

AS FORMAS DA ARQUITECTURA
HISTORIA E TÉCNICA

FLOTANTE

AS FORMAS DA ARQUITECTURA FLOTANTE

HISTORIA E TÉCNICA

Ismael Dono Liste

Titor: Emilio Martín Gutiérrez

Curso académico: 2022 – 2023

Fecha de entrega: 30 de xuño de 2023

Referencia TFG: Arquitectura flotante

Traballo fin de grao

Grao en estudos de arquitectura

Escola Técnica Superior de Arquitectura da Coruña

Universidade da Coruña


UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Dedicado a meus pais: Eva e Dono

ÍNDICE

I. RESUMO.....	4
II. INTRODUCCIÓN, MOTIVACIÓN E METODOLOXÍA.....	6
III. ARQUITECTURA E AUGA.....	8
3.1. RELACIÓN HISTÓRICA AUGA -SER HUMANO -ARQUITECTURA.....	8
3.2. ARQUITECTURA FLOTANTE. DO PASADO AO PRESENTE.....	12
3.3. ARQUITECTURA FLOTANTE NO NOSO TEMPO.....	18
3.3.1. As causas do aumento da arquitectura flotante.....	18
3.3.2. O proceso de crecemento.....	21
3.3.3. Tipos de arquitectura flotante.....	26
3.4. DOSIER DE ARQUITECTURA FLOTANTE DO SÉCULO XXI.....	30
IV. A TÉCNICA NA ARQUITECTURA FLOTANTE CONTEMPORÁNEA.....	44
4.1. PRINCIPIOS BÁSICOS DE DESEÑO TÉCNICO.....	44
4.1.1. Flotabilidade.....	44
4.1.2. Estabilidade flotante.....	46
4.1.3. Liña de flotación e liña de carga.....	47
4.2. MÉTODO CONSTRUTIVO.....	48
4.2.1. Obras prefabricadas.....	48
4.2.2. Obras realizadas <i>in situ</i>	49
4.3. ELEMENTOS CONSTRUTIVOS.....	49
4.3.1. Plataformas flotantes ou pontóns.....	49
4.3.2. Estrutura, cerramentos e acabados.....	52
4.3.3. Instalacións.....	53
4.3.4. Amarres.....	55
4.4. ANÁLISE DE OBRAS.....	57
V. CONCLUSIÓNS.....	64
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	66
VII. RELACIÓN DE IMAXES.....	74

I. RESUMO

RESUMO:

A arquitectura leva vencellada á auga dende o comezo de moitas civilizacións. Este elemento é vital para as persoas, que precisan e ansían a súa proximidade. Ben sexa por simples necesidades biolóxicas ou por crenzas, a presenza da auga foi en moitas ocasión o xerme de novas formas arquitectónicas.

A arquitectura flotante é unha delas e durante séculos leva aboiando nas augas de moitos pobos arredor de todo o mundo. Dende construcións populares herdadas de xeración en xeración, ata obras contemporáneas de última tecnoloxía.

Esta tipoloxía arquitectónica leva a medrar de forma exponencial as últimas tres décadas debido á coincidencia de dous factores. Por un lado o gran aumento da poboación mundial e o crecemento das cidades, e por outro ao proceso de cambio climatolóxico e ao aumento do nivel do mar.

Estes proxectos en contacto coa auga estannos a brindar a oportunidade de crear novas formas e novas técnicas construtivas que permitan vivir dunha maneira máis sostible e respectuosa co medio.

Verbas chave: arquitectura flotante, auga, técnica, forma.

RESUMEN:

La arquitectura está estrechamente ligada al agua desde los comienzos de muchas civilizaciones. Este elemento es vital para las personas, quienes necesitan y anhelan su cercanía. Ya sea por necesidades biológicas simples o por creencias, la presencia del agua ha sido en muchas ocasiones el origen de nuevas formas arquitectónicas.

La arquitectura flotante es una de ellas y durante siglos ha flotado en las aguas de muchos pueblos alrededor del mundo. Desde construcciones populares transmitidas de generación en generación hasta obras contemporáneas de última tecnología.

Esta tipología arquitectónica ha experimentado un crecimiento exponencial en las últimas tres décadas debido a la coincidencia de dos factores. Por un lado, el gran aumento de la población mundial y el crecimiento de las ciudades, y por otro, el proceso de cambio climático y el aumento del nivel del mar.

Estos proyectos en contacto con el agua nos brindan la oportunidad de crear nuevas formas y nuevas técnicas constructivas que permitan vivir de una manera más sostenible y respetuosa con el medio.

Palabras clave: arquitectura flotante, agua, técnica, forma.

ABSTRACT:

Architecture has been closely linked to water since the beginnings of many civilizations. This element is vital to people, who need and long for its proximity. The presence of water has often been the origin of new architectural forms whether for simple biological needs or beliefs.

Floating architecture is one of them and has been floating on the waters of many communities around the world for centuries. From popular constructions passed down from generation to generation to contemporary works of cutting-edge technology.

This architectural typology has experienced exponential growth in the last three decades due to the convergence of two factors. On one hand, the significant increase in the world's population and urban growth, and on the other hand, the process of climate change and rising sea levels.

These projects in contact with water provide us the opportunity to create new forms and new construction techniques that allow for a more sustainable and environmentally friendly way of living.

Keywords: floating architecture, water, technique, form.

II. INTRODUCCIÓN, MOTIVACIÓN E METODOLOXÍA

Con este traballo preténdese achegar ao lector a arquitectura flotante facendo un percorrido pola súa historia e pola súa técnica. Nel definiremos o termo arquitectura flotante, veremos cal é a súa orixe, como evolucionou ao longo dos séculos, e faremos fincapé en porque e como nas últimas tres décadas este tipo de obras aumentou de xeito exponencial. Veremos que tipos de arquitectura flotante podemos atopar a día de hoxe e as técnicas que permiten realizala.

A capacidade de adaptación é unha calidade que foi sempre da man da arquitectura. Axeitarse ao medio e as necesidades das persoas define proxectos, e é isto o motivo polo que decido escoller este tema. A arquitectura flotante é un campo que nos permite ver a evolución do deseño e da tecnoloxía, e exemplifica como a adaptación ao medio é imprescindible no noso tempo.

O traballo está dividido en dous bloques. O primeiro deles trata sobre a historia e forma da arquitectura flotante. Comeza cun percorrido pola historia que nos amosa como a auga, dende fai máis de dous mil anos, non só estivo presente na arquitectura, senón que chegou a ser o motivo principal polo que levar a cabo algunhas das máis imponentes obras arquitectónicas de todos os tempos. Do mesmo xeito faremos un percorrido dende a orixe da arquitectura flotante, vendo onde, como e porque se orixinou e como foi evolucionando ao longo dos séculos ata chegar ao día de hoxe. Neste punto centrarémonos na arquitectura flotante do século XXI. Veremos que fai que este tipo de construcións estean aumentando cada vez máis e de forma máis rápida. Estudaremos as estratexias que se poden seguir a hora de abordar un proxecto desta índole e clasificaremos dende diferentes puntos de vistas as obras que flotan hoxe en día arredor do mundo.

O segundo bloque céntrase na técnica que hai detrás deste tipo de arquitectura. Iremos vendo os diferentes tipos de elementos construtivos e estruturais, poñendo máis atención naquelas partes e principios físicos que lle outorgan a capacidade de flotar a estas obras. Veremos que coñecementos básicos debemos ter hora de afrontar un proxecto da índole, tendo presente que estamos ante obras nos que traballar da man da enxeñaría é fundamental. Remataremos esta parte con tres exemplos que nos permitirán ver as tres principais técnicas que dotan de flotabilidade a estas obras contemporáneas. Esta selección mostra as tres principais escalas

desta arquitectura e mostra que técnicas de flotación se adecúan mellor a cada unha delas.

III. ARQUITECTURA E AUGA

3.1. RELACIÓN HISTÓRICA AUGA -SER HUMANO -ARQUITECTURA

Dende o comezo dos tempos o ser humano sempre tivo a súa existencia vinculada a auga. Isto debíase a diferentes motivos como a defensa, a economía e o comercio, ou a relixión. Moitas das cidades e asentamentos ao longo da historia estiveron e están vinculados ao mar, a ríos ou a lagos, ou mesmo xurdiron en illas.

Cada unha destas situacións levou as diferentes civilizacións a desenvolver tecnoloxías de todo tipo para poder sacar proveito deste elemento vital para a vida. Ben fose pola súa abundancia ou pola súa falta. O enxeño tivo que agudizarse para poder facer uso dela, e é así como a enxeñaría e a arquitectura levan séculos vencelladas a auga.

Un dos enxeños máis antigos é o que coñecemos como *qanats*, un sistema que lle permitía aos zahirís conducir a auga dende as montañas ata zonas onde escaseaba. Para isto realizábanse una serie de túneles verticais, de ata cincuenta metros de profundidade. Dende ese punto subterráneo trazábanse galerías horizontais que conducían a auga que se filtraba polo terreo, e en forma de pequenos regatos corrían ata zonas chas e máis secas onde saía á superficie. En estes puntos de afloramento era onde se asentaban as poboacións e se situaban os campos de cultivo. Pénsase que cidades como a Nínive persa teñen o seu emprazamento debido a este sistema (Azpiri e González, 2003).

Outro exemplo son os famosos oasis dos desertos, que tamén teñen a súa orixe grazas a esta técnica. Hoxe en día podemos atopar aínda estes *qanats* en funcionamento en países como Irán. En España consérvanse algúns exemplos que trouxo consigo a cultura árabe.

Os *palafitos* aparecen dende a Idade de Bronce, e ata hai indicios deles no Neolítico, sendo unha das primeiras formas arquitectónicas que se xuntan para formar poboados. Podemos atopalos ao redor de todo o mundo, aínda que en Europa só se conservan como restos arqueolóxicos, no resto do mundo seguimos atopando asentamentos destas construcións. É curioso que esta solución arquitectónica, que consiste en elevar unha edificación sobre numerosos pilares de madeira cravados no terreo sobre ríos, costas, ou lagos de augas tranquilas, aparece de forma case idéntica e coetánea en distintos puntos do planeta, que



FIG 1: Vista aérea dun *qanat*

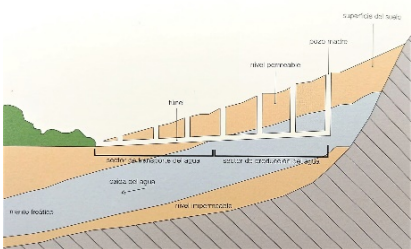


FIG 2: Esquema dun *qanat*



FIG 3: Palafitos



FIG 4: Palafitos

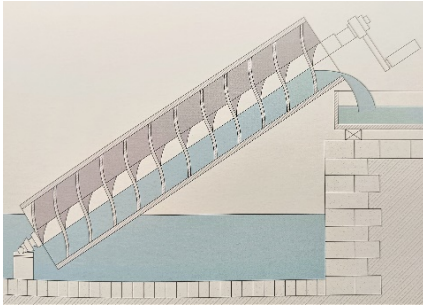


FIG 5: Tornillo de Arquímedes



FIG 6: Bomba aspirante-impelente



FIG 7: Pont du Gard



FIG 8: Termas de Caracalla



FIG 9: Santuario Itsukushima Shinto

non están en contacto, como resposta a unha necesidade vital como é a vivenda.

Como non podía ser doutra forma a civilización grega tamén desenrolou tecnoloxía para o uso da auga. Arquímedes, no século III a.C, crea o chamado Tornillo de Arquímedes, un aparello en forma de parafuso que permitía elevar a auga para salvar un cambio de cota. Hoxe en día segue a utilizarse este sistema con diferentes fins como o transporte de líquidos, fariñas, ou cereais. Outro invento desta época é a bomba aspirante-impelente, creada por Ctesibius e tantas veces vista nas escenas dos *westerns* americanos, é unha ferramenta que nos permite bombear a auga con tan só mover unha panca.

Otra civilización que marcou un antes e un despois por moitos motivos, sendo o seu enxeño para controlar e empregar a auga mediante todo tipo de construcións un dos máis interesantes, foi a romana. Debido a dimensión que acadou o seu territorio, os romanos tiñan que crear todo un sistema de infraestruturas para poder levar a cada cidade todo o necesario. Para iso crearon dende estradas, pontes e portos, ata viadutos e redes de sumidoiros. Ao revés que nos *qanats*, os romanos levaban a auga ata as cidades e para iso tiñan que crear toda unha rede de vías polas que transportala. Bo exemplo disto son o Acueduto de Segovia ou o Pont du Gard. Estas obras perduraron durante séculos ata o día de hoxe e serviron de base para as seguintes civilizacións.

Os romanos non so empregaron a súa técnica para o subministro básico de auga, se non que foron os creadores das termas. Edificios que dignos do palacio do César, servían para o uso e goce de toda a poboación, e ao mesmo tempo facían que o imperio mantivese contenta e controlada a plebe. Nelas atopábanse piscinas de auga fría, morna e quente, salas de relaxación, vestiarios... Todo o que hoxe podemos atopar nun SPA (lema romano: *salutem per aquam*). Exemplos da magnificencia destas obras son as Termas de Caracalla ou as de Diocleciano.

Avanzando no tempo, uns séculos despois dos romanos, atopamos exemplos en diferentes partes do mundo nos que a auga ten un papel protector para as persoas. Unha función de defensa fronte ao inimigo en caso dun intento de invasión ou ataque. No século VI, en Xapón, constrúese o santuario de Itsukushima Shinto sobre unha illa sagrada. A cultura xaponesa mostra gran respecto pola paisaxe marítima e polas diferentes formas da auga. Así este templo queda emprazado nun lugar tanto de gran valor espiritual como



FIG 10: Mont Saint Michel



FIG 11: Recreación de Tenochtitlán no seu auxe



FIG 12: Vista aérea da cidade de Venecia



FIG 13: Vivendas flotantes en Amsterdam

estratéxico. Outro exemplo é o Mont Saint-Michel, situado en Normandiña na Bretaña francesa. Esta singular elevación do terreo nunha zona costeira acolle un mosteiro do século VIII e o pobo medieval que o rodea. O que fai característico este monte é o estar rodeado por auga, pero só cando a marea esta alta, sendo posible chegar a pe ata as murallas da cidade so cando o mar se retrae.

Cambiando de continente e avanzando no tempo ate o século XIV, atopamos ao pobo azteca e a cidade de Tenochtitlán, erguida no medio do lago Texcoco. Segundo Azpiri e González (2003) a súa orixe ten lugar a partires do sistema agrícola *chinampa*, que consiste na creación dunha balsa de forma cadrada ou rectangular construída por capas de paos, vexetación e lama. Estas illas flotantes íanse colocando polo lago de forma reticulada, deixando canles entre elas. Segundo pasaba o tempo e se plantaban colleitas, estas illas flotantes aumentaban o seu espesor ata chegar ao fondo do lago, creando illas perfectamente asentadas e gañándolle terreo ao lago. Sobre este terreo firme iríase creando unha cidade na que se atoparían dende pirámides ata palacios, sistemas de control e manexo da auga, e pontes e vías de comunicación co seu entorno. Hoxe en día coñécese como México D.F. e é unha das maiores urbes mundiais.

Volvemos a Europa, e en concreto a Venecia, para seguir a falar de cidades rodeadas e percorridas por canles de auga. Esta cidade italiana foi unha gran potencia marítima entre os séculos XIII e XVII ao estar emprazada nunha lagoa salgada comunicada co mar Mediterráneo. O territorio existente nun principio foise ampliando e consolidando mediante edificacións cimentadas mediante multitude de pilares de madeira cravados no fondo das augas, creando o que hoxe todo o mundo coñece como a cidade das canles. O paso do tempo e o aumento do nivel do mar están a por esta xoia arquitectónica en perigo, e isto fai que se estean a realizar plans de protección como o chamado "Moisés", que consiste en cerrar a lagoa mediante diques móbiles. Este e outros plans estanse a barallar de forma seria debido a situación actual climática.

Unha nación acostumada a convivir coa auga son os Países Baixos, xa que unha gran parte do seu territorio atópase por debaixo do nivel do mar. Un conxunto de obras de enxeñaría a base de comportas, diques e canais permitiulle non so deter o avance do mar, se non gañarlle terreo e sacar proveito da situación creando unha rede de vías acuáticas que permiten chegar embarcacións dende a costa ata as súas cidades interiores. Por exemplo, en cidades como Amsterdam discorren canais a modo de rúas por



FIG 14: Plataforma de extracción mariña

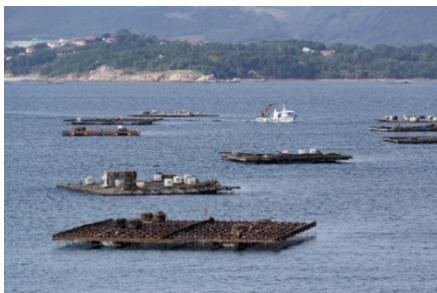


FIG 15: Bateas nas rías galegas

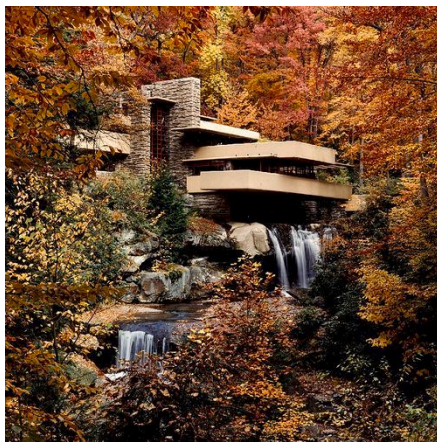


FIG 16: Casa Fallingwater. Frank Lloyd Wright



FIG 17: Palacio Itamaraty. Oscar Niemeyer

toda a cidade, dando lugar a un tipo de vivenda dende fai máis dun século, as casas-bote ou vivendas flotantes.

Seguindo con esta tipoloxía atopamos no mundo da enxeñaría as increíbles plataformas de extracción mariñas, inmensas construcións que poden ser flotantes ou estar fixadas ao fondo do mar, e permiten non so extraer petróleo e gas do leito mariño, se non acoller a centos de traballadoras e traballadores durante meses, aguantando todo tipo de inclemencias meteorolóxicas. Pero non fai falla meterse mar a dentro na procura destes xigantes, chega con acercarse ás nosas rías para ver numerosas estruturas cadradas flotantes colocadas de forma precisa e reticulada, as bateas. Un enxeño que leva décadas sendo o sustento de moitas familias ao longo da costa galega.

Se pasamos ao campo da arquitectura, podemos ver algúns exemplos, de arquitectos modernos notables, que empregaron este elemento como ferramenta de deseño, ben para potenciar as súas obras a nivel formal e espiritual, ben para integralas co seu entorno, ou ben para sacar proveito das súas propiedades físicas.

A famosa Casa Fallingwater (Pensilvania, 1935) do arquitecto Frank Lloyd Wright, é o exemplo por excelencia da relación entre auga e persoa a través da arquitectura. Nela o proxectista crea unha vivenda de pedra e formigón que convive sobre as cascadas dun pequeno río mediante unha serie de terrazas e beirís. Outro exemplo pode ser o Palacio Itamaraty (Brasilia, 1960) de Oscar Niemeyer, case rodeado na súa totalidade por unha lámina de auga. O edificio da Asemblea Nacional de Dhaka (Bangladesh, 1982) de Louis I. Kahn, tamén está rodeado deste elemento, exaltando o edificio e facendo referencia a fermosura natural do país. Coa auga como protagonista e discorrendo polo seu interior atopamos nos Alpes suízos as Termas de Vals (1996), do arquitecto Peter Zumthor, un complexo hoteleiro de formigón formidablemente integrado nas ladeiras da montaña. Levando case ao extremo esta relación entre arquitectura, persoa e auga atopamos o coñecido Pavillón The Blur construído para a Expo Suíza 2002 por Diller Scofidio + Renfro. Esta obra emprazado sobre as augas do lago Neuchâtel, consiste nunha estrutura metálica apoiada sobre catro pilares e formada por un armazón de perfís metálicos funcionando a compresión xunto con tirantes a tracción. Sobre estas barras e cables instálase un sistema intelixente de pulverizadores de auga que crean unha néboa de diminutas gotas de auga que fai que se perda a referencia material do edificio e fai sentir nas persoas que o percorren unha sensación de estar nunha auténtica nube.



FIG 18: Asemblea Nacional de Dhaka. Louis I. Kahn

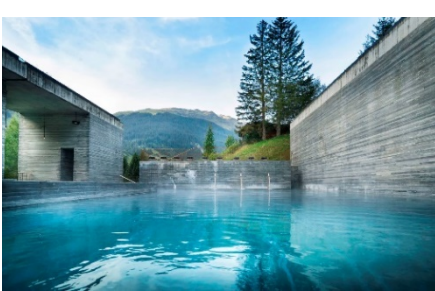


FIG 19: Termas de Vals. Peter Zumthor



FIG 20: Pavillón The Blur. Diller Scofidio + Renfro



FIG 21: Poboado flotante no lago Tonle Sap

3.2. ARQUITECTURA FLOTANTE. DO PASADO AO PRESENTE

Esta innata atracción do home coa auga da lugar a querer e necesitar vivir en harmonía con ela. Como vimos, esta relación pode darse de diversas maneiras, ben con enxeños para controlala ou ben con construcións para convivir con ela. Así pois, iremos afundindo no intento do ser humano por habitar este elemento ao longo da historia e como hoxe en día seguimos a intentalo.

Deste xeito, a arquitectura en contacto coa auga, e máis en concreto a coñecida como arquitectura flotante será do que versará este traballo.

Definiremos arquitectura flotante como aquel elemento construtivo capaz de flotar na auga e cumprir cos principios de Vitrubio (firmitas, utilitas e venustas). O triángulo vitrubiano irá tomando formas diferentes segundo a época histórica na que se atope e segundo a sociedade que leve a cabo este tipo de arquitectura.

Para abordar a arquitectura flotante do noso tempo, que será na que entraremos en detalle, compre ver como e onde aparecen este tipo de construcións e baixo que circunstancias.

