



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Estudio de alternativas para la construcción de una
instalación de surf en el área metropolitana de Valencia.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Obras Públicas

AUTOR/A: Álzaga Añón, Enrique de

Tutor/a: Molines Llodrá, Jorge

Cotutor/a: Medina Folgado, Josep Ramon

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA INSTALACIÓN DE SURF EN EL ÁREA METROPOLITANA DE VALENCIA

Autor:

Álzaga Añón, Enrique de

Titulación:

Grado en Ingeniería de Obras Públicas

Curso: 2022/2023

Fecha: 02/03/2023

Tutores: Jorge Molines Llodra,
Josep Ramon Medina Folgado

[Escriba aquí]

Resumen:

Este proyecto trata, en primer lugar, de dar a conocer el deporte del surf y en qué condiciones debe encontrarse el medio en el cual se practica para que, precisamente, su práctica se haga posible.

Para ello, se realiza una breve introducción al deporte, la cual va seguida del análisis y descripción de los factores que influyen en el entorno para que una ola resulte surfeable.

A continuación, se nombra y describe la zona de estudio (Valencia), donde las condiciones expuestas anteriormente no son favorables para la práctica del surf y, por ello, se plantea y realiza un estudio de alternativas para la construcción de una instalación de surf en el área metropolitana de Valencia.

Este estudio se realiza de dos formas. En primer lugar, se analizan y valoran las características más relevantes de cada una de las alternativas, teniendo en cuenta el número de surfistas que hay en la Comunidad Valenciana entre otros factores. A continuación, se emplea el método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), en el cual se comparan por pares cuatro criterios de cada una de las alternativas.

Por último, se describen los trabajos a realizar para llevar a cabo la construcción de la alternativa seleccionada.

Palabras clave: deporte; surfeable; Valencia; alternativas; construcción.

Abstract:

First of all, this project tries to introduce the reader into the sport of surf and in which conditions the environment should be to make possible the practice of the sport.

To achieve it, a short introduction to the sport is done, and It is followed by a description of the factors that influence the environment to create waves that could be surfed.

To continue, Valencia, which is the study zone, is described. We will see that Valencia is not a good place to practice this sport due to de bad conditions for the waves. That is the main reason to make a study of different alternatives in order to build a surf pool in Valencia.

That study is done in two ways. In the first one, the most relevant factors of each alternative are analyzed and rated considering the amount of surfers that exist in the Comunidad Valenciana. The second one is done by a method called Analytic Hierarchy Process (AHP), where the factors pf the alternatives are compared by pairs.

To conclude, the works that must be done to build the selected alternative are described.

Keywords: sport; surf; Valencia; alternative; build.

Resum:

Aquest projecte tracta, en primer lloc, de donar a conèixer l'esport del surf i en quines condicions deu trobar-se el medi al qual es practica per a que, precisament, la seua pràctica siga possible.

Per a això, es realitza una breu introducció a l'esport, la qual va seguida de l'anàlisi i descripció dels factors que influeixen en l'entorn perquè una ona resulte surfeable.

A continuació, s'anomena i descriu la zona d'estudi (València), on les condicions exposades anteriorment no són favorables per a la pràctica del surf i, per això, es planteja i realitza un estudi d'alternatives per a la construcció d'una instal·lació de surf en l'àrea metropolitana de València.

Aquest estudi es realitza de dues formes. En primer lloc, s'analitzen i valoren les característiques més rellevants de cadascuna de les alternatives, tenint en compte el nombre de surfistes que hi ha a la Comunitat Valenciana entre altres factors. A continuació, s'empra el mètode *Analytic Hierarchy Process* (AHP), en el qual es comparen per parells quatre criteris de cadascuna de les alternatives.

Finalment, es descriuen els treballs a realitzar per a dur a terme la construcció de l'alternativa seleccionada.

Paraules clau: esport; surfeable; València; alternatives; construcció.

Agradecimientos

Estoy muy agradecido de haber podido estudiar una carrera tan bonita como esta, la cual llega a su fin. Ha sido una etapa inolvidable en mi vida.

Agradezco a todos los profesores que, siempre dispuestos, han mostrado todas sus ganas en transmitirnos lo que ellos aprendieron en su día sobre esta profesión.

Agradezco también a mi familia, por seguir animándome y apoyándome en todo momento, sobre todo en los momentos donde más descentrado he estado. A mi madre por preocuparse cada día de cómo iba todo, y a mi padre por estar siempre atento a cualquier ayuda que pudiera prestarme.

A todos los amigos y compañeros que he ido encontrando durante este camino y con los que siempre mantendré una buenísima relación.

Ha sido un placer,

Acrónimos utilizados

KSWC: Kelly Slater Wave Company

AWM: American Waves Machine

SULA: SurfLakes

AHP: *Analytic Hierarchy Process*

IC: Índice de Consistencia

IA: Índice Aleatorio

RC: Ratio de Consistencia

CC: Coste de Construcción

ST: Superficie Total

SH: Nº de Surfeos por Hora

DO: Duración de la Ola

Índice

<i>Resumen</i>	1
<i>Abstract</i>	2
<i>Resum</i>	3
<i>Agradecimientos</i>	4
<i>Acrónimos utilizados</i>	5
<i>Índice de figuras</i>	9
<i>Índice de tablas</i>	10
MEMORIA Y ANEXOS	11
1. OBJETO Y ESTUDIO	11
2. INTRODUCCIÓN AL SURF	12
2.1. Reseña histórica	12
2.2. Fundamentos del surf	12
2.3. Definición y características de olas para el surf.....	13
2.4. Partes de una ola surfeable	13
3. FACTORES QUE INFLUYEN EN UNA OLA SURFEABLE	15
3.1. La rompiente, <i>the surf spot</i>	15
3.2. Ángulo de rotura, <i>wave peel angle</i>	16
3.3. Intensidad o forma de rotura	17
3.4. Calidad de la rompiente	18
3.5. Tipología de la rompiente	18
3.6. Sentido de la rotura	21
3.7. Longitud de la sección	22
4. ZONA DE ESTUDIO: VALENCIA	23
4.1. Descripción de la zona de estudio.....	23
4.2. El clima en la costa valenciana.....	23
4.3. Los <i>spots</i> de surf en la zona de estudio	24
5. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS DIFERENTES INSTALACIONES DE SURF	25
5.1. Introducción.....	25
5.2. Kelly Slater Wave Company (KSWC)	25
5.3. American Waves Machine (AWM).....	26
5.4. SurfLakes (SULA)	27

6. ESTUDIO DE SOLUCIONES.....	29
6.1. Introducción.....	29
6.2. Alternativas	29
6.3. Alternativa elegida	31
7. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS	32
7.1. Tareas a ejecutar.....	32
7.1.1. Demolición de la caseta	32
7.1.2. Movimiento de tierras	32
7.1.3. Impermeabilización y hormigonado de la balsa	33
7.1.4. Instalación del émbolo generador de olas.....	34
7.1.5. Entrada y salida del agua de la balsa	35
7.1.6. Asfaltado y acondicionamiento del parking.....	35
7.1.7. Instalación de vestuarios, restauración y zonas de descanso.....	36
7.2. Programación de las obras	36
7.2.1. Actuaciones previas	37
7.2.2. Demolición de la caseta	37
7.2.3. Excavación, impermeabilización y hormigonado.....	37
7.2.4. Instalación del émbolo.....	37
7.2.5. Llenado de la balsa.....	38
7.2.6. Puesta a punto del parking	38
7.2.7. Vestuarios, restauración y zonas de descanso	38
7.2.8. Plazo total de la obra	38
8. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA	39
ANEXO Nº 1. ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS	41
1. DEMANDA DE CLIENTES	41
2. FACTORES A TENER EN CUENTA DE CADA ALTERNATIVA.....	43
3. RENTABILIDAD DE CADA ALTERNATIVA	45
4. POSIBLES EMPLAZAMIENTOS	46
4.1. Descripción	47
4.2. Imágenes	47
4.3. Viento en la zona	49
4.4. Accesos	50
4.5. Abastecimiento de agua	50
5. ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)	52
5.2. Criterios a valorar de cada alternativa	54
5.3. Método	55
ANEXO Nº 2. PROCESO CONSTRUCTIVO	64
1. DESCRIPCIÓN DE LA EXCAVACIÓN	64
2. MAQUINARIA A UTILIZAR	66

3. FASES DE CONSTRUCCIÓN	66
4. MANTENIMIENTO DE LA Balsa	66
ANEXO Nº3. CÁLCULOS Y MEDICIONES	67
ANEXO Nº4. PLANOS	69
CONCLUSIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	71

