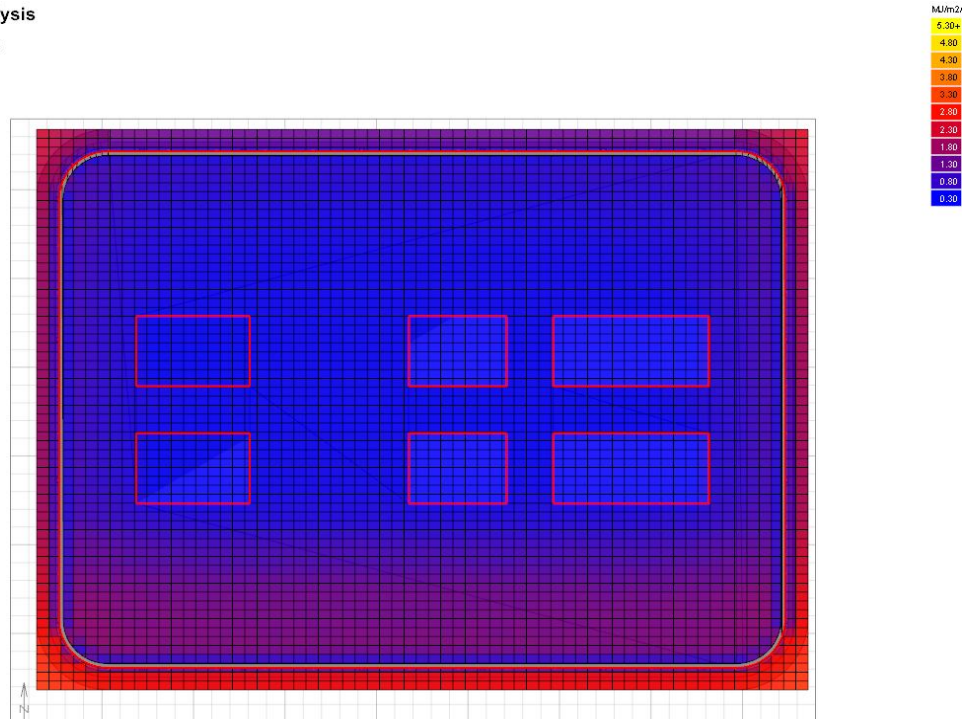


Imagem 44. Gráfico de insolação em planta durante o Inverno. Imagem do autor.

As imagens anteriores são estudos da incidência solar em fachada e em planta. Estes estudos auxiliam o projectista a conceber estratégias para proteger ou expor o edifício à radiação solar segundo as suas necessidades de aquecimento ou arrefecimento.

Sabe-se que no Inverno dever-se-á deixar entrar a radiação solar para obter ganhos térmicos no interior enquanto no Verão, pelo contrário, se deverá evitar.

Com a análise dos gráficos e tabelas anteriores, importa reter a boa orientação solar que foi dada ao edifício, apresentando a sua maior fachada orientada a Sul. Tendo em conta a acção das palas, que devido à maior perpendicularidade dos raios solares no Verão evita a incidência directa destes no envidraçado, esta construção apresenta bons níveis de incidência de radiação durante o Inverno (em que os raios solares possuem maior inclinação) e níveis ligeiramente mais baixos durante o Verão, que são quando menos interessam (Imagem 40).

No entanto constata-se que estas palas que, supostamente, deveriam proteger o edifício de ganhos térmicos por radiação no Verão, só são eficientes na fachada Sul. Atendendo que o edifício é composto por 32 pisos, em todo o conjunto há um elevado ganho térmico por radiação, que é colmatado através da utilização de ar condicionado.

Este acontecimento confirma-se na imagem 41, onde se pode verificar a percentagem de sombreamento sobre a fachada. Assim na fachada Este, durante o Verão temos apenas 43,6%

de área de envidraçados em sombra e na fachada Oeste 44.9 %. Este aspecto terá de ser corrigido para evitar os ganhos térmicos por radiação directa no Verão nas referidas fachadas. Posto isto, segundo o autor, a estratégia mais apropriada a utilizar para contrariar a penetração de radiação solar no interior do edifício durante o Verão, seria criar uma barreira vegetal interior na fachada Este e um sistema de lâminas reguláveis (também interior) na fachada Oeste.

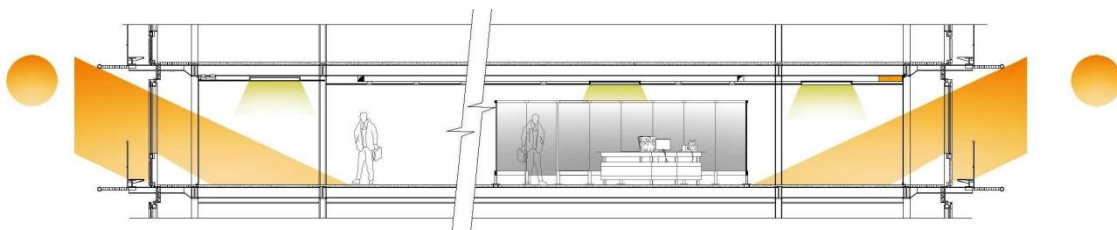


Imagem 45. Corte tipo da fachada Oeste-Este. Representação da penetração da radiação solar no Verão através das duas fachadas. Situação actual. Imagem do autor.

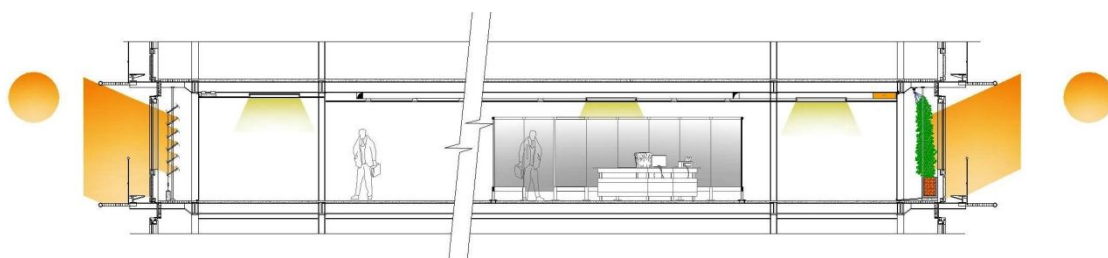


Imagem 46. Corte tipo fachada Oeste-Este. Representação da penetração da radiação solar no Verão nas duas fachadas. Introdução de barreira vegetal na fachada Este e lâminas reguláveis na Oeste. Imagem do autor.

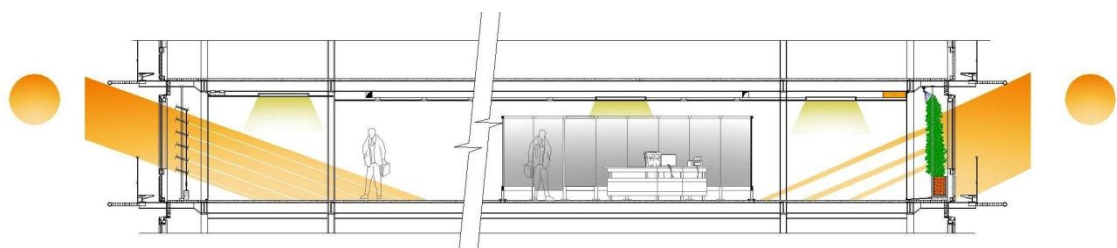


Imagem 47. Corte tipo fachada Oeste-Este. Representação da penetração da radiação solar no Inverno nas duas fachadas. Introdução de barreira vegetal na fachada Este e lâminas reguláveis na Oeste. Imagem do autor.

Esta estratégia controla a entrada de radiação solar durante o Verão e favorece-a durante o Inverno, tal como mostram as imagens 46 e 47.

Para além disto, tanto as lâminas reguláveis como a barreira vegetal, representam outros papéis fundamentais para a introdução de outras estratégias passivas de climatização, que serão apresentadas mais à frente.

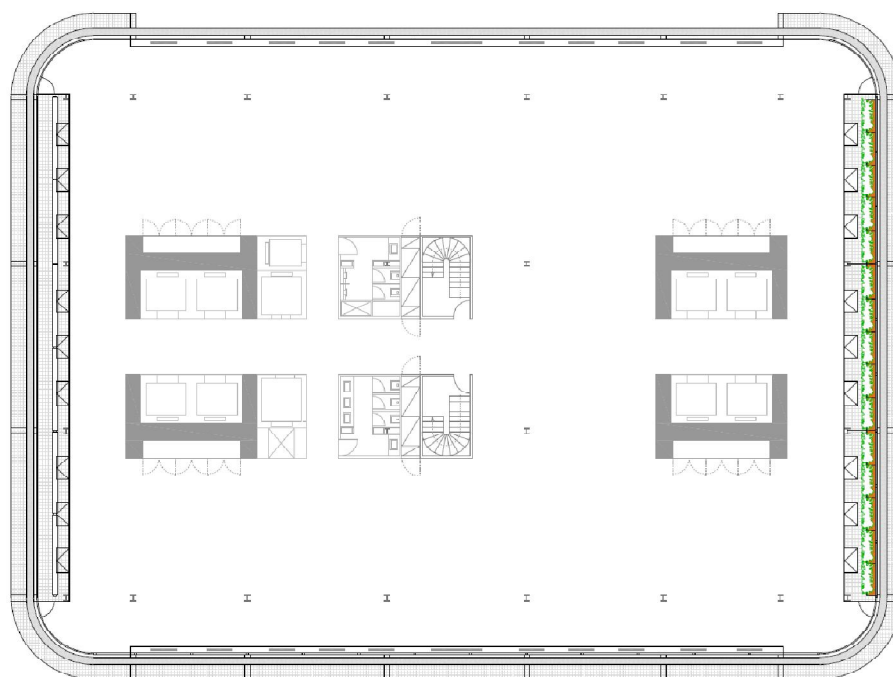


Imagem 48. Planta tipo com a introdução da barreira vegetal na fachada Este e lâminas reguláveis na fachada Oeste. Imagem do autor.

Para conhecimento detalhado destes sistemas aconselha-se a consulta do desenho 0.1 correspondente à Intervenção.

Ao incorporar este tipo de barreiras internas, a organização funcional e espacial dos pisos não será afectada, tal como se verifica no desenho 1.1 correspondente à Intervenção ou na imagem 49.

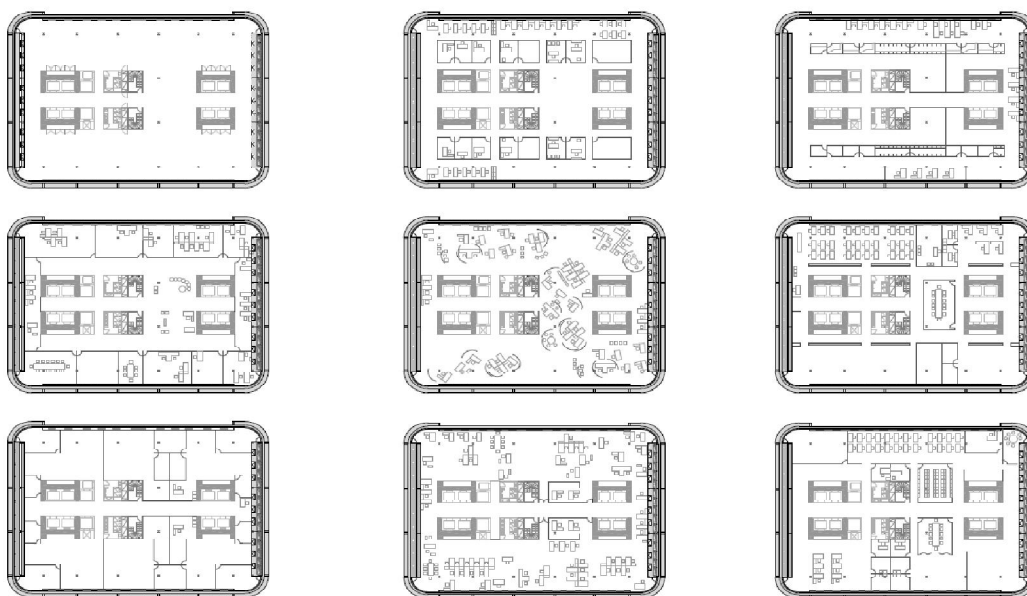


Imagem 49. Introdução da barreira vegetal e lâminas reguláveis sem afectar a disposição espacial. Imagem do autor.

2.c.i.d. Câmara vegetal e Câmara chaminé solar

A introdução de duas câmaras interiores, uma na fachada Oeste com função de chaminé solar e barreira solar e outra na fachada Este com função de filtro de ar vegetal e barreira solar, é fundamental para o bom comportamento do edifício em termos de climatização passiva e uma óptima aliada da climatização activa. Além disso, estas duas câmaras complementam-se para criar ventilação nocturna no Verão e ventilação natural quando as condições exteriores o permitam.