Segundo Delgado (2016) os exemplos máis antigos atopámoslos no lago Tonle Sap (Camboxa) e datan do século IX. Para poder entender o caso, debemos saber que esta rexión do sueste asiático ten un clima tropical definido por dúas estacións principalmente: unha de choivas (xuño – outubro) e unha seca (maio – novembro). Debido a estas marcadas estacións o lago pasa de medir 160 km de longo e 35 km de ancho no período de seca, a medir uns 250 km de longo e uns 100 de ancho na etapa de choivas. A súa profundidade pode oscilar entre 1 m e 10 m aproximadamente. Isto converte a este lago nunha das zonas con maior biodiversidade do mundo ata o punto de ser declarada como Zona de Reserva da Biosfera pola UNESCO no ano 1997. Isto facía que fose unha zona onde as persoas puidesen vivir dos recursos naturais ata tal punto que hoxe en día unhas 85.000 persoas viven nas zonas inundables do lago. As súas vivendas responden a dous dos tipos que vimos, edificios elevados e edificios flotantes. Durante a época seca as vivendas flotantes chegan a quedaren sobre o solo dos leitos do lago mentres que na etapa de choivas estas permanecerán flotando. Neste tipo de casas

viven en torno a unhas 1.100 familias durante todo o ano, vendo aumentado este número nas épocas de pesca. A forma de habitar estas augas cambiou pouco co paso de séculos, mantendo a días de hoxe unhas condicións de salubridade baixas e unha técnica construtiva moi similar á do pasado. Esta forma de construír basease esencialmente nunha estrutura de madeira formada por unha plataforma, xeralmente de bambús, que lle da flotabilidade e serve de base para erguer o edificio mediante pilares e vigas de madeira. A forma final tamén segue a manterse de forma similar a como o facían os seus antepasados. Case a totalidade do edificio realízase con madeira de distintos tipos, moita dela provén directamente do entorno. É interesante destacar que non só atopamos edificios flotantes ou elevados destinados a vivenda, senón que atopamos edificios con todo tipo de funcións sociais.



FIG 22: Lago Inle en Myanmar

Se seguimos no sur asiático, en concreto no Lago Inle, en Myanmar (anteriormente coñecida como Birmania) atopamos outra comunidade centenaria que habita as augas. Este pobo é coñecido pola súa forma de vida tradicional en edificacións sobre pilotes e construcións flotantes. Que van dende vivendas ata zonas de cultivo que flotan sobre as augas do lago. Para realizar estas illas flotantes empregan unha técnica similar ás que xa vimos, mediante un trenzados de xuncos e totoras. A forma de vida neste lago basease na pesca e artesanía. Posúen un activo comercio destes sectores, o que fai que na actualidade sexa un destino para numerosos visitantes.



FIG 23: Pobo dos Uros, lago Titicaca

Se nos trasladamos a América do Sur, outra poboación que historicamente colonizou as augas é a dos Uros. Situada no lago Titicaca (Perú) a uns 3.812 m de altitude leva séculos habitando as marxes e este famoso lago do altiplano. Non se sabe con exactitude cando comezan a conquistar estas augas pero estímase que foi entre os anos 900 e 1200 d.C. Nun principio habitaban as veiras do lago pero comezan a vivir en illas flotantes na busca de defensa fronte outros pobos. É así como durante centos de anos este pobo vive sobre grandes plataformas feitas de totora, un tipo de planta acuática da familia dos xuncos que se da nas veiras do lago. Estas illas fábricanas trenzando esta planta, alcanzan os tres metros de espesor. Ao tratarse dunha plataforma totalmente orgánica é necesario ir renovándoa mediante novas capas para que poidan perdurar no tempo ata vinte anos. Estas illas están amarradas mediante troncos e raíces para evitar que as correntes as leven. En cada unha destas illas acostuman a vivir entre tres e dez familias. Son vivendas de pequeno tamaño e realizadas con totora e algunha madeira. Tamén existen construcións de maior tamaño



FIG 24: Pobo dos Ma' dan de Iraq



FIG 25: Pobo dos Ma'dan de Iraq



FIG 26: Pobo de Ganvié. Benín



FIG 27: Casas-bote en Londres

para usos sociais como o colexio. Para desprazarse entre illas empregan pequenas barcas de totora e madeira. A día de hoxe seguen a vivir de maneira tradicional, aínda que posúen certos mecanismos para ter electricidade, gas para cociñar ou motores para as embarcacións. O sustento destas familias segue a ser a caza e a pesca, pero tamén realizan traballos artesanais de telas, cos que comercian con pobos veciños e con turistas que os visitan.

Outro pobo cunha forma de vivir moi similar aos Uros é o coñecido pobo dos Ma'dan de Iraq, tamén coñecidos como árabes marshes ou árabes do pantano. Este pobo habitou durante séculos, as zonas pantanosas do sur de Iraq formadas polos ríos Éufrates e Tigris. Estas comunidades vivían en casas fabricadas de xuncos e lama nas veiras da auga ou en illas artificiais feitas tamén de xunco trenzado. Ata que na década do 1990 o goberno Iraquí drenou estas marismas, deixando sen fogar a miles de persoas. Dende 2003 estanse a recuperar estas zonas e moitos dos seus habitantes están a retomar a súa antiga forma de vida. Moitas asociacións e gobernos están a por en valor e axudar a recuperar esta cultura que os gobernos ditatoriais de finais do s.XX case extinguen.

Seguimos avanzando no tempo na busca de comunidades flotantes para chegar agora a África Occidental, en concreto ao país de Benín. Aquí atopamos o pobo de Ganvié, un dos asentamentos lacustres máis antigos do continente, cunha poboación duns 20.000 habitantes. Este pobo ten a súa orixe no século XVII pola comunidade Tofinu, que escapaba do comercio de escravos e da expansión do reino de Dahomey. Así, no Lago Nokoué atopan refuxio e comezan a habitar as súas augas. As vivendas son construídas sobre pilotes de madeira cravados no fondo do lago e foron creando illas artificiais para poder cultivar e como zonas de contacto social. Hoxe en días viven máis de 45.000 persoas neste lago en máis de 3.000 edificios, que van dende casas ata colexios, hoteis, mercados, etc. As vivendas seguen a construírse mediante métodos tradicionais mentres que edificios máis grandes introducen novas técnicas como son os pilotes de formigón. No ano 1996 a UNESCO nomeou este pobo como patrimonio cultural mundial, sendo visitado por máis de 10.000 persoas cada ano.

No contexto europeo temos os primeiros indicios de arquitectura flotante na Venecia no s. IX como xa vimos anteriormente. Tamén atopamos rexistros medievais de estruturas flotantes a base de madeira e xuncos en Inglaterra, nos ríos Támesis e Severn. Pero debemos de viaxar ata a revolución industrial (s. XVIII) en Gran Bretaña para achar as primeiras representacións de vivendas



FIG 28: Casa-bote en Amsterdam

flotantes de Europa. Trátase das coñecidas e aínda usadas a día de hoxe casas-bote. Como o nome indica estamos a falar de embarcacións que empregaban os traballadores de transporte de mercadorías polos canais do país. Debido a que en moitos casos os ingresos económicos eran baixos e irregulares decidían utilizar estas embarcación tanto como medio de traballo como de vivenda. Fai unhas poucas décadas esta forma de vida tamén respondía en moitos casos á necesidade ou á elección de atopar unha vivenda de baixo custo. Conforme nos achegamos ao día de hoxe o motivo da elección dunha casa-bote como residencia foi cambiando cara simplemente unha elección persoal, xa que no presente os custos poden equipararse en algúns casos cos custos de residir nunha vivenda en terra firme. Este incremento vai da man da demanda deste tipo de vivendas, que nas dúas últimas décadas e coa chegada da Covid-19 foi aumentando cada vez máis. En torno a 15.000 persoas residen no medio acuático de Gran Bretaña a día de hoxe segundo a "Inland Waterways Association".



FIG 29: Casa-bote en Amsterdam

Un caso moi similar é o dos Países Baixos, onde a historia aseméxase á de Gran Bretaña, e na actualidade, como xa vimos, cidades como Amsterdam son famosas polos seus canais e as barcazas e vivendas que neles aboian. Segundo datos do "Houseboatmuseum" de Amsterdam en torno a 2.400 familias viven só nos canais desta cidade. No caso de ambos países poden diferenciarse dous grandes tipos de casa flotantes a día de hoxe:

- As chamadas casas-bote que proveñen dos antigos botes reutilizados como vivendas. Na actualidade moitos deles son antigas barcazas rehabilitadas como vivendas, e outros son barcazas totalmente de nova construción e xa fabricadas como vivendas e á medida do cliente. Deste tipo podemos atopar diferentes tamaños dependendo do tipo de barcaza que sexa segundo os canons náuticos.
- O outro tipo de vivenda que atopamos nas augas responde a unha forma arquitectónica actual ou tradicional, como calquera que puidésemos atopar en terra firme, desaparecendo así a compoñente estética relacionada co mundo naval. Nelas intégranse evolucionados sistemas de flotación e todo tipo de instalación que fan a vida igual de cómoda que en terra firme. Cabe destacar algúns exemplos que se verán mais en profundidade máis adiante.



FIG 30: Vivenda flotante en Amsterdam



FIG 31 : Watervilla. Herman Hertzberger



FIG 32: Watervilla. Koen Olthuis



FIG 33: Comunidade flotante lago Ijburg



FIG 34: Sistema tradicional de flotación en USA en torno a 1900



FIG 35: Primeiras vivendas flotantes no la Union

Un caso pioneiro é a coñecida Watervilla proxectada polo holandés Herman Hertzberger no ano 1986 e construída en 2002 en Middelburg (Países Baixos). Destaca por un sistema que permite rotar a vivenda 90º para poder adaptarse á mellor orientación en función da época no ano.

Nestes primeiros anos do novo século destaca o arquitecto holandés Koen Olthuis e o seu estudo Waterstudio que a día de hoxe segue a ser un dos máis puxantes no que a arquitectura flotante se refire. Un dos primeiros proxectos que levaron a cabo é unha vivenda en Aalsmeer (Países Baixos) no ano 2004. Foi un proxecto prefabricado, elaborado en taller e levado a flote ata o que sería o seu emprazamento fixo. Debido ás necesidades de crecemento urbanístico realízanse proxectos de maior envergadura. É así como aparece, promovido polo goberno local, a xa famosa comunidade flotante do lago IJmeer (Amsterdam) con 55 casas flotantes. Proxectada en 2001 polo estudo Marlies Rohmer Architecture & Urbanism e concluída en 2011.

Destes e outros moitos proxectos falaremos de forma máis detida na última parte do traballo.

Se falamos do contexto de Estados Unidos e Canada a historia do século XX e XXI no que a arquitecturas flotantes se refire temos moitas similitudes. A partir da segunda metade do pasado século comezan a aparecer este tipo de vivendas flotantes en diferentes partes destes países. Un dos primeiros exemplos que atopamos en Estados Unidos se remonta ata finais do XIX e principios do XX. Estamos a falar, segundo Delgado (2016), dun conxunto de vivendas flotantes situadas no lago Union en Seattle (Washington) que daban unha solución económica a traballadores da zona. De acordo con Feeney (2012) tratábase de vivendas construídas sobre unha plataforma feita de troncos descartados dos serradoiros próximos por estar queimados. Isto axudáballe á flotabilidade e dáballo protección e durabilidade. Sobre eles elevábanse vivendas tamén de madeira e que variaban en función dos medios dos que dispuña cada familia. As condicións de salubridade eran limitadas e nos anos cincuenta existían en torno a 2.000 vivendas, o que fixo que o goberno tivera que tomar medidas para o control deste tipo de asentamento para garantir unhas condicións de vida axeitadas. A meirande parte destas vivendas foron desmanteladas para nas vindeiras décadas poder levar a cabo novos barrios flotantes que cumprisen cunha nova normativa. Delgado (2016) comenta tamén que a día de hoxe máis de 500 vivendas flotantes de diferentes estilos aboian no lago Union creando unha comunidade que incluso



FIG 36: Vivendas flotantes no Lago Washington en 1912



FIG 37: Vivendas flotantes no Lago Union. Seattle



FIG 38: Vivendas en Sausalito. California



FIG 39: Vivendas flotantes en Vancouver. Canada

formou unha asociación chamada “Floating Homes Association”, que se encarga de promover esta forma de vida.

Outro caso é o de Sausalito (California), onde nos anos sesenta se establece unha pequena comunidade en casas-bote formada por artistas que buscan unha forma de vida distinta en contacto coa natureza e cun baixo coste. Esta foi medrando e consolidando unha comunidade flotante que hoxe en día forma parte da vida da baía de San Francisco. Nos anos noventa terán unha serie de inundacións e territorio das veiras do río Mississippi en Luisiana (USA), e na mesma década pasa o mesmo en varias zonas dos Países Baixos. Isto fai que particulares, industria e goberno comencen a pensar como paliar este problema. É así como no caso de Norte América comezan a construírse vivendas anfibas, construcións erguidas sobre plataformas flotantes que se atopan sobre terra firme e que no caso de chegar unha inundación poden flotar para evitar danos.

Máis ao norte, Canada tamén é un dos países pioneiros na construción de vivendas flotantes. Debido á súa ampla costa e aos seus numerosos lagos moitas cidades levan dende as décadas dos sesenta e setenta a construír comunidades flotantes ante a necesidade e o interese de residir a carón da cidade pero en contacto coa natureza. Unha das cidades máis destacadas no marco da arquitectura flotante é Vancouver con diversas comunidades flotantes a día de hoxe. Noutra zona deste país, nas provincias de Nova Escocia e Nova Brunswick, tamén podemos atopar exemplos de vivendas flotantes, neste caso debido a unha tradición de conexión co mar e a unha industria pesqueira que da sustento a moitas comunidades.

Neste punto da historia da arquitectura flotante ímonos deter para analizar as posibles causas do gran incremento de produción que están a ter este tipo de construcións nas últimas tres décadas. A continuación veremos que tipos de edificacións podemos atopar a día de hoxe aboiano na auga e que técnicas e métodos construtivos se foron desenvolvendo para levalas a cabo. Para rematar, o último apartado do traballo poñerá fin ao percorrido histórico mediante unha serie proxectos do presente século, que nos ilustrarán como se esta a vivir sobre a auga a día de hoxe.

3.3. ARQUITECTURA FLOTANTE NO NOSO TEMPO

A relación entre o ser humano e a auga fixo que historicamente desenvolvamos as nosas vidas en torno a este elemento, e por conseguinte as nosas cidades e edificacións estarán proxectadas en torno a mares, ríos, lagos ou calquera fonte de auga. Un exemplo disto é que aproximadamente a metade das cidades do mundo que superan o millón de habitantes están pegadas ou moi próximas ao mar. Isto pasa tanto no caso das grandes cidades como no caso de pequenos pobos.

Un indicativo aínda máis claro é que en todas as clasificacións das cidades con mellores condicións de vida, a parte alta da táboa está copada por cidades cunha gran relación coa auga e co entorno natural, como por exemplo a cidade de Vancouver (Canadá) ou Melbourne (Australia).

Ante esta necesidade de proximidade a auga, a nosa arquitectura tivo que adaptarse para poder vivir preto dela pero ao mesmo tempo tivo que aprender a protexerse da súa forza implacable. A arquitectura en contacto coa auga e flotante non é nada novo, como acabamos de ver durante séculos leva a habitarse preto e sobre este elemento. A novidade é que nas últimas décadas o aumento deste tipo de construcións foi exponencial debido a unha serie de factores que, como iremos vendo, fan que precisemos en algúns casos vivir sobre a auga.

Historicamente hai diversos motivos polos que as persoas deciden vivir en contacto coa auga: tradición, subsistencia, defensa, etc. Pero nas últimas décadas están a aparecer novos motivos polos que cada vez máis xente decide vivir desta forma e irémolos vendo a continuación.

3.3.1. As causas do aumento da arquitectura flotante

Ao longo dos séculos a técnica e enxeñaría foi evolucionando, o que permitiu adaptar a arquitectura ás nosas necesidades. Este aumento tecnolóxico viuse incrementando de forma exponencial ao longo dos últimos cen anos. Neste período tamén medrou a poboación mundial, aumentando segundo a UNFPA (Fondo de Poboación das Nacións Unidas) (2023) de 2.500.000.000 en 1950 a 8.000.000.000 en 2023. Estímase que en 2050 cheguemos a alcanzar os 9.700.000.000 de habitantes na Terra (UNFPA, 2023). Este crecemento, ligado ao éxodo rural, está facendo que as

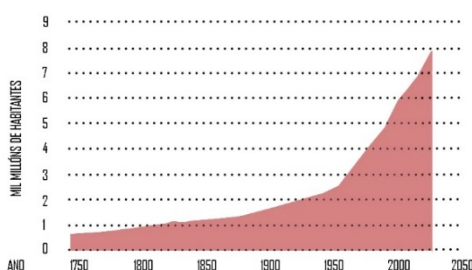


FIG 40: Gráfica poboación mundial

ciudades medren cada vez máis, obrigando aos gobernos a tomar medidas de crecemento urbanístico. Isto pode non supor un inconveniente serio para cidades nas que a orografía non marca límites á hora de expandirse, pero moitas cidades emprázanse en zonas costeiras, nas concas de ríos e lagos, ou en vales entre montañas, sendo o aumento da poboación nestes casos un posible problema.

O incremento da industria e da demanda enerxética esixida, vinculado ás necesidades da forma de vida da crecente poboación, tamén trouxo consecuencias negativas ao longo deste último século. A contaminación do medio medrou do mesmo xeito que o fixo a poboación, dando lugar a unha aceleración nos efectos do cambio climático. Segundo afirma as Nacións Unidas:

“O cambio climático refírese aos cambios a longo prazo das temperaturas e dos patróns meteorolóxicos. Estes cambios poden ser naturais, por exemplo, a través de variacións no ciclo solar. Pero desde o século XIX, as actividades humanas foron o principal motor do cambio climático (...). Como resultado, a temperatura da Terra é agora 1,1 °C superior á que era a finais do século XIX. A última década (2011-2020) foi a máis cálida rexistrada (...). As políticas actuais apuntan a un aumento da temperatura de 2,8 °C para finais de século.”

Este aumento da temperatura produce o desxeo dos casquetes polares, dos glaciares e das grandes masas de xeo de Groenlandia. Estas grandes masas de auga xeada funcionan como refrixerador do planeta xunto cos océanos. Como lle ocorre a un vaso de refresco con cubos de xeo nun día caloroso de verán: o xeo vaise derretendo e o refresco quecendo. O mesmo pasa cos océanos. Isto crea novas e fatais condicións para os seres vivos, levando a moitas especies á súa extinción. O outro efecto do desxeo nos océanos é o aumento do nivel das augas. Segundo Christina Nunez, de “National Geographic”:

“O nivel do mar aumentou uns 23 centímetros desde 1880, e case a metade deses centímetros subiunos nos últimos 25 anos. Cada ano o mar sobe outros 3,4 milímetros. (...) Nos Estados Unidos, as poboacións máis vulnerables viven nas costas do leste e do Golfo de México, onde se prevé que en 2050 a frecuencia das inundacións sexa 10 veces maior que agora. (...) O informe especial máis recente do Grupo Intergubernamental de Expertos sobre o Cambio

Climático (IPCC) afirma que podemos esperar que os océanos aumenten entre 26 e 77 centímetros para 2100. (...) Outra análise baseada en datos europeos e da NASA inclínase cara ao extremo superior dese rango, predicindo un aumento de 65 centímetros para finais deste século se continúa a inercia actual.”

As crecentes temperaturas xeran outros fenómenos como son as secas, que xunto co continuo ascenso da deforestación das grandes masas verdes do planeta, fai que os solos sexan cada vez máis áridos e menos permeables, facilitando a aparición e propagación de incendios. Estas peores condicións dos solos naturais fai que, ante a aparición das cada vez máis intensas choivas e treboadas, se desencadeen fortes e rápidas inundacións. Estes fenómenos son o motivo polo que en moitas cidades se están a tomar serias medidas tanto en planificación urbanística como en deseños de arquitectura flotante. Para ver como e que medidas se poden aplicar imos clasificar as inundacións en varios grupos:

1. Inundacións permanentes: estas fan referencia á inundación das costas producida polo aumento no nivel do mar que será permanente e irá medrando durante as vindeiras décadas.
2. Inundacións ocasionais: son as que se producen de forma ocasional ao longo dun período de tempo. Segundo a frecuencia coa que se produzan dividirémolas en dous subgrupos:
 - a. Inundacións ocasionais frecuentes. Estas serán as máis comúns en todos os territorios e produciranse de forma repetida en períodos curtos de tempo (meses e anos). Dentro deste tipo atopamos as causadas polas crecidas dos ríos, as costeiras producidas por tormentas ou furacáns e as causadas por fortes e intensas chuvias (o terreo é incapaz de absorber tanta cantidade de auga, afloramentos de augas subterráneas e colapsos das redes de sumidoiros).
 - b. Inundacións ocasionais extraordinarias. Estas serán pouco comúns e produciranse de forma puntual. Son practicamente imposibles de predicir xa que son desencadeadas por terremotos no caso dos tsunamis ou polo colapso dalgún tipo de infraestrutura (por exemplo a ruptura dunha presa).

Como vemos, unha serie de cambios do medio estannos afectando e seguirano a facer nas vindeiras décadas. No que a nosa profesión se refire, a adaptación a estes novos factores ambientais resulta cada vez máis preciso, xa que estamos a crear arquitectura que estará presente nas próximas décadas e polo tanto debe estar preparada para un futuro a corto e medio prazo no que a forma de habitar en contacto coa auga verase alterada.

A modo de resumo podemos dicir que debido ao aumento da poboación mundial, as cidades están a demandar novos terreos sobre os que edificar novas vivendas e equipamentos. Moitas destas urbes atópanse nunha situación onde a superficie para construír é escasa debido a súa proximidade coa auga, e seguirille comendo terreo ao mar pode ser un problema debido ás condicións cambiantes do clima. Por tanto nas últimas décadas o pensamento de combater a auga das grandes urbes comeza a cambiar, en pequena medida, para dar lugar a unha nova idea baseada na convivencia con este elemento, algo que como vimos xa se leva a facer en algúns sitios durante centos de anos.

Neste contexto a arquitectura flotante pode ser unha peza, entre outras moitas, para dar solución a estes problemas e xerar unha nova forma de vivir máis sostible e adaptada ao medio.