Índice de figuras

Figura 1. Partes de una ola. Fuente: www.surfcantabria.com	14
Figura 2. Zonas de surf y vectores de viento dominante. Fuente: Google Earth.....	15
Figura 3. Ilustración del vector celeridad de onda, V_{Wi} ; Vector velocidad de rotura longitudinal del frente, V_{pi} ; Velocidad de desplazamiento del surfista, V_{Si} ; Y ángulo de rotura o <i>peel angle</i> , α_i . Fuente: repositorio.unican.es	16
Figura 4. Rompientes de surf en salientes de tierra. Rincon, California (Izq), Kirra, Australia (Dcha). Fuente: Google Earth.....	19
Figura 5. Rompiente de playa en Zicatela, Puerto escondido, México. Fuente: propia.....	19
Figura 6. Rompiente de playa de arrecife en Pipeline, Hawai. Fuente: lushpalm.com	20
Figura 7. Rompiente de desembocadura del río Gorgos, Xàbia, Alicante. Fuente: propia.....	20
Figura 8. Rompiente de tipo slab, Shipsterns bluff, Tasmania. Fuente: surflines.com	21
Figura 9. Ola rompiendo hacia la derecha. Fuente: todosurf.com	21
Figura 10. Ola más larga del mundo, Chicama, Perú. Fuente: conexionoceanica.com	22
Figura 11. En el gráfico superior: temperatura diaria promedio del agua; en el gráfico inferior: temperatura máxima (línea roja) y mínima (línea azul) promedio diaria del aire. Fuente: weatherspark.com y puertosdelestado.com /oceanografía.....	23
Figura 12. Distribución espacial de las rompientes de surf en la costa valenciana. Fuente: Google maps.....	24
Figura 13. Representación hydrofoil. Fuente: raisedwaterresearch.com	25
Figura 14. Dimensiones y forma de la instalación KSWC. Fuente: raisedwaterresearch.com	26
Figura 15. Instalación AWM. Fuente: raisedwaterresearch.com	26
Figura 16. Instalación SULA. Fuente: Instagram/surflakes.....	27
Figura 17. Batimetría instalación SULA. Fuente: Instagram/surflakes.....	28
Figura 18. Excavadora y retroexcavadora. Fuente: imágenes de Google.....	32
Figura 19. Operarios realizando el proyectado del hormigón. Fuente: perfotalud.com	33
Figura 20. Ejemplo de grúa telescópica sobre camión. Fuente: interempresas.net	34
Figura 21. Croquis diferentes zonas de la instalación de surf. Fuente: elaboración propia.....	35
Figura 22. Federados surf en España 2010 - 2019. Fuente: es.statista.com	40
Figura 23. Federados surf por comunidades en 2019. Fuente: es.statista.com	41
Figura 24. Clubes de surf por comunidades en 2019. Fuente: es.statista.com	41
Figura 25. Vista aérea emplazamiento 1. Fuente: Google maps.....	46
Figura 26. <i>Street view</i> emplazamiento 1. Fuente: Google maps.....	47
Figura 27. Vista aérea emplazamiento 2. Fuente: Google maps.....	47
Figura 28. <i>Street view</i> emplazamiento 2. Fuente: Google maps.....	48
Figura 29. Gráfico de viento en Cullera durante 2021. Fuente: meteoblue.com	48
Figura 30. Gráfico de viento en Torrent durante 2021. Fuente: meteoblue.com	48
Figura 31. Ejemplo de estructura jerárquica AHP. Fuente: victoryepes.blogs.upv.es	51
Figura 32. Excavadora y retroexcavadora. Fuente: imágenes de Google.....	63
Figura 33. Excavadora cargando camión volquete. Fuente: imágenes de Google.....	64
Figura 34. Compactadora de rodillo. Fuente: imágenes de Google.....	64

Índice de tablas

Tabla 1. Rangos de I_r según tipo de rotura.....	18
Tabla 2. Factores relevantes de la alternativa 1.....	30 y 42
Tabla 3. Factores relevantes de la alternativa 2.....	30 y 43
Tabla 4. Factores relevantes de la alternativa 3.....	30 y 44
Tabla 5. Escala fundamental de comparación por pares (Saaty 1980).....	52
Tabla 6. Valores del índice aleatorio.....	52
Tabla 7. Porcentajes máximos del RC.....	53
Tabla 8. Características alternativa 1.....	53
Tabla 9. Características alternativa 2.....	53
Tabla 10. Características alternativa 3.....	54

MEMORIA Y ANEXOS

1. OBJETO Y ESTUDIO

Este proyecto titulado “Estudio de alternativas para la construcción de una instalación de surf en el área metropolitana de Valencia” tiene, como principal objetivo, ofrecer a los surfistas de la Comunidad Valenciana un lugar donde poder practicar el deporte del surf todos los días del año sin que esto suponga tener que desplazarse a varios cientos de kilómetros de distancia, como sería viajar al norte de España, ya que en la Costa Valenciana escasean los días de olas surfeables a lo largo del año.

En primer lugar, veremos una introducción al deporte del surf, así como la descripción de los factores que influyen para que una ola sea surfeable. De esta forma el lector puede entrar fácilmente en materia y comprender un poco más desde dentro la complejidad de este deporte.

A continuación, se realiza un análisis descriptivo de tres tipos de instalaciones diferentes, las cuales serán las alternativas a valorar más adelante y de las que se seleccionará una para llevar a cabo su construcción. Además, se proponen y valoran dos emplazamientos diferentes para la construcción de la alternativa seleccionada.

Por último, se describen las obras a realizar, donde se pretende, de una forma ordenada, dejar claro las tareas que se van a ejecutar y cuánto tiempo va a conllevar la ejecución de cada una de ellas.

2. INTRODUCCIÓN AL SURF

En este apartado se describe brevemente el origen del deporte del surf, el lugar donde se practica y la forma en que una ola debe desarrollarse para poder ser surfeada. Además, se explican las partes que tiene una ola surfeable.

2.1. Reseña histórica

Espejo Hermosa (2011) narra los inicios del surf de la siguiente manera: nadie sabe con certeza dónde o cómo nació el surf. Sin embargo, lo cierto es que los primeros pueblos que se lanzaron al océano percibieron la capacidad de las olas para impulsar sus embarcaciones. Se cree que estos pueblos habitaron en las costas de África Occidental y Perú donde todavía las olas del mar se consideran algo sagrado.

Hawai era donde el surf tenía mayor significado cultural, quizás debido a la gran cantidad y calidad de olas. Sus islas están situadas en el centro de la mayor superficie de agua del planeta, por lo que quedan expuestas al oleaje procedente de todas direcciones.

El 18 de enero de 1778, el capitán James Cook llegó al archipiélago hawaiano a bordo del *Resolution* mientras esperaban la llegada del verano para intentar descubrir el paso del noroeste, por el estrecho de Bering. En los grabados que testifican estos descubrimientos, aparecían isleños con sus tablas de surf.

Nacido en 1890, Duke Hahanamoku fue el percusor del surf moderno. Descubrió el deporte a las masas realizando exhibiciones de sus habilidades por las playas de Estados Unidos y Australia.

Después de la Segunda Guerra Mundial, aparecieron nuevos materiales como el neopreno y la fibra de vidrio y se estrenaron películas sobre el surf. En consecuencia, el surf experimentó un gran auge y su cultura se expandió por todo el mundo.

A raíz de este auge, las playas más famosas de Estados Unidos se iban llegando de gente hasta que surgió un fenómeno llamado “surfari” que consistía en la búsqueda de nuevas rompientes inexploradas. Destinos como Centro América, Indonesia, España, Marruecos, Francia, Irlanda, Fiji, etc. Se convirtieron en los más reclamados y, a día de hoy, en ciertas zonas de estos países no se entiende la vida sin el surf, ya que el surf supone una parte importante de la economía local.

2.2. Fundamentos del surf

El surf, como cualquier otro deporte, tiene lugar en un entorno determinado (circuito, cancha, campo etc.). El lugar donde se practica este deporte, la zona de surf, es el espacio comprendido entre la línea de rotura del oleaje y la línea de la costa. Las razones que explican el porqué oleajes de una determinada altura, periodo o dirección, son más adecuados que otros, no son siempre evidentes. Por ello, a continuación se introduce la definición de surf y las características de las olas adecuadas para la práctica de este deporte (Espejo Hermosa, 2011).

2.3. Definición y características de olas para el surf

Según la Real Academia Española, la definición de surf es la siguiente: *“El surf es un deporte náutico consistente en mantenerse en equilibrio encima de una tabla especial que se desplaza sobre la cresta de las olas”*.

En Wikipedia, la definición aparece como: *“El surf es un deporte que consiste en deslizarse sobre las olas del mar de pie sobre una tabla, dirigiéndola gracias a una o varias quillas situadas en la parte trasera de la tabla”*.

Sin embargo, el surf en su significado más amplio, es el acto de deslizarse por la superficie de una ola en rotura.

De acuerdo con Espejo Hermosa (2011) las olas, al entrar en aguas someras, cambian de dirección, disminuyen su longitud de onda y aumentan en altura. Justo antes de llegar a la zona de surf (donde ocurre la rotura), la forma de las ondas cambia, pasando de presentar una forma casi simétrica a adquirir la típica forma de las olas peraltadas antes de romper. Esta es la zona donde los surfistas se sitúan para coger las olas, el *line up* o “pico”. La rápida transformación del frente de ola hace que los surfistas dispongan de una pequeña porción de tiempo para ponerse de pie en la tabla, el *take off*. Si el surfista rema una ola demasiado pronto, sin que esta se encuentre lo suficientemente peraltada, la cresta de la ola simplemente pasará por debajo de este. Si por el contrario el surfista rema la ola demasiado tarde, este se encontrará en el borde de una pared vertical a punto de desmoronarse, por lo que la consecuente caída, *wipe out*, será casi inevitable. Si el surfista es capaz de remar la ola en el momento justo, descenderá de la parte superior de la cresta hasta el nivel donde alcance la mayor estabilidad y/o velocidad habiendo realizado con éxito la bajada, *the drop*.

Toda ola que permita al surfista avanzar por la pared peraltada (en rotura) durante un tiempo mínimo, es considerada surfeable. Así, aquellas olas cuyos frentes inciden paralelos a la costa y rompen simultáneamente a lo largo de todo el frente no son aptas para la práctica de este deporte. Por tanto, para que una ola sea surfeable, su frente ha de romper progresivamente hacia uno u otro lado del punto de inicio de rotura. Durante este proceso, la ola ha de mantener un peralte mínimo que permita al deportista disponer de la energía potencial y cinética necesaria para mantener la velocidad a la que el frente rompe lateralmente.