Quanto à câmara vegetal, cuja função de barreira à radiação foi já referida anteriormente, destaca-se o facto de as plantas serem óptimos humidificadores do ar, purificadores e absorventes de compostos químicos tóxicos para o ser humano. “Realizaram-se estudos que demonstram que as plantas não só processam o dióxido de carbono e libertam oxigénio, como também eliminam elementos como formaldeídos, benzenos, poeiras e micróbios do ar.” (Wolverton, B.C., 1996). “A capacidade de transpiração das plantas afecta o microclima na zona de fachada através da produção de oxigénio e absorção do dióxido de carbono, podendo ao mesmo tempo, aproveitar-se como um meio natural eficaz de arrefecimento.” (Ken Yeang, 2001)

Dadas estas características, fica-se a perceber a importância da utilização de câmaras vegetais. A espécie adoptada foi a hera inglesa (*Hedera helix*), por ser ideal para o cultivo em vaso e em ambiente de escritório, devida à alta capacidade desta planta para filtrar benzeno e TCE, compostos químicos presentes em equipamentos como computadores, faxes e telefones.

Além das potencialidades já referidas, a câmara vegetal contribui conjuntamente para o melhoramento acústico da fachada, uma vez que com as plantas e a caixa-de-ar, a propagação das ondas sonoras é mais controlada. Sendo a fachada Este aquela voltada para a Castellana, onde o tráfego de veículos é constante, esta câmara contribuirá mais uma vez para o conforto dos utentes deste edifício.

Quanto à câmara chaminé solar, esta assume várias funções e como foi já referido, uma delas é o de controlo da radiação solar, a outra é a de chaminé solar para criar ventilação nocturna no Verão e ventilação natural, quando possível, nas estações da Primavera e Outono.

A ventilação nocturna na estação do Verão vai proporcionar o arrefecimento nocturno do edifício, uma vez que, durante o dia, este acumulou grandes quantidades de energia térmica por radiação solar, que seriam libertadas para o interior durante a noite. Desta forma os utentes, quando chegam ao edifício no dia seguinte, encontram-no em perfeitas condições de conforto térmico.

A ventilação por efeito chaminé consiste no movimento ascendente do ar criado por uma diferença de pressão de massas provocada por diferencial de temperaturas. Este efeito é conseguido nesta câmara através da radiação solar incidente nas lâminas de grande capacidade de armazenamento de energia térmica. Por sua vez, as mesmas vão libertar esta energia dentro da própria câmara, o que criará uma diferença de pressão entre o interior e o exterior. Ao abrir as extremidades da câmara chaminé solar, o ar quente vai subir e libertar-se para o exterior, ao mesmo tempo que aspirará o ar exterior, mais fresco, para dentro do edifício. O ar que irá entrar, passará obrigatoriamente pela câmara vegetal, para ser humedecido e filtrado, baixando a sua temperatura e potenciando ainda mais o processo de ventilação natural (Imagem 55 e 56).

De forma a poder conciliar os efeitos benéficos e todas as potencialidades que as câmaras oferecem, sem, no entanto, comprometer a estética e a funcionalidade da estrutura, houve a preocupação de, aquando do desenvolvimento do desenho, tentar que estes elementos adicionais se fundissem de forma integrada com a envolvente, enriquecendo ainda mais o espaço, ao invés de se destacarem como componentes avulsos (Imagens 50 a 54).

Os seus comportamentos e aspectos construtivos podem ser analisados detalhadamente nos desenhos 1.0 e 1.2.

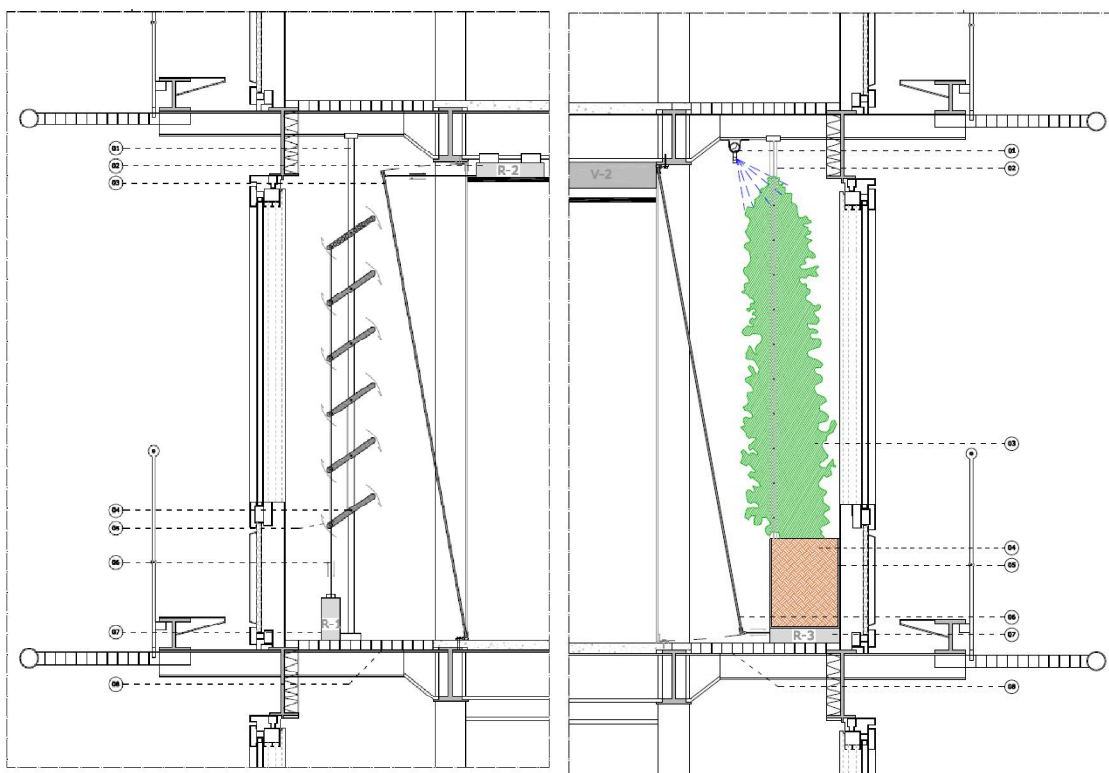


Imagem 50. Pormenor das câmaras. Câmara chaminé solar, fachada Oeste (à esquerda). Câmara vegetal, fachada Este (à direita). Imagem do autor.



Imagem 51. Imagens virtuais do funcionamento das lâminas no Verão. Sem câmara instalada (situação actual) (à esquerda). Com câmara instalada - barreira à radiação solar (à direita). Imagem do autor.

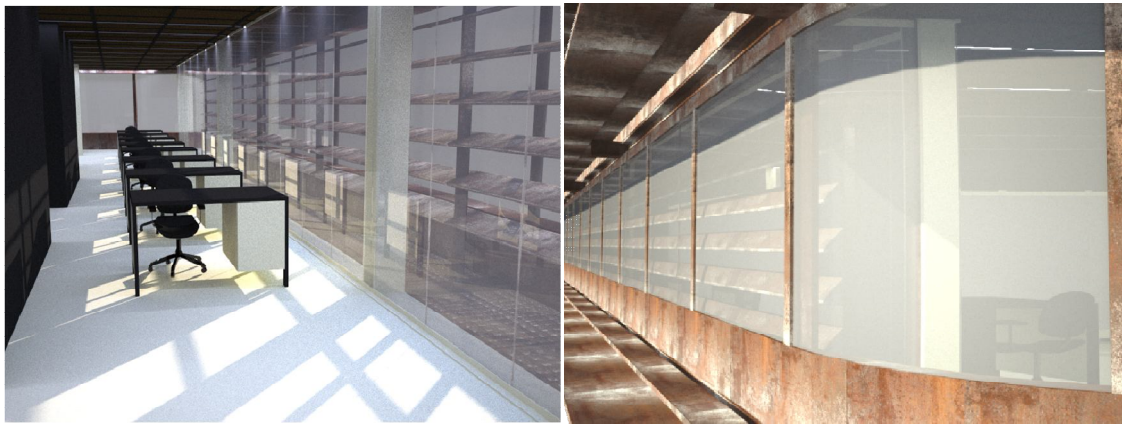


Imagem 52. Imagens virtuais do funcionamento das lâminas no Inverno. Perspectiva interior (à esquerda). Aspecto exterior da fachada com a câmara, (à direita). Imagem do autor.

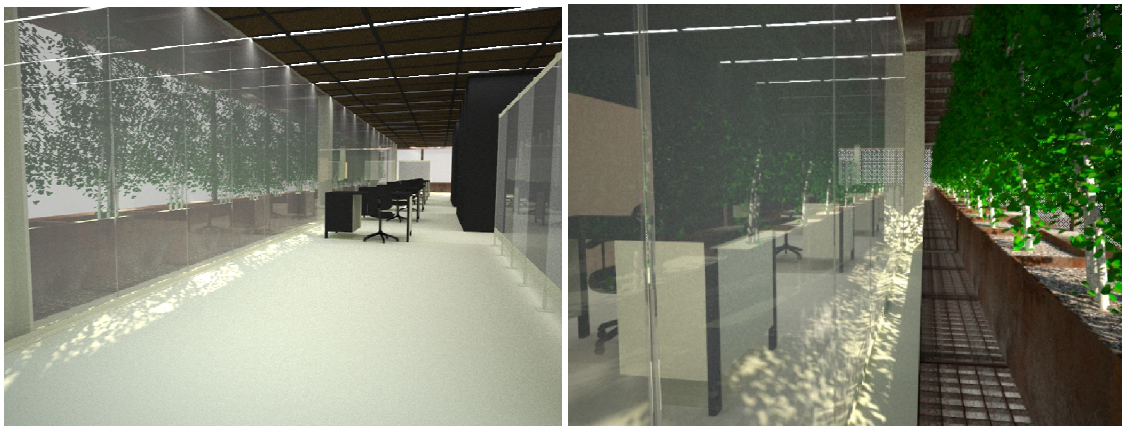


Imagem 53. Câmara vegetal, perspectiva do escritório (à esquerda). Interior da câmara (à direita). Imagens virtuais. Imagem do autor.



Imagem 54. Câmaras abertas para permitir a ventilação natural e/ou ventilação nocturna. Fachada Este (à esquerda). Fachada Oeste (à direita). Imagens virtuais. Imagem do autor.



Imagem 55. Representação do efeito chaminé. Imagem do autor.

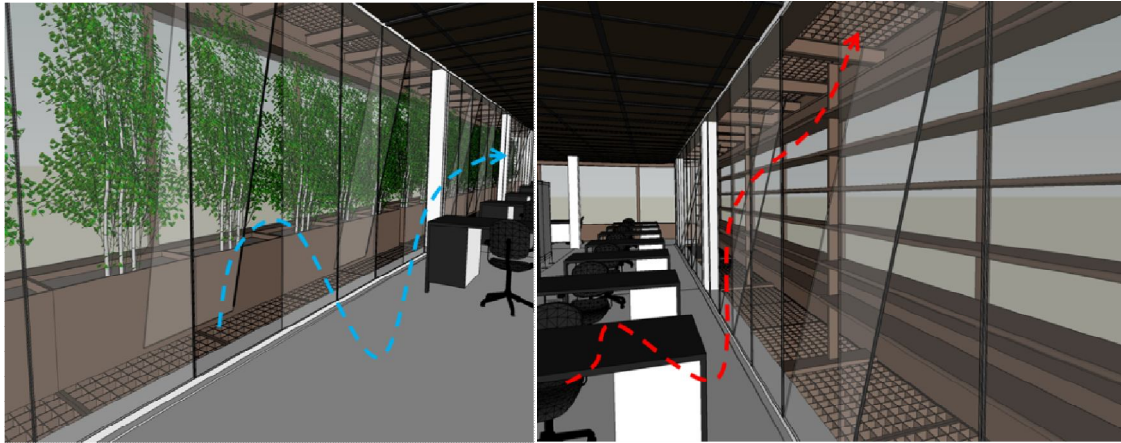


Imagem 56. Perspectivas das câmaras em pleno efeito de chaminé. Fachada Este (à esquerda). Fachada Oeste (à direita). Imagem do autor.

2.c.i.e. Iluminação natural

“A luz natural oferece enormes vantagens e pode ser utilizada como estratégia para obter maior qualidade ambiental e eficiência energética em edifícios.” (MAJOROS, 1998).

Porém, a qualidade da iluminação natural tem outras vantagens, entre outras:

- A constante mudança da quantidade de luz natural proporciona efeitos estimulantes nos ambientes;
- A luz natural permite valores mais altos de iluminação, comparados à luz eléctrica;
- A carga térmica gerada pela luz artificial é maior do que a da luz natural, o que nos climas quentes representa um problema a mais para a climatização;
- A luz natural é fornecida por fonte de energia renovável e, obviamente, sem custos.

No edifício do BBVA a iluminação do espaço interior por meio de iluminação natural é muito eficaz nas configurações de escritório em espaço aberto. Isso deve-se ao facto de todo o seu perímetro exterior ser de vidro. Nas configurações mais compartimentadas, o percurso da iluminação natural é mais dificultado.

Na imagem 57 pode-se verificar que a percentagem de iluminação é mais forte do lado Oeste, devido à possibilidade de regulação das lâminas, e mais fraca no lado Este, devido à câmara vegetal. Os lados Norte e Sul têm relativamente os mesmos valores.