3.3.2. O proceso de crecemento

A adaptación ao medio é un principio que cada vez máis debe estar presente na arquitectura e vai da man coa sostibilidade. Para isto compre ter en conta que o sector da construción supón segundo diferentes estudos, como por exemplos o da ONU (2019), entre un 36% e un 50% das emisións de dióxido de carbono totais. Estamos a falar de cifras moi elevadas, e é necesario tomar medidas para paliar o impacto que o noso sector está a causar no medio. Na actualidade xa temos distintas normativas e sistemas que nos permiten levar a cabo obras cunha pegada de carbono reducida ou incluso nula. “A pegada de carbono é unha métrica ambiental que calcula todas as emisións de gases de efecto invernadoiro (GEI) xeradas, directa e indirectamente, por unha persoa, un grupo, unha organización, unha empresa ou mesmo un produto ou servizo.” (Greenpeace, 2020). Isto permítenos como técnicos saber como de contaminante pode ser un proxecto e ver que medidas podemos adoptar para mellorar esta situación.

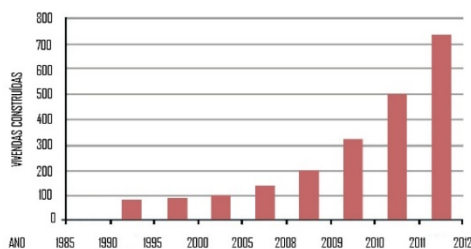


FIG 4: Gráfica das vivendas construídas nos Países Baixos

Segundo propón Alonso (2017) habería certas medidas que adoptar a hora de realizar un proxecto máis sostible:

- A primeira sería proxectar edificios de enerxía case nula: isto consiste en crear proxectos que no seu funcionamento teñan o mínimo consumo posible. Para elo podemos seguir os principios do que se coñece como Passivhaus, un estándar construtivo e de deseño nacido en 1991 en Alemania para conseguir consumos enerxéticos mínimos. Como di a Plataforma de edificación Passivhaus (PEP) estes edificios deben responder a sete principios:
 1. Un deseño bioclimático: un bo deseño de partida tendo en conta factores como a orientación, control solar, etc.
 2. Illamento térmico: uso de grandes espesores de illamento térmico para protexerse tanto do frío coma da calor e evitar a aparición de patoloxías.
 3. Ausencia de pontes térmicas: un bo deseño construtivo que garanta a continuidade do illamento térmico en toda a envolvente, evitando puntos fracos por onde se poida perder enerxía.
 4. Hermeticidade da envolvente garantindo que non haxa filtracións de aire non desexadas e por tanto perdas enerxéticas. Isto tamén impide que haxa correntes de aire non controladas e transmisión de ruídos.
 5. Ventás e portas de altas prestacións: para garantir, ao igual que o illante térmico, a menor perda posible de enerxía.
 6. Ventilación mecánica con recuperación de calor: permite ventilar de xeito continuado o interior do edificio mantendo a temperatura. Ao mesmo tempo filtra e purifica tanto o aire expulsado coma o aire introducido na vivenda. Protección solar: isto forma parte do deseño bioclimático, pero compre destacalo xa que será unha técnica que permitirá de forma pasiva quecer o edificio en inverno e mantelo fresco en verán. Para levalo a cabo compre facer un estudo minucioso do soleamento que nos permita facer un deseño específico para a localización do edificio.
- A segunda medida proposta por Alonso (2017) é a dun consumo cen por cen renovable. Isto refírese a que o edificio debe

funcionar de forma certificada con enerxías de cero emisións de CO₂.

- En terceiro lugar propón unha produción renovable. É dicir, o edificio ten que ser capaz tanto de consumir como de producir enerxía, acadando un equilibrio neutro. Na actualidade no noso país é inviable debido ás políticas enerxéticas que nos gobernan.
- Como cuarto punto dispón unha análise do ciclo de vida. O CO₂ producido no proceso de construción dun edificio debemos minimizalo, e para iso debemos de empregar materiais con pegada de carbono baixa ou nula ou reciclados. Para garantir isto compre traballar con DAPs (Declaracións Ambientais de Produto), onde apareza toda a información medioambiental do produto.
- A quinta medida é a absorción de CO₂ mediante elementos vexetais (xardíns, cubertas ou fachadas vexetais), que permitan unha absorción deste gas nocivo.

O autor sostén que tomando estas medidas, pero sen deixar a un lado a esencia da arquitectura, poderíamos realizar proxectos considerados de CeroCO₂ e incluso MenosCO₂.

Escalas de intervención

Nesta situación global de cambios tamén se deben tomar medidas de planificación urbanística que permitan ás cidades adaptarse e crear novas comunidades xa preparadas para convivir de forma directa coa auga.

Para abordar isto deberase crear un plan de actuación que vaia dende unha escala rexional ata unha escala edificatoria, realizando un estudo que nos permita dar resposta a cada situación:

- Segundo De Diego (2018), a escala rexional as medidas adoptadas para a prevención de inundacións deben vir dadas polo goberno rexional, ben mediante o plan rexional do país ou incluso mediante o plan europeo. Estas medidas poden incluír avaliacións de risco de inundación e a identificación das áreas afectadas, creación de mapas de risco de inundación e a creación de plans de xestión de risco de inundación.
- A escala de cidade debe desenrolarse un plan local, tendo en conta o plan rexional, que da man de técnicos especialistas

elaboren unha análise precisa e adaptada ao caso de estudio. Algunhas das medidas que responden a esta escala son a creación de bolsas de auga que poidas acoller o excedente, a creación de canais de alivio e a creación de plans de alerta e evacuación da poboación.

- A escala de barrio as medidas virían recollidas no plan urbanístico tendo en conta o uso do solo. Posibles medidas son a creación de equipamentos como parques e xardíns que poidan absorber e almacenar a auga en caso de emerxencia.
- A escala edificatoria deberanse respectar os plans e normativas que afecten ao tipo de construción que se realiza. Pero dependendo da zona na que se atope definida polos plans anteriores poderemos crear un tipo ou outro de edificio que sexa capaz de afrontar unha inundación.

Edificios en contacto coa auga

Cando se afronta un proxecto en contacto coa auga é de seu ter en conta as medidas acabadas de mencionar.

Segundo a relación do edificio co elemento teremos dous grandes escenarios que poden precisar deste tipo de arquitectura:

- Un deles será cando haxa a posibilidade dalgún tipo de inundación, e actuarase tendo en conta os plans e medidas necesarias. Neste caso poderemos ter edificios que periodicamente entren en contacto coa auga ou ben edificios que deberán estar preparados para resistir un contacto excepcional.
- O outro escenario será cando haxa que proxectar un edificio que dende o primeiro intre estará en contacto e flotando sobre a auga.

Segundo esta casuística, Barker e Coutts (2016) clasifican estes edificios en cinco tipos segundo a estratexia para combater a auga: edificios impermeables para resistir a auga, edificios permeables que permiten o paso da auga, edificios elevados para evadir a auga, edificios anfibios e edificios flotantes.

1. Edificio impermeable: como o seu nome indica son edificios que non permiten o paso da auga ao seu interior. Isto conségueno mediante a utilización de barreiras impermeables e materias e elementos construtivos específicos. Un punto a tratar con

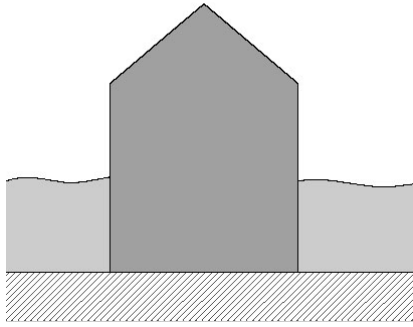


FIG 42: Edificio impermeable

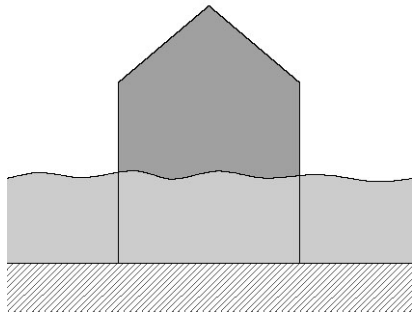


FIG 43: Edificio permeable

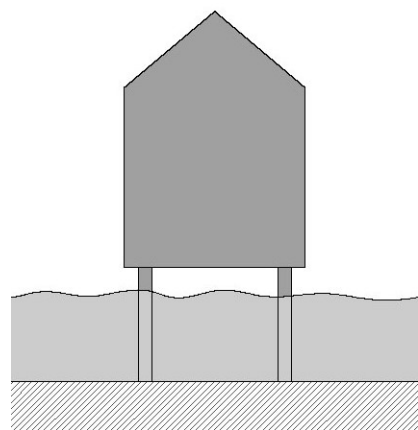


FIG 44: Edificio elevado

especial atención son as conexións ás redes de servizos, xa que poderían ser un punto de entrada de auga. É un sistema pensado para afrontar encontros coa auga de curta duración. Pode utilizarse este sistema para reforzar edificios xa existentes que debido as novas situacións ambientais estean comezando a sufrir inundacións. Tamén se pode empregar como medida extra nos outros tipos de edificios que estamos a ver para aumentar a súa seguridade. En novas construcións pode ser interesante en zonas onde actualmente non haxa asolagamentos pero que poidan chegar a pasar de forma puntual nun futuro.

2. Edificio permeable: neste caso o edificio permite a entrada da auga ao seu interior e unha fácil evacuación da mesma. Para lograr isto todos os materiais empregados deben ser compatibles coa auga. Isto limita a utilizacións dos espazos inundables. Este sistema pode empregarse practicamente nas mesmas situacións que o anterior: edificios existentes que poidan sufrir asolagamentos ou en novas construcións nas que se preveñan posibles inundacións.

Estes dous casos están pensados para asolagamentos de pouca altura e que se produzan de forma ocasional e de curta duración. O seguinte tipo que veremos pode resistir inundacións de maior altura e máis frecuentes e duradeiras.

3. Edificio elevado: trátase de edificios construídos sobre pilares, deixando a planta en contacto co solo totalmente libre, como vimos no caso dos *palafitos*. Así conséguese permanecer elevado e illado da auga no caso de que se produza unha inundación. Atopamos exemplos arredor de todo o mundo e ao longo da historia. Son un tipo de arquitectura común en zonas de inundacións periódicas como leitos de ríos ou lagos. Á hora de abordar estes proxectos é necesario facer un estudo minucioso das alturas que poidan chegar a ter as inundacións para calcular a altura entre a vivenda e o solo. Por iso é un tipo edificatorio adecuado para zonas onde os asolagamentos sexan regulares. Aínda así débense ter en conta unhas marxes de seguridade para as posibles variacións climatolóxicas. Estruturalmente atopamos exemplos realizados con madeira, metal ou formigón.

Os dous próximos tipos de arquitectura están deseñados coa mesma idea: un edificio capaz de flotar na auga. A diferenza entre eles reside no estado no que se atoparán a maior parte da súa vida.

No caso dos anfibios ficarán no solo habitualmente e flotarán de forma ocasional, mentres que os edificios flotantes permanecerán flotando todo o tempo. Estas dúas técnicas son as que maior desenvolvemento e estudo están a ter na actualidade debido á súa adaptabilidade á situación actual e aos posibles cambios futuros.

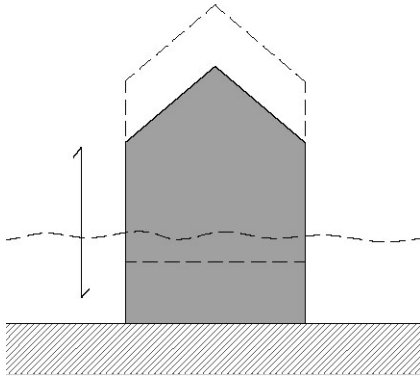


FIG 45: Edificio anfíbio

4. Edificio anfíbio: é un edificio coa capacidade de flotar que permanece sobre o solo, aboiano unicamente se se produce unha inundación. Este sistema consiste nun edificio construído sobre unha base que funciona tanto de cimentación como de flotador. Esta base e a estrutura do conxunto irán fixadas ao solo mediante unhas guías verticais que permitirán o ascenso e descenso de forma controlada cando se produza unha inundación. Permitindo así que funcione como un edificio tradicional a diario, pero que chegado un asolagamento poida separarse do solo e flotar. Ao igual que nos casos anteriores a altura de auga que poida asumir o edificio será limitada. Por tanto será necesario estudar a altura que poida acadar a auga para así poder calcular o desprazamento vertical que poida asumir o sistema de guías, e por conseguinte o edificio. Este sistema resulta unha moi boa opción para zonas moi próximas a masas de auga onde as inundacións poidan ser frecuentes.

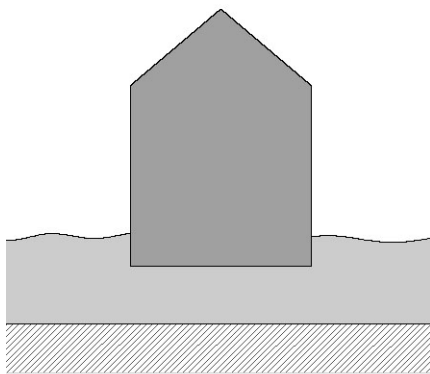


FIG 46: Edificio flotante

5. Edificio flotante: é un tipo de arquitectura pensada para poder habitar o medio acuático mediante a capacidade de flotar sobre a auga. Unha obra deste tipo consiste en esencia nunha base, que funciona como cimentación e flotador, sobre a que se levantará unha estrutura. Podemos diferenciarlas en dous grandes grupos: as que necesitan un amarre fixo e as que non. Son o caso por excelencia de proxectos onde deseño, estrutura, instalacións e construción deben funcionar totalmente fusionados, xa que de non ser así a obra non chegaría a funcionar. Permiten habitar zonas costeiras ou de masas de auga tranquilas. Isto supón que ante o aumento do nivel do mar, moitas cidades poidan planear barrios flotantes como solución ao problema.

3.3.3. Tipos de arquitectura flotante

Tendo en conta todos os casos mencionados, podemos clasificar a arquitectura flotante da actualidade segundo a súa compoñente formal e técnica en dous grandes grupos: arquitectura flotante histórica e arquitectura flotante contemporánea.



FIG 47: Arquitectura flotante histórica



FIG 48: Exemplo de arquitectura flotante histórica actualizada. Casa-bote



FIG 49: Exemplo de arquitectura flotante contemporánea. Galería de arte en París

- Arquitectura flotante histórica. Dentro desta categoría poderemos atopar dúas casuísticas:
 - Manterse fiel á forma e á técnica dos seus antecedentes históricos, como no caso da arquitectura flotante que se da en países en desenvolvemento, como o podo dos Uros. Nestes casos tanto o aspecto construtivo como o formal mantense na actualidade, foise pasando de xeración en xeración. Estamos ante unha cultura de arquitectura popular e en moitos casos de autoconstrución.
 - A outra corrente consiste en dar unha continuidade á tradición mantendo o aspecto formal, pero adaptándose á tecnoloxía e técnicas da actualidade. Este é o caso das casas-bote que se constrúen a día de hoxe en países como Gran Bretaña ou Países Baixos.
- Pola outra banda temos a arquitectura flotante contemporánea que será herdeira do movemento moderno e das correntes estilísticas do último século. Estará deseñada coas técnicas e tecnoloxías actuais. Formalmente é igual a que se está a realizar en terra firme.

Podemos distinguir dous tipos de arquitectura flotante contemporánea:

- Estática: será deseñada para permanecer durante un longo período de tempo amarrada nun lugar fixo. Esta localización será en augas tranquilas, con poucas correntes e baixa ondada. No caso de vivendas o máis cotiá é que teñan o amarre en portos deseñados para albergar este tipo de construcións e formar pequenas comunidades. Os propietarios do edificio acostuman a ter a opción de pagar un aluguer polo amarre (de forma similar a como o fai calquera embarcación nun porto) ou en algúns casos poden mercalo. Nestes novos barrios residencias atopamos tamén edificios con diversas funcións, dende comercio e hostalaría ata centros comunitarios. Todos eles comunícanse por rúas flotantes que chegan a terra firme e serven tamén como soporte para levar as instalacións necesarias. Xa que estes edificios estarán provistos de instalacións que se poderán conectar ás redes públicas de servizos (augas, electricidade, gas, etc.). Así o funcionamento destes edificios será basicamente igual a un de terra firme. Para poder mover estas construcións pola auga precisase de



FIG 50: Exemplo de arquitectura flotante contemporánea estática. Vivendas en Amnsterdam



FIG 51: Exemplo de vivendas flotante contemporánea móbil. Vivenda en Miami

remolcadores que as arrastren a velocidades moi baixas, xa que non están deseñadas para soportar ese tipo de movementos nin posúen ningún sistema de propulsión.

- **Móbil:** son edificacións que van ter o seu propio sistema motriz, permitíndolle navegar por augas tranquilas. O que supón unha gran flexibilidade á hora de escoller amarre, ben poden facelo en portos ao igual que as estáticas ou ben poden fondear lonxe da costa como o faría unha embarcación. Debido a esta dualidade de amarre deberán poder ser autosuficientes. Será necesario que estean provistas de instalacións que non precisen unha conexión continua ás redes de servizos de terra firme. Por norma xeral son de menor tamaño que as estáticas e a súa forma debe responder en certa medida a principios náuticos básicos para poder navegar con fiabilidade.

Tanto nun caso coma noutro a maioría de proxectos construídos son vivendas. A xa mencionada necesidade de crecemento das cidades fai que nos últimos anos a aparicións de barrios e comunidades flotantes sexan xa unha realidade en moitas cidades do mundo. Da man do crecemento urbano tamén aparece unha forma de vida cada vez máis dinámica, moitas persoas ben sexa por traballo ou por decisións persoais mudan periodicamente o seu lugar de residencia. Unha vivenda deste tipo pode ser unha solución atractiva para esa forma de vida. Outro punto a ter en conta é que en moitos casos estamos a falar de proxectos modulares, o que daría tamén flexibilidade á hora de ampliar ou reducir o tamaño da vivenda en función das necesidades.

Dentro desta arquitectura flotante contemporánea tamén atopamos proxectos de espazos públicos, outro tipo de arquitectura ben demandada nas cidades do noso tempo.

Outra forma na que podemos clasificar a arquitectura flotante actual é segundo a súa utilidade ou función. Ao igual que no resto da arquitectura, nesta tamén atopamos exemplos de vivendas, equipamentos (colexios, mercados, centros sociais...) e ata certa infraestrutura e zonas urbanas, como se de illas flotantes se tratara. Esta variedade de usos en edificios flotantes podemos atopala tanto en obras flotantes históricas como en obras flotantes contemporáneas.

Na arquitectura flotante tamén atoparemos casos de obras permanentes e obras efémeras. As primeiras estarán deseñadas para perdurar no tempo décadas mentres que as segundas realízanse para que duren períodos máis curtos de tempo: semanas ou meses.

Estes proxectos efémeros na maioría dos casos son algún tipo de equipamento, como por exemplo os pavillóns para unha exposición. Habitúan a ser proxectos que atraen á xente con facilidade e permiten experimentar novas técnicas ou ideas arquitectónicas. Algúns dos mellores exemplos deste tipo de arquitectura flotante podemos atopámoslos nos canais da cidade belga de Bruxas, onde se celebra unha exposición trienal de arte e arquitectura.

3.4. DOSIER DE ARQUITECTURA FLOTANTE DO SÉCULO XXI

A continuación veremos 65 obras de arquitectura flotante do século XXI, que exemplifican o explicado con anterioridade..

Con este dossier preténdese dar a coñecer a pluralidade de construcións flotantes que podemos atopar a día de hoxe arredor do mundo. Veremos obras que van dende unha pequena a unha gran escala, dende un uso efémero a un uso duradeiro, dende vivendas ata equipamentos urbanos, e dende obras estática ata obras móbiles. Unha pluralidade de usos e escala que se pode equiparar, cada vez máis, ás da arquitectura en terra firme.