2.4. Partes de una ola surfeable

En la práctica, se diferencia entre rompientes de derechas o de izquierdas, haciendo referencia a la dirección que el surfista debe tomar para realizar el recorrido más largo. Una vez la ola comienza a romper, se pueden apreciar tres partes diferentes en base al peralte que alcanza la pared de la ola mientras se produce la rotura, las cuales podemos observar en la siguiente imagen (Espejo Hermosa, 2011).

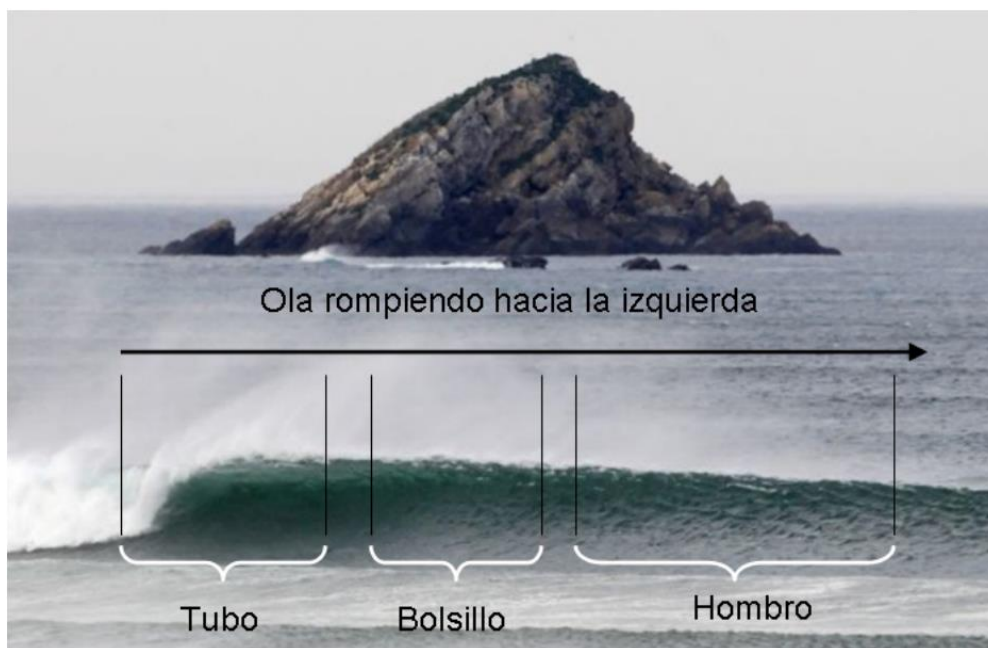


Figura 1. Partes de una ola. Fuente: www.surfcantabria.com.

En la imagen 1 se muestran las tres partes de una ola surfeable. Según Espejo Hermosa (2011) estas son:

- El tubo, *the tube*: No está presente en todos los tipos de olas surfeables, las olas cuya rotura se produce en descrestamiento no son capaces de generar este vórtice. En esta sección, el labio de la ola cae sobre la base de la misma dejando un hueco suficiente para que el agua que cae no interfiera con el surfista. Permanecer en el interior del tubo el mayor tiempo posible es la maniobra reina en el surf, ya que es de un nivel alto de dificultad.
- El bolsillo, *the pocket*: Es la parte donde se realizan la mayoría de las maniobras en el surf. Esta parte de la ola tiene un peralte próximo a los 90° , lo que permite al surfista avanzar y retroceder por el frente de la ola. También permite ganar velocidad subiendo hacia el labio (energía potencial) y volviendo a bajar (energía cinética). Esta sección la encontramos en todo tipo de olas surfeables.
- El hombro, *the shoulder*: En esta sección, el peralte de la ola pasa de los 90° a un mínimo alrededor de los 45° , donde la pendiente de la ola es demasiado pequeña y suave para generar velocidad.

3. FACTORES QUE INFLUYEN EN UNA OLA SURFEABLE

En esta parte del trabajo, se explica detalladamente en siete apartados, cada uno de los factores que van a determinar si una ola es surfeable o no.

3.1. La rompiente, *the surf spot*

Según Espejo Hermosa (2011) el surf tiene lugar en una rompiente o *surf spot*. Pueden existir rompientes reconocidas en playas, cabos, desembocaduras y arrecifes de todo tipo (coral, granito, arenisca, etc.). Cada rompiente es única, pudiendo unas generar mejores olas surfeables que otras.

A continuación, se nombran algunas de las rompientes mundialmente reconocidas, las cuales pueden ser indicativas de los estándares que ha de cumplir una ola de gran calidad o *world class*: Tavarua en Fiji, Sunset en Hawai, Puerto Escondido en México, Jeffreys Bay en Sudáfrica o Mundaka en España. En estas rompientes, el surfista puede experimentar olas de entre 1 y 5 metros de altura, con secciones prolongadas de tubo y con una distancia surfeable superior a los 100-200 metros.

Frecuentemente, las rompientes de surf están orientadas de manera que el viento predominante en la zona es el de tipo terral, de tierra a mar u *offshore/sideshore*, haciendo que la superficie del agua sea suave la mayor parte del tiempo.

A un tramo de la costa donde se concentran varias rompientes de calidad, se le denomina zona de surf. Por ejemplo, son zonas de surf, la zona de Ericeira en Portugal, la zona de Tagazoute en Marruecos o la Península de Bukit en Bali. Las zonas de surf suelen estar giradas con respecto a la dirección media del resto de la costa a mayor escala y, suelen caracterizarse por presentar vientos favorables la mayor parte del tiempo, además de fondos que permiten la formación de olas surfeables.

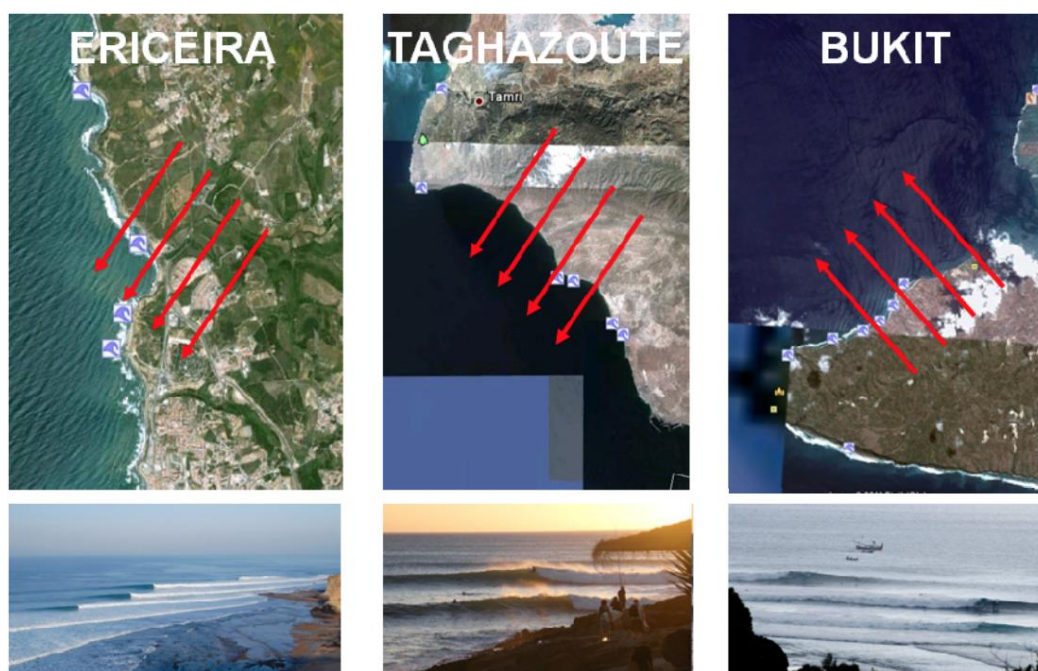


Figura 2. Zonas de surf y vectores de viento dominante. Fuente: Google Earth.

3.2. Ángulo de rotura, *wave peel angle*

Según Espejo Hermosa (2011), haciendo referencia a Dally (1989), una ola surfeable es aquella, sobre la cual, un surfista puede mantener una velocidad superior o igual a la velocidad de avance lateral del vórtice sobre el frente de onda. Para que esto sea posible, la ola no debe romper simultáneamente a lo largo de todo frente. Si esto sucede, se dice que la ola cierra, ya que el *peel angle* es demasiado pequeño.

Este parámetro es uno de los más determinantes en la surfeabilidad de una rompiente. El *peel angle* se define como el ángulo entre la línea de rotura y la tangente del frente en el punto de rotura. Ángulos pequeños producen olas que rompen longitudinalmente muy rápido, los valores de $\alpha = 0^\circ$ producen olas en las que el frente rompe todo al mismo tiempo, imposibilitando el desplazamiento del surfista a través del mismo. Ángulos más elevados de rotura generan olas que rompen longitudinalmente más despacio. Si este es próximo a $\alpha = 90^\circ$, la velocidad de desplazamiento del surfista será demasiado lenta, de manera que la rompiente no será surfeable.