Os níveis mais baixos de iluminação registam-se nas zonas envolventes aos núcleos estruturais.

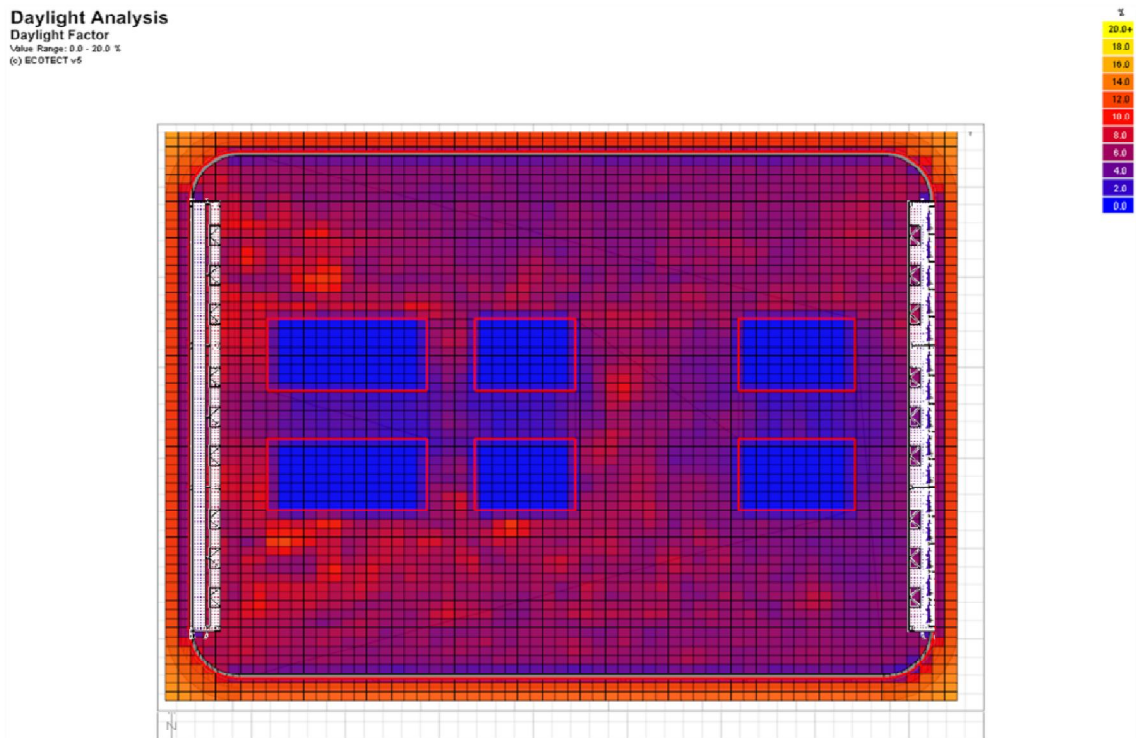


Imagem 57. Gráfico do factor de iluminação natural por piso já incorporando as câmaras. Imagem do autor.

A única estratégia tomada para potenciar o uso de iluminação natural é a alteração das divisórias opacas por divisórias translúcidas (Vidros Opacos) tal como mostra a imagem 58.



Imagem 58. Alteração das divisórias interiores do edifício. Situação actual (à esquerda). Intervenção, imagem virtual (à direita). Imagem do autor.

Estas divisórias (Imagem 59) continuam a manter a privacidade e permitem várias configurações, pois assentam num esquema modular que pode ser aumentado e orientado em

diferentes posições. Além disso, permitem que se faça ventilação livre por todo o piso, porque não tocam o solo nem o tecto.

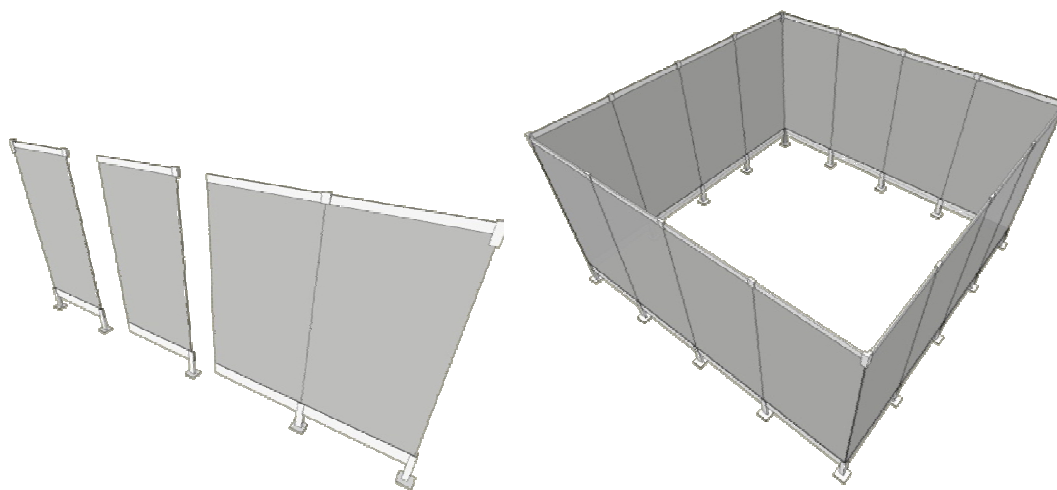


Imagem 59. Divisórias translúcidas. Imagem do Autor.

2.c.i.f. Reciclagem das águas cinza e aproveitamento da água da chuva

O crescimento populacional e o desenvolvimento industrial, combinados com o uso irracional da água, têm aumentado consideravelmente a falta de água doce e a produção de águas residuais. Uma forma de contrariar este acontecimento é reutilizar as águas cinza e aproveitar a água da chuva.

Águas cinzas, são aquelas provenientes do uso de lavatórios, chuveiros, banheiras e máquinas de lavar a roupa. (Eriksson, 2002)

Quanto às águas pluviais, é necessário ter a noção, de que, em ambientes com elevadas índices de poluição, a sua utilização está restringida por estas se encontrarem contaminadas com substâncias químicas gasosas em suspensão.

No edifício BBVA, as águas da chuva que caem sobre a cobertura e as águas provenientes dos lavatórios, das instalações sanitárias, serão utilizadas para abastecer os depósitos de água das sanitas.

Para a execução deste objectivo, as estratégias adoptadas serão as seguintes:

- Criação de uma rede de recolha de águas na cobertura, que conduz a água da chuva aos depósitos existentes no primeiro piso técnico a contar da cobertura.

- Condução das águas usadas nos lavatórios para os depósitos que se encontram nos pisos técnicos subjacentes, com excepção dos oito primeiros pisos (que contarão com uma bomba com a função de enviar as águas cinza para os depósitos do primeiro piso técnico, a contar da cobertura).

- Criação de uma linha de água a partir dos depósitos dos pisos técnicos que abastecerá, por efeito de gravidade, os depósitos das sanitas situados nos pisos subjacentes.

A criação destas novas linhas de água é um processo bastante simples, isto porque as coretes das instalações sanitárias são visitáveis, permitindo fazer o tipo de ligações referidas.

A colocação dos depósitos nos pisos técnicos não apresenta grandes problemas, uma vez que existe bastante espaço para a sua colocação. Uma vez que existe a possibilidade de as águas pluviais e cinza não serem em quantidade suficiente para abastecer os depósitos das sanitas, os depósitos dos pisos técnicos poderão ser providos com água da rede.

Para melhor visualização destes processos, consultar o desenho 1.3. ou a imagem 60.

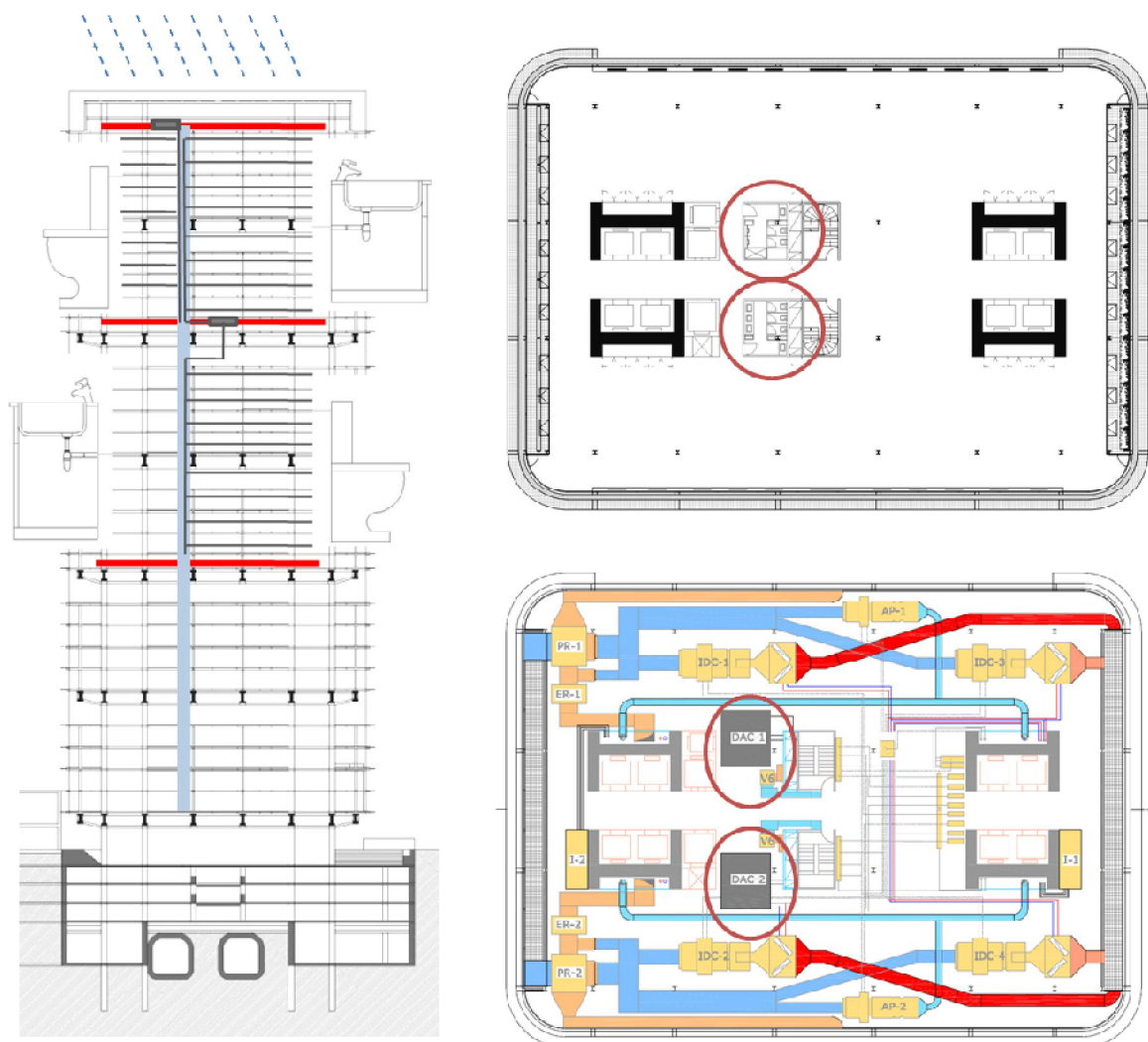


Imagem 60. Esquema de aproveitamento das águas cinza e pluviais. Imagem do autor.

2.c.i.g. Cobertura ajardinada

No presente edifício, a cobertura de cota mais baixa encontra-se perfeitamente desprezada e sem grande interesse arquitectónico servindo única e simplesmente de heliporto.

Uma forma de a aproveitar, melhorando a qualidade estética da estrutura, é convertê-la numa cobertura ajardinada (Imagem 61).

Geralmente, as coberturas ajardinadas são muito pouco sustentáveis pelas grandes quantidades de água que consomem, principalmente na estação seca. Devido a esse facto, foi escolhido um sistema de cobertura ecológica auto sustentável. Este sistema foi desenvolvido pela Intemper. "Os sistemas Intemper ecológicos consistem em conjugar natureza, impermeabilização e isolamento - tudo dentro do mesmo pormenor construtivo. Trata-se de devolver à natureza esse espaço que lhe têm "roubado", os edifícios." (www.intemper.pt).

As vantagens são:

- Devolver, tal como citado atrás, à natureza o espaço ocupado pelas construções;
- Favorecer o meio ambiente, na medida em que retém as partículas de poluição e purifica o ar;
- Melhorar a termodinâmica urbana: importação de ar fresco e exportação de cargas de emissão.
- Criação de anéis verdes em redor dos núcleos das grandes cidades, que oxigenem a atmosfera, contornando o problema da escassez de solos ou da sua má qualidade;
- Melhoramento da estética do edifício e da sua envolvente.

Quanto ao aspecto construtivo, estas coberturas primam por:

- Ser sistemas ligeiros, simples e rápidos de instalar;
- Assegurar uma total estanquicidade, proporcionando melhores condições de conservação da impermeabilização e prolongando a vida útil da cobertura;
- Possuir eficiência energética comprovada: minimizando-se as perdas de energia pela cobertura;
- Melhorar o isolamento térmico e acústico do edifício;
- Necessitar de pouca manutenção.