Aquí podemos localizar as obras:



Preme na seguinte ligazón ou escanea o código QR para ver máis detalladamente a localización e a información das obras:
https://www.google.com/maps/d/edit?mid=10Di2j6ec3_okSShv38uynXLewksxl7k&usp=sharing



COMUNIDADES FLOTANTES



LAND ON WATER

Autor: MAST

Ano: en proceso

Situación: sen determinar



<https://mast.dk/land-on-water>



OCEANIX BUSAN

Autor: BIG

Ano: en proceso

Situación: Busan, Corea do Sur



<https://arquitecturaviva.com/obras/oceanix-busan>



COMUNIDADE SCHOONSCHIP

Autor: Space & Matter

Ano: 2008 - 2021

Situación: Amsterdam, Países Baixos



<https://www.spaceandmatter.nl/work/schoonschip>



CASAS FLOTANTES EN IJBURG

Autor: Architectenbureau Marlies Rohmer

Ano: 2001 - 2011

Situación: Amsterdam, Países Baixos



<https://rohmer.nl/en/projects/waterwoningen-ijburg/r>



WATERVILLA IJBURG 2

Autor: Waterstudio

Ano: 2008

Situación: Amsterdam, Países Baixos



<https://www.waterstudio.nl/projects/watervilla-ijburg-2-amsterdam-the-netherlands/>

VIVENDA ESCALA MEDIA



CASA FLOTANTE EN LAKE HURON

Autor: MOS

Ano: 2008

Situación: Ontario, Canada



<https://www.mos.nyc/project/floating-house>



CASA FLOTANTE EN LAKE UNION

Autor: Designs Northwest Architects

Ano: 2010

Situación: Seattle, Estados Unidos



<https://www.designsnw.com/float-home>



SCHOONSHIP KAVEL 4

Autor: +31 Architects

Ano: 2018

Situación: Amsterdam, Países Baixos



<https://plus31architects.com/portfolio/woonboot-schoonschip-woonark/>



SCHOONSHIP FLOATING HOME

Autor: i29

Ano: 2021

Situación: Amsterdam, Países Baixos



<https://i29.nl/projects/floating-home/>



WATERVILLA IJBURG 3

Autor: Waterstudio

Ano: 2008

Situación: Amsterdam, Países Baixos



<https://www.waterstudio.nl/projects/watervilla-ijburg-amsterdam-the-netherlands/>

VIVENDA ESCALA MEDIA



WATERVILLA

Autor: AHH

Ano: 1998 - 2002

Situación: Middleburg, Países Baixos



<https://www.ahh.nl/index.php/en/projects2/14-woningbouw/68-watervilla-middelburge>



CASA ANFIBIA

Autor: Baca Architects

Ano: 2014

Situación: Buckinghamshire, Reino Unido



<https://www.baca.uk.com/amphibioushouse.html>



WATER CABIN

Autor: Olson Kundig

Ano: 2020

Situación: Seattle, Estados Unidos



<https://olsonkundig.com/projects/water-cabin/>



CASA FLOTANTE INACHUS

Autor: Sanitov Studio

Ano: 2012

Situación: Londres, Reino Unido



<https://www.designboom.com/architecture/sanitov-studio-inachus-floating-home/>



WATERVILLA WPZ II

Autor: +31 Architects

Ano: 2014

Situación: Amsterdam, Países Baixos



<https://plus31architects.com/portfolio/woonark-weesperzijde/>

VIVENDA ESCALA MEDIA



THE FLOAT

Autor: RAP

Ano: 2021

Situación: Leiden, Países Baixos



<https://studiorap.nl/The-Float>



WATERVILLA OMVAL

Autor: +31 Architects

Ano: 2010

Situación: Amsterdam, Países Baixos



<https://plus31architects.com/portfolio/woonark-omval-amsterdam/>



THE CHICHESTER

Autor: Baca Architects

Ano: 2017

Situación: Chichester Canal, Reino Unido



<https://www.baca.uk.com/thechichester.html>



CASA FLOTANTE NO EIBEKKANAL

Autor: Martinoff Architekten

Ano: 2010

Situación: Hamburgo, Alemania



<https://architizer.com/projects/houseboat-on-the-eibekkanal/>



THE SAYBOAT

Autor: Milan Řídký

Ano: 2012

Situación: Nelahozeves, República Checa



<https://www.archdaily.cl/cl/02-207819/the-sayboat-milan-ridky>

VIVENDA PEQUENA ESCALA



REFUXIO FLOTANTE FLO

Autor: Studio OSMA

Ano: 2020

Situación: Orje, Noruega



<https://www.studio-osma.com/floating-lodge>



DD 16

Autor: BIO-architects

Ano: 2016

Situación: Moscova, Rusia



<https://bio-architects.com/dd16>



CASA FLOTATNE DOC

Autor: Lime Studio

Ano: 2016

Situación: Calarasi, Romania



<https://limestudio.ro/portfolio-item/doc-floating-house/>



KODA LOFT FLOAT

Autor: Kodasema, Top Marine

Ano: 2021

Situación: sen determinar



<https://kodasema.com/es/koda-loft-float/>



EXBURY EGG

Autor: PAD studio, SPUD Group, Stephen Turner

Ano: 2013

Situación: Reino Unido



<https://www.archdaily.com/388767/exbury-egg-pad-studio-spud-group-stephen-turner>

VIVENDA MÓBIL



FLOATWING

Autor: Go Friday SA

Ano: 2015

Situación: Alqueva, Portugal



<https://www.gofriday.eu/index.php/en/houseboats/floatwing>



ARKUP 75

Autor: Waterstudio

Ano: 2019

Situación: Miami, Estados Unidos



<https://www.waterstudio.nl/projects/arkup-avant-garde-life-on-water/>



Nº1 HOUSEBOAT

Autor: N°1 Living

Ano: 2019

Situación: Alemania



<http://www.nol-houseboat.com/en/>



PUNTA DE MAR

Autor: Mano de Santo

Ano: 2018

Situación: Valencia, España



<https://www.manodsanto.com/proyecto/punta-de-mar/>



WATERVILLA IJBURG 3

Autor: Nautilus Houseboats

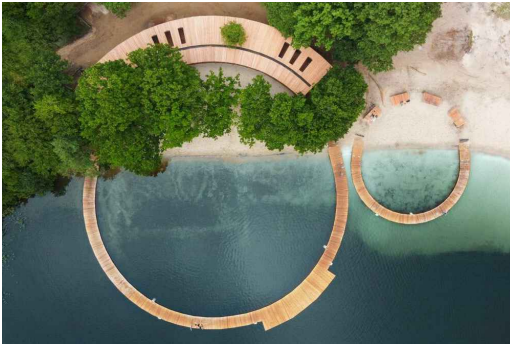
Ano: 2016

Situación: Alemania



<https://www.nautilus-hausboote.de/en>

HOSTALARÍA



EASTERN AND WESTERN SEARESORT

Autor: SWEKO

Ano: 2020

Situación: Silkeborg, Dinamarca



<https://www.sweco.dk/en/showroom/eastern-and-western-sea-resort/>



ALBERGUE FLOTANTE

Autor: Sabbagh Arquitectos

Ano: 2006

Situación: Guaitecas, Chile



<https://www.archdaily.cl/cl/02-4889/casa-hospederia-flotante-sabbagh-arquitectos>



HOTEL RESTAURANTE OFF PARIS SEINE

Autor: Seine Design

Ano: 2016

Situación: París, Francia



https://www.archdaily.cl/cl/800194/hotel-flotante-seine-design?ad_medium=office_landing&ad_name=article



RESTAURANTE L'AVANT SEINE

Autor: Seine Design

Ano: 2014 - 2015

Situación: París, Francia



<https://www.ronzatti.com/l-avant>



COMEDOR FLOTANTE

Autor: Goodweather Design, Loki Ocean

Ano: 2010

Situación: Vancouver, Canada



<https://www.archdaily.cl/cl/02-50215/comedor-flotante-goodweather-design-loki-ocean>

SOCIOCULTURAL E HOSPITALARIO



ISLAS FLOTANTES DE SEÚL

Autor: Haeahn Architecture, H Architecture

Ano: 2006 - 2014

Situación: Seúl, Corea do Sur



<https://www.archdaily.cl/cl/755875/islas-flotantes-de-seul-haeahn-architecture-h-architecture>



GALERÍA DE ARTE FLUCTUART

Autor: Seine Design

Ano: 2019

Situación: París, Francia



https://www.archdaily.cl/cl/926120/fluctuart-art-gallery-seine-design?ad_medium=office_landing&ad_name=article



TEATRO FLOTANTE DE LYON

Autor: Waterstudio

Ano: 2023

Situación: Lyon, Francia



<https://www.waterstudio.nl/projects/floating-theatre-lyon/>



CENTRO CULTURAL PETIT BAIN

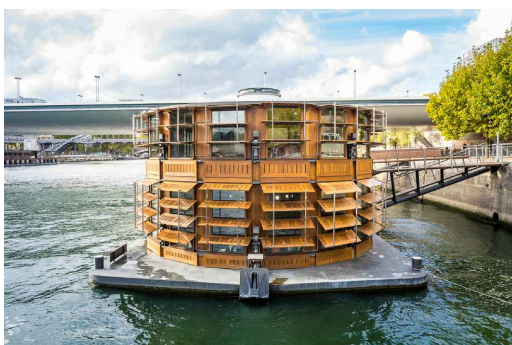
Autor: Encore Heureux

Ano: 2011

Situación: París, Francia



<http://encoreheureux.org/projets/petit-bain/?lang=en>



HOSPITAL ADAMANT

Autor: Seine Design

Ano: 2019

Situación: París, Francia



<https://www.archdaily.cl/cl/934270/hospital-adamant-seine-design>

OFICINAS E COMUNICACIÓNS



OFICINA FLOTANTE EN ROTTERDAM

Autor: Powerhouse Company

Ano: 2018 - 2021

Situación: Rotterdam, Países Baixos



<https://www.powerhouse-company.com/floating-office-rotterdam>



OFICINAS ARCTIA

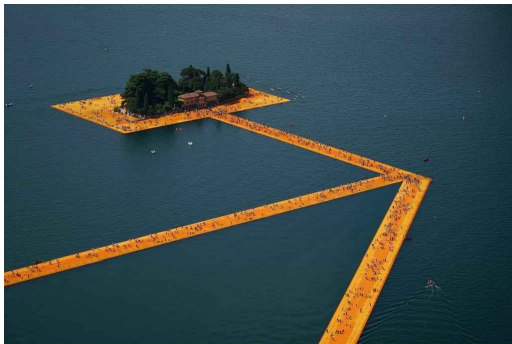
Autor: K2S Architects

Ano: 2013

Situación: Helsinki, Finlandia



<https://k2s.fi/project/archia-shipping/>



THE FLOATING PIERS

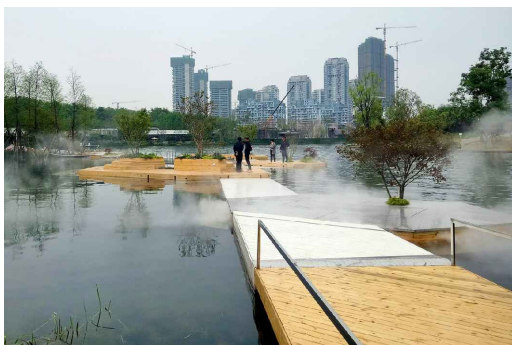
Autor: Christo & Jeanne-Claude

Ano: 2016

Situación: Lago Iseo, Italia



<https://tectonica.archi/projects/the-floating-piers/>



FLOATING ISLANDS OF SKY

Autor: Unarchitecte

Ano: 2021

Situación: Chengdu, China



<https://www.archdaily.com/971013/floating-islands-of-sky-unarchitecte>



MUR ISLAND

Autor: Acconci Studio

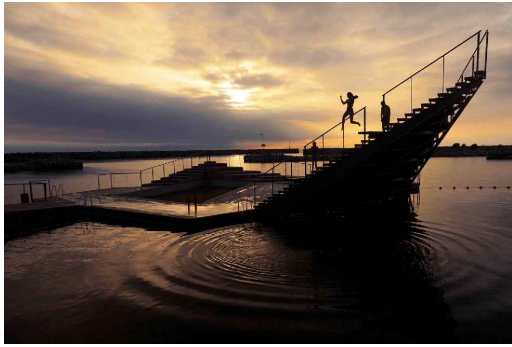
Ano: 2002 - 2003

Situación: Graz, Austria



<https://acconci.com/>

EQUIPAMENTO RECREATIVO



ZONA DE BAÑO EN HASLE

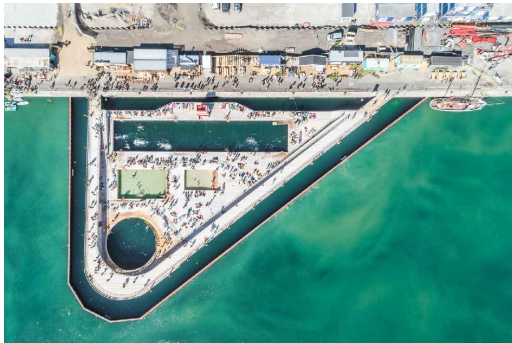
Autor: WHITE

Ano: 2013

Situación: Hasle, Dinamarca



<https://whitearkitekter.com/project/hasle-harbour-bath/>



ZONA DE BAÑO EN AARHUS

Autor: BIG

Ano: 2018

Situación: Aarhus, Dinamarca



https://www.archdaily.cl/cl/900125/bano-portuario-aarhus-big?utm_medium=website&utm_source=archdaily.cl



ZONA DE BAÑO EN COPENHAGEN

Autor: BIG, JDS

Ano: 2003

Situación: Copenhagen, Dinamarca



https://www.archdaily.com/11216/copenhagen-harbour-bath-plot?ad_medium=gallery



ZONA DE BAÑO EN SØRENGA

Autor: LPO

Ano: 2015

Situación: Oslo, Noruega



<https://www.lpo.no/prosjekter/sorenga-sjobad>



CANAL SWIMMER'S CLUB

Autor: Atelier Bow-Wow

Ano: 2015

Situación: Bruxas, Bélgica



<https://triennalebrugge.be/en/installations/canal-swimmers-club>

RECREATIVO E DEPORTIVO



BADEMASCHINEN SAUNA

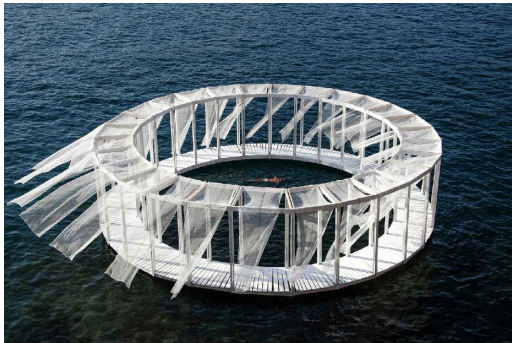
Autor: ACT!, Borhaven Arkitekter

Ano: 2021

Situación: Oslo, Noruega



<https://www.archdaily.com/987667/bademaschinen-sauna-act-plus-borhaven-arkitekter>



ANTIROOM II

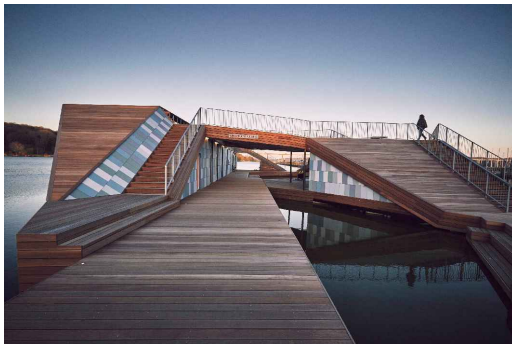
Autor: Ahmad El Mad, Elena Chiavi, Matteo Goldoni

Ano: 2015

Situación: Valletta, Malta



https://www.archdaily.cl/cl/780613/antiroom-ii-elena-chiavi-plus-ahmad-el-mad-plus-matteo-goldoni?utm_medium=website&utm_source=archdaily.cl



CLUB FLOTANTE DE KAYAK

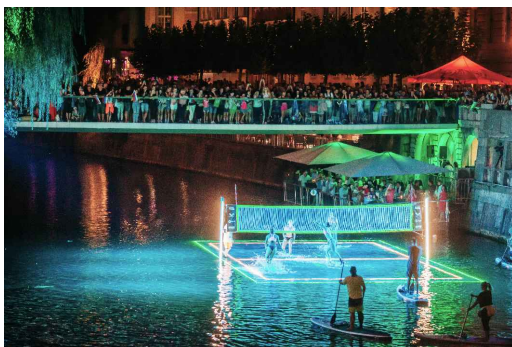
Autor: FORCE4 Architects

Ano: 2015

Situación: Vejle, Dinamarca



<http://force4.dk/projects/kayak-vejle/>



PISTA DE VOLEIBOL FLOTANTE EN LIUBLIANA

Autor: Extrem Experience

Ano: 2019

Situación: Liubliana, Eslovenia



<https://www.extrem.si/en/>



PISCINA PARA RSL MILANO PRO

Autor: Unit Surf Pool

Ano: 2023

Situación: Milán, Italia



<https://www.surf-pool.com/>

EXPERIMENTAL



CENTROPARCO MILANO

Autor: MAST

Ano: 2022 - en proceso

Situación: Segrate, Italia



<https://mast.dk/centroparco-milano>



COPENHAGEN ISLANDS

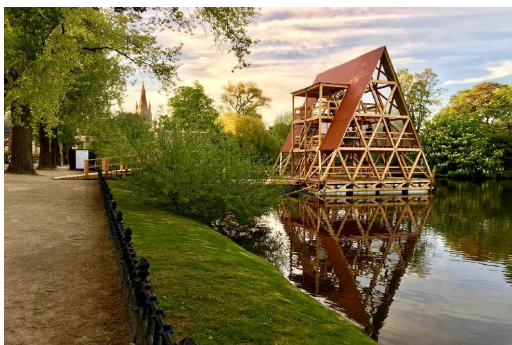
Autor: MAST

Ano: en proceso

Situación: Copenhagen, Dinamarca



<https://mast.dk/copenhagen-islands>



MAKOKO FLOATING SYSTEM

Autor: NLÉ

Ano: 2011

Situación: diferentes emplacements: Makoko, Bruxas, etc.



<https://nleworks.com/case/makoko-floating-system/>



JELLYFISH BARGE

Autor: Studiomobile

Ano: 2014

Situación: diferentes emplacements



<https://cargocollective.com/Studiomobile/Jellyfish-Barge>



PAVILION OF REFLECTIONS

Autor: Studio Tom Emerson

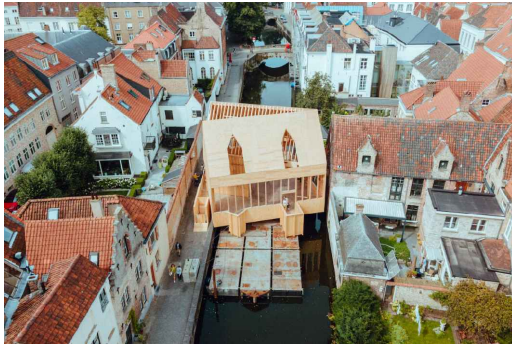
Ano: 2016

Situación: Zúrich, Suíza



<https://www.emerson.arch.ethz.ch/construction/pavilion-of-reflections>

EFÉMERA E EXPERIMENTAL



THE BRUGES DIPTYCH

Autor: Jan Latt

Ano: 2021

Situación: Bruxas, Bélgica



<https://triennalebrugge.be/en/installations/the-bruges-diptych>



SELGASCANO PAVILION

Autor: Selgascano

Ano: 2018

Situación: Bruxas, Bélgica



<https://triennalebrugge.be/en/installations/selgascano-pavilion>



THE FLOATING ISLAND

Autor: DBBA

Ano: 2018

Situación: Bruxas, Bélgica



<https://triennalebrugge.be/en/installations/the-floating-island>



ACHERON I

Autor: Renato Nicolodi

Ano: 2018

Situación: Bruxas, Bélgica



<https://triennalebrugge.be/en/installations/acheron-i>



RIJNHAVEN PAVILION

Autor: DeltaSync y Publicdomain Architects

Ano: 2010

Situación: Rotterdam, Países Baixos



<https://www.archdaily.cl/cl/02-223310/pabellon-flotante-auto-sustentable-en-rijnhaven-rotterdam>

IV. A TÉCNICA NA ARQUITECTURA FLOTANTE CONTEMPORÁNEA

Neste punto do traballo pasaremos a falar en maior medida da que nomeei arquitectura flotante contemporánea e dos seus aspectos técnicos que quedan dentro do campo da arquitectura e enxeñería e que deberemos empregar para realización deste tipo de obras.

O deseño desta arquitectura segue os mesmos principios (composición, funcionalidade, estética, plasticidade, etc.) que o resto da arquitectura actual. A diferenza radica en algúns aspectos técnicos que empregaremos para poder adaptarnos ao medio acuático. Isto terá consecuencias no deseño, pero como as pode supoñer o feito de estar nun deserto, nunha montaña ou entre dúas medianeiras no centro dunha cidade. O entorno marcaranos unhas necesidades, e mediante o deseño construtivo e arquitectónico pode dárselle solución.

4.1. PRINCIPIOS BÁSICOS DE DESEÑO TÉCNICO

Para poder abordar un proxecto flotante será preciso ter certos coñecementos físicos que nos permitan levar a cabo un deseño viable. Estas obras atoparase aboiando sobre un elemento en estado líquido, mentres que a arquitectura que vemos a diario está apoiada sobre un elemento sólido (o solo) e case sempre a aparición de auga trae consigo certos problemas.

A principal diferenza que traerá esta situación estará na cimentación e na estrutura, xa que a primeira atoparase sobre un líquido e a segunda porque deberá soportar, en maior ou menor medida, certo dinamismo.

Á hora que comezar o deseño deberemos ter en conta certos termos como son a flotabilidade, a estabilidade flotante, liña de flotación e liña de carga.

4.1.1. Flotabilidade

Segundo o MRSEC (Materials Research Science and Engineering Center) entendemos flotabilidade como o efecto causado pola chamada forza de flotabilidade. Esta é a forza do resultado da suma do peso do corpo e da forza de empuxe exercida polo líquido. Se esta forza resulta positiva o corpo somerxido ascenderá e por

tanto aboiará. Se pola contra esta forza é negativa o corpo descenderá e por conseguinte non flotará. Se a forza de flotabilidade resulta neutra o corpo permanecerá en suspensión dentro do fluído. De maneira matemática segundo Muradas (2021) para entender e calcular esta forza debemos saber o seguinte:

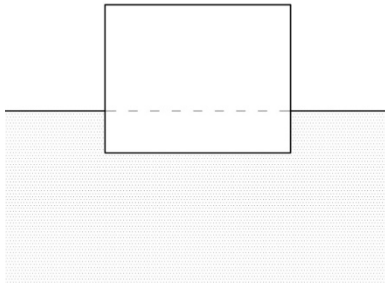


FIG 52: $d_f \cdot V_f > d_o \cdot V_o$

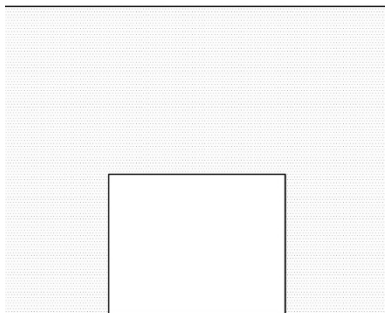


FIG 53: $d_f \cdot V_f < d_o \cdot V_o$

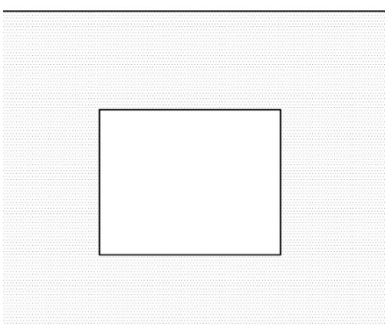


FIG 54: $d_f \cdot V_f = d_o \cdot V_o$

W: peso do corpo dirixido verticalmente cara abaixo e aplicado no seu centro de gravidade.

B: forza de empuxe ou flotación, é de dirección vertical ascendente causada polo líquido e aplicada no centro de empuxe (centro de gravidade do volume do líquido desprazado).

Por norma xeral, a forza de flotabilidade (F_f) actuante sobre un corpo somerxido é a suma de **W** e **B**:

$$F_f = W + B$$

$W = m_o \cdot g$ onde m_o é a masa do corpo e g a forza de gravidade.

$m_o = d_o \cdot V_o$ onde d_o é a densidade do corpo e V_o é o volume do corpo.

Por tanto $W = d_o \cdot V_o \cdot g$

Segundo isto e aplicando os principios de Arquímedes, a forza de empuxe **B** será igual en magnitude ao peso do fluído desprazado polo obxeto:

$B = d_f \cdot V_f \cdot g$ onde d_f é a densidade do fluído e V_f é o volume do fluído desprazado.