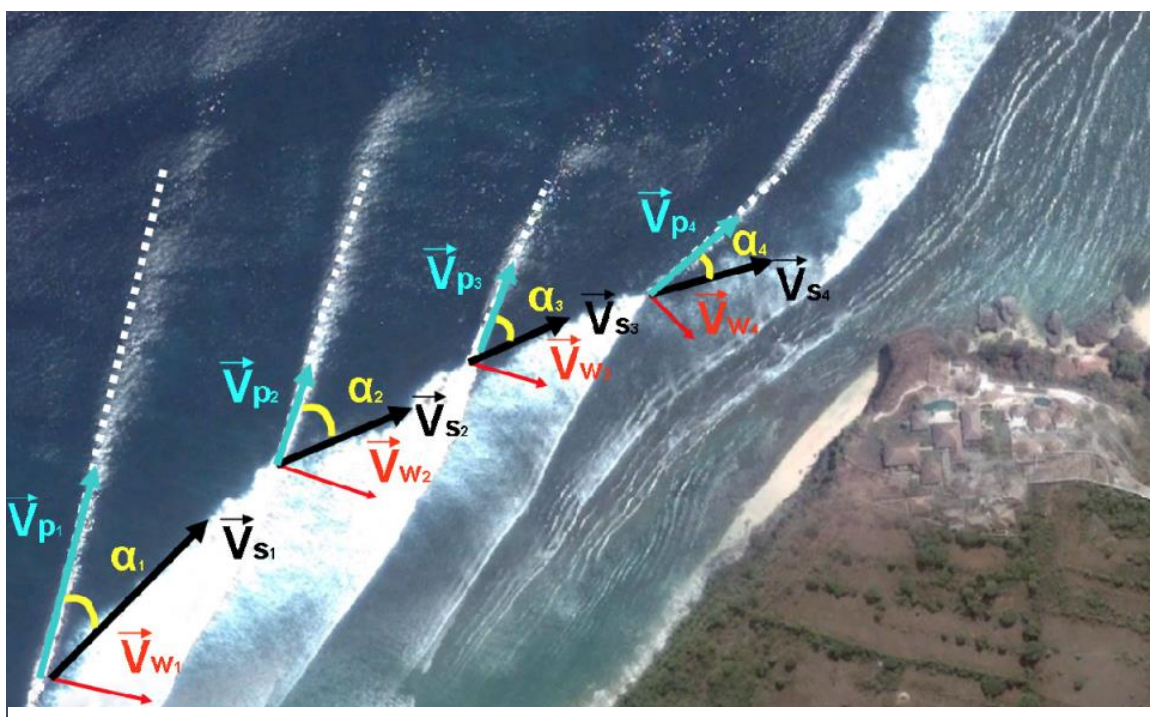


Figura 3. Ilustración del vector celeridad de onda, V_{wi} ; Vector velocidad de rotura longitudinal del frente, V_{pi} ; Velocidad de desplazamiento del surfista, V_{si} ; Y ángulo de rotura o *peel angle*, α_i . Fuente: repositorio.unican.es.

En la imagen anterior se ha señalado el vector celeridad de onda, V_w y la velocidad de rotura longitudinal del frente, V_p . La suma de estos dos vectores, indica la velocidad de desplazamiento del surfista, V_s y el *peel angle*, α .

La rompiente de la imagen pertenece al famoso *spot* balinés de *Impossibles*, en la Península de Bukit (Indonesia). En la imagen se pueden apreciar cuatro frentes de onda que rompen hacia la izquierda. Al observar el tramo de espuma blanca de las olas rotas se distinguen tres secciones en función de los diferentes ángulos de rotura que las olas forman al avanzar hacia la línea de costa.

El primer tramo, $\alpha_1 \approx 25^\circ$ corresponde a la zona de inicio de la rotura; es una sección rápida que requiere alcanzar una alta velocidad y su longitud es de aproximadamente 200 m. Los tramos $\alpha_2 = \alpha_3 \approx 45^\circ$ corresponden a la segunda sección, la cual es mucho más lenta y maniobrable que la anterior, con un recorrido próximo a los 200 m. El último tramo, con $\alpha_4 \approx 20^\circ$ corresponde al final del recorrido, ya que el frente de ola alcanza una dirección paralela al contorno de tierra, en este punto $\alpha \approx 0^\circ$, por lo que la ola deja de ser surfeable.

3.3. Intensidad o forma de rotura

El que una ola rompa con mayor o menor peralte depende fundamentalmente de la pendiente del fondo, la altura y el periodo asociados. Espejo Hermosa (2011), basándose en Galvin (1968), describió y clasificó la rotura del oleaje en cuatro categorías que son de vital importancia desde el punto de vista del surfista, éstas son:

- Decrestamiento, *spilling*: Este tipo de rotura ocurre cuando la cresta de la ola se desmorona sobre el frente, cuyo peralte es bajo, siendo frecuente cuando el fondo es muy tendido. Olas que rompen en *spilling* son surfeables, aunque su escaso peralte no permite alcanzar velocidades elevadas; por ello, son adecuadas para la iniciación en el surf. Los surfistas utilizan el adjetivo de olas fofas para referirse a este tipo de rotura.
- Voluta, *plunging*: Este tipo de rotura ocurre cuando la cresta de la ola rompe sobre la base del frente generando la forma característica tubular (vórtice). El elevado peralte que alcanzan estas olas permite al surfista generar altas velocidades. Además, posibilita realizar la maniobra reina del surf, el tubo. Los surfistas conocen este tipo de rotura como hueca, siendo ésta la forma preferida por la mayoría.
- Colapso, *collapsing*: Este tipo de rotura ocurre cuando la ola permanece peraltada hasta que su frente colapsa, formando una estructura turbulenta irregular. Este régimen es frecuente en los fondos de arrecife, cuando la marea está demasiado baja y el fondo no está suficientemente sumergido. Este tipo de rotura no se considera surfeable.
- Oscilación, *surging*: Ocurre cuando la ola, debido a la elevada pendiente del fondo, no llega a romper, de manera que la superficie del agua simplemente oscila al llegar al contorno de tierra. Este régimen es no surfeable.

El número de Iribarren es un parámetro que permite estimar la forma de rotura al conocer los parámetros antes indicados. Este, viene definido, según Espejo Hermosa (2011), basándose en Battjes (1974) como:

$$Ir = \frac{\beta}{\sqrt{\frac{H_b}{\lambda_0}}}$$

donde H_b es la altura de ola en el punto de rotura, λ_0 es la longitud de onda en profundidades indefinidas y β la pendiente del fondo. La interpretación física de este parámetro es que el tipo de rotura depende de la relación entre la pendiente del fondo y el peralte de la ola. En la tabla 1 se muestran los valores típicos del número de Iribarren de cada tipo de rotura.

Rotura	Rango
Oscilación/Colapso	$I_r \geq 2$
Voluta	$0,4 \leq I_r < 2$
Descrestamiento	$I_r < 0,4$

Tabla 1. Rangos de I_r según tipo de rotura.

3.4. Calidad de la rompiente

Espejo Hermosa (2011) clasifica los diferentes *spots* en cuatro categorías:

- Ordinaria: Rompiente que genera olas cortas o con rotura variable o impredecible. El *peel angle* es demasiado grande o pequeño.
- Buena: Rompiente con una o dos secciones con *peel angles* adecuados. Permite la realización de ciertas maniobras.
- *Regional class*: Las que se producen en aquellos *spots* destacables dentro de cada región. Son rompientes con una o más secciones cómodamente maniobrables. *Peel angle* adecuado durante toda la longitud de la ola con alguna sección de tubo.
- *World class*: Rompiente consistente, altamente maniobrable o con secciones tubulares muy largas y perfectas. *Peel angle* óptimo durante casi toda la longitud de la ola. Algunos *spots* que permiten la rotura surfable de olas mayores de 3 metros, también se incluyen en esta categoría.

3.5. Tipología de la rompiente

Según Espejo Hermosa (2011) las olas rompen en la costa en multitud de formas diferentes. Las hay que rompen de derechas, izquierdas, rápidas, lentas, pequeñas y grandes; las hay largas y cortas, con tubos profundos o que rompen suavemente permitiendo al surfista realizar varias maniobras. Hay muchas razones por las que unas olas son tan diferentes de las otras, pero, la principal razón, es la forma de la plataforma sobre la que éstas rompen. La morfología del fondo, influenciada por el material con el que está formado, es lo que en último término determina la forma en la cual las olas rompen.

Espejo Hermosa (2011) cita a Mead *et al.* (1998) para definir las cinco categorías geomorfológicas de rompientes de surf. Las cuales son:

- Salientes, cabos, *headlines*, *pointbreaks*: En este tipo de rompientes, las olas refractan alrededor del saliente antes de romper. La refracción actúa como filtro de las altas frecuencias permitiendo que sólo las de mayor periodo lleguen a romper, lo cual favorece la calidad del surf. La dirección de los frentes en el momento del *take off* es diferente de la dirección del oleaje en mar abierto.

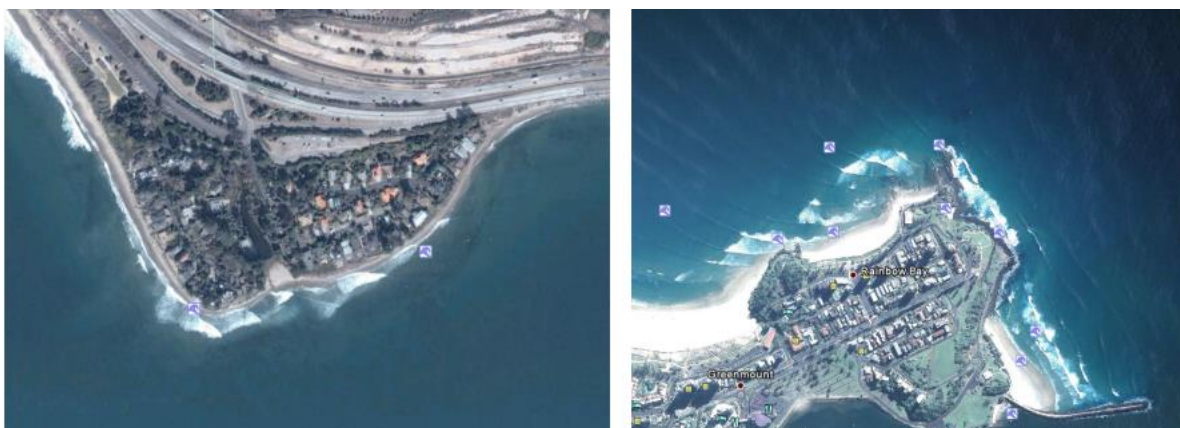


Figura 4. Rompientes de surf en salientes de tierra. Rincon, California (Izq), Kirra, Australia (Dcha). Fuente: Google Earth.