A finalidade principal é proporcionar um benefício ao meio ambiente, poupando energia e melhorando a estética da cobertura.

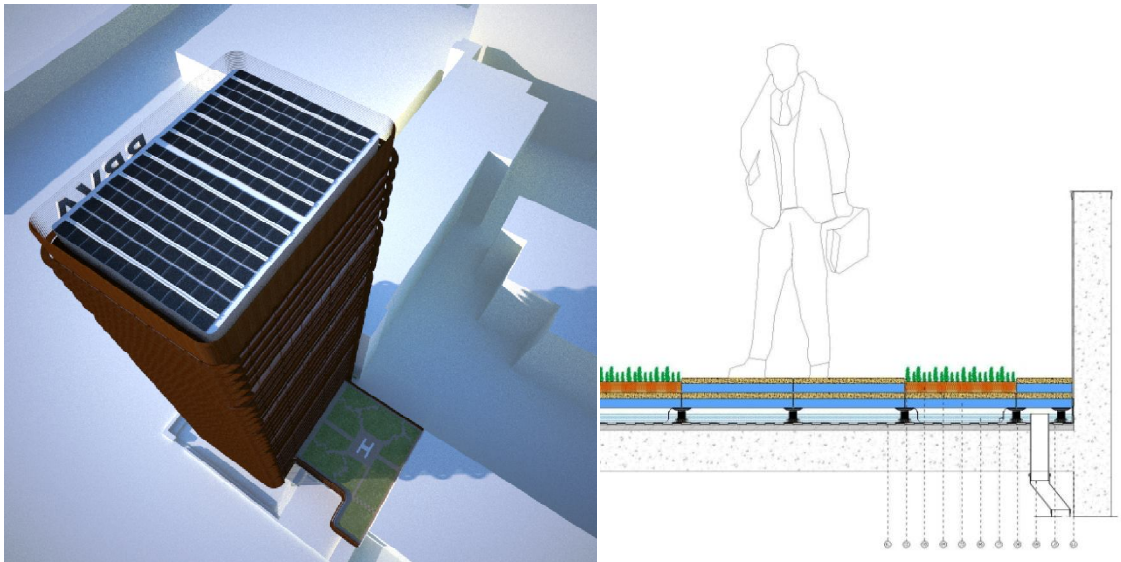


Imagem 61. Reabilitação da cobertura. Pormenor construtivo (direita). Imagem do autor.

O pormenor da execução da cobertura ajardinada encontra-se no desenho 1.4.

Esta cobertura é muito sombria, por isso a escolha das plantas será cuidada nesse sentido.

2.c.i.h. Estacionamento para bicicletas e balneários

A sociedade actual tem entre os seus principais desafios o de resolver as necessidades de mobilidade de uma maneira sustentável. Os impactos gerados pelo transporte, tanto de pessoas como de mercadorias, alcançam grande magnitude na vida quotidiana e nas suas perspectivas de futuro. Numa sociedade cada vez mais urbana e com maior necessidade de mobilidade, o debate sobre esta questão focaliza-se geralmente nas alternativas ao uso, em muitos casos abuso, do veículo privado.

Hoje as cidades desenvolvem-se ponderando já o uso da bicicleta. As suas qualidades benéficas para a saúde, para o meio ambiente e para a ocupação do espaço urbano farão dela um elemento habitual nas nossas ruas. A verdadeira implantação da bicicleta como solução real de mobilidade passa por uma atitude proactiva das autoridades municipais e particulares na criação e adaptação de infra-estruturas. Madrid conta actualmente com uma rede de ciclovias nas suas maiores avenidas, contudo o uso da bicicleta ainda não é muito comum por parte dos madrilenos devido à falta de infra-estruturas adequadas.

Esta razão leva à premência projecção de um balneário e de um estacionamento específico para bicicletas no primeiro piso de estacionamento do edifício do BBVA (Imagem 62).

Este balneário é constituído por uma recepção anexada a uma sala de cacifos, uma casa de banho, trinta cabines de banho e uma lavandaria, provendo aos trabalhadores as condições necessárias para se fazerem transportar até ao local de trabalho em bicicleta.

Consultar o desenho 1.5 para analisar a configuração dos balneários.

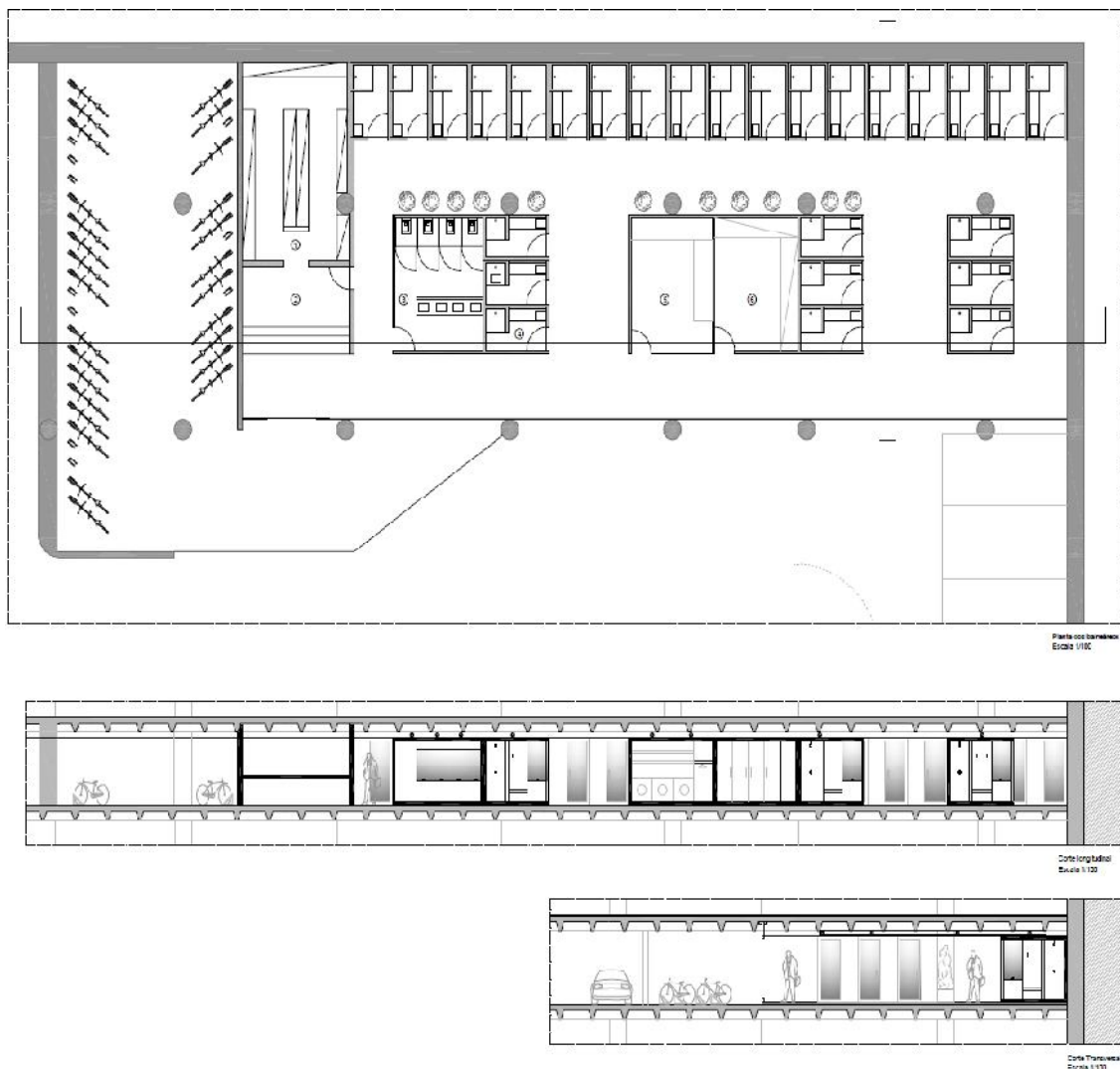


Imagem 62. Projecto dos balneários e estacionamento de bicicletas. Imagem do autor.

2.c.ii. Estratégias activas

As estratégias activas são soluções que se baseiam na utilização de equipamentos, devendo estes, segundo o paradigma actual da boa gestão energética e da optimização do seu consumo, ser o mais eficientes possível (sob um ponto de vista da sustentabilidade).

O uso destas estratégias diminui drasticamente os consumos energéticos dos edifícios em geral.

2.c.ii.a. Sistemas de produção de frio e calor

Quase 50% do consumo final de energia na Europa destina-se à climatização de edifícios e à produção de água quente para uso doméstico. (Conselho Europeu de Energias Renováveis)

Os sistemas de produção de frio e calor para climatização, que se instalavam na década de 80, por carência de desenvolvimento deste tipo de tecnologia, apresentavam sempre grandes consumos. A climatização do edifício do BBVA é feita por equipamentos de ar condicionado frio-quente do ano de 1977, sendo portanto, equipamentos de elevadas necessidades energéticas. Este sistema é alimentado por uma grande caldeira a gás, que produz água quente, e quatro grandes torres de refrigeração colocadas na cobertura do edifício, que produzem água fria. A água, fria ou quente, produzida é enviada às unidades de tratamento de ar localizadas nos pisos técnicos e às unidades de tratamento de ar situadas nos limites interiores dos pisos, que irão aquecer ou arrefecer o ar que entra no edifício.

A intervenção nos equipamentos de produção de frio e calor passaria pela eliminação das torres de refrigeração e substituição da caldeira de produção de água quente.

Para produção de frio será implementado um sistema de frio solar que tem catalogação A++ e, para produção de calor, uma caldeira de apoio de eficiência energética A+, aliada ao referido sistema, que potenciará ainda mais a sua eficiência (Imagem 63). As unidades de tratamento de ar não serão substituídas, visto que os consumos energéticos destes equipamentos não são justificam a sua alteração.

O sistema de frio solar é uma tecnologia desenvolvida pela *CLIMATEWELL*, uma empresa sueca líder em investigação de equipamentos de climatização accionados por energia solar térmica. Esta solução de climatização, única no mundo, conta com a capacidade especial de armazenar energia e aproveitá-la para a produção de água quente sanitária, refrigeração e aquecimento, sem necessidade de usar electricidade. Baseia-se num sistema de máquina de absorção de

triplo estado (gasoso, líquido e sólido) que permite uma potência contínua de refrigeração ou de aquecimento.

A imagem que se segue mostra a composição do equipamento.

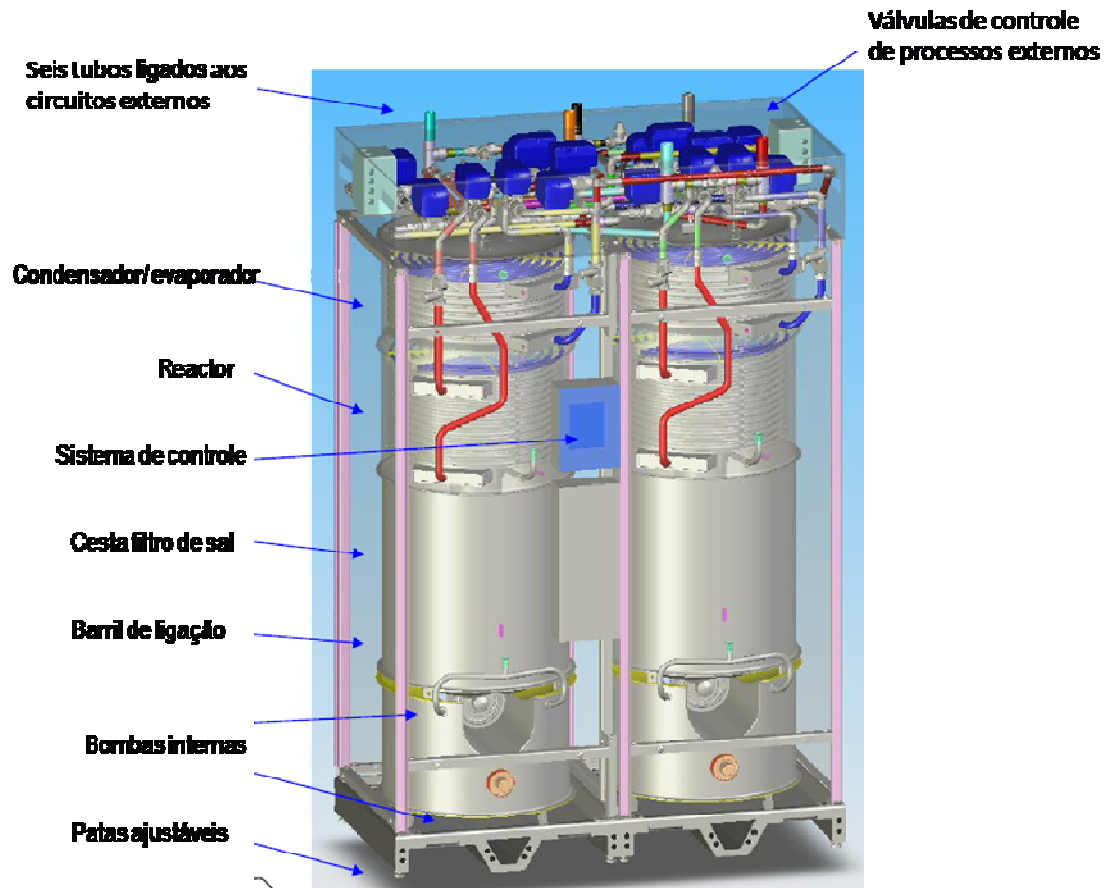


Imagem 63. Composição do equipamento de produção de frio e calor. Fonte: catálogo CLIMATEWELL.