Por tanto se tomamos como positiva a dirección vertical cara arriba e como negativa a dirección vertical cara abaixo, a forza de flotabilidade (F_f) sería:

$$F_f = B - W = d_f \cdot V_f \cdot g - d_o \cdot V_o \cdot g$$

A forza F_f será negativa e por tanto o corpo afundirase cando $d_f \cdot V_f < d_o \cdot V_o$, pola contra F_f será positiva e por conseguinte o corpo flotará cando $d_f \cdot V_f > d_o \cdot V_o$. Se F_f resulta igual a 0, entón o corpo permanece en suspensión no interior do líquido.

Podemos concluír que "a causa da flotabilidade é simplemente un balance de forzas" (MRSEC).

4.1.2. Estabilidade flotante

Un corpo flotante será estable cando sexa capaz de manterse nunha posición que lle permita funcionar correctamente. Se unha construción perde dita posición perderá a estabilidade, podendo chegar a envorcar e colapsar.

Para analizar a estabilidade dun elemento flotante deberemos coñecer tres puntos claves:

- Centro de gravidade (G_w): é un punto imaxinario onde se aplicaríase o peso total do corpo.
- Centro de empuxe (G_B): é o centro de gravidade do volume de líquido desprazado, ou o que é o mesmo, o centro de gravidade da parte do corpo que se atopa somerxida. É o punto de aplicación da forza de empuxe. Este punto, dependendo da forma do corpo flotante, pode variar a súa posición cando o este se inclina.
- Metacentro (M): "é o punto teórico no que a liña vertical imaxinaria que pasa polo centro de empuxe e o centro de gravidade, se cruza ca liña vertical imaxinaria que pasa polo novo centro de empuxe (G_{B0}) creado cando o corpo se inclina". Britannica (2020).

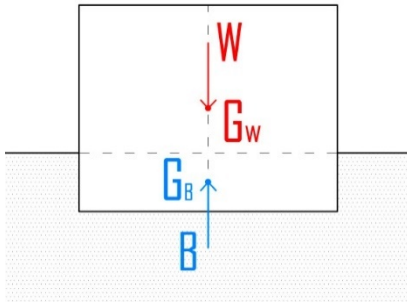


FIG 55

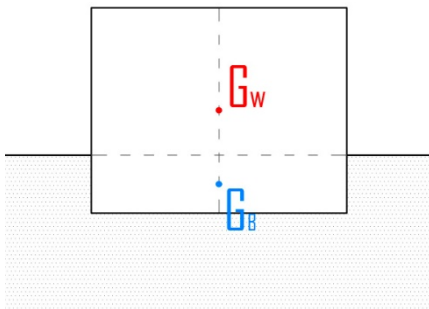


FIG 56

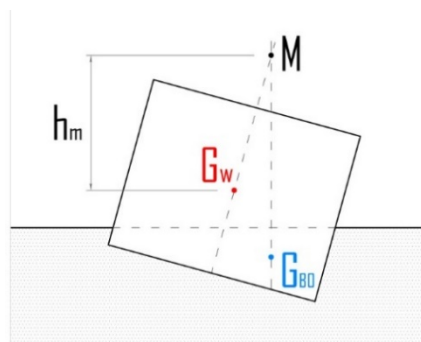


FIG 57

A relación entre os tres puntos determina a estabilidade do corpo flotante. Permitíndonos saber cal é o grao de inclinación máximo que pode chegar a alcanzar un corpo flotante antes de perder a estabilidade.

Esta relación funciona da seguinte maneira segundo Britannica (2020): O metacentro (M) permanecerá en liña vertical e por encima do centro de empuxe (B), independentemente da inclinación do corpo flotante. Cando un corpo está en repouso, o centro de empuxe está en liña vertical e por debaixo do centro de gravidade, así como por debaixo do metacentro. Cando un corpo se inclina, un lado despraza máis auga que o outro, e por tanto o centro de empuxe desprázase e xa non estará en liña vertical baixo o centro de gravidade. Independentemente da cantidade de inclinación, o centro de empuxe permanece en liña vertical debaixo do metacentro. A estabilidade aumenta coa distancia entre o metacentro e o centro de gravidade, chamada altura metacéntrica (h_m). Se o metacentro permanece por encima do centro de gravidade durante unha inclinación, o corpo é capaz de recuperar a súa posición de repouso e por tanto mantense estable. Pola

contra, se durante un movemento o metacentro pasa a estar por debaixo do centro de gravidade, o corpo é inestable e produciríase un xiro do corpo e por tanto un posible colapso estrutural e funcional.

Por tanto, unha gran altura metacéntrica proporcionará unha maior estabilidade. Para isto compre facer un deseño cun centro de gravidade o máis baixo posible e un metacentro o máis alto posible (Koekoek, 2010). Como consecuencia deberemos deseñar construcións con bases amplas e pesadas e estruturas lixeiras para formar o edificio.

Outro punto a ter en conta para garantir a estabilidade do edificio é a estiba de todas as partes que formen a edificación, dende os elementos construtivos ata o mobiliario. Por tanto, unha mala distribución dos elementos interiores pode xerar certas inestabilidades. Por exemplo, zonas pesadas como os baños, cociña ou cuartos de instalacións deberán ir, preferiblemente, situados en planta baixa e estratexicamente colocados para conseguir un deseño estable.

A maiores de saber realizar estes cálculos para garantir a estabilidade e o bo funcionamento destes proxectos, tamén haberá outras técnicas complementarias para manter as construcións estables, estamos a falar dos amarres. Coñecemos por amarres ás diferentes maneiras de coaccionar ou reducir certos movementos dun corpo flotante mediante a súa unión cun punto fixo. Estes amarres teñen dúas funcións principais: unha é garantir o máximo nivel de estabilidade do edificio, e a outra é reducir pequenos movementos, que aínda non poñendo en perigo a estabilidade da obra poidan incomodar ou alterar o confort dos seus usuario. Máis adiante veremos algúns dos tipos de amarres máis empregados en arquitectura flotante.



FIG 58

4.1.3. Liña de flotación e liña de carga

A **liña de flotación** é a liña xerada pola intersección do plano formado pola superficie da auga e a plataforma do edificio cando este se atopa flotando. Por definición esta liña variará dependendo de diferentes factores como a carga, as características da auga, a estiba, etc. Así pois, a liña de flotacións determinarase para as condicións de uso que o proxecto vaia a ter a diario. Compre marcar fisicamente esta liña, xa que servirá como referencia para saber se a estiba se fai de forma correcta.

A outra liña que debemos coñecer é a **liña de carga**. Esta estará por encima da liña de flotación e indicaranos o límite máximo de afundimento que o edificio poderá soportar sen poñerse en risco. Deberá estar indicada fisicamente para poder ver dun xeito rápido e sinxelo se a edificación está preto de superala, xa que de facelo podería escorar. En arquitectura flotante debe calcularse unha distancia suficiente entre a liña de carga e a superficie da planta baixa do edificio para evitar que en situacións puntuais de sobrecarga a auga poida chegar ao interior da construción.

Como vemos, entender e traballar con estes principios de mecánica de fluídos e técnicas náuticas será necesario para abordar un proxecto que garanta un bo deseño e funcionamento.

4.2. MÉTODO CONSTRUTIVO

Segundo o método construtivo podemos ter dous tipos de arquitecturas flotantes contemporáneas: obras prefabricadas ou obras realizadas *in situ*. Unhas tipoloxías que podemos ver tamén dende fai décadas en obras de terra firme.

4.2.1. Obras prefabricadas

Son construcións realizadas en taller, por normal xeral estes proxectos son realizados por completo por unha empresa especializada, dende o seu deseño ata a súa execución. Todo o proceso realízase nas mesmas instalacións de maneira industrial, cun alto control de execución. Acostuman a ser proxectos modulares, o que permite axilizar tanto a parte de deseño como a de execución. Aínda que se trata dun proceso industrializado, o cliente pode formar parte de todo o proceso, tanto no apartado de deseño, onde poden personalizar ao seu gusto todos os detalles, coma no proceso construtivo, no que poderá visitar e seguir todo o proceso de construción. Os tempos de elaboración deste tipo de proxectos pode oscilar, segundo Gutiérrez (2020), entre cinco e dez meses (de tres a seis meses a parte proactiva e de dous a catro a parte construtiva). O transporte ata o seu destino poderá facerse de dous xeitos: Se o tamaño o permite e a distancia ao seu emprazamento non é excesiva, a obra poderá ser transportadas completamente rematada por vía rodada. Se as dimensións do



FIG 59: Exemplo obra prefabricada



FIG 60: Exemplo obra prefabricada

proxecto non se adaptan aos estándares de transporte especializado ou se a distancia entre a fábrica e o emprazamento definitivo é moi grande, a construción deberá ser transportada por partes, e posteriormente armada por man de obra autorizada polo fabricante. Unha vez a carón da auga o edificio será botado mediante un guindastre e posteriormente levado ao seu lugar de amarre mediante remolcadores no caso de edificios estáticos. Moitas empresas armadoras deste tipo de obras xa se atopan ao carón da auga para poder facer todo traslado do proxecto por vía acuática ata o seu lugar de destino. No caso de ser un edificio móbil, unha vez na auga xa se movería de forma autónoma.



FIG 61: Exemplo obra realizada *in situ*

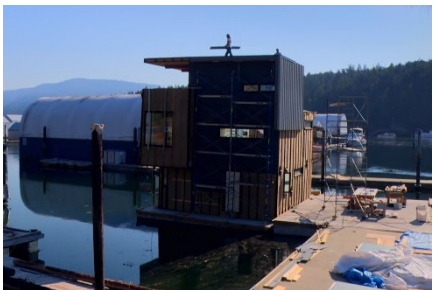


FIG 62: Exemplo obra realizada *in situ*

4.2.2. Obras realizadas *in situ*

Son proxectos de dimensións maiores que os prefabricados, polo que a súa fabricación realízase total ou parcialmente preto do seu emprazamento (*in situ*), ben na propia auga ou nun estaleiro que permita a súa botadura. Neste caso, algunhas partes serán realizadas en taller xa que precisan dun alto control de fabricación. O resto da construción levarase a cabo de xeito máis tradicional. Este método apenas difire dalgúns métodos construtivos que xa levan décadas funcionando en terra firme. Acostuma a ser unha construción de xunta seca mediante estruturas de aceiro ou madeira, deixando o formigón só para a plataforma ou para elementos puntuais. Como vimos, interesa unha construción lixeira, concentrado o maior peso na base e así poder manter un centro de gravidade baixo. Neste caso non estamos a falar dunha construción estandarizada nin industrializada, polo que un estudo de arquitectura (co asesoramento preciso) encargárase de realizar o proxecto e a dirección e execución da obra.

4.3. ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

4.3.1. Plataformas flotantes ou pontóns

Denomínase así ao elemento que serve de base a un edificio flotante e dota a este da capacidade para aboiar. Na actualidade hai diferentes tipos de pontóns en función do seu material e das dimensións e necesidades do edificio. En comparación cunha

construción en terra firme podemos dicir que unha plataforma flotante é a cimentación destes edificios, xa que é o elemento estrutural que serve de base para recibir e transmitir as cargas do edificio ao terreo, que neste caso é a auga. Este elemento pode estar fabricado de diferentes materiais como agora veremos:

Pontóns de formigón



FIG 63: Fabricación pontón de formigón

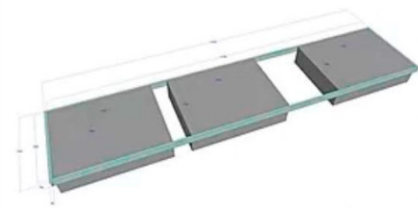


FIG 64: Esquema pontón de formigón modular

Este tipo de pontón son os máis empregados e podemos atopalos en todo tipo de obras flotantes, dende enormes infraestruturas viarias ata pequenas vivendas. A súa fabricación consiste nunha estrutura prismática de formigón armada. O seu interior pode estar baleiro ou estar recheo de poliestireno expandido para unha maior flotabilidade. Tamén pode albergar o paso e colocación das diferentes instalacións que precise o edificio. Incluso a día de hoxe hai deseños que permiten empregar este espazo como unha habitación máis do edificio. Estes elementos deben de ser monolíticos, dun formigón impermeable e formulado para aguantar as condicións das augas. Están fraguados nunha soa peza para evitar xuntas e garantir a súa estanquidade. Este tipo de plataformas ofrecen unha longa vida útil, unha boa flotabilidade e dan moitas posibilidades á hora de realizar un proxecto. Isto último é debido a que podemos ter pontóns de formigón dunha soa peza ou pontóns modulares formados pola unión de varias pezas, o que proporciona unha gran liberdade á hora de proxectar.

Os pontóns dunha soa peza proporcionan unha gran estabilidade flotante, maior que a dos modulares. Pero pola contra terán unhas dimensións limitadas. Isto é debido principalmente ao tamaño limitado polos encofrados e o seu posterior traslado. Outro factor a ter en conta é o da dilatación térmica xa que estas pezas non poden presentar xuntas. Este tipo de plataformas son moi empregadas en vivendas e proxectos de tamaño comedido realizados integramente en taller. Empréganse para edificios que van ter un emprazamento fixo, xa que o seu desprazamento por medio acuático depende de remolcadores e sempre debe ser en augas tranquilas.

Pola súa banda, as plataformas modulares de formigón dannos maior flexibilidade en deseño e en tamaño. Tamén ofrecen unha boa flotabilidade. A súa fabricación acostuma a realizarse en dúas fases: unha primeira de elaboración dos módulos que se fai en taller e que consiste no fraguado de prismas cun interior de poliestireno; e unha segunda fase, que acostuma a ser nun emprazamento xa a carón da auga, onde se unen os diferentes

corpos mediante unha estrutura metálica. Ao igual que os pontón dunha soa peza estes tamén están pensados para edificios estáticos e en augas tranquilas.

A elección entre estes dous sistemas vai depender principalmente do tamaño do proxecto e de se a obra vai ser fabricada en taller ou in situ. Outro factor que determina estas decisións en moitos casos é a forma de traballar da empresa armadora, xa que na meirande parte destes proxectos é unha mesma empresa a que desenrola a totalidade da obra.

Pontón metálicos

Segundo Gutiérrez (2020) os pontóns metálicos constrúense utilizando aliaxes lixeiras de aluminio ou aceiro con diferentes acabados de protección dependendo das augas nas que se vaia atopar o proxecto. Acostuman a ser plataformas modulares e cada un destes módulos estará dividido en numerosas seccións (de entre 800 e 1500 milímetros) para garantir a flotabilidade e seguridade no caso de danos no casco. Tamén existen plataformas dunha soa peza, coma se dun casco dun barco se tratase. Estes pontóns son especialmente adecuados para vivendas flotantes móbiles con motores e para localizacións en augas con ondas máis fortes. Son aptos para todo tipo de embarcacións, pero teñen a desvantaxe de ser entre dúas e tres veces máis caros que os pontóns de formigón ou polietileno equivalentes. Xeralmente, estas plataformas metálicas son parcialmente desmontables para facilitar o transporte e reducir os custos e restricións asociadas. Cada modelo de plataforma está personalizado segundo as necesidades do cliente, tendo en conta aspectos como a potencia do motor instalado ou a inclusión de inspeccións en dique seco. Este tipo de plataforma ten unha vida útil duns trinta anos, aínda que require de inspeccións e dunha serie de mantementos periódicos en terra de forma máis frecuente que os de formigón.



FIG 65: Exemplo pontón metálico



FIG 66: Exemplo pontón metálico

Pontóns plásticos

Segundo o mesmo autor, estes pontóns están conformados a base de polietileno, un material plástico, lixeiro e impermeable que permite a flotación de estruturas pequenas e lixeiras. Son plataformas que destacan polo seu baixo peso, longa vida útil e boa relación calidade-prezo. Estes pontóns están recheos con espuma



FIG 67: Exemplo pontón plástico

de poliestireno de alta densidade e son capaces de manter sempre a súa capacidade de flotación, aínda que se produzan danos no seu revestimento externo. A disposición máis común da estrutura de flotación é a de dous flotadores lonxitudinais de entre 1,5 e 2 metros de anchura e unha altura de entre 1 e 1,5 metros aproximadamente. Con esta disposición dos flotadores, estas obras flotantes teñen unha excelente estabilidade en augas tranquilas e son estruturalmente resistentes a ondas de ata un metro de altura e con calquera ángulo de incidencia. Estas características permiten que estes proxectos se poidan dotar de motores de propulsión para e conseguir un proxecto móbil. Ademais, a existencia de dous flotadores diferenciados permite a substitución dun deles no caso de resultar danado. Este tipo de pontón está deseñado para resistir baixas temperaturas, pero non está preparado para soportar o impacto de placas de xeo en ríos conxelados. É común que algúns modelos de pontóns de plástico incorporen no seu interior tanques de tratamento de augas residuais ou algún outro tipo de instalación.

4.3.2. Estrutura, cerramentos e acabados

Como vimos no apartado de principios de deseño técnico, un proxecto flotante deberá ter unha base pesada e un corpo superior lixeiro para ter unha maior estabilidade flotante. Por este motivo cando se leva a cabo unha obra deste tipo empregaremos estruturas metálicas, de madeira ou mixtas. Deberán terse en conta factores adicionais, como ter a capacidade para soportar os posibles movementos de balanceo producidos polas ondas e polo vento. Outro factor que debemos ter presente no deseño estrutural (e en todos os elementos do edificio) é o reparto de cargas sobre a plataforma flotante para garantir unha correcta flotabilidade. Isto pode facerse con estruturas o mais simétricas posibles, combinando diferentes materiais ou empregando contrapesos. Sexa dunha forma ou de outra, o reparto de cargas debe ser uniforme para garantir a fiabilidade do proxecto.

Para realizar os cerramentos e tabiques interiores sole optarse por sistemas lixeiros, ben mediante sistemas de madeira ou perfís metálicos ou ben por sistemas prefabricados tipo panel sándwich. Como vimos os prefabricados son moi empregados, a seu control de fabricación é a seu proceso de instalación fan que sexan unha boa opción. Hai que ter presente que os principios dunha arquitectura sostible e os métodos das passivhaus acostuman a estar presentes neste tipo de arquitectura. Empregaranse

eficientes sistemas de illamento térmico e materiais que respecten o medio. Para os acabados exteriores, tanto na fachada como nas carpinterías, os materiais máis empregados son a madeira e todos os seus derivados e diferentes aliaxes metálicas.

Para todos os elementos dun edificio flotante, tanto interiores como exteriores deben terse en conta dous factores que serán determinantes para a integridades dos mesmos e do conxunto: son a exposición ambiental e a elasticidade do material. O emprazamento destes proxectos fai que as condicións ambientais sexan daniñas para os materiais, por iso é de gran importancia a correcta elección dos materiais e acabados correctos. O mantemento periódico e os adecuados procesos de tratamentos protectores son fundamentais. Escoller sistemas construtivos modulares permite a substitución dun elemento no caso de deterioro de gran dificultade. En canto ao factor elástico é tamén importante, debido a que estas construcións estarán sometidas a posibles movementos que poden causar danos que afecten a integridade da obra.

4.3.3. Instalacións

Cando falamos de instalacións dun proxecto flotante vamos a diferenciar entre tres tipos: instalación autosuficiente, instalación mixta e instalación convencional. Podemos atopar tamén casos nos que se combinen estes tipos de instalación en función de necesidades específicas do cliente. É importante entender que calquera dos tres sistemas contará con compoñentes de alta eficiencia enerxética e sistemas de enerxías renovables respectuosos co medio ambiente. Crear este tipo de arquitectura en contacto coa auga obriga a un proceso construtivo e unha forma de vida o máis sustentable posible.

Instalacións autosuficientes

As instalacións autosuficientes están ideadas sobre todo para proxectos móbiles e de pequeno tamaño que non precisen de conexión co terra firme para abastecerse. Son sistemas con instalacións eléctricas sofisticadas, que xeran a enerxía mediante paneis fotovoltaicos e aeroxeradores conectados a un conxunto de baterías. Tamén hai prototipos de sistemas que aproveitan as correntes das augas para xerar electricidade. Estes sistemas están conectados cos sistemas motrices do edificio, podendo

moverse ao longo do día na procura das mellores condicións. Este tipo de sistemas tamén van equipados con algún tipo de xerador de emerxencia de combustibles fósiles. A instalación que reparte a electricidade polo edificio realízase de igual forma que nunha construción tradicional. Os cadros de control están provistos de sistemas e sensores que poden desconectar a corrente eléctrica no caso dunha emerxencia. Este tipo de obras autosuficientes deben estar proxectadas para un baixo consumo enerxético e un funcionamento moi eficiente.

Segundo Gutiérrez (2020) para realizar o abastecemento de auga empregan un sistema de bombas e unidades de tratamento de augas que permiten abastecerse do propio medio no que se atopan. Esta auga unha vez tratada e potabilizada pode almacenarse en depósitos para o seu posterior consumo. En canto a auga quente sanitaria pode obterse por diferentes sistemas (paneis solares, sistemas bombas de calor auga-auga ou auga-aire, caldeiras, etc.) pero sempre tendo en conta que supoñen un gasto enerxético importante.

As augas residuais son tratadas mediante unha planta de tratamento de augas grises de dous ou tres procesos de filtrado que deben garantir a eliminación de máis dun noventa por cen de materia orgánica de refugallo. Tras este proceso a auga limpa pode devolverse ao medio mentres que os refugallos son almacenados nun depósito para o seu posterior baleirado en terra firme.

Os sistemas de climatización destes proxectos deben ser o máis eficientes posibles. É por iso que nas vivendas autosuficientes os principios *passivhaus* sexan fundamentais.

Instalación convencional

Estes sistemas son os empregados en edificios flotantes proxectados para estar sempre amarrados en puntos fixos. Isto fai que a conexión coa terra sexa permanente e permite estar conectado ao edificio á rede pública para calquera tipo de necesidade. Así pois, as instalacións destes proxectos serán iguais as que poderíamos atopar nunha vivenda convencional en terra firme. Solen estar equipadas con sistemas de enerxías renovables e equipamentos de grande eficiencia. É común nestas obras atopar sistemas de emerxencia adicionais como xeradores de enerxía.