- Playas, *beach breaks*: Las playas son sistemas extremadamente complejos, formados por sedimentos relativamente finos, que son capaces de adoptar una infinidad de formas. La forma de las olas que rompen en una playa está determinada por la morfología de la misma, que casualmente está condicionada por las olas que sobre ella rompen y el tamaño del sedimento que la forma, Wright y Short (1984). No todas las playas son aptas para el surf, pues han de presentar bancos de arena que permitan la rotura oblicua del oleaje. Un ejemplo de rompiente de playa es la de Zicatela, en Puerto Escondido, México.



Figura 5. Rompiente de playa en Zicatela, Puerto escondido, México. Fuente: propia.

- Arrecifes, *reefs*: Al contrario que las playas, estos son fondos rígidos que no cambian de forma, al menos en una escala de tiempo de cientos de años. Los fondos de arrecife presentan la ventaja de generar olas casi idénticas unas de otras, siempre que las condiciones de oleaje sean apropiadas, lo que les confiere una alta calidad o idoneidad para el surf. Dos ejemplos de esta categoría son, Pedra Branca en Portugal o Pipeline en Hawai.



Figura 6. Rompiente de playa de arrecife en Pipeline, Hawai. Fuente: lushpalm.com.

- Desembocadura de ríos, *river mouths*: La dinámica inducida por la marea permite, en ocasiones, la formación de barras arenosas muy estables en el medio y largo plazo, permitiendo la generación de olas casi idénticas siempre que las condiciones de oleaje sean apropiadas. El banco de arena exterior, el oleaje y la corriente de marea interactúan dando lugar a olas surfeables.



Figura 7. Rompiente de desembocadura del río Gorgos, Xàbia, Alicante. Fuente: propia.

- *Ledge breaks, slabs*: Este tipo de rompiente, sin traducción al castellano, es capaz de generar las olas más grandes e intensas que es posible surfear. Son cambios abruptos en la batimetría, de forma que el oleaje cambia rápidamente de aguas muy profundas a aguas muy someras, produciendo una rotura muy violenta. La rompiente de esta categoría más conocida es la de Shipsterns en Tasmania.



Figura 8. Rompiente de tipo slab, Shipsterns bluff, Tasmania. Fuente: surflines.com.

3.6. Sentido de la rotura

El sentido de la rotura juega un papel fundamental para muchos surfistas, especialmente para los de nivel intermedio. El surfista, maniobra más cómodamente cuando el desplazamiento se produce de cara a la ola, por lo que conviene caracterizar este factor. Las categorías son, desde el punto de vista del surfista: de derechas, de izquierdas o rotura en ambos sentidos (Espejo Hermosa, 2011).



Figura 9. Ola rompiendo hacia la derecha. Fuente: todosurf.com.

3.7. Longitud de la sección

Se entiende por longitud de la sección, la distancia que un surfista es capaz de recorrer sobre el frente de la ola, sin contar el desplazamiento sobre la espuma de la ola ya rota. Este es un factor muy importante ya que frecuentemente la calidad se vincula a la distancia máxima surfeable (Espejo Hermosa, 2011). La ola surfeable más larga del mundo es la de Chicama, en Perú, con una longitud de sección de hasta 2 kilómetros.



Figura 10. Ola más larga del mundo, Chicama, Perú. Fuente: conexionoceanica.com.

4. ZONA DE ESTUDIO: VALENCIA

4.1. Descripción de la zona de estudio

La zona de estudio se extiende por toda la costa del entorno del área metropolitana de Valencia, desde la localidad de Canet de Berenguer al norte, hasta la playa de Oliva al sur. La Costa de Valencia tiene una longitud de 109 kilómetros y posee muy pocos accidentes geográficos, siendo el más destacable el Cabo del Faro de Cullera. Casi en su totalidad, la costa es baja y arenosa, lo cual favorece la presencia de abundantes arenales, como los de Cullera, Daimuz, Gandía, Miramar, Canet de Berenguer, Sueca y la propia ciudad de Valencia.

Los ríos que desembocan en esta costa son, de norte a sur: Palancia, Turia, Júcar y Serpis.

4.2. El clima en la costa valenciana

La costa valenciana presenta un clima de tipo mediterráneo típico, que es característico de la zona occidental del Mar Mediterráneo. El clima está definido por ser cálido y húmedo, con inviernos no muy fríos debido a la característica suavizadora de temperatura que crea el mar. Los veranos son largos, secos y calurosos, con temperaturas máximas promedio de unos 30°C. Respecto a las precipitaciones, se concentran en primavera y otoño.

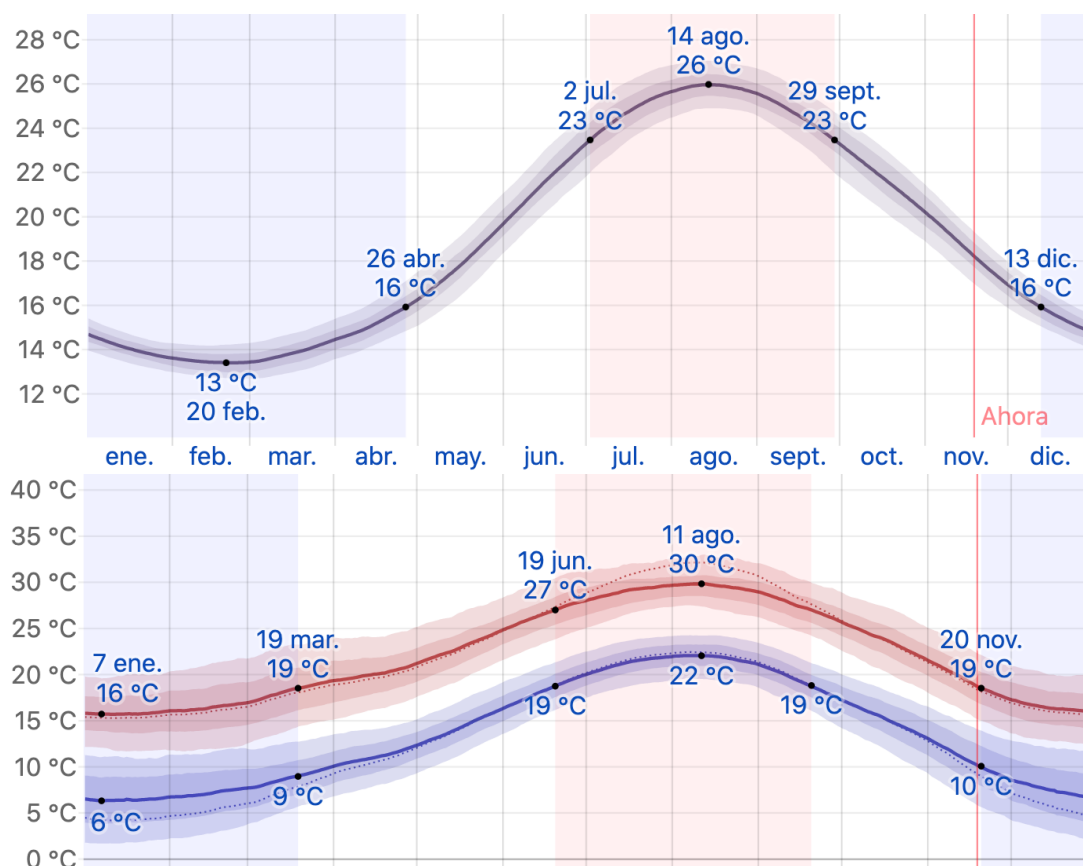


Figura 11. En el gráfico superior: temperatura diaria promedio del agua; en el gráfico inferior: temperatura máxima (línea roja) y mínima (línea azul) promedio diaria del aire. Fuente: weatherspark.com y puertos del estado/oceanografía.

Con relación a la temperatura superficial del agua, se tiene que, durante los meses de invierno, la temperatura promedio cae por debajo de los 16°C, siendo febrero el mes con la temperatura del agua más fría, presentando un promedio de 13°C, mientras que, en los meses calurosos, la temperatura promedio del agua se encuentra por encima de los 23°C.

En la Figura 11, se puede apreciar como la temperatura del aire está claramente influenciada por el mar, siguiendo un patrón estacional muy similar.

Los datos de los gráficos obtenidos de esta fuente han sido contrastados con las mediciones realizadas en la estación de la boya de Valencia, cuyos resultados están publicados en web de puertos del estado/oceanografía.