Para produzir calor ou frio este equipamento serve-se unicamente de energia térmica água e sal, tendo, contudo, de estar ligado a três circuitos externos para operar, que são:

- Fonte térmica de calor (colectores solares ou caldeira quando a energia produzida pelos colectores não é suficiente);
- Sistema de distribuição de ar acondicionado para refrigerar e aquecer (unidades de tratamento de ar);
- Dissipador de calor para carga e descarga (torre de refrigeração).

Este método é flexível e modular, adaptável a qualquer aplicação, desde vivendas unifamiliares até edifícios de uso terciário. Para todos os casos esta tecnologia é perfeitamente compatível com sistemas convencionais já existente, seja através de um sistema centralizado de água ou de unidades de tratamento de ar.

A Incorporação desta tecnologia no projecto de reabilitação do edifício da sede do BBVA apresentado neste trabalho, deu-se segundo ordem referida em seguida.

O primeiro passo consistiu em eliminar as grandes torres de refrigeração, permitindo criar mais um piso técnico exclusivamente para produção de calor e frio. Sendo um edifício de grande escala surge a necessidade de criar três pilhas, cada uma delas com três destes equipamentos de produção de frio e calor, sendo que, para as alimentar, foram colocados na cobertura do edifício 176 painéis tubo de vácuo, cada um com 30 varetas. Todo este processo de dimensionamento decorreu com orientação de um técnico da referida empresa (Imagem 65).

A ordem de produção de frio e calor é a seguinte:

Para produção de calor no Inverno, a radiação solar tem de incidir sobre os colectores tubo de vácuo (Imagem 66) que absorverão energia térmica, posteriormente enviada para as máquinas de absorção. Estas vão aumentar a energia em 20%. Se a temperatura atingida for suficiente, será enviada para as unidades de tratamento de ar. Caso contrário, as máquinas de absorção serão apoiadas por uma caldeira até se atingir a temperatura ideal para ser encaminhada às unidades de tratamento de ar. A utilização da caldeira será fundamental nos dias nublados e de chuva em que a radiação solar directa é praticamente nula.

Para produção de frio no Verão, a radiação solar tem também de incidir sobre os colectores que enviarão uma grande quantidade de energia térmica para as máquinas de absorção, dada a elevada quantidade desta radiação verificada neste período. As máquinas, ao receberem esta grande quantidade de energia térmica, através de um processo de condensação, produzem frio. No entanto, quando a quantidade de energia é excessiva há necessidade de se socorrerem de torres de refrigeração para dissipar a energia em excesso.

Para visualização pormenorizada ver o desenho 1.7 e 1.8.

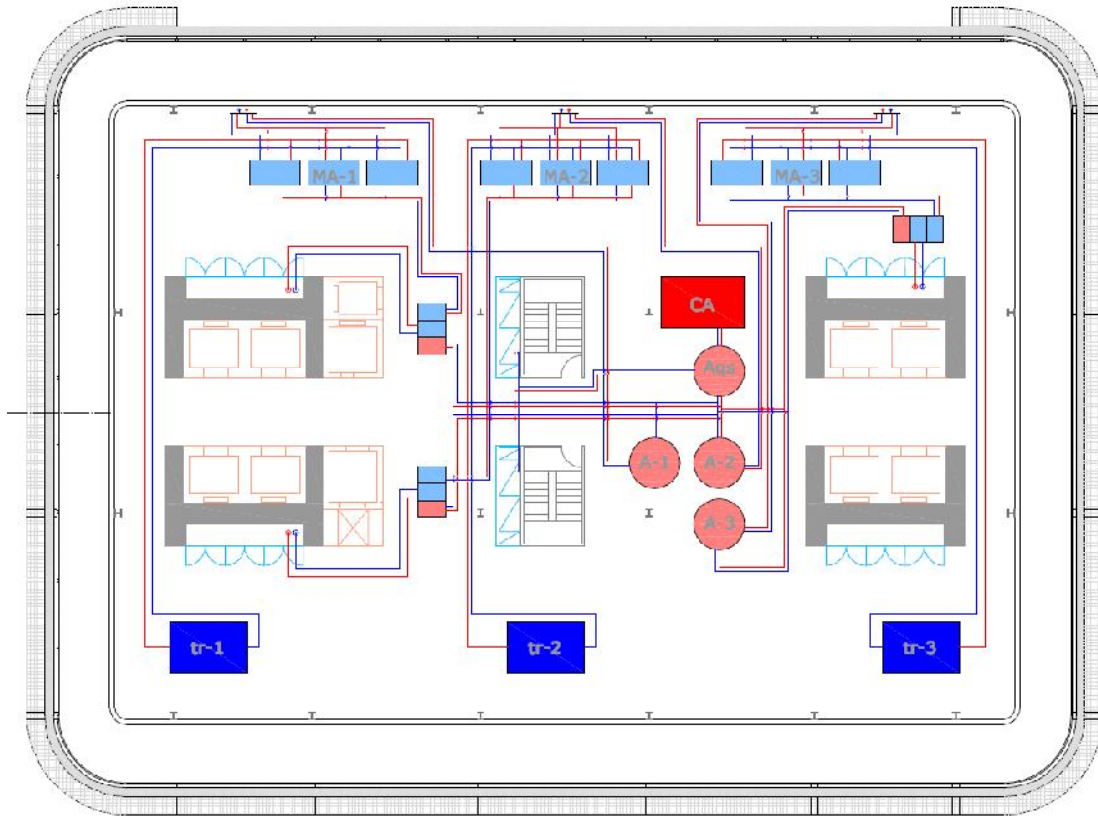


Imagem 65. Configuração do piso produtor de frio e calor. Imagem do autor.

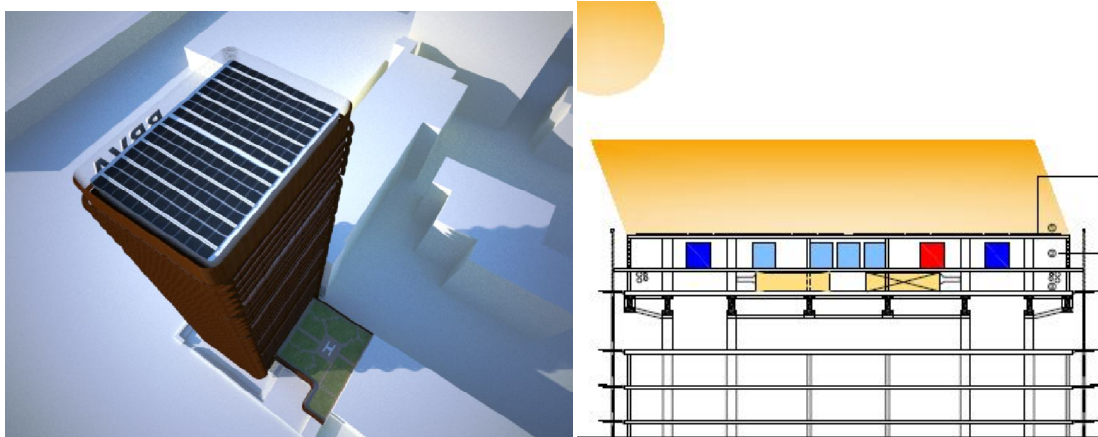


Imagem 66. Cobertura com integração dos colectores solares (à esquerda). Corte da cobertura, do piso produtor de calor e frio e do primeiro piso técnico (à direita). Imagem do autor.

Este tipo de tecnologia foi introduzido no edifício da Sede do INE Madrid, apontado nos edifícios de referência, permitindo poupar 80% da energia em climatização.

2.c.ii.b. Sistemas mecânicos de climatização

Os sistemas mecânicos de climatização do edifício sofrerão, segundo este projecto, algumas alterações (Imagem 68) para serem combinados com as estratégias passivas de climatização, tornando-os mais eficientes.

A primeira grande alteração consiste na eliminação das unidades de tratamento de ar interiores na fachada Este e Oeste, com vista à incorporação das câmaras e consequente eliminação de dois dos ventiladores que conduziam o ar primário para estas, por cada piso técnico. Seguidamente será necessária uma reorientação e condução do ar aquecido ou arrefecido nas grandes unidades de tratamento de ar, dos pisos técnicos, para a câmara vegetal. Após esta alteração, surgirá a necessidade da colocação de ventiladores que aspiram o ar da câmara vegetal através de condutas instaladas tectos que o distribuem pelo piso (Imagem 69). Por fim, aos extractores de retorno, situados nos pisos técnicos, serão anexados recuperadores de calor. Ao passar na câmara vegetal criada, o ar aquecido ou arrefecido, converte-se em ar mais puro, humedecendo-se, sendo-lhe removidos poeiras, micróbios e gases tóxicos e enriquecendo-se em oxigénio. Devido a estes factos, não é necessário que o ar seja renovado com tanta frequência, podendo ser reaproveitado, o que possibilita a criação de um circuito semi-fechado. Contudo, mesmo que a renovação de ar seja obrigatória, os recuperadores de calor farão com que o ar exterior, ao passar por este equipamento, no Inverno aqueça e, no Verão arrefeça (Imagem 67). Assim as perdas de energia serão menores.

Devido a estas evidências, as alterações são plenamente justificadas. Dando origem a um sistema de climatização global, que combina as estratégias passivas e activas até agora explicadas, como se pode observar em pormenor na Imagem 70.

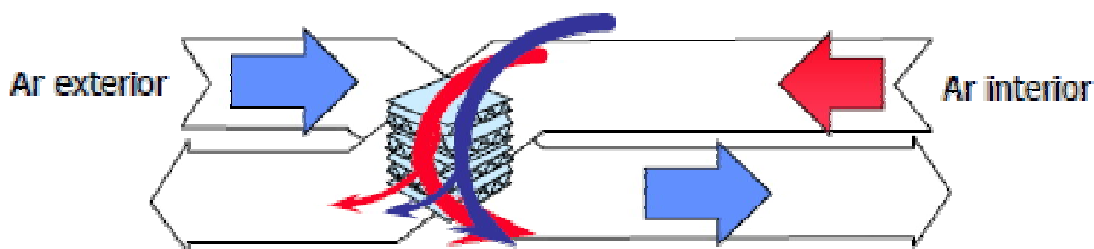


Imagem 62. Esquema de funcionamento de um recuperador de calor. Fonte: Curso de Formação para Projectistas – Ubi.

Para conhecimento do funcionamento do sistema e das alterações veja-se o desenho 1.7 e 1.8.

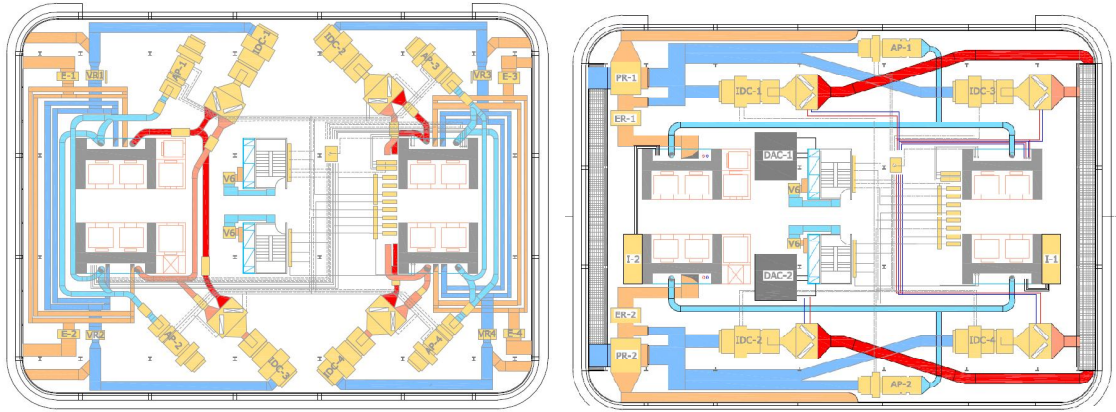


Imagem 63. Alterações feitas nos pisos técnicos. Planta actual (à esquerda), Planta alterada (à direita). Imagem do autor.