Instalación mixta

Este tipo de instalación atoparémolo en proxectos tamén móbiles, pero que o seu uso será maioritariamente amarrado a terra. Así pois estes proxectos disporán de instalacións convencionais que irán conectadas aos diferentes sistemas de subministración públicos e funcionarán de igual forma que un edificio en terra. Podemos atopar casos nos que haberá conexión a terra firme de todas as instalacións ou casos nos que só haberá conexións dalgúns dos sistemas. En función de se a conexión rede pública é total ou parcial haberá máis ou menos sistemas autosuficientes. En calquera dos casos o edificio estará provisto de sistemas de produción e almacenamento de enerxía e auga para poder funcionar durante períodos de tempo determinados sen necesidade de conexión con terra firme. En resumidas contas trátase dun sistema mixto entre autosuficiencia e dependencia da rede pública que se inclinará máis cara un sistema ou outro en función das necesidades dos usuarios.

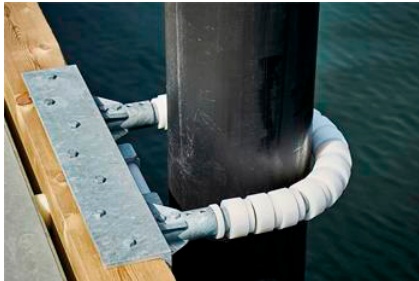


FIG 68: Exemplo de amarre: sistema de pilotes e argolas



FIG 69: Exemplo de amarre: sistema de bielas



FIG 70: Exemplo de amarre: sistema de unión entre pontóns

4.3.4. Amarres

As construcións flotantes requiren dun sistema de ancoraxe a un punto fixo, que limite a súa mobilidade e as mantéña fixas no seu lugar de emprazamento. Os sistemas de amarra poden ser variados e dependerá da normativa da comunidade e das condición do medio no que se atope.

No caso de edificios que van permanecer fixos nun lugar durante moito tempo estes amarres coaccionan os posibles movementos no plano horizontal. Pero permiten que a construción se mova no plano vertical para poder adaptarse as condicións cambiantes da auga: mareas, ondada, enchentes, etc. Algúns destes tipos de amarres son os seguintes: sistema de pilotes e argolas, sistema de bielas e sistema de pesos mortos e cables.

Os proxectos flotantes móbiles poderán empregar diferentes sistemas segundo onde fondeen. Se atracan en portos, farano do mesmo xeito que as construcións fixas. Se pola contra desexan fondear no medio das augas empregaran sistemas de ancoraxe iguais ao dunha embarcación.

En canto ao lugar de amarre podemos atopar variedade de opcións. Vemos amarres en canais de cidades que son lexislados polo goberno local. Tamén podemos atopar zonas portuarias xa deseñadas e adaptadas especificamente para acoller este tipo de

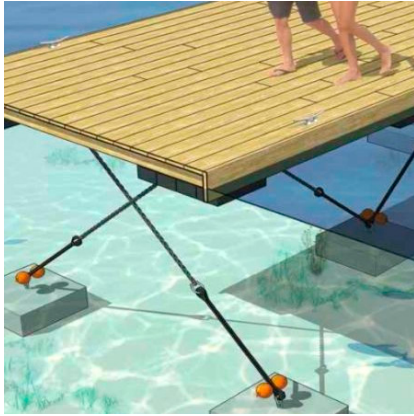


FIG 71: Exemplo de amarre: sistema de pesos mortos e cables

arquitectura. Por outro lado atopamos casos de comunidades flotantes amarradas en portos deportivos como se de embarcacións se tratasen. A posibilidade de atraque dependerá da normativa local e das instalación que a construción precise.

Os usuarios desta arquitectura flotante terán varias opción a hora de obter unha localización. Dependendo da normativa poderán comprar unha parcela ou alugala por un tempo determinado.

4.4. ANÁLISE DE OBRAS

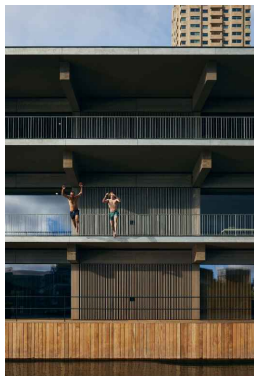
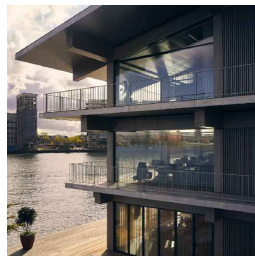
A continuación veremos máis en profundidade tres obras, que responden a dous criterios escollidos e relacionados entre eles. Son a escala edificatoria e o sistema de flotación. Isto permitíranos ver como se empregan as plataformas flotantes e os pontóns vistos no apartado 4.3.1. e para que edificios son máis adecuados.

Estes tres casos de estudo responden ás tres principais escalas que podemos atopar na arquitectura flotante: grande, mediana e pequena. Pola outra banda veremos que sistemas de flotación empregan e como os levan a cabo: plataforma de formigón, sistema de pontóns encarcerados, e pontóns independentes.

O primeiro edificio que veremos responde a unha escala grande e emprega unha plataforma flotante de formigón. Na actualidade este sistema de flotación é o máis empregado en gran e mediana escala.

A segunda obra que veremos é de escala mediana e posúe un sistema de flotación de pontóns encarcerados. Este sistema é moi empregado en mediana escala e tamén se pode atopar en casos de pequena escala. Os flotadores que os forman poden ser de diferentes materias como xa vimos (metálicos, plásticos, etc.).

O terceiro caso é un exemplo de pequena escala cun sistema de flotación de pontóns independentes. Este sistema é o máis usado nesta escala pola súa sinxeleza e facilidade construtiva. Un punto a ter en conta é que os edificios desta escala tenden a ser cambiados de situación con máis frecuencia que os de maior tamaño, o que pode levar consigo danos nos flotadores por impactos. E este sistema permite cambiar de forma sinxela o elemento en cuestión.



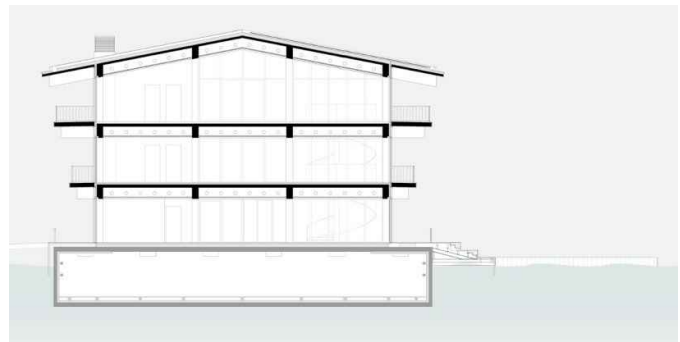
OFICINA FLOTANTE EN ROTTERDAM

Estas oficinas son diseñadas para Global Center on Adaptation (GCA), un centro global de coñecemento que ofrece apoio en materia de cambio climático a países, organizacións e empresas. Polo que o edificio debía de exemplificar os principios da arquitectura sostible e autosuficiente.

Así pois, está equipado con sistemas de control de enerxía tanto pasivos como activos. Os sistemas pasivos baséanse na inclinación da cuberta e as terrazas en beiril, que proporcionan a sombra necesaria para as amplas fiestras. Pola súa banda, os sistemas activos inclúen paneis solares e un sistema de intercambio de calor baseado en auga situado na plataforma flotante.

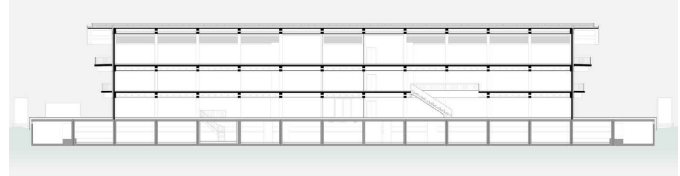
A estrutura do edificio construíuse completamente con madeira procedente de bosques próximos, o que reduciu significativamente a súa pegada de carbono. O proceso de montaxe de todas as partes estruturais realizouse mediante sistemas de parafusos, sen necesidade de adhesivos, para poder desmontala nun futuro e poder reutilizar os materiais.

Sección transversal



No que respecta ao deseño interior, o espazo da planta baixa destinouse a áreas sociais, como a recepción, o restaurante, as salas de reunións e ata unha piscina flotante, mentres que os pisos superiores reserváronse para as diferentes áreas de traballo.

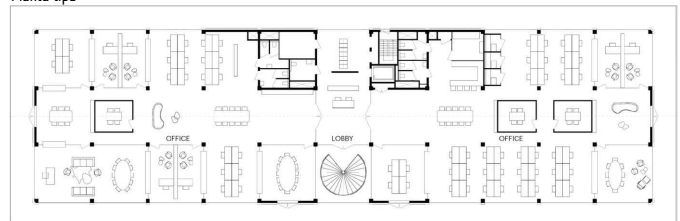
Sección lonxitudinal



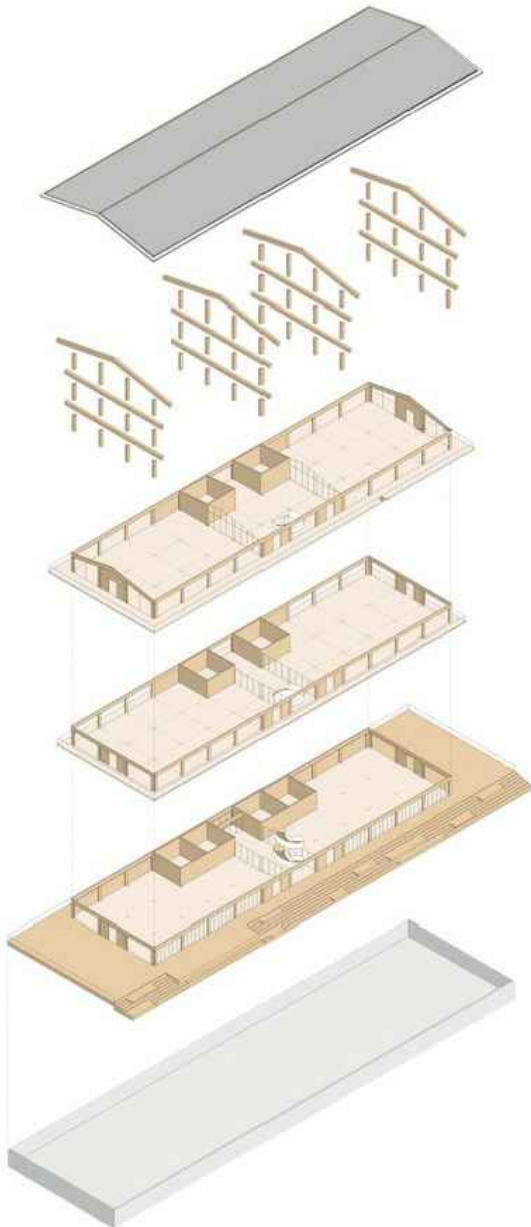
Planta baixa



Planta tipo



Esquema estrutural



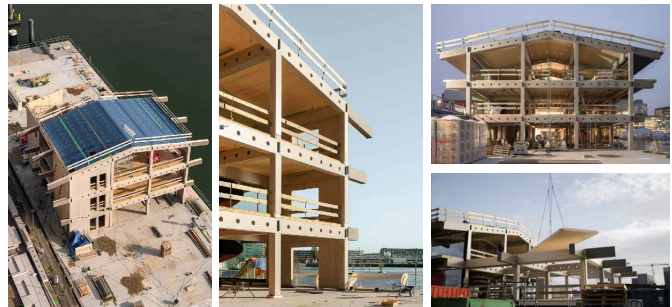
PROCESO CONSTRUCTIVO

Dende o punto de vista estrutural, o primeiro que se plantexa nun proxecto destas características é conseguir a flotabilidade correcta. Para isto é fundamental facer un deseño que reparta as cargas de forma equilibrada sobre a plataforma flotante. Engadir contrapesos debe de evitarse na medida do posible, xa que engadir peso extra pode alterar drásticamente as dimensións da estrutura. Así pois, optar por deseños simétricos e modulares acostuma ser unha boa e eficaz maneira de lograr un deseño acertado, e é o que se fixo neste proxecto.

O conxunto estrutural do edificio consiste nunha plataforma flotante de formigón sobre a que se constrúe unha estrutura de pórticos transversais fabricado con CLT. Todas as partes son deseñadas e fabricadas en taller e chegan a obra listas para ser ensambladas.

Podemos dicir que este proxecto precisou de catro ubicacións distintas para completar a súa construción: dúas para a fabricación da plataforma flotante e dúas para a fabricación do resto do edificio. Primeiramente construíronse os pontóns de formigón en taller, para a continuación ser transportados por vía acuática ata o porto onde se ensamblaron para formar a gran plataforma flotante. Seguidamente, a plataforma foi remolcada ata a ubicación onde se levantaría o resto do edificio. Neste emprazamento recibíronse as diferentes partes fabricadas en taller e levouse a cabo a finalización do edificio. Finalmente esta obra flotante foi remolcada ata a súa situación definitiva.

Este proceso de loxística é complexo e clave, xa que a fabricación e traslado de todas as partes do edificio, en especial a plataforma flotante, está marcado polas dimensións dos ríos, canais e esclusas que debe percorrer o edificio ata chegar ao seu emprazamento final.

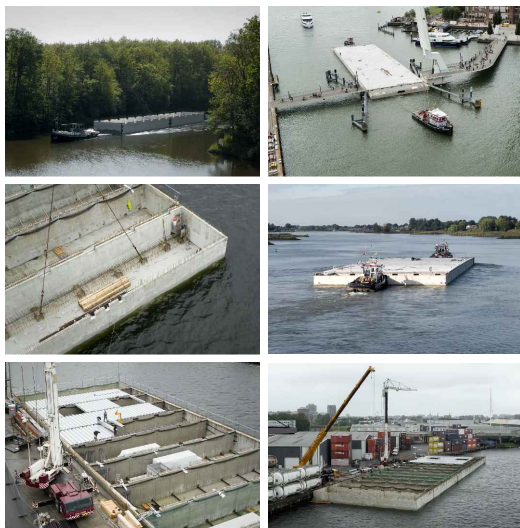
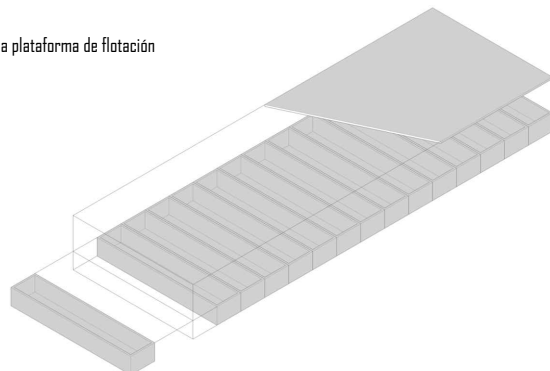


SISTEMA DE FLOTACIÓN

O sistema de flotación empregado neste proxecto trátase dunha plataforma de flotación modular de formigón. Consiste na unión dunha serie de pontóns de formigón alongados, abertos e cunha sección transversal en forma de U. Estes módulos unha vez ensamblados entre eles son cubertos mediante un forxado de formigón.

Fabricar unha plataforma con pontóns ten outras funcións a maiores de ser o flotador do edificio. Este sistema permite ter sectorizada a plataforma, para en caso dunha filtración de auga poder garantir a integridade da obra. Ao mesmo tempo serve para colocar as instalacións precisas no proxecto.

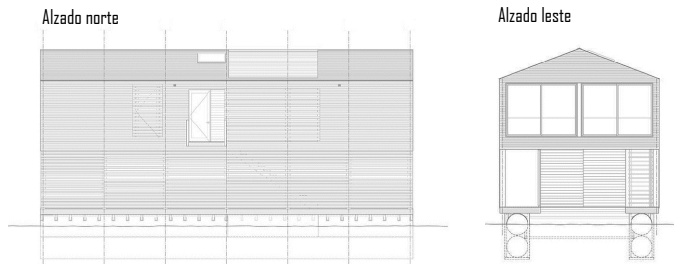
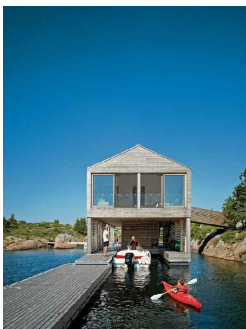
Esquema da plataforma de flotación



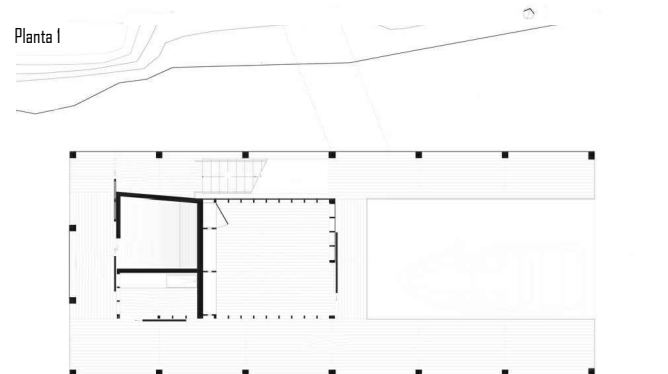
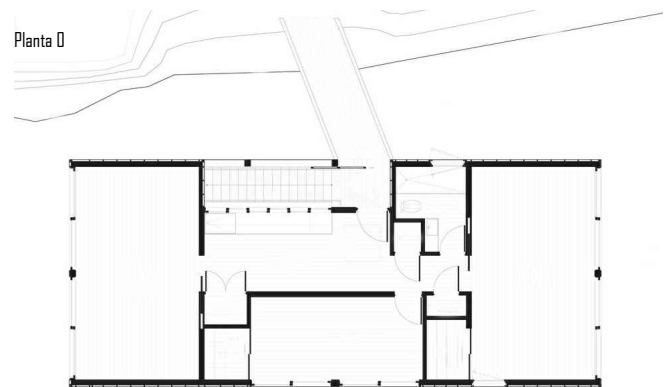
CASA FLOTANTE EN LAKE HURON

Cando os donos adquiriron esta propiedade en Lake Huron, Ontario (Canada), orixinalmente constaba de dúas cabanas en ruínas e unha caseta para barcos. Ante estas pre-existencias, o estudo de arquitectura MOS leva a cabo un proxecto de cinco edificios situados en este pequeno arquipélago, entre os cales se atopa a vivenda flotante da que falamos.

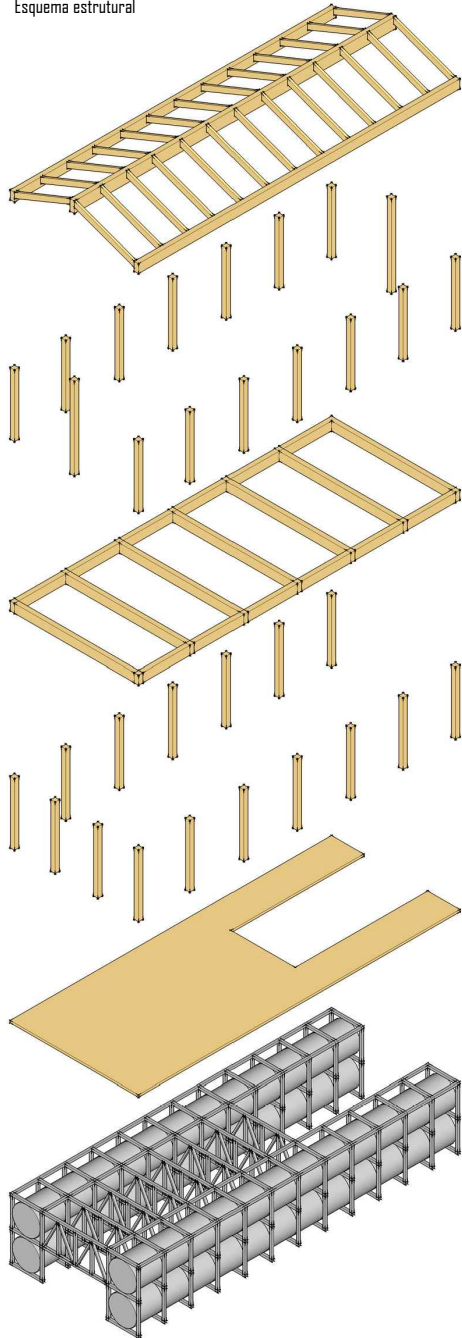
Esta está situada entre dúas pequenas illas, comunicada con elas mediante pasarelas. Está vencellada á arquitectura local tanto en forma como en materias, respetando así a cultura e o medio. Deste xeito emprégase a madeira de cedro, abundante na zona, para a estrutura e toda a pel exterior da vivenda. Este cerramento ten continuidade a modo de filtro en parte do ocós da vivenda, conseguindo unha luz homoxenea e un control solar adecuado para o cambiante clima da zona.



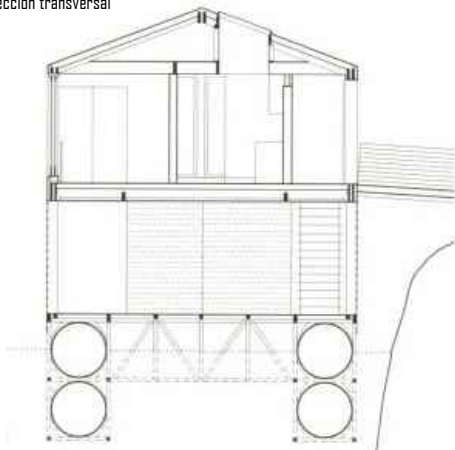
O uso principal desta vivenda concéntrase en períodos vacacionais. A vinculación coa auga atopámola no programa da planta baixa, totalmente adicada ao uso do lago. Neste primeiro andar, en forma de U, atopamos un embarcadiiro cuberto un pequeno almacén, e dúas pequenas zonas de servizo. Todo isto percorrido por un corredor perimetral que da acceso tamén a unha plataforma flotante que comunica a casa cunha das illas. Na planta superior, dedicada a vivenda, atopamos dous dormitorios, un salón comedor, baño, cociña e o acceso a outra illa mediante unha ponte articulada.



Esquema estrutural



Sección transversal

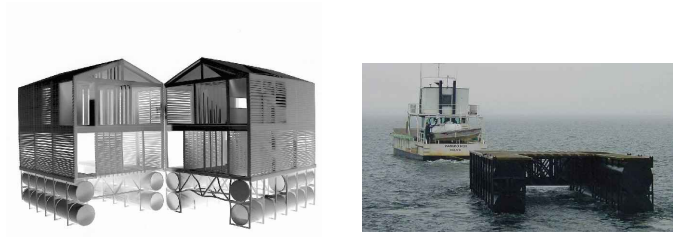


PROCESO CONSTRUTIVO

O acceso ao lugar do proxecto só se pode conseguir a través dunha viaxe en barco de vinte minutos desde o continente. Ademais, o clima é impredecible, con temperaturas que oscilan entre -20 e máis de 40 graos centígrados, acompañadas de fortes ventos do oeste no inverno.