4.3. Los spots de surf en la zona de estudio

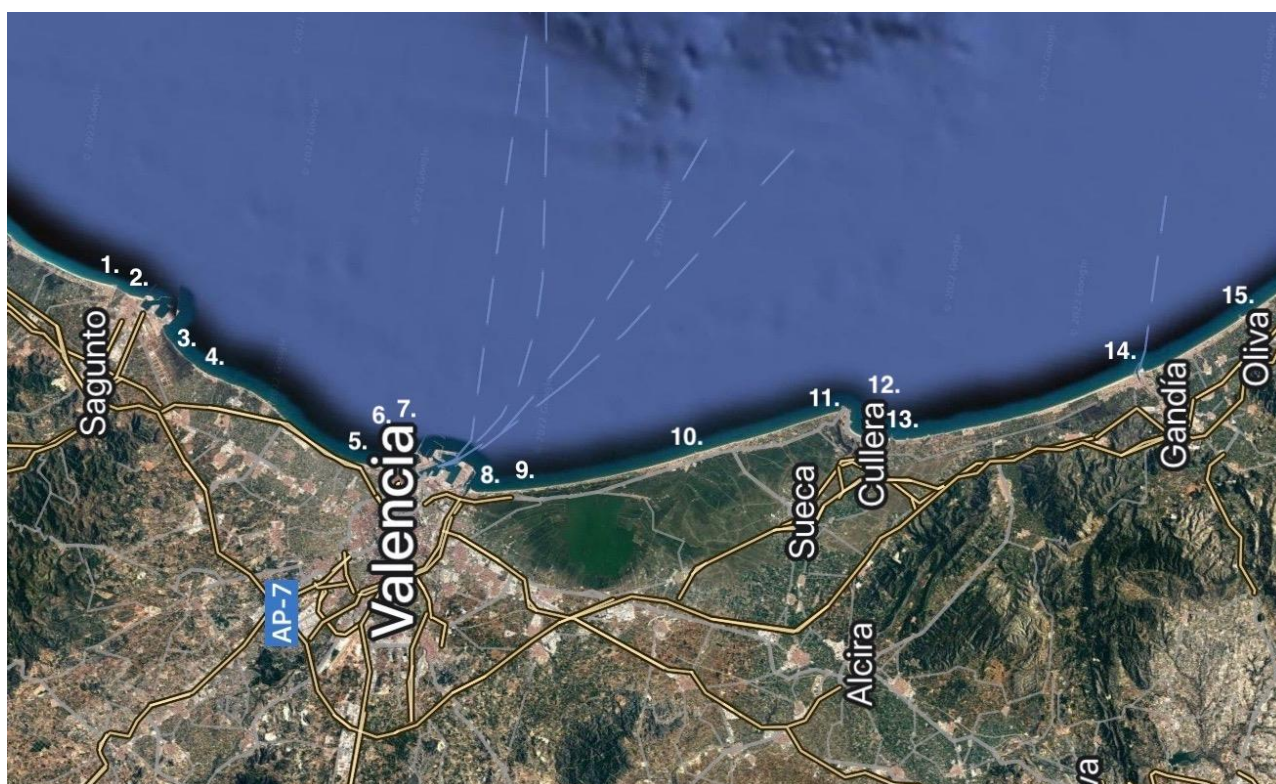


Figura 12. Distribución espacial de las rompientes de surf en la costa valenciana. Fuente: Google maps.

La costa valenciana presenta, por sus características geológicas, 15 rompientes de playa y ninguna de otro tipo. Por este motivo, el surf en Valencia se concentra en las playas que funcionan con tamaño de oleaje pequeño o mediano (0,5 – 1,5 m).

La calidad de las rompientes de la costa valenciana casi siempre es de tipo ordinaria, con *peel angle* pequeño y rotura impredecible de las olas, lo cual dificulta conseguir una buena sesión de surf.

A continuación, se nombran las 15 rompientes marcadas en la Figura 12:

1. Playa de Canet;
2. El Pantalán;
3. Grau Vell;
4. Playa de Puzol;
5. Port Saplaya;
6. La Patacona;
7. Las Arenas;
8. Pinedo;
9. El Saler;
10. Playa del Perelló;
11. El Dossel;
12. Bahía de Cullera;
13. El Júcar;
14. Playa de Gandía;
15. Playa de Oliva.

5. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS DIFERENTES INSTALACIONES DE SURF

A continuación, se describen tres diferentes instalaciones generadoras de olas surfeables, las cuales se comparan más adelante en el estudio de alternativas (ANEXO Nº1) para elegir una de ellas y llevar a cabo su construcción.

5.1. Introducción

En el mundo existen alrededor de 20 instalaciones de olas artificiales para la práctica del surf. Algunas de ellas se diferencian por el mecanismo que utilizan para generar estas olas, mientras que otras solo se diferencian en aspecto y diseño.

En este trabajo se describirán y compararán 3 de estas instalaciones, las cuales son pioneras en este ámbito y además son las que mejor engloban al resto.

5.2. Kelly Slater Wave Company (KSWC)

En esta instalación, situada en Leemore, California, las olas se generan mediante una “pala” llamada hydrofoil, que es empujada por una especie de tren a una velocidad de 30 km/h. Se genera una ondulación de 2 metros de altura en la superficie del lago.

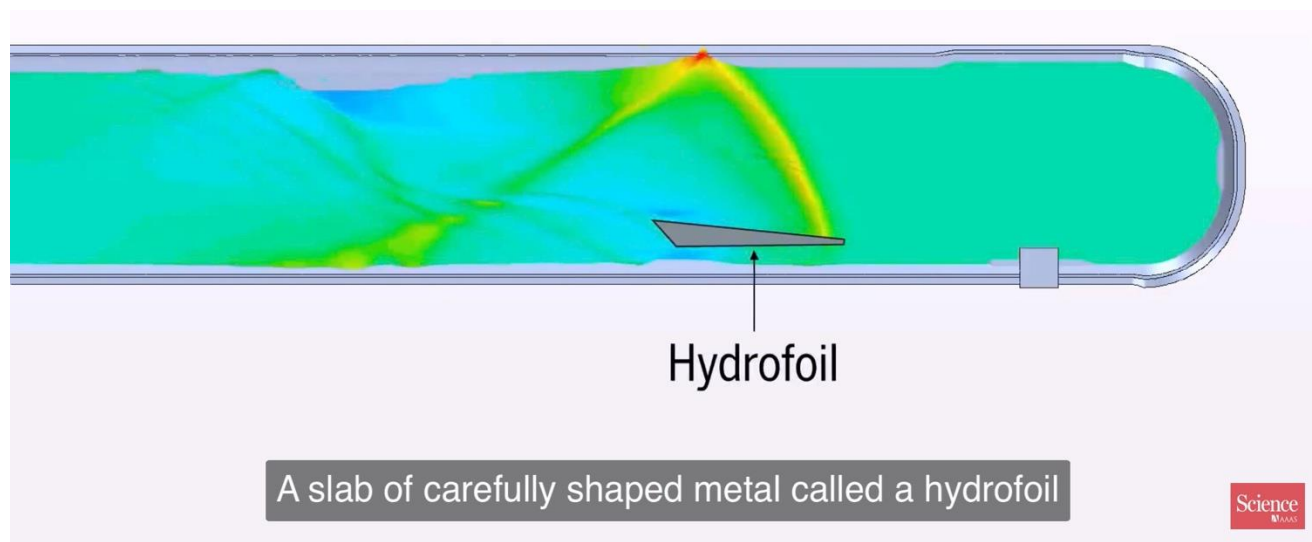


Figura 13. Representación hydrofoil. Fuente: raisedwaterresearch.com.

La forma de la ola está condicionada por el fondo del lago. Al igual que en el océano, va cambiando a medida que la ondulación recorre las diferentes partes del fondo, creando secciones de tubo y otras para carrear durante los 50 segundos que dura la ola.

La instalación tiene un coste de construcción de unos 20 millones de euros. La superficie total es de 10'5 hectáreas (700x150m). El tiempo de recuperación para que el agua se calme tras cada ola es de 4 minutos, por tanto, se puede surfear una ola cada 5 minutos, es decir, el número de surfdeos por hora es de 12.

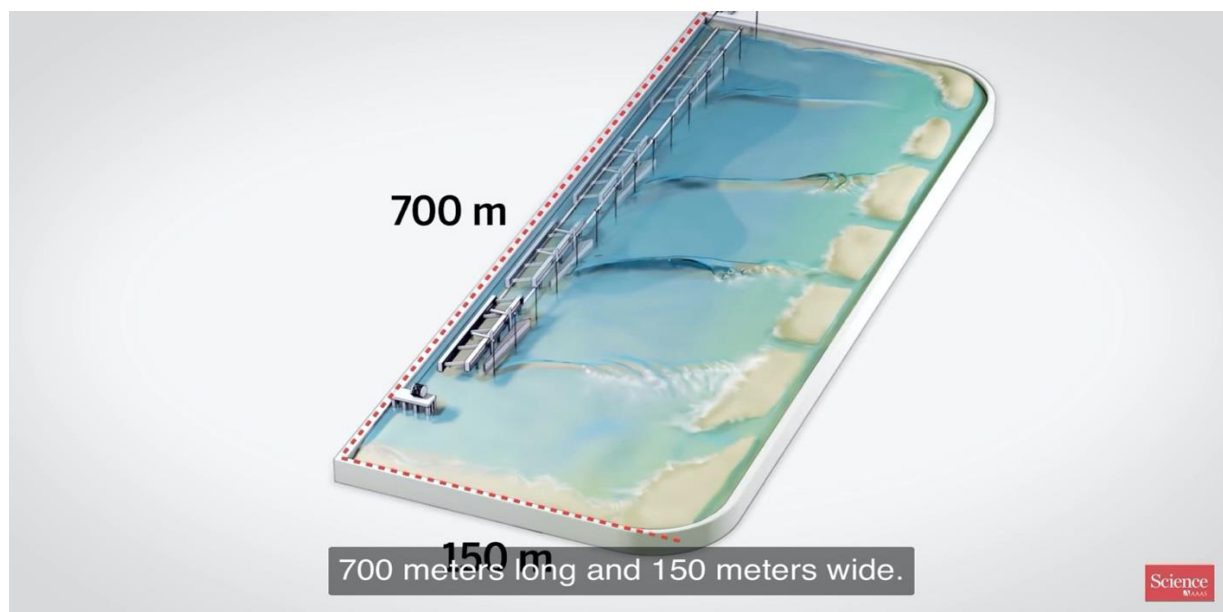


Figura 14. Dimensiones y forma de la instalación KSWC. Fuente: raisedwaterresearch.com.