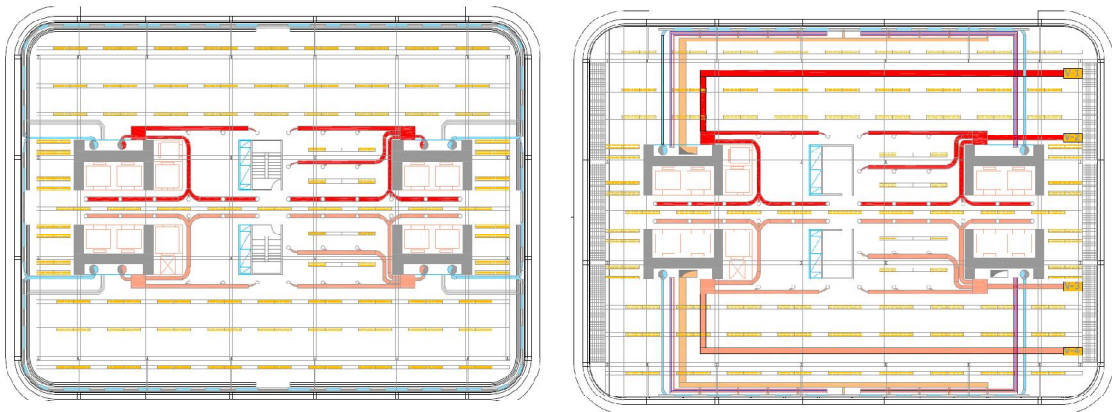


Imagem 64. Alteração das condutas de ar e dos tubos que alimentam os permutadores térmicos. Planta de tectos actual (à esquerda). Planta de tectos alterada (à direita). Imagem do autor.

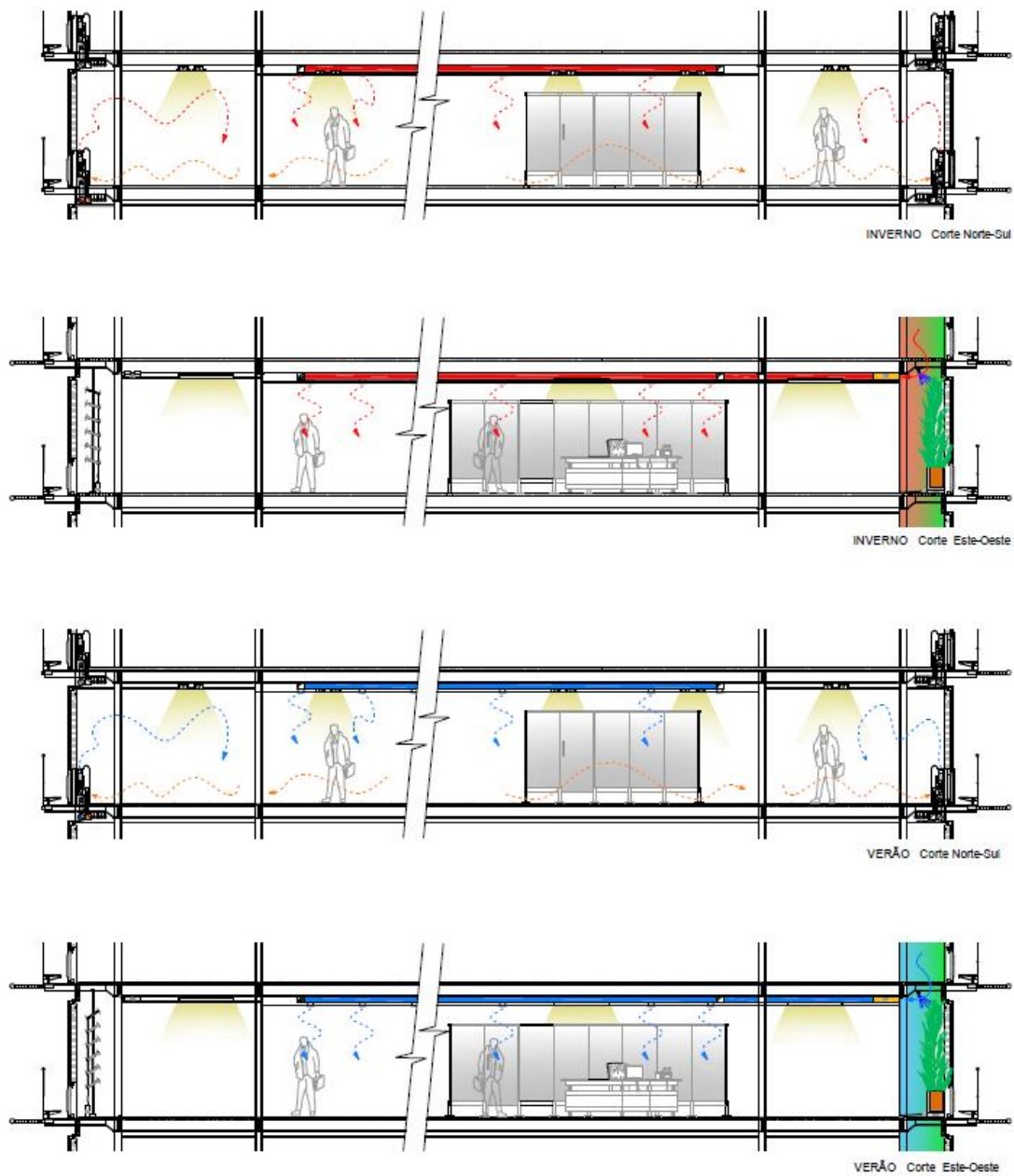


Imagem 65. Esquema global de climatização de acordo com as estações e as fachadas, combinando estratégias activas e passivas. Imagem do autor.

2.c.ii.c. Produção de energia (painéis fotovoltaicos)

Painéis solares fotovoltaicos são dispositivos utilizados para converter a energia da luz do sol em energia eléctrica. São compostos por células solares, assim designadas porque que captam, em geral, a luz do Sol. Estas células são, por vezes, e com maior propriedade, chamadas de células fotovoltaicas, ou seja, criam uma diferença de potencial eléctrico por acção da luz (seja do sol ou não). Contam com o efeito fotovoltaico para absorver a energia do sol fazendo a corrente eléctrica fluir entre duas camadas com cargas opostas.

O desenvolvimento dos painéis fotovoltaicos torna esta tecnologia cada vez mais acessível e eficiente.

Para diminuir as dependências energéticas do objecto de estudo, o projecto realizado contempla a implementação destes painéis na fachada Sul.

O modelo escolhido é um tipo de painel produzido pela empresa SUNPOWER, o painel solar 220 (Imagem 71). Este tem uma das mais altas eficiências do mercado, com um aspecto mais atractivo e uniforme que os convencionais painéis fotovoltaicos.

A sua integração foi muito cuidada, dado que a imagem do edifício nunca deverá ser perturbada por estes equipamentos (Imagem 71). Para que não sejam visíveis pelos transeuntes, estes deverão ser colocados no espaço criado pelo limite dos envidraçados e as palas horizontais, visto que estas os encobrem partindo de quase todas as perspectivas da Castellana (Imagem 72).

O desenho 1.9 apresenta pormenorizadamente a instalação dos painéis.

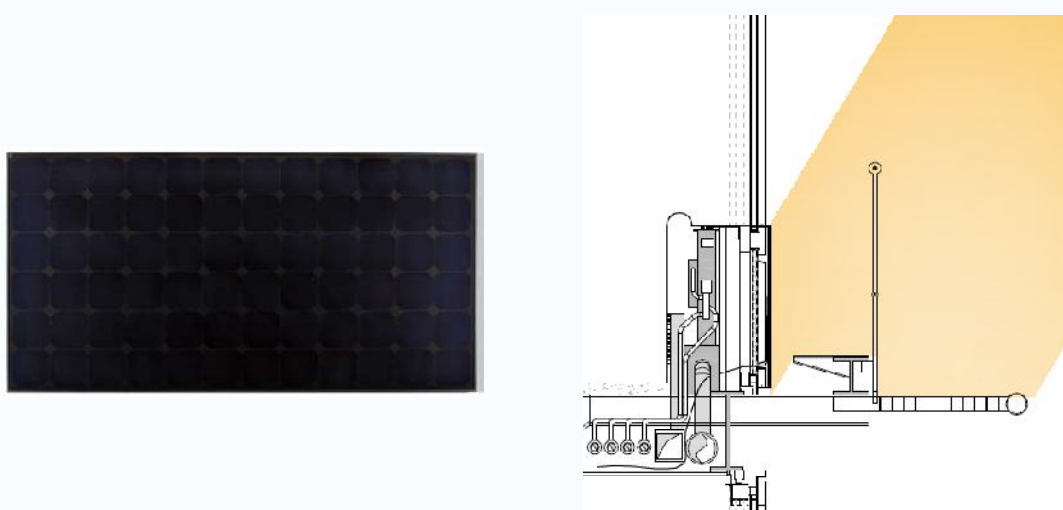


Imagem 66. Painel solar 220 (à esquerda). Fonte: Catalogo SUNPOWER. Integração do painel em fachada (à direita). Imagem do autor.

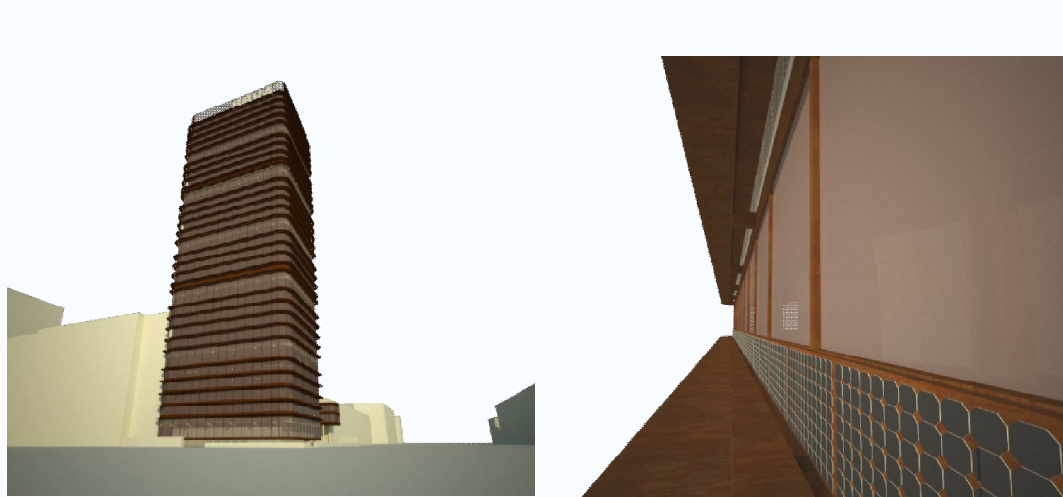


Imagem 72. Perspectiva da fachada Sul à cota da rua (à esquerda). Perspectiva da integração dos painéis na fachada (à direita). Imagens do autor.

A integração não foi a única preocupação. A orientação do painel e o número de horas de exposição relativamente ao sol foi estudada (Imagem 72) para que o rendimento das células seja o maior possível.

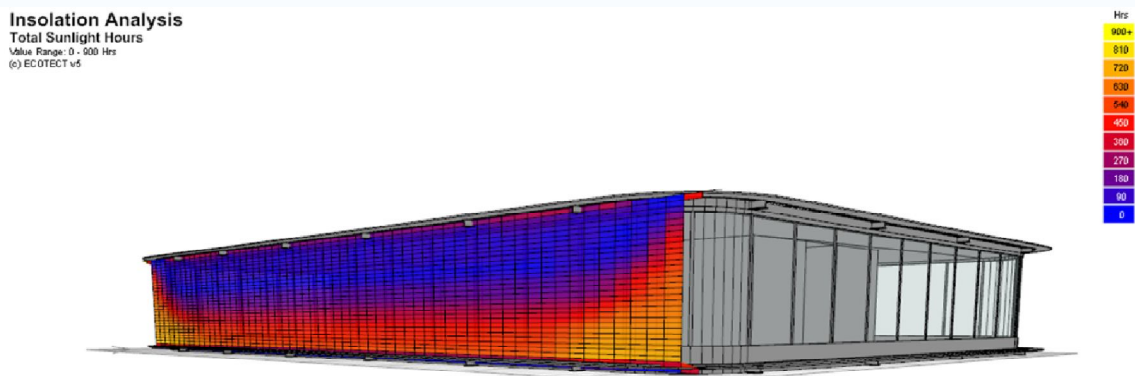


Imagem 73. Nível de insolação na fachada Sul em horas por piso. Imagem do autor.

Como se pode ver através do gráfico de insolação, a zona onde os painéis serão colocados terá um grande número de horas de incidência solar.

A potência dos painéis é de 180 w/m² com uma potência total pico de 4,4 kw por cada 25 m². Na totalidade, o edifício contém 960 m² de painéis fotovoltaicos que correspondem à produção de 169kw. A radiação solar em Madrid representa, por ano, cerca de 2200 kWh/m². Considerando os 960 m² de painéis solares, já com as perdas na conversão para corrente alternada, a produção anual será de 238 MWh. Do ponto de vista ambiental, o aproveitamento da energia solar deste exemplo corresponde a uma redução de 95 ton/ano de emissões de CO².

A energia eléctrica produzida pelos painéis será consumida pelo edifício, nos dias em que este esteja inactivo (fins-de-semana), a energia produzida será vendida à rede geral.

2.c.ii.d. Iluminação LED

O LED pode ser descrito como o terceiro estágio na evolução da lâmpada eléctrica. LED (Light Emitting Diode) é um componente electrónico semiconductor que emite luz quando sujeito a corrente eléctrica.