Por estes motivos e debido aos cambios significativos nos niveis da auga do lago, a construción desta casa flotante presentou desafíos tanto en termos de construción como de lóxística.

Así pois, os arquitectos optaron por evitar os métodos de construción convencionais, xa que resultarían extremadamente custosos debido ao transporte de materiais ata as illas. En lugar diso, os materiais de construción foron transportados ao taller do contratista, situado na beira do lago. Primeiro construíuse a plataforma de aceiro con pontóns incorporados, que foi remolcada ao lago desde o taller. A continuación, erguíuse a casa sobre a plataforma flotante no lago conxelado, preto da beira. Finalmente, a casa rematada foi remolcada polo lago ata o seu emprazamento definitivo.

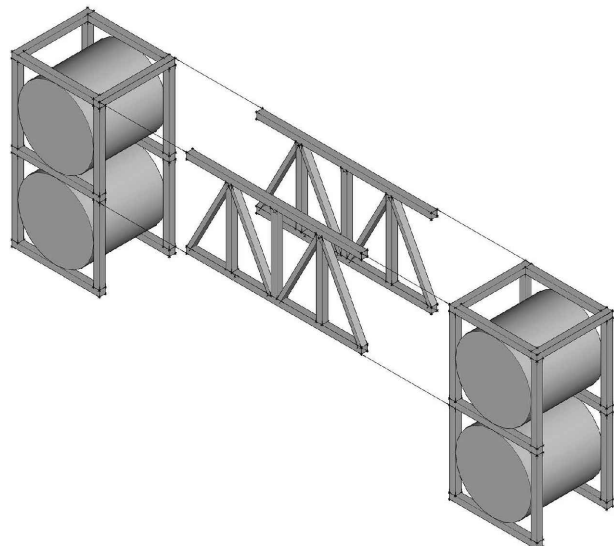


SISTEMA DE FLOTACIÓN

A plataforma de flotación está construída polo sistema de pontóns encarcerados. Consiste na fabricación dunha estrutura, metálica neste caso, que fixa unha serie de pontóns encargados de dotar de flotabilidade a todo o conxunto. Neste proxecto óptase por flotadores tamén metálicos.

A plataforma desta obra consiste en dous flotadores lonxitudinais formados por unha estrutura que fixa unha serie de pontóns colocados en dous niveis. Estas dúas liñas de flotadores irán unidas por unha serie de cerchas. Deste xeito conseguimos unha plataforma que non só proporciona a estabilidade flotante necesaria ao edificio, senón que a súa forma tamén responde á función de embarcadoiro. Esta plataforma funciona como a cimentación dun edificio en terra firme. Sobre ela levántanse as outras partes da estrutura. Neste caso un sistema de vigas e pilares de madeira de cedro.

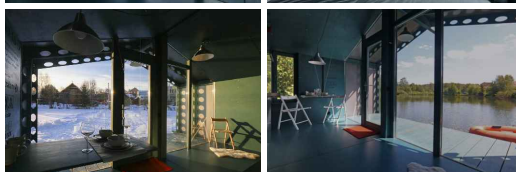
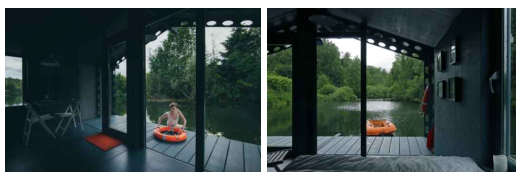
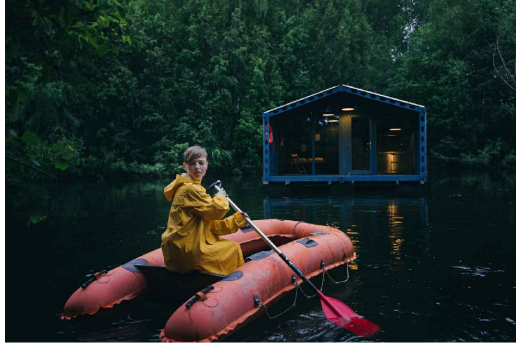
Esquema do sistema de flotación



DD 16

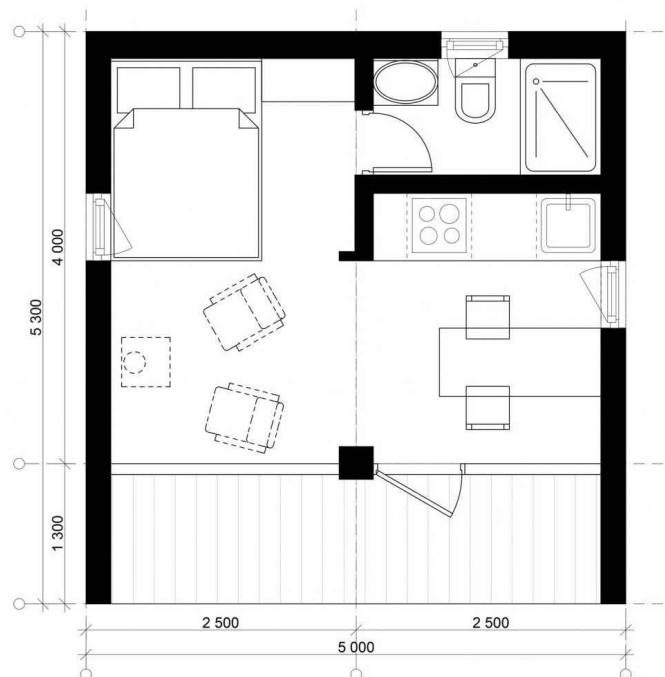
Esta cabana flotante é proxectada polo estudo de arquitectura Bio-Architects a partir dun proxecto previo. Busca rediseñar a estrutura, detalles construtivos e todo tipo de acabados para conseguir un edificio capaz de resistir nos entornos máis extremos, como pode ser un lago no medio dunha montaña.

O edificio está deseñado para un uso vacacional, para unha ou dúas persoas principalmente, e de duración determinada. En planta dispónse un espazo en L que acolle a cociña, zona para unha mesa, unha estufa e un sillón e unha cama dobre. Para cumprimentar o programa temos un baño completo e diferentes zonas de almacenaxe. A cabana está equipada cos sistemas necesario de produción de enerxía e tratamento de augas para poder funcionar de forma autónoma. A fronte principal é unha gran cristaleira cunha pequena terraza exterior cuberta, pensada para orientar ao sur no hemisferio norte e ao norte no emisferio sur.

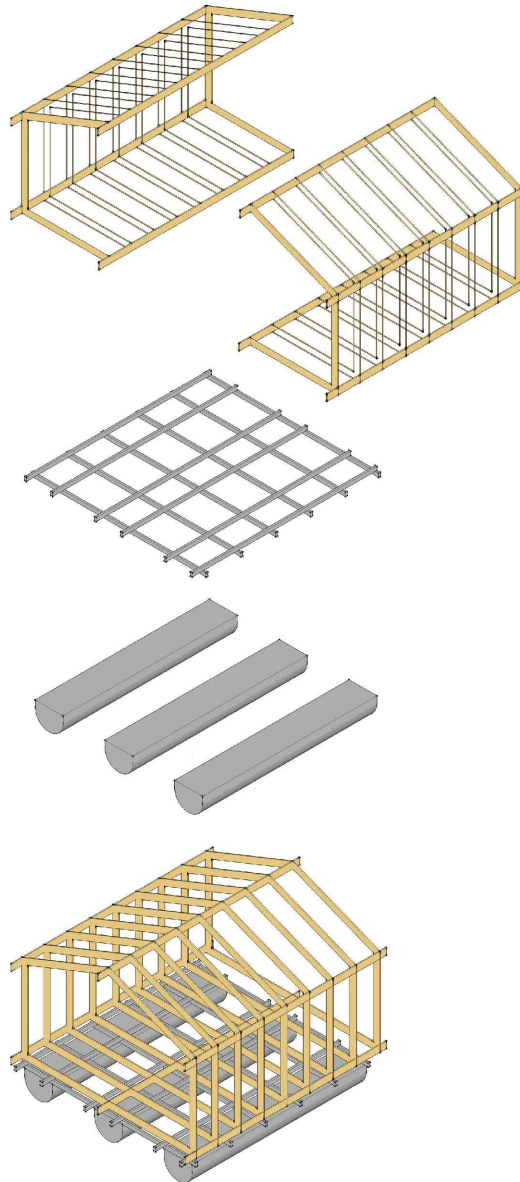


Un factor importante no proxecto era empregar sistemas e materiais o máis lixeiros posibles, xa que se trata dun edificio pensado para emprazarse en lugares remotos e o transporte será complicado. Este principio de lixeireza aplícase tamén a todo o mobiliario e a todos os acabados interiores e exteriores.

Planta



Esquema estrutural



PROCESO CONSTRUTIVO

O proceso de construción deste proxecto pode levarse a cabo de dous modos dependendo do medio de transporte ata o seu emprazamento definitivo. Por un lado podemos atopar casos nos que toda a fabricación se faga en taller, transportando o edificio xa rematado ata a súa situación. Por outra banda podemos executar a obra en dúas fases: unha en taller e outra no lugar onde se vaia colocar.

A primeira parte consistirá na construción de dous módulos que configuran as dúas metades do que será a cabana. A continuación fabricarase unha subestrutura que servirá de unión entre a cabana e os pontóns. E por últimos faranse os pontóns de aceiro.

Neste punto da fabricación pódese levar a cabo a ensamblaxe destas partes e rematar a obra en taller, ou ben envialas ao emprazamento escollido para ser rematada a cabana alí.

A estrutura principal do proxecto consiste na repetición dun pórtico fabricado con pezas de madeira planas. Estes elementos levan unha serie de perforacións para conseguir alixeirar ao máximo poible todo o conxunto sen perder resistencia. Estes ocos e todo o revestimento irá illado mediante espuma de poliuretano proxectado. O cerramento será de madeira cara o interior, deixando diferentes posibilidades de acabado para exterior (chapas metálicas, madeiras, materiais compostos...).

A subestrutura será un sinxelo conxunto de perfís metálicos colocados en dúas direccións.

Tanto a estrutura como a subestrutura saen ao exterior do edificio co fin de servir de puntos de anclaxe para as eslingas da grúa encargada da súa colocación definitiva.



SISTEMA DE FLOTACIÓN

O sistema de flotación da cabana é de pontóns independentes. Isto consiste na colocación destes elementos mediante unha subestrutura para que o pequeno edificio poida aboiar na auga. Este sistema é o máis empregado en obras de pequena escala debido a súa sinxeleza e fácil reparación ou substitución en caso de danos. Neste caso os pontóns empregados son metálicos, podendo ir recheos de aire ou de poliestireno, e irán colocados de forma lonxitudinal, garantido unha perfecta estabilidade flotante. De novo o reparto de pesos e un deseño simétrico favorecen o correcto funcionamento. Tamén é común ver pontóns independentes de outras materias como o plástico ou a fibra de vidro.

É común atopar proxectos desta escala realizados pola colaboración entre empresas náuticas ou de enxeñería con estudos de arquitectura para crear obras prefabricadas e patentadas. Isto vese sobre todo en vivendas móbiles.

V. CONCLUSIÓN

Os motivos para habitar o medio acuático ao longo da historia foron maioritariamente sociais, ben fose pola necesidade de defenderse dun inimigo ou ben por necesidades de subsistencia. Nas últimas décadas estes motivos foron cambiando. A falta de terreo edificable en cidades costeiras debido ao continuo e rápido aumento da poboación e do nivel do mar, fan que habitar as augas sexa unha alternativa.

A arquitectura flotante segue a representar un pequeno porcentaxe da arquitectura mundial a pesares do gran aumento que está a ter. Pero debemos ter en conta que os motivos polos que está aumentando este tipo de arquitectura seguirán acentuándose nas próximas décadas, por tanto podemos deducir que habitar o medio acuático será cada vez máis necesario en moitas cidades.

Xa levamos anos vendo como a creación de espazos que se adaptan ás variacións do nivel da auga son máis eficientes que as que funcionan a modo de barreira. Proxectar arquitectura capaz de adaptarse ás inundacións e aos cambios do medio será a clave para evitar catástrofes e facilitar a vida de milleiros de persoas. A creación de espazos dinámicos e adaptables debe estar no punto de mira da arquitectura en contacto coa auga das próximas décadas. Os métodos de barreira deberán mesturarse con sistemas de simbiose, creando novas formas de vivir co medio acuático que minimize os posibles riscos.

Isto xerará novas formas de deseño urbanístico e arquitectónico, novas liñas de investigación técnica que permitan crear obras adaptadas ao contacto permanente ou ocasional coa auga sen sufrir danos. Crea novas posibilidades de desenvolvemento de novos materiais e técnicas construtivas aplicables á moitos sectores da industria.

A sostibilidade e a eficiencia enerxética son pilares básicos deste tipo de construcións. Principios que a día de hoxe e de cara ao futuro faranse imprescindibles no mundo da arquitectura e da industria. Isto fai que este tipo de proxectos poidan ser un novo laboratorio arquitectónico do que poder aprender e extraer novas técnicas e deseños que xeren un menor impacto na natureza.

Un dos principais propósitos deste traballo é dar a coñecer a pluralidade de tipos de arquitectura flotante. É certo que a día de

hoxe podemos atopar case todo tipo de usos, pero é importante concluír que a gran maioría destas construcións son vivendas. Atopámoas en todos os continentes dende fai séculos e responden a todo tipo de técnicas. Vemos arquitectura popular flotante vinculada a zonas do mundo con menos recursos económicos e obras de alta tecnoloxía en países máis ricos. Isto indica que a situación económica ou os medios tecnolóxicos non son determinantes a hora de poder realizar este tipo de arquitectura. Loxicamente o contexto sociocultural marcará o tipo de forma e técnica empregados, pero a necesidade de habitar a auga é común para todos.

A arquitectura flotante non é unha solución universal fronte aos cambios climáticos e sociais. Vemos que para poder levala a cabo as condicións das augas teñen que ser dun xeito determinado, augas tranquilas, e isto non se atopa en todos os litorais do mundo.

Podemos concluír que esta arquitectura é unha solución realista ante certas necesidades que a sociedade de certos lugares do mundo ven demandando historicamente.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- Azpiri, A e González, A. (2003). *Historia del agua. Grandes proyectos de ingeniería y arquitectura del agua*. Donostia: Nerea, S.A.
- Barker, R. e Coutts, R. (2016). *Aquatecture: Buildings Designed to Live and Work with Water*. London: RIBA Publishing.
- Feeney, E. (2012). *Seattle´s Floating Homes*. Charleston, Carolina do Sur: Arcadia Publishing.
- Fletcher, M. (2009). *Islas. Arquitectura contemporánea sobre el agua*. China: h.f.ullmann.
- Folch, R. (2003). *El territorio como sistema. Conceptos y herramientas de ordenación*. Barcelona: Diputació de Barcelona/Consorci Universitari Internacional Menéndez Pelayo Barcelona.
- Heidegger, M. (1951). *Construir, habitar, pensar*. Madrid: Oficina de Arte y Ediciones.
- *Inundaciones y cambio climático* (2018). Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica.
- Minguet, A. (2018). *Floating Houses. Living over the water*. Barcelona: Monsa.

Traballos e teses:

- Aba, L. (2023). *Particularidades estructurales de las viviendas flotantes*. [Traballo fin de grao, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://oa.upm.es/72654/>

- Acero, D.S. (2021). *Asentamiento modular en arquitectura flotante*. [Trabajo fin de grado, Universidad Santo Tomás Tunja].
<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3652470>
- Aguilar, S.A. (2021). *Arquitectura flotante. Nuevos análisis. Estadía segura y sostenible. Las viviendas de los Uras, de Ijburg y de Massbommel*. [Trabajo fin de grado, Universidad Católica de Perú].
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/22272>
- Boquete, M.C. (2021). *Vivienda elemental: experimentando en paisajes singulares*. [Trabajo fin de grado, Universidade da Coruña]. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/28699>
- Delgado, J. (2016). *Arquitectura flotante. Propuesta de intervención y mantenimiento de las edificaciones flotantes del río Babahoyo*. [Trabajo fin de grado, Universidad de Cuenca].
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25302>
- Diego (de), A. (2018). *Respuesta arquitectónica a convivir con el agua. Arquitectura anfibia*. [Trabajo fin de grado, Universidad Politécnica de Madrid].
<https://oa.upm.es/49447/>
- Gutiérrez, D. (2020). *Arquitectura residencial flotante: nuevas formas de vida sobre el agua*. [Trabajo fin de grado, Universidad de Valladolid].
<https://uvadoc.uva.es/handle/10324/42374>
- Koekoek, M.J. (2010). *Connecting Modular Floating Structures: A General Survey and Structural Design of a Modular Floating Pavilion* [Trabajo fin de máster, Delft University of Technology].
<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A33b59201-1718-4dda-98f8-ee16d5b7c023>

- Mynett, L.S. (2015). *Building Technologies for Climate Change Adaptation*. [Trabalho fin de máster, Delft University of Technology].
<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A3ad009ee-c440-4a78-99b6-d0ff25f4be3b>

Artigos e páxinas web:

- *3rd International Conference on Amphibious Architecture, Design and Engineering*. (21 maio de 2019). ArchDaily. Recuperado de: https://www.archdaily.com/917504/3rd-international-conference-on-amphibious-architecture-design-and-engineering?ad_campaign=normal-tag
- Alonso, I. (20 de xullo de 2017). Arquitectura para la mitigación del cambio climático. *El País*. Recuperado de: https://elpais.com/elpais/2017/07/17/alterconsumismo/1500324168_605781.html
- Amusement Logic. (6 de abril de 2022). *Arquitectura y paisajismo: aliarse con el agua - Amusement Logic*. Amusement Logic. Recuperado de: <https://amusementlogic.es/noticias-generales/arquitectura-y-paisajismo-aliarse-con-el-agua>
- *Arquitectura Flotante* (s.f.). ArchDaily. Recuperado de: <https://www.archdaily.cl/cl/tag/arquitectura-flotante>
- Boullosa, N. (17 de decembro de 2015). *Arquitectura flotante: casas + baratas, adaptables y móviles*. Recuperado de: <https://faircompanies.com/articles/arquitectura-flotante-casas-baratas-adaptables-y-moviles/>
- *Casas Mudhif: arquitectura de paja, lodo y bambú*. (4 de decembro de 2020). Arquitectura y Empresa. Recuperado de: <https://arquitecturayempresa.es/noticia/casas-mudhif-arquitectura-de-paja-lodo-y-bambu>

- *Contemporary art and architecture in Bruges*. (25 de abril de 2023). Triennale Brugge. Recuperado de: <https://triennalebrugge.be/en>
- Cravero, S. (29 de agosto de 2022). Eslovenia: crean una cancha de volleyball para jugar flotando sobre el río. *Intriper*. Recuperado de: <https://intriper.com/eslovenia-crean-una-cancha-de-volleyball-para-jugar-flotando-sobre-el-rio/>
- Cutieru, A. (2023). *El barrio flotante Schoonschip de Ámsterdam ofrece una nueva perspectiva sobre circularidad y resiliencia*. ArchDaily en Español. Recuperado de: https://www.archdaily.cl/cl/965738/el-schoonschip-del-barrio-flotante-de-amsterdam-ofrece-una-nueva-perspectiva-sobre-la-circularidad-y-la-resiliencia?ad_campaign=normal-tag
- Encyclopedia Britannica (2020). *Metacentre. Fluid mechanics*. Recuperado de: <https://www.britannica.com/science/metacentre>
- Encyclopedia Britannica. (2020). *Center of gravity. Physics*. Recuperado de <https://www.britannica.com/science/centre-of-gravity>
- Fondo de Poboación das Nacións Unidas (UNFPA). *Population trends*. Recuperado de: <https://pdp.unfpa.org/apps/Oaeda6af00dd4544ba50452da2dda474/explore>
- Fuentes-Lojo, J. F. (2021). *7 proyectos de arquitectura flotante para habitar el agua*. ROOM Diseño. Recuperado de: <https://www.roomdiseno.com/7-proyectos-de-arquitectura-flotante-para-habitar-el-agua/>
- *Fuerzas de fluidas: densidad y flotabilidad*. (s. f.). MRSEC Education Group. Recuperado de: <https://education.mrsec.wisc.edu/fuerzas-de-fluidas-densidad-y-flotabilidad/>

- Gattupalli, A. (2023). Floating Cities of the Past and Future. *ArchDaily*. Recuperado de:
https://www.archdaily.com/992148/floating-cities-of-the-past-and-future?ad_campaign=normal-tag
- Greenpeace México (26 de decembro de 2020). *Huella de carbono: aprende a calcular tu impacto ambiental*. Recuperado de:
<https://www.greenpeace.org/mexico/blog/9386/huella-de-carbono/#huella-de-carbono>
- Greenpeace México. (s. f.). *Huella de carbono: aprende a calcular tu impacto ambiental*. Greenpeace México. Recuperado de:
<https://www.greenpeace.org/mexico/blog/9386/huella-de-carbono/#huella-de-carbono>
- Houseboat Museum Amsterdam. (s. f.). *Home - Houseboat Museum Amsterdam*. Recuperado de:
<https://houseboatmuseum.nl/>
- Inland waterways. (s. f.). *Homepage - Inland Waterways*. Inland Waterways. Recuperado de:
<https://waterways.org.uk/>
- Kardoudi, D. (9 de maio de 2022). Comienza la cuenta atrás para construir primera ciudad flotante del mundo. *El Confidencial*. Recuperado de:
https://www.elconfidencial.com/tecnologia/novaceno/2022-04-28/primera-ciudad-flotante-cambiar-mundo_3416010/
- Materials Research Science and Engineering Center (MRSEC). *Fuerzas en fluídos: densidad y flotabilidad*. Recuperado de:
<https://education.mrsec.wisc.edu/fuerzas-de-fluidas-densidad-y-flotabilidad/>
- Ministerio de Cultura de Perú. (s. f.). *Uro*. BDPI (Base de Datos de Pueblos Indígenas u Originarios). Recuperado de:
<https://bdpi.cultura.gob.pe/pueblos/uro>