5.3. American Waves Machine (AWM)

En esta piscina ubicada en Waco, Texas, se utiliza un sistema patentado de aire a presión llamado *PerfectSwell* que crea olas naturales de diversos tamaños. Crea secciones rápidas que son ideales para realizar maniobras radicales y practicar aéreos.

La tecnología de piscinas de olas *PerfectSwell* de American Wave Machines dispara presión de aire desde una serie de cámaras para crear un oleaje que se propaga hacia el lado poco profundo de la piscina donde se eleva y rompe. La secuencia de disparo es reversible, por lo que las piscinas de olas *PerfectSwell* pueden crear ondas izquierdas y derechas. El software sofisticado llamado *Phased Array Control System* controla el tiempo y la potencia empujada hacia el oleaje por cada cámara, brindando a los operadores la flexibilidad en el tamaño y la forma de la onda. (*American Wave Machines PerfectSwell – Raised Water Research, s. f.*)



Figura 15. Instalación AWM. Fuente: raisedwaterresearch.com.

La tecnología *PerfectSwell* no le da ningún valor a una ola después de que pasa el rompiente principal. Por lo tanto, solo hay un área de surf en su piscina estándar donde crean olas izquierdas y derechas que varían en tamaño y forma a lo largo de una sesión de 1 hora.

American Wave Machines afirma que las olas se pueden diseñar con cualquier especificación de tamaño y forma, pero existen límites prácticos para el tamaño. Su instalación en BSR Surf Resort produce olas que varían en tamaño de 0,6m a 2m, adecuadas para principiantes, surfistas intermedios y avanzados.

La tecnología *PerfectSwell* realmente brilla en la categoría de forma de onda. Gracias a la sincronización flexible, la potencia de las cámaras de aire, y al software que las controla, estas piscinas de olas pueden crear una variedad casi infinita de olas que ofrecen secciones de tubo, aéreos, giros y más.

La instalación tiene un coste de construcción de unos 15 millones de euros. La superficie total es de 3 hectáreas (300x100m). Se puede surfear una ola cada 30 segundos, por tanto el número de surfdeos por hora es de 120.

5.4. SurfLakes (SULA)

En Queensland, Australia, en el centro de un lago artificial grande y casi rectangular se encuentra un émbolo de grandes dimensiones que, al levantarlo mediante un motor y dejarlo caer sobre el agua, libera una energía generando un oleaje en 360 grados.



Figura 16. Instalación SULA. Fuente: Instagram/surflakes.

La piscina está diseñada para maximizar la eficiencia de estos anillos circulares, lo que significa tener diferentes puntos de rompientes en toda la piscina.

Gracias a los arrecifes artificiales se generan 5 tipos de ola diferente con cada onda producida por el émbolo. Esto permite que haya varios surfistas con diferente nivel de surf al mismo tiempo en el agua.

La instalación tiene un coste de construcción de unos 30 millones de euros. La superficie total es de 9 hectáreas. Cada bombeo ejercido por el émbolo genera una onda que rompe en 5 picos diferentes. Cada uno de estos picos ofrece una ola surfeable tanto a derechas como a izquierdas, por tanto, un solo bombeo permite 10 surfeos simultáneos. Si en un minuto se pueden producir 4 bombeos, el número de surfeos por hora es de 2400. En la Figura 17 se pueden apreciar 4 arrecifes artificiales donde se generarían 4 rompientes a derecha e izquierda, sin embargo, para completar las 5 que se mencionan anteriormente, se considera la quinta a la zona de las espumas del final de la ola con menor tamaño.

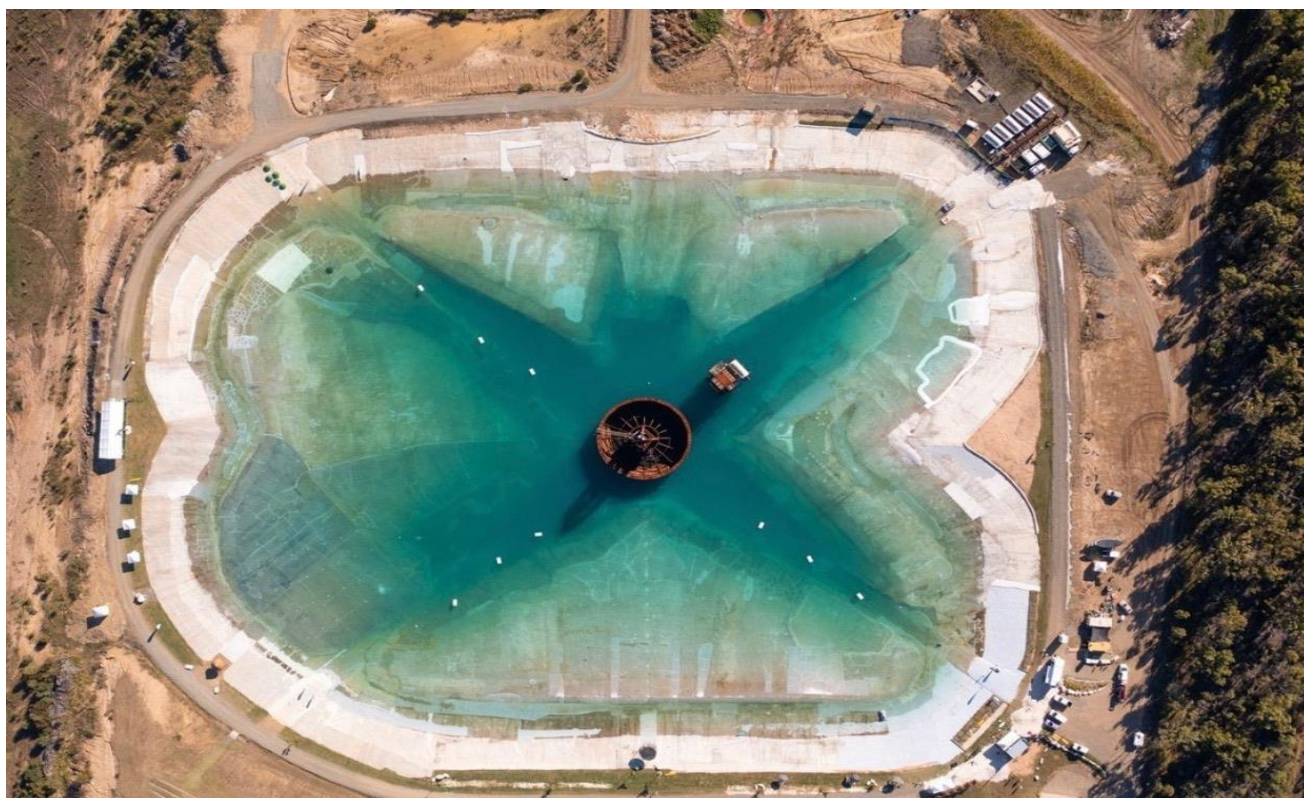


Figura 17. Batimetría instalación SULA. Fuente: Instagram/surflakes.

6. ESTUDIO DE SOLUCIONES

6.1. Introducción

El objetivo principal del estudio de alternativas es obtener, a partir de una serie de factores determinantes, cuál de las tres instalaciones descritas en el apartado anterior será la más viable de construir. Para ello, se han valorado las alternativas de dos formas diferentes.

En primer lugar, se tiene en cuenta la demanda de clientes en cuanto al número de surfistas que hay en la Comunidad Valenciana que, siendo Valencia la principal zona de estudio, se tienen en cuenta también las áreas de Castellón y Alicante por su cercanía como zonas con clientes potenciales para la futura instalación de surf. Además, se describen los factores a tener en cuenta de cada alternativa, así como la rentabilidad que obtendremos de estas. También se plantean dos posibles emplazamientos para la construcción de la alternativa elegida.

Para la primera valoración de cada una de las alternativas, se exponen los factores de mayor relevancia para los clientes a la hora de acudir a nuestra instalación, además de los factores que consideraremos para estimar posteriormente la rentabilidad de las mismas (horario de apertura y cierre, número de surfes por hora y día, duración de la ola, precio de cada sesión de una hora y de cada surfeo, número de surfistas que pueden estar a la vez en el agua, coste de construcción de la instalación, superficie total necesaria y flujo medio diario estimado de surfistas).

Al realizar esta primera valoración, la alternativa 1 y 2 quedan descartadas automáticamente, ya que, debido a la relación entre el precio de utilización para el cliente y el flujo medio diario de clientes, el tiempo de recuperación de la instalación conllevaría un riesgo totalmente inasumible.

En segundo lugar, se describe y aplica el método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para valorar las diferentes alternativas.

Para esta segunda valoración, los factores que se evalúan y comparan son, coste de construcción, número de surfes por hora, superficie total y duración de la ola.

Todo esto se describe con detalle en el ANEXO Nº1 de este mismo trabajo.