Segundo a *LEDLUZ* a iluminação LED, face à iluminação convencional, possui maior vida útil (50.000 horas) e, conseqüente, baixa manutenção, menor consumo (relativamente às lâmpadas de incandescência) e uma eficiência energética (em torno de 50 lúmen/Watt). Estas lâmpadas (Imagem 74) não emitem luz ultra-violeta (sendo ideais para aplicações onde este tipo de radiação é indesejada, como por exemplo, quadros e obras de arte), não emitem radiação infravermelha, fazendo por isso com que o feixe luminoso seja frio. Além destas qualidades já referidas, esta alternativa proporciona maior segurança, já que as lâmpadas trabalham em baixa tensão (<33V), proporcionando também segurança para os utilizadores durante a sua instalação e utilização.

Com o simples gesto de substituir as lâmpadas existentes por lâmpadas LED, obtêm-se reduções de consumos de 70%.

No edifício BBVA, a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED reduzirá marcadamente o consumo energético em geral, isto porque cada piso tem 392 lâmpadas fluorescentes, no total, contabilizando todos os pisos, serão aproximadamente 12 544 lâmpadas (Imagem 75).



Imagem 74. Lâmpadas LED com o mesmo formato das lâmpadas fluorescentes. Fonte: www.eurosolutions.com.



Imagem 7567. Fotografia de um tecto do BBVA (à esquerda). Lâmpada fluorescente utilizada para iluminação artificial pelo edifício (direita). Fotografias do autor.

O único inconveniente a apontar a estas lâmpadas é o seu custo inicial, mas tendo em conta a sua vida útil e o seu baixo consumo este é amortizado em menos de 4 anos. Relativamente à luz emitida, esta é mais branca que a tradicional. Pode provocar um ligeiro desconforto até o utilizador se habituar.

2.c.ii.e. Separação mecânica do lixo

O crescimento da população mundial e do consumismo coloca o planeta Terra e a humanidade perante o dilema do lixo. A natureza por si própria é capaz de depurar os resíduos, no entanto não o consegue fazer à mesma escala a que estes são produzidos.

A solução para este conflito passa pela separação de lixo, enviando para os aterros sanitários apenas o lixo orgânico, ou seja, aquele que mais facilmente é decomposto e que por isso menos anos leva a que o aterro possa ser recuperado para outros fins. Por outro lado, quanto melhor se separar o lixo, mais fácil é o seu tratamento. A separação dos resíduos conduz à sua reciclagem ou em algumas situações à sua reutilização. Por esse processo, o lixo volta a ser matéria-prima, pelo que se poupam recursos naturais.

Segundo Ken Yeng, nos edifícios altos, os sistemas de separação de lixo devem ser incorporados para facilitar a separação aos ocupantes e promover a reciclagem.

Um aspecto aqui apresentado da reabilitação do edifício do BBVA consiste precisamente na instalação de um sistema de separação de lixo.

Para concretizar esta ideia um monta-cargas terá de ser convertido num condutor de lixo para os depósitos de diferentes pisos que se encontram na garagem. O sistema funciona com um simples toque no botão correspondente ao tipo de lixo que se pretende reciclar. Uma vez seleccionado o tipo, o depósito correspondente que se encontra na garagem desliza para a posição de carga (Imagens 76). Após a sua colocação no monta-cargas o lixo será conduzido até ao depósito devido.

O desenho 1.10 explica como foi instalado este sistema no edifício.

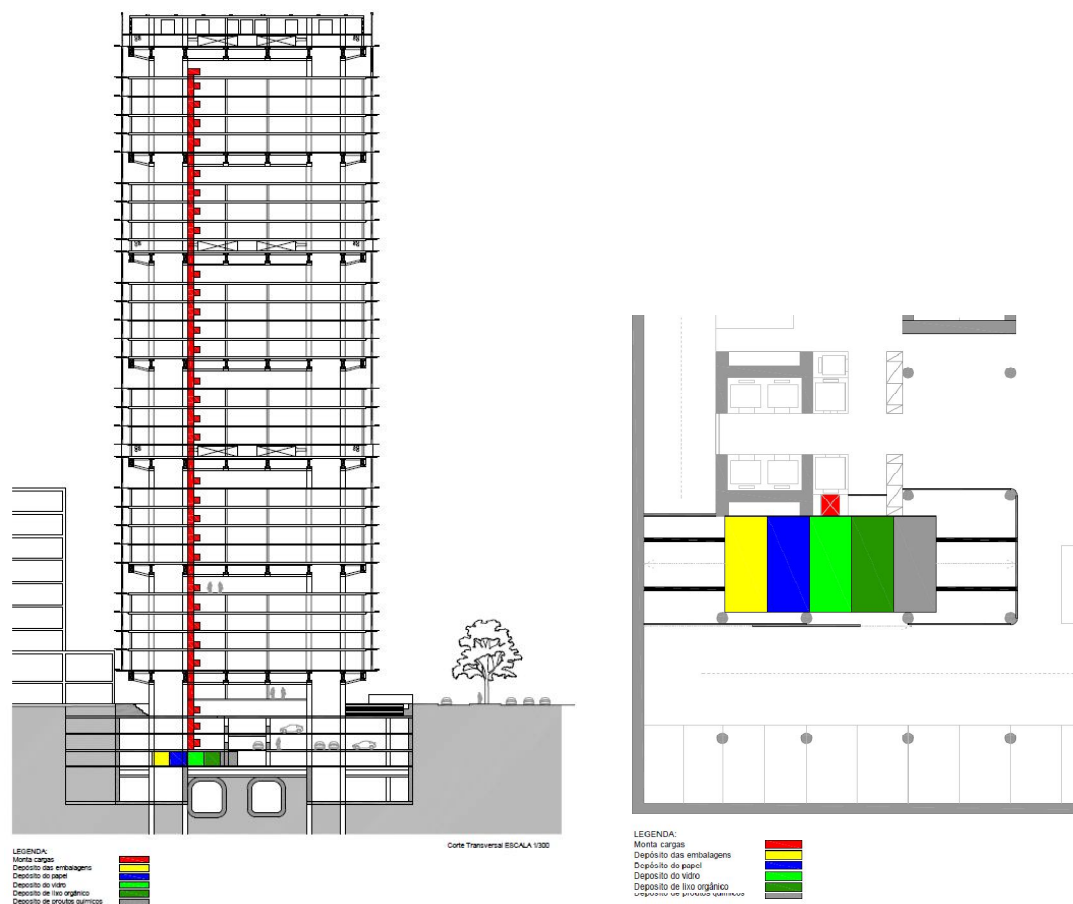


Imagem 68. Representação esquemática da separação do lixo em corte (à esquerda). Representação do sistema deslizante dos diferentes depósitos de lixo (à direita).

2.d. Execução das alterações propostas

A execução das alterações seria um trabalho bastante simples devido à organização construtiva que o edifício apresenta, nomeadamente a presença dos pisos técnicos onde se encontram os equipamentos de climatização, corredores verticais de condutas visitáveis, coretes visitáveis, tectos falsos modulares em junta seca, lajes em estrutura metálica, ou seja, um conjunto de soluções que permitem fazer alterações não destruindo qualquer elemento existente.

A execução cumpriria a seguinte ordem de trabalhos:

A primeira operação consistirá na retirada das grandes torres de refrigeração. Esta deverá ser feita por helicópteros de carga tendo em conta a altura do edifício. Após este procedimento podem iniciar-se logo de seguida os trabalhos de construção do piso de produção de frio e calor, e a devida instalação dos equipamentos. O transporte dos materiais e dos equipamentos deve ser feito por helicópteros de carga evitando a desmontagem destes. Após a conclusão da construção deste piso, proceder-se-á à colocação dos colectores solares sobre a cobertura e à sua devida ligação ao piso produtor de calor e frio.

Logo que o piso produtor de calor e frio esteja pronto a operar, passar-se-á à alteração do primeiro piso técnico a contar da cobertura.

Após a conclusão dos trabalhos no primeiro piso técnico, seguir-se-ão as alterações nos pisos de escritórios imediatamente adjacentes a este. Estes trabalhos comportam simultaneamente a retirada das unidades de tratamento de ar da fachada Este e Oeste, a construção das câmaras vegetal e de chaminé solar e alteração das instalações dos tectos e coretes das casas de banho para aproveitamento das águas cinza. Seguindo sempre a ordem descendente dos pisos até atingir o próximo piso técnico.

Atingindo este ponto, repetir-se-á todo o processo referido para o primeiro piso técnico e pisos adjacentes.

Por fim constroem-se simultaneamente os balneários, o estacionamento para as bicicletas e a instalação dos depósitos de diferentes lixos deslizantes.

Esta ordem de trabalhos partindo do topo no sentido descendente, deve-se ao desenvolvimento das instalações que têm origem na cobertura. Desta forma, à medida que o decorrer dos trabalhos desce ao longo do edifício, os pisos anteriores já disporão de todas as instalações a funcionar correctamente. Desta forma esta operação de reabilitação não afecta totalmente o funcionamento da sede.

O período estimado de reabilitação é aproximadamente de 4 meses. Teria início em Março e final em Junho. Este deve ocorrer durante a Primavera, por se tratar de uma estação amena, visto que o edifício se verá privado dos seus actuais sistemas de climatização por algum tempo. Para que a reconversão siga os critérios de sustentabilidade, os materiais empregues na construção das câmaras serão obrigatoriamente reciclados e aplicados em junta seca, para que no final da sua vida útil possam ser reutilizados ou novamente reciclados na totalidade. Juntamente, os equipamentos, instalações substituídas e desperdícios de obra terão de ser conduzidos a um ecocentro onde se fará o seu correcto tratamento. De seguida apresenta-se um esquema de construção das câmaras evidenciando a sua facilidade de execução.

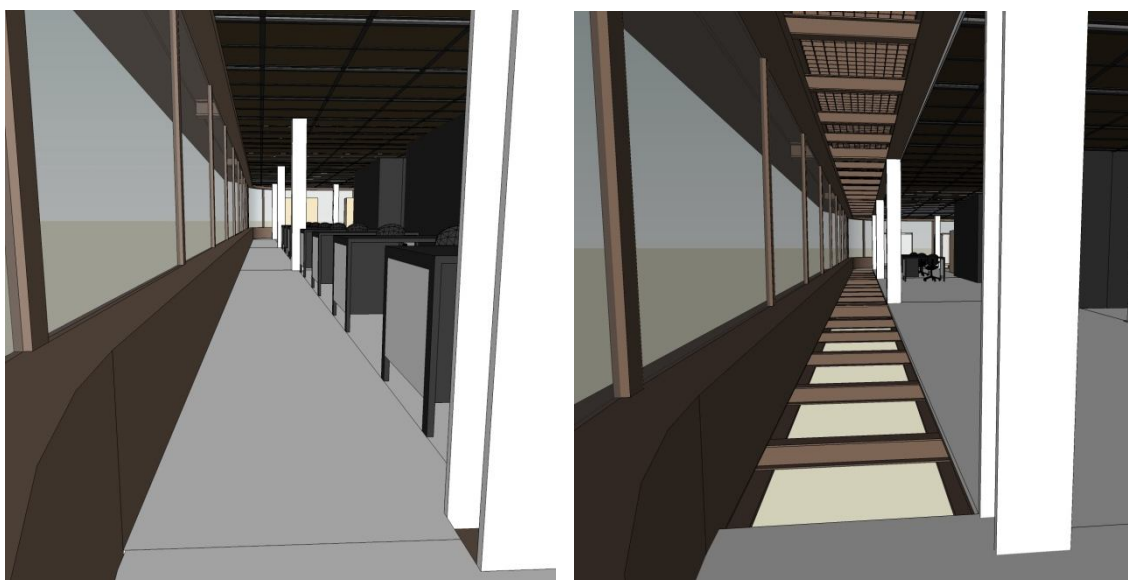


Imagem 77. Corte da laje deixando a estrutura metálica à vista. Imagem do autor.

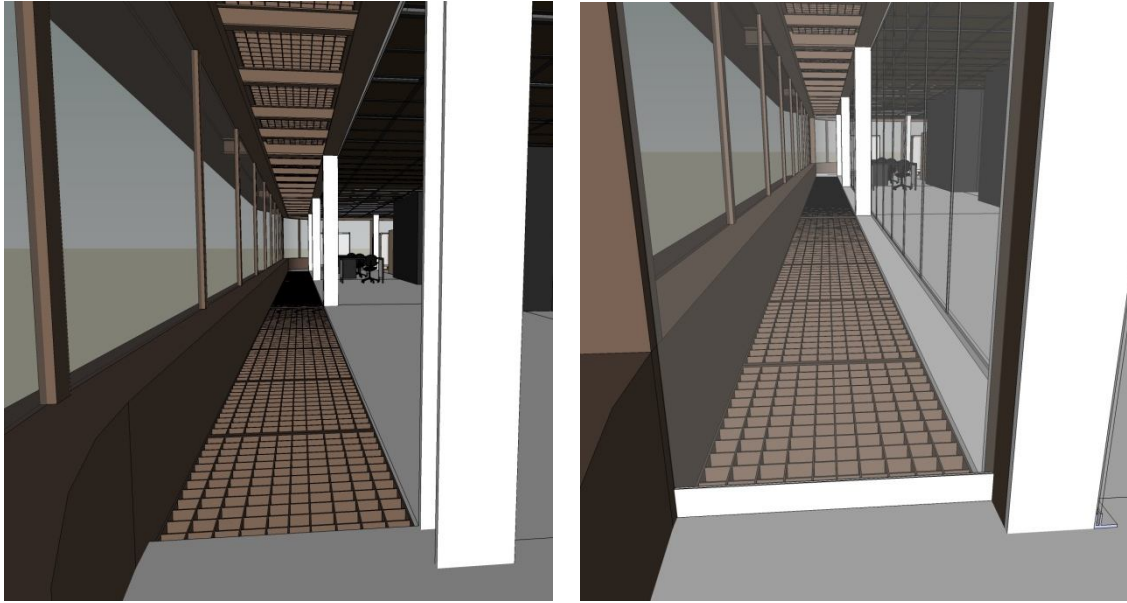


Imagem 78. Colocação das grelhas (à esquerda), colocação dos vidros (à direita). Imagem do autor.