- Municipality of Amsterdam. (2012). *Floating Amsterdam: The development of IJburg's Waterbuurt*. Recuperado de https://www.ansa.it/documents/1334931625986_AmsterdamFloating.pdf
- Muradas, F. (marzo de 2021). *Significado de flotabilidad. Definición, fórmula y ejemplos*. Recuperado de: <https://significado.com/flotabilidad/>
- Naciones Unidas (UN). *¿Qué es el cambio climático?*. Recuperado de: <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- National Geographic. (18 de noviembre de 2022). *Los Uros, el pueblo flotante del Lago Titicaca - National Geographic en Español*. National Geographic en Español. Recuperado de: <https://www.ngenespanol.com/traveler/los-uros-el-pueblo-flotante-del-lago-titicaca/>
- Nunez, C. (2022). *¿Qué es el aumento del nivel del mar?* Recuperado de: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-el-aumento-del-nivel-del-mar>
- ONU. (2019). *Emisiones del sector de los edificios alcanzaron nivel récord en 2019: informe de la ONU*. (s. f.). ONU. Recuperado de: <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/emisiones-del-sector-de-los-edificios-alcanzaron-nivel>
- Plataforma de edificación Passivhaus (PEP). (s. f.). *Principios Passivhaus*. Recuperado de: <https://www.plataforma-pep.org/principios-passivhaus/>
- *Principios Passivhaus - Plataforma PEP*. (s. f.). Recuperado de: <https://www.plataforma-pep.org/principios-passivhaus/>
- Schoonschip. (s. f.). *Schoonschip - Amsterdam*. Recuperado de: https://schoonschipamsterdam.org/#site_header

- Soni, K.M. *Floating and Moving Houses: A Need of Tomorrow*. MGS Architecture. Recuperado de: <https://www.mgsarchitecture.in/architecture-design/projects/380-floating-and-moving-houses-a-need-of-tomorrow.html>
- Trendir Editorial Staff. (31 de marzo de 2023). *Floating House Architecture: 12 Wow Designs on the Water*. Trendir. Recuperado de :<https://www.trendir.com/floating-house-architecture/>
- Waterstudio. Recuperado de: <https://www.waterstudio.nl/>
- Yakubu, P. (2023). *El pueblo flotante de Ganvie: Un modelo de urbanismo socioecológico*. ArchDaily en Español. Recuperado de: https://www.archdaily.cl/cl/1000910/el-pueblo-flotante-de-ganvie-un-modelo-de-urbanismo-socioecologico?ad_campaign=normal-tag

Videos:

- Danny Rico. (24 de agosto de 2018). *Water Studio- Arquitectura Flotante*. [archivo de vídeo]. https://www.youtube.com/watch?v=IERIr19XthI&t=11s&ab_channel=DannyRico
- Diego Saul Reyna Español. (15 de decembro de 2019). *Casas flotantes para cambio climático. DOCUMENTAL*. [archivo de vídeo]. https://www.youtube.com/watch?v=aMw3dAh_QvY&ab_channel=DiegoSaulReynaEspa%C3%B1ol
- DW Documental. (8 de xullo de 2020). *Vivir bajo el agua/DW Documental*. [archivo de vídeo]. https://www.youtube.com/watch?v=nG93ih-xXIE&ab_channel=DWDocumental
- Goold, J., West, H., Thompson, D. (Directores). *Mi casa flotante*. [Serie documental] RTVE. <https://www.rtve.es/play/videos/mi-casa-flotante/>

- Mega Estructura. (4 de setembro de 2018). *AMSTERDAM (Ampliación de la ciudad) - Documentales*. [arquivo de vídeo]. https://www.youtube.com/watch?v=D_opBa6yXlc&ab_channel=MegaEstructuras
- Proyectartv. (22 de xuño de 2019). *La arquitectura flotante y su potencialidad en el litoral*. [arquivo de vídeo]. https://www.youtube.com/watch?v=cXzzSSsJT2Q&ab_channel=proyectartv
- Waterstudionl. (26 de febreiro de 2014). *TEDxVilnius - Koen Olthuis - Top 10 trends Towards Floating Cities*. [arquivo de vídeo]. https://www.youtube.com/watch?v=0lkfWjHHEHM&ab_channel=Waterstudionl

VII. RELACIÓN DE IMAXES

FIG 1: Vista aérea dun qanat. Obtida de: Historia del agua (libro)

FIG 2: Esquema dun qanat. Obtida de: Historia del agua (libro)

FIG 3: Palafitos. Obtida de:
https://es.wikipedia.org/wiki/Palafito#/media/Archivo:Blethrow_Inle3.JPG

FIG 4: Palafitos. Obtida de: Historia del agua (libro)

FIG 5: Tornillo de Arquímedes. Obtida de: Historia del agua (libro)

FIG 6: Bomba aspirante-impelente. Obtida de:
<https://bombasdeaguade.com/bombas-de-agua-manuales/>

FIG 7: Pont du Gard. Obtida de:
https://en.wikipedia.org/wiki/Pont_du_Gard

FIG 8: Termas de Caracalla. Obtida de:
<https://historiacivil.wordpress.com/2017/03/14/termas-de-caracalla/>

FIG 9: Santuario Itsukushima Shinto. Obtida de:
<https://es.japantravel.com/places/hiroshima/itsukushima-shrine/19>

FIG 10: Mont Saint Michel. Obtida de:
https://es.wikipedia.org/wiki/Monte_Saint-Michel

FIG 11: Recreación de Tenochtitlán no seu auxe. Obtida de: Historia del agua (libro)

FIG 12: Vista aérea da cidade de Venecia. Obtida de:
<https://turismo.org/venecia/>

FIG 13: Vivendas flotantes en Amsterdam. Obtida de: Elaboración propia

FIG 14: Plataforma de extracción mariña. Obtida de:
<https://www.xataka.com/otros/fascinante-mundo-plataformas-petroliferas-estructuras-flotantes-200-000-toneladas-2-900-metros-profundidad>

FIG 15: Bateas nas rías galegas. Obtida de:
<https://www.mispecies.com/noticias/La-Conselleria-del-Mar-traslada-al-sector-del-mejillon-el-borrador-de-la-futura-orden-de-extraccion-de-semilla/>

FIG 16: Casa Fallingwater. Frank Lloyd Wright. Obtida de:
<https://www.archdaily.cl/cl/02-54599/clasicos-de-arquitectura-la-casa-en-la-cascada-frank-lloyd-wright/1273797425-first>

FIG 17: Palacio Itamaraty. Oscar Niemeyer. Obtida de:
<https://arquitecturaviva.com/obras/palacio-de-itamaraty-brasil>

FIG 18: Asemblea Nacional de Dhaka. Louis I. Kahn. Obtida de:
https://es.wikipedia.org/wiki/Jatiyo_Sangsad_Bhaban

FIG 19: Termas de Vals. Peter Zumthor. Obtida de:
<https://www.revistaad.es/arquitectura/articulos/las-termas-de-vals-de-peter-zumthor-cumplen-25-anos-una-joya-termal-en-medio-de-suiza>

FIG 20: Pavillón The Blur. Diller Scofidio + Renfro. Obtida de:
<https://arquitecturayempresa.es/noticia/blur-building-disenando-la-nada>

FIG 21: Poboado flotante no lago Tonle Sap. Obtida de:
https://es.wikipedia.org/wiki/Tonl%C3%A9_Sap#/media/Archivo:Water_Dwelling_Tonle_Sap_Cambodia.jpg

FIG 22: Lago Inle en Myanmar. Obtida de:
<https://www.telocuentoviajando.com/lago-inle-remanso-de-tranquilidad/>

FIG 23: Pobo dos Uros, lago Titicaca. Obtida de:
<https://tectonica.archi/articles/las-islas-flotantes-de-los-uros/>

FIG 24: Pobo dos Ma´ dan de Iraq. Obtida de:
<https://arquitecturayempresa.es/noticia/casas-mudhif-arquitectura-de-paja-lodo-y-bambu>

FIG 25: Pobo dos Ma´ dan de Iraq. Obtida de:
<https://arquitecturayempresa.es/noticia/casas-mudhif-arquitectura-de-paja-lodo-y-bambu>

FIG 26: Pobo de Ganvié. Benín. Obtida de:
<https://www.archdaily.cl/cl/1000910/el-pueblo-flotante-de-ganvie-un-modelo-de-urbanismo-socioecologico/645a25ba0dd62e4fed2a8220-the-floating-village-of-ganvie-a-model-for-socio-ecological-urbanism-photo>

FIG 27: Casas-bote en Londres. Obtida de:
https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/11/23/economia/1574527167_596409.html

FIG 28: Casa-bote en Amsterdam. Obtida de: Elaboración propia

FIG 29: Casa-bote en Amsterdam. Obtida de: Elaboración propia

FIG 30: Vivenda flotante en Amsterdam. Obtida de:
<https://plus3larchitects.com/portfolio/woonark-weesperzijde/>

FIG 31: Watervilla. Herman Hertzberger. Obtida de:
<https://www.ahh.nl/index.php/en/projects2/14-woningbouw/68-watervilla-middelburge>

FIG 32: Watervilla. Koen OLthuis. Obtida de:
<https://www.waterstudio.nl/projects/watervilla-aalsmeer-the-netherlands/>

FIG 33: Comunidade flotante lago Ijburg. Obtida de:
<https://www.archdaily.cl/cl/02-80604/casas-flotantes-en-ijburg-architectenbureau-marlies-rohmer>

FIG 34: Sistema tradicional de flotación en USA en torno a 1900.
Obtida de: Seattle´s Floating Homes (libro)

FIG 35: Primeiras vivendas flotantes no la Union. Obtida de:
Seattle´s Floating Homes (libro)

FIG 36: Vivendas flotantes no Lago Washington en 1912. Obtida de:
Seattle´s Floating Homes (libro)

FIG 37: Vivendas flotantes no Lago Union. Seattle. Obtida de:
<https://houseboatsofseattle.com/2021-seattle-floating-home-market-report/>

FIG 38: Vivendas en Sausalito. California. Obtida de:
<https://www.pinterest.es/pin/382031980900373974/>

FIG 39: Vivendas flotantes en Vancouver. Canada. Obtida de:
<https://www.vancouverisawesome.com/local-news/adorable-vancouver-float-home-amazing-urban-views-cottage-6833246>

FIG 40: Gráfica poboación mundial. Obtida de: Elaboración propia

FIG 41: Gráfica das vivendas construídas nos Países Baixos. Obtida de: Elaboración propia

FIG 42: Edificio impermeable. Obtida de: Elaboración propia

FIG 43: Edificio permeable. Obtida de: Elaboración propia

FIG 44: Edificio elevado. Obtida de: Elaboración propia

FIG 45: Edificio anfibio. Obtida de: Elaboración propia

FIG 46: Edificio flotante. Obtida de: Elaboración propia

FIG 47: Arquitectura flotante histórica. Obtida de:
<https://www.civitatis.com/ar/puno/excursion-isla-uros/>

FIG 48: Exemplo de arquitectura flotante histórica actualizada. Casa-bote. Obtida de: captura de
<https://www.rtve.es/play/videos/mi-casa-flotante/>

FIG 49: Exemplo de arquitectura flotante contemporánea. Galería de arte en París. Obtida de:
https://www.archdaily.cl/cl/926120/fluctuart-art-gallery-seine-design?ad_medium=office_landing&ad_name=article

FIG 50: Exemplo de arquitectura flotante contemporánea estática. Vivendas en Amnsterdam. Obtida de:
<https://www.archdaily.cl/cl/965738/el-schoonschip-del-barrio-flotante-de-amsterdam-ofrece-una-nueva-perspectiva-sobre-la-circularidad-y-la-resiliencia>

FIG 51: Exemplo de vivendas flotante contemporánea móbil. Vivenda en Miami. Obtida de: <https://arkup.com/arkup75/>

FIG 52: $df \cdot Vf > do \cdot Vo$. Obtida de: Elaboración propia

FIG 53: $df \cdot Vf < do \cdot Vo$. Obtida de: Elaboración propia

FIG 54: $df \cdot Vf = do \cdot Vo$. Obtida de: Elaboración propia

FIG 55. Obtida de: Elaboración propia

FIG 56. Obtida de: Elaboración propia

FIG 57. Obtida de: Elaboración propia

FIG 58. Obtida de: Elaboración propia

FIG 59: Exemplo obra prefabricada. Obtida de: captura de
<https://www.rtve.es/play/videos/mi-casa-flotante/>

FIG 60: Exemplo obra prefabricada. Obtida de: captura de
<https://www.rtve.es/play/videos/mi-casa-flotante/>

FIG 61: Exemplo obra realizada in situ. Obtida de: captura de
<https://www.rtve.es/play/videos/mi-casa-flotante/>

FIG 62: Exemplo obra realizada in situ. Obtida de: captura de
<https://www.rtve.es/play/videos/mi-casa-flotante/>

FIG 63: Fabricación pontón de formigón. Obtida de: captura de
<https://www.powerhouse-company.com/floating-office-rotterdam>

FIG 64: Esquema pontón de formigón modular. Obtida de:
<https://uvadoc.uva.es/handle/10324/42374>

FIG 65: Exemplo pontón metálico. Obtida de:
<https://uvadoc.uva.es/handle/10324/42374>

FIG 66: Exemplo pontón metálico. Obtida de:
<https://www.mos.nyc/project/floating-house>

FIG 67: Exemplo pontón plástico. Obtida de:
<https://uvadoc.uva.es/handle/10324/42374>

FIG 68: Exemplo de amarre: sistema de pilotes e argolas. Obtida de: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/42374>

FIG 69: Exemplo de amarre: sistema de bielas. Obtida de:
<https://www.lindley.pt/es/marinas-y-puertos-deportivos/sistemas-de-amarre>

FIG 70: Exemplo de amarre: sistema de unión entre pontóns. Obtida de: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/42374>

FIG 71: Exemplo de amarre: sistema de pesos mortos e cables. Obtida de: <https://www.lindley.pt/es/marinas-y-puertos-deportivos/sistemas-de-amarre>

Imaxes dossier:

MAPA UBICACIONES:

https://www.google.com/maps/d/edit?mid=10Di2j6ec3_0kSShv38uynXLewksxl7k&ll=1.4363359617519365%2C0&z=2

LAND ON WATER: <https://mast.dk/land-on-water>

OCEANIX BUSAN: <https://arquitecturaviva.com/obras/oceanix-busan>

COMUNIDADE SCHOONSCHIP:

<https://www.spaceandmatter.nl/work/schoonschip>

CASAS FLOTANTES EN IJBURG:

<https://rohmer.nl/en/projects/waterwoningen-ijburg/r>

WATERVILLA IJBURG 2:

<https://www.waterstudio.nl/projects/watervilla-ijburg-2-amsterdam-the-netherlands/>

CASA FLOTANTE EN LAKE HURON:

<https://www.mos.nyc/project/floating-house>

CASA FLOTANTE EN LAKE UNION:

<https://www.designsnw.com/float-home>

SCHOONSCHIP KAVEL 4:

<https://plus31architects.com/portfolio/woonbootschoonschip-woonark/>

SCHOONSCHIP FLOATING HOME: <https://i29.nl/projects/floating-home/>

WATERVILLA IJBURG 3:

<https://www.waterstudio.nl/projects/watervillaijburg-amsterdam-the-netherlands/>

WATERVILLA: <https://www.ahh.nl/index.php/en/projects2/14-woningbouw/68-watervilla-middelburge>

CASA ANFIBIA: <https://www.baca.uk.com/amphibioushouse.html>

WATER CABIN: <https://olsonkundig.com/projects/water-cabin/>

CASA FLOTANTE INACHUS:

<https://www.designboom.com/architecture/sanitovstudio-inachus-floating-home/>

WATERVILLA WPZ II:

<https://plus31architects.com/portfolio/woonarkweesperzijde/>

THE FLOAT: <https://studiorap.nl/The-Float>

WATERVILLA QMVAL:

<https://plus31architects.com/portfolio/woonarkomval-amsterdam/>

THE CHICHESTER: <https://www.baca.uk.com/thechichester.html>

CASA FLOTANTE NO EIBEKKANAL:

<https://architizer.com/projects/houseboat-on-theeilbekkanal/>

THE SAYBOAT: <https://www.archdaily.cl/cl/02207819/the-sayboatmilan-ridky>

REFUXIO FLOTANTE FLO: <https://www.studio-osma.com/floating-lodge>

DD IG: <https://bio-architects.com/dd16>

CASA FLOTATNE DOC: <https://limestudio.ro/portfolio-item/doc-floatinghouse/>

KODA LOFT FLOAT: <https://kodasema.com/es/koda-loft-float/>

EXBURY EGG: <https://www.archdaily.com/388767/exbury-eggpad-studio-spud-group-stephen-turner>

FLOATWING:

<https://www.gofriday.eu/index.php/en/houseboats/floatwing>

ARKUP 75: <https://www.waterstudio.nl/projects/arkup-avantgarde-life-on-water/>

Nº1 HOUSEBOAT: <http://www.nol-houseboat.com/en/>

PUNTA DE MAR:

<https://www.manodsanto.com/proyecto/puntade-mar/>

WATERVILLA IJBURG 3: <https://www.nautilus-hausboote.de/en>

EASTERN AND WESTERN SEARESORT:

<https://www.sweco.dk/en/showroom/eastern-andwestern-sea-resort/>

ALBERGUE FLOTANTE: <https://www.archdaily.cl/cl/02-4889/casa-hospederiaflotante-sabbagh-arquitectos>

HOTEL RESTAURANTE OFF PARIS SEINE:
https://www.archdaily.cl/cl/800194/hotel-flotante-seinedesign?ad_medium=office_landing&ad_name=article

RESTAURANTE L'AVANT SEINE: <https://www.ronzatti.com/l-avant>

COMEDOR FLOTANTE: <https://www.archdaily.cl/cl/02-50215/comedor-flotantegoodweather-design-loki-ocean>

ISLAS FLOTANTES DE SEÚL:
<https://www.archdaily.cl/cl/755875/islas-flotantesde-seul-haeahn-architecture-h-architecture>

GALERÍA DE ARTE FLUCTUART:
https://www.archdaily.cl/cl/926120/fluctuart-art-gallery-seinedesign?ad_medium=office_landing&ad_name=article

TEATRO FLOTANTE DE LYON:
<https://www.waterstudio.nl/projects/floating-theatre-lyon/>

CENTRO CULTURAL PETIT BAIN:
<http://encoreheureux.org/projets/petit-bain/?lang=en>

HOSPITAL ADAMANT:
<https://www.archdaily.cl/cl/934270/hospital-adamantseine-design>

OFICINA FLOTANTE EN ROTTERDAM: <https://www.powerhouse-company.com/floatingoffice-rotterdam>

OFICINAS ARCTIA: <https://k2s.fi/project/archia-shipping/>

THE FLOATING PIERS: <https://tectonica.archi/projects/the-floating-piers/>

FLOATING ISLANDS OF SKY:
<https://www.archdaily.com/971013/floating-islandsof-sky-unarchitecte>

MUR ISLAND: <https://acconci.com/>

ZONA DE BAÑO EN HASLE:
<https://whitearkitekter.com/project/hasle-harbourbath/>

ZONA DE BAÑO EN AARHUS:

https://www.archdaily.cl/cl/900125/bano-portuarioaarhusbig?utm_medium=website&utm_source=archdaily.cl

ZONA DE BAÑO EN COPENHAGEN:

https://www.archdaily.com/11216/copenhagen-harbourbathplot?ad_medium=gallery

ZONA DE BAÑO EN SØRENGA:

<https://www.lpo.no/prosjekter/sorenga-sjobad>

CANAL SWIMMER'S CLUB:

<https://triennalebrugge.be/en/installations/canalswimmers-club>

BADEMASCHINEN SAUNA:

<https://www.archdaily.com/987667/bademaschinensauna-act-plus-borhaven-arkitekter>

ANTIROOM II: https://www.archdaily.cl/cl/780613/antiroom-ii-elenachiavi-plus-ahmad-el-mad-plus-matteogoldoni?utm_medium=website&utm_source=archdaily.cl

CLUB FLOTANTE DE KAYAK: <http://force4.dk/projects/kayak-vejle/>

PISTA DE VOLEIBOL FLOTANTE EN LIUBLIANA:

<https://www.extrem.si/en/>

PISCINA PARA RSL MILANO PRO: <https://www.surf-pool.com/>

CENTROPARCO MILANO: <https://mast.dk/centroparco-milano>

COPENHAGEN ISLANDS: <https://mast.dk/copenhagen-islands>

MAKOKO FLOATING SYSTEM: <https://nleworks.com/case/makoko-floating-system/>

JELLYFISH BARGE:

<https://cargocollective.com/Studiomobile/Jellyfish-Barge>

PAVILION OF REFLECTIONS:

<https://www.emerson.arch.ethz.ch/construction/pavilionof-reflections>

THE BRUGES DIPTYCH:

<https://triennalebrugge.be/en/installations/thebruges-dptych>

SELGASCAND PAVILION:

<https://triennalebrugge.be/en/installations/selgascanopavilion>

THE FLOATING ISLAND:

<https://triennalebrugge.be/en/installations/thefloating-island>

ACHERON I:

<https://triennalebrugge.be/en/installations/acheron-i>

RIJNHAVEN PAVILION: <https://www.archdaily.cl/cl/02-223310/pabellon-flotante-auto-sustentable-en-rijnhaven-rotterdam>

Imaxes da análise de obras:

OFICINA FLOTANTE EN ROTTERDAM

Esquemas: elaboración propia

Axonometría: modificación dunha imaxe obtida en: <https://www.archdaily.cl/cl/957423/los-desafios-de-construir-un-edificio-de-madera-flotante-reutilizable-y-autosuficiente>

Planos e fotografías:

<https://www.archdaily.cl/cl/957423/los-desafios-de-construir-un-edificio-de-madera-flotante-reutilizable-y-autosuficiente>

<https://www.powerhouse-company.com/floating-office-rotterdam>

CASA FLOTANTE EN LAKE HURON

Esquemas: elaboración propia

Axonometría: elaboración propia

Planos e fotografías:

<https://www.mos.nyc/project/floating-house>

<https://www.archdaily.com/10842/floating-house-mos> <https://moreaedesign.wordpress.com/2012/01/27/more-about-floating-house-lake-huron-canada/>

DD 16

Esquemas: elaboración propia

Axonometría: elaboración propia

Planos e fotografías:

<https://bio-architects.com/dd16>

<https://www.archdaily.cl/cl/877732/dd16-bio-architects>

<https://www.metalocus.es/en/news/dd16-prototype-compact-modular-house-bio-architects>