Imagem 79. Colocação dos vasos de heras inglesas na fachada Este (à esquerda) e montagem das lâminas na fachada Oeste (à direita). Imagem do autor.

3. Resultados da reabilitação

Após as intervenções sugeridas neste projecto, é necessário avaliar e quantificar a sua implementação e verificar se, efectivamente, esta aplicação se justificaria, única e exclusivamente sob o ponto de vista das reduções energéticas e optimização do funcionamento do edifício. Seria necessário um estudo muito mais aprofundado e complexo, envolvendo outras áreas do conhecimento, para poder elaborar uma análise mais global, que incluisse particularmente a avaliação económica, amortização de investimentos, entre outros, pelo que a utilização prática destes resultados, tratando-se de um caso hipotético, carece de “maturação” (mais estudos, mais casos experimentais etc.) para a sua aplicabilidade num contexto real.

De seguida apresentam-se os resultados obtidos.

3.a. Ganhos energéticos

Os resultados dos ganhos energéticos são extremamente importantes para comprovar a verdadeira utilidade da reabilitação energética.

Para se realizarem os cálculos dever-se-iam conhecer os consumos energéticos totais, no entanto, ao autor deste trabalho foi negado o acesso a estes dados, pelo que recorreu ao centro de investigação *Energy Consumption Guide 19* para conhecer os valores médios de consumo do tipo de edifício a reabilitar. Dada esta situação e sabendo que este trabalho é um projecto académico, para a obtenção do grau de mestre em Arquitectura, não se tratando de um estudo experimental no verdadeiro sentido do termo, com amostragens, repetições, duração e a necessária análise estatística dos dados, os valores apresentados em seguida, são apenas estimativas elementares, com base em cálculos e conversões directas, pelo que a sua aplicação prática não deverá ser rigorosa.

De acordo com BRECU, *Energy Consumption Guide 19*, os consumos anuais por metro quadrado de um edifício convencional de escritórios são muito altos, consumindo anualmente:

Aquecimento e arrefecimento	190 kwh/m ²
Iluminação	60 kwh/m ²
Unidades de tratamento de ar e Ventiladores	25 kwh/m ²
Equipamentos de escritório	7 kwh/m ²
Total	282 kwh/m ²

A reabilitação do BBVA permitiria baixar consideravelmente estes consumos para arrefecimento e aquecimento em 80%, a partir da reconversão dos sistemas activos e introdução de sistemas passivos de climatização. Da mesma forma, a iluminação reduzir-se-ia em 70%, através da substituição das lâmpadas fluorescentes por tecnologia LED, sendo ainda que, os painéis fotovoltaicos instalados contribuiriam com 7,4 kWh/m².

Realizando os cálculos:

Aquecimento e arrefecimento	190 kWh/m ²	- 80%	38 kWh/m ²
Iluminação	60 kWh/m ²	- 70%	18 kWh/m ²
Unidades de tratamento de ar e Ventiladores	25 kWh/m ²		25 kWh/m ²
Equipamentos de escritório	7 kWh/m ²		7 kWh/m ²
Produção de energia (painéis fotovoltaicos)	0 kWh/m ²		- 7.4 kWh/m ²
Total	282 kWh/m ²		80,6 kWh/m ²

Comparando os valores verifica-se que a reabilitação baixará em 71% as necessidades energéticas totais do edifício.

Este valor traduz-se na diminuição de 201.4 kWh/m² anuais, o que, tendo em conta que a área do edifício é de aproximadamente 32 000m², leva a uma diminuição corresponde a 6445 Mw por ano. Para se ter uma melhor noção deste valor, 4,4Mw ano é o consumo médio de uma habitação unifamiliar.

Do ponto de vista ambiental, esta redução dos consumos energéticos equivale à eliminação de 2578 ton/ano de CO₂ emitidas para a atmosfera.

Em termos da catalogação, ao nível da eficiência energética, este edifício, depois de reabilitado, seria A+, pois o valor máximo de consumo para esta categoria é de 81,9 kWh/m² anuais e este apresenta 80.6 kWh/m².

Com estes valores e resultados, é mais que evidente a extrema importância e necessidade da reabilitação energética, tanto ao nível dos consumos, como da protecção ambiental e do conforto dos utentes.

Com esta reconversão, o edifício passaria a poder ostentar na sua fachada um símbolo de edifício eco-eficiente (Imagens 80), bem como vários pósteres interiores (Imagem 81) evidenciando este facto, o que levaria à promoção, tanto da estrutura como da própria empresa,

devido ao lugar de destaque que as preocupações ambientais ocupam hoje na grande parte das sociedades mundiais.



Imagem 80. Colocação do símbolo da eficiência energética.



Imagem 8169. Poster para colocar no interior do edifício. Imagem do autor.

3.b. Melhoria do ambiente interno e bem-estar dos utentes

Para além da diminuição dos consumos energéticos e do seu conseqüente efeito benéfico para a redução da pegada ecológica da sede do BBVA, este processo também proporcionará melhoria do seu ambiente interno, na medida em que:

- A radiação solar da fachada Este e Oeste será controlada, evitando os desconfortos que o seu excesso provoca nos trabalhadores, incluindo a dificuldade com a utilização de monitores devido à iluminação incidente;
- A câmara vegetal ao fazer o tratamento do ar, exclui os tradicionais filtros e humidificadores, tradicionalmente promotores da proliferação de bactérias como a *Legionella*, com os conhecidos problemas de saúde pública daí derivados;
- O interior ganha qualidade estética com os elementos vegetais, criando também um ambiente mais agradável aos utentes, devido à introdução de elementos bucólicos, quebrando de certa maneira a monotonia do trabalho de escritório;
- A cobertura vegetal poderá ser utilizada como zona de óptima de descanso e pausas do período de trabalho;
- A iluminação utilizada não imite radiação ultravioleta e é de baixa tensão;
- O processo de separação dos resíduos será mais eficiente, pelo que a sua prática será promovida juntos dos utentes;
- Os funcionários sentir-se-ão mais incentivados a usar a bicicleta como meio de transporte, contribuindo de forma indirecta para a diminuição de emissões de CO₂ e para a melhoria da saúde pública.

Todos estes factores, apesar de poderem ser considerados de “menor interesse”, deverão sempre pesar no planeamento e concretização do projecto, visto que a tendência futura será de que adquiram cada vez mais importância.

4. Conclusões

Tal como foi primariamente apontado neste trabalho, concretamente na introdução, a reabilitação energética dos edifícios, e, de forma mais abrangente, a conversão do seu comportamento para uma sustentabilidade ambiental, adquire muito maior relevância nas edificações em grande escala, devido, obviamente, à sua dimensão e à importância que possuem no urbanismo das grandes metrópoles.

A Arquitectura, como uma arte social que intervém num grande número de disciplinas, não se pode alhear deste novo e premente desafio que deriva da problemática das alterações climáticas e da pegada ecológica que a presença humana arrasta consigo. No entanto, esta renovada abordagem que é preciso adoptar não se encontra ainda muito praticada pelos projectistas e intervenientes no processo, sejam eles os arquitectos, desenhadores, urbanistas, engenheiros, construtores e investidores, cabendo então aos estudantes, concretamente de Arquitectura, procurar conhecer e aprofundar esta temática, preparando-se para estes e outros desafios que lhes serão impostos no mercado de trabalho.

Nesta obra foi investigada e trabalhada a tese da reabilitação energética neste tipo de estruturas e a sua importância para a economia de recursos, bem como para a protecção ambiental. Mais que uma simples defesa do tema, a elaboração do caso prático forneceu uma prova clara de que, com uma intervenção relativamente ligeira, se obtêm resultados impressionantes e até perturbadores, levando a questionar o porquê de tais reconversões não serem ainda prática corrente em todo o Mundo.

Aqui surge também um exemplo de como é possível e viável combinar estratégias de climatização passivas com activas, melhorando desta forma o ambiente interno do edifício, bem como optimizando os consumos energéticos. Não obstante, emergem ainda soluções para outro tipo de problemáticas não directamente relacionados com a gestão do próprio, como sejam o caso dos transportes alternativos, da separação do lixo e da presença de uma cobertura vegetal. Estas soluções, embora de forma indirecta, sensibilizam para a urgente necessidade de protecção do ambiente, não só os utentes do edifício, mas também todos os elementos da sociedade que poderão ver nele um modelo a seguir em suas casas ou noutras edificações.

Sabendo que todos têm um papel a cumprir para a manutenção do Ambiente, e conhecendo agora o panorama e a problemática do edificado de grande escala relativamente aos consumos energéticos, mas também a existência de soluções viáveis, espera-se que esta obra seja um incentivo para muitas reabilitações, para o benefício do autor e do planeta.

5. Bibliografia

5.a. Conceitos gerais

- 1.Olgay Víctor. *Arquitectura y clima*. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. GG.
- 2.Consejo Superior de Investigaciones Científicas. *Bases para el diseño solar pasivo*. IETCC.
- 3.Neila Javier y César Bedoya. *Acondicionamiento y energía solar en arquitectura*. COAM.
- 4.Serra Rafael. *Arquitecturas y climas*. GG Básicos.
- 5.Fco. Javier Neila González. *El clima y los invariantes bioclimáticos en la arquitectura popular* (I, II, III, IV). Cuadernos del Instituto Juan de Herrera de la ETSAM.
- 6.Izard Jean-Louis y Guyot Alain. *Arquitectura Bioclimática*. GG.
- 7.Yañez Guillermo. *Arquitectura Solar. Aspectos pasivos, bioclimatismo e iluminación natural*. MOPU.
- 8.Mazria Edward. *El libro de la energía solar pasiva*. GG.
- 9.Autores vários. *Arquitectura y clima en Andalucía*. Manual de diseño.
- 10.Ramón Fernando. *Manuales críticos de diseño del alojamiento*. COAM.
- 11.Navajas Pablo. *Arquitectura solar*. COAM.
- 12.Bedoya Cesar, Almudena Carril, Luis Cembranos, Manuel Macías y Javier Neila. *Energías alternativas en la arquitectura*. COAM.
- 13.Paricio Ignacio. *La protección solar*. Bisagra.
- 14.J.P. Loubes. *Arquitectura subterránea, Aproximación a un hábitat natural*. GG.
- 15.Tursen. *Cobijo*. Hermann Blume Ediciones.
- 16.Chareyre Robert. *La maison autonome*. Editions Alternatives.
- 17.Yeang Ken. *El rascacielos ecológico*. GG.

5.b. Materiais e sistemas construtivos

- 1.Institut Cerdá, Ministerio de Fomento. *Guía de la edificación sostenible*. IDEA.
- 2.Ministerio de Medio Ambiente. *Catálogo de residuos utilizables en la construcción*.
- 3.William McDonough. *Cradle to cradle*. Michael Braungart.

5.c. Urbanismo

1. Ester Higuera, *Urbanismo Bioclimático*, Ed. GG
2. Antoni Falcón, *Espacios verdes para una ciudad sostenible: planificación, proyecto, mantenimiento y gestión*, Ed. GG.
3. J. Fariña Tojo, *Clima, Territorio y Urbanismo*, Departamento de publicaciones de la ESTAM.
4. Esther Higuera García, *El impacto ambiental y la planificación*, Cuadernos del Instituto Juan de Herrera de la ETSAM.
5. M. Hough, *Naturaleza y Ciudad*. Planificación Urbana y procesos ecológicos, Ed. G.G..
6. Virginio Bettini, *Elementos de Ecología Urbana*, Ed. Trotta. Serie medio ambiente. Madrid.

5.d. Revistas

Infodomus

El croquis, 1988, nº32-33, Abril

5.e. Ejemplos

1. Thomas Herzog. *Solar Energy in Architecture and Urban Planning*. Prestel.
2. Marco Sala. *Tecnologie bioclimatiche in Europa*. Alinea.
3. Dominique Gauzin-Müller. *Arquitectura ecológica*. Ed. G.G.
4. Tomo 5. *Arquitectura sostenible*. Editorial Pénsil.
5. David Lloyd Jones. *Arquitectura y entorno. El diseño de la construcción bioclimática*. Blume.
6. Sede del EREN. DMG Arquitectura y Estudio Guadiana S.L.. Ed. Junta de Castilla y León
7. Ricardo Higuera Cárdenas. EL Faro. Idea, proyecto y obra. Zuribundi.