6.2. Alternativas

Para poder escoger la alternativa definitiva se han expuesto las siguientes:

- **Alternativa 0:** No construir ninguna instalación.
- **Alternativa 1:** Construcción de una instalación de surf con las características de la descrita en el apartado 4.2. (KSWC).
- **Alternativa 2:** Construcción de una instalación de surf con las características de la descrita en el apartado 4.3. (AWM).

- **Alternativa 3:** Construcción de una instalación de surf con las características de la descrita en el apartado 4.4. (SULA).

A continuación, se muestran tres tablas con los factores relevantes de cada una de las alternativas, los cuales se encuentran explicados detalladamente en el ANEXO Nº1.

ALTERNATIVA 1: KSWC	
Nº SURFEOS/HORA - DÍA	12 - 168
DURACIÓN DE LA OLA	50 segundos
PRECIO DE CADA SURFEO	4,17€
Nº SURFISTAS EN EL AGUA	1
COSTE COSNTRUCCIÓN	20 millones €
SUPERFÍCIE TOTAL	10'5 hectáreas
FLUJO MEDIO DIARIO DE SURFISTAS	7

Tabla 2. Factores relevantes de la alternativa 1.

ALTERNATIVA 2: AWM	
Nº SURFEOS/HORA - DÍA	120 – 1.680
DURACIÓN DE LA OLA	8 segundos
PRECIO DE CADA SURFEO	2,50€
Nº SURFISTAS EN EL AGUA	6
COSTE COSNTRUCCIÓN	15 millones €
SUPERFÍCIE TOTAL	3 hectáreas
FLUJO MEDIO DIARIO DE SURFISTAS	42

Tabla 3. Factores relevantes de la alternativa 2.

ALTERNATIVA 3: SULA	
Nº SURFEOS/HORA - DÍA	2.400 – 33.600
DURACIÓN DE LA OLA	10 segundos
PRECIO DE CADA SURFEO	0,84€
Nº SURFISTAS EN EL AGUA	40
COSTE COSNTRUCCIÓN	30 millones €
SUPERFÍCIE TOTAL	9 hectáreas
FLUJO MEDIO DIARIO DE SURFISTAS	280

Tabla 4. Factores relevantes de la alternativa 3.

6.3. Alternativa elegida

Una vez valoradas las distintas alternativas según se describe en la introducción de este apartado y como podemos observar en el ANEXO Nº1 de este trabajo, la alternativa elegida tanto por el primer método como por el segundo es la alternativa 3: construcción de una instalación de surf con las características de la descrita en el apartado 4.4. (SULA).

Además, el emplazamiento seleccionado para la construcción de esta instalación es el denominado “Parada de metro El Vedat (Torrent)”, ya que una vez valoradas las dos propuestas en cuanto a accesibilidad, viento en la zona, necesidad de área y abastecimiento de agua, esta siempre ha resultado la más conveniente de las dos.

7. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Se describen las tareas a ejecutar, así como la programación en el tiempo de las mismas, en el emplazamiento llamado “Parada de metro El Vedat” (Torrent), para llevar a cabo la construcción y puesta a punto de la alternativa seleccionada SurfLakes.

7.1. Tareas a ejecutar

7.1.1. Demolición de la caseta

La primera tarea a realizar será la demolición de la pequeña casa que existe en medio del terreno. Esta demolición se efectuará mediante una pala excavadora, la cual se utilizará posteriormente para el movimiento de tierras.

7.1.2. Movimiento de tierras

La excavación consiste en realizar un desmonte con forma rectangular de 250 metros de largo por 200 metros de ancho. Las paredes norte y sur se establecerán con taludes 2H:1V hasta alcanzar los 14’5 metros de profundidad, mientras que el talud de la pared este será 1H:1V y el de la pared oeste será 3H:1V. En los planos del ANEXO N°2 podemos observar con claridad la planta definitiva de la excavación.

La profundidad final será de 14 metros, ya que esos 0,5 metros sobrantes se tienen en cuenta para el nivel de apoyo de la losa de cimentación.

En el centro de la solera la excavación se extenderá 5 metros más de profundidad para realizar la cimentación que sujetará la estructura del émbolo generador de olas. Esta cimentación consiste en un bloque de hormigón en forma de cuadrado de 30 metros de lado circunscrito al émbolo como se puede observar en los planos del ANEXO N°2 de este trabajo.

Para realizar todo el movimiento de tierras se utilizarán una excavadora y una retroexcavadora similares a las que se muestran en la Figura 28.



Figura 18. Excavadora y retroexcavadora. Fuente: imágenes de Google.

En el caso de encontrarnos con el nivel freático, se emplearán los métodos necesarios para disminuir la cota de agua, como por ejemplo, la utilización de *Well Points* o pozos drenantes.

7.1.3. Impermeabilización y hormigonado de la balsa

Una vez terminada la excavación y habiendo realizado la compactación y extensión del terreno, se utilizarán dos materiales para la impermeabilización de la balsa:

- Una lámina de geotextil de poliéster, con un peso específico de 300g/m².
- La geomembrana: una lámina de polietileno de alta densidad, de 2mm de espesor, soldada por termofusión y colocada sobre el geotextil.

A continuación, se extenderá y compactará una capa de zahorras de 25 centímetros de espesor, con lo que quedará preparada la base de apoyo del vaso de la balsa.

Tanto la solera como las paredes y los taludes de la balsa se ejecutarán con hormigón proyectado de espesor 25 centímetros. El hormigón será de tipo HA-30 y designación del ambiente IV, además a este hormigón se le colocará 2 mallazos paralelos, uno en la cara inferior y otro en la superior de unos 12 milímetros de diámetro de acero corrugado tipo 400S, formando cuadrículas de hierro separadas unos 15 a 20 centímetros. El recubrimiento mínimo del acero será de 2 a 3 centímetros. El hormigón proyectado se ejecutará de una forma similar a la que se puede observar en la Figura 19.

Antes de hormigonar las paredes y los taludes, se impregnarán las zonas de las juntas con una capa de resina epoxi para evitar problemas de fugas de agua.

Una vez ejecutado todo el vaso de la balsa, se aplicará un revestimiento de poliéster reforzado de fibra de vidrio para aumentar la impermeabilización y evitar posibles fugas por fisuras que pueda haber dejado el hormigón.



Figura 19. Operarios realizando el proyectado del hormigón. Fuente: perfotalud.com.

7.1.4. Instalación del émbolo generador de olas

Para la instalación del émbolo generador de las olas artificiales se utilizará una grúa telescópica sobre camión como la que se muestra en la Figura 20, ya que esta pieza es de grandes dimensiones y se colocará en el centro de la balsa. La grúa se colocará por el lado oeste de la balsa, a unos cuatro metros de distancia de donde empieza a descender el talud de esa pared.

Para el envío de las piezas que forman el émbolo será necesario fletar un barco carguero exclusivamente que saldrá del puerto de Brisbane, Australia y llegará al puerto de Valencia, España.

Posteriormente se realizará el traslado desde el puerto de Valencia hasta el emplazamiento seleccionado en Torrent mediante vehículos especiales, ya que las piezas son de grandes dimensiones y muy pesadas.

Además, viajará la mano de obra especializada para la instalación y montaje de todas las piezas del émbolo.

Los gastos de transporte y montaje se contemplan en la valoración económica más adelante en este mismo trabajo.



Figura 20. Ejemplo de grúa telescópica sobre camión. Fuente: interempresas.net.

7.1.5. Entrada y salida del agua de la balsa

El agua será llevada desde la red local existente en la zona, realizando un enganche a dicha red. Mediante tubería, que partirá desde una arqueta principal y utilizando una estación de bombeo. Antes de entrar el agua en la balsa se realizará una arqueta que amortigüe la velocidad del agua y evite erosiones intensas.

La tubería que nutre de agua a la balsa se calcula para un caudal de diseño de 350 L/s, a la arqueta principal. Por lo tanto, se deben transportar entre la arqueta principal y la balsa, 350 L de agua por segundo. Para ello se han elegido tuberías de polietileno, con unión soldada. Se ha optado por un diámetro nominal de 500 mm. Se enterrará en zanjas con la generatriz superior del tubo a dos metros de profundidad.

El agua de la balsa llegará hasta la cota -1, dejando así un metro de resguardo para frenar las olas una vez se haya producido la rotura de las mismas.

Para renovar el agua, la instalación funcionará como una balsa de riego para los campos y huerta de los alrededores. Además, la balsa contará con un sistema de depuración mecánica para la constante limpieza de la misma. Se realizará mediante una depuradora, succionadores e impulsores, y un sumidero o toma de fondo.

7.1.6. Asfaltado y acondicionamiento del parking

Al mismo tiempo que se realiza el despeje y desbroce del terreno previo a la excavación, también se realizará esta misma tarea para la totalidad del área del complejo, dejando así preparadas las zonas de descanso, vestuarios, restauración y parking.

Al este de la balsa se ubicará una zona de restauración y descanso. En el extremo este del complejo se ubicará la zona del parking, que consistirá en una explanada rectangular asfaltada de 200 metros de largo y 25 metros de ancho. Podemos observar un croquis en la Figura 21.

Las plazas serán de 4'8 metros de largo por 2'4 de ancho, por tanto, el parking tendrá un total de 320 plazas distribuidas de tal forma que, en los laterales y a lo largo de la explanada se dispondrá de 80 plazas en cada uno. Además, en el centro y a lo largo habrá 1600 plazas más, dejando un carril de entrada y otro de salida de 2'9 metros de ancho cada uno entre las plazas centrales y las de los laterales.

Antes de realizar el asfaltado de la zona del parking, se extenderá una capa de material todouno y, posteriormente, se realizará la extensión y compactación del material asfáltico con la ayuda de maquinaria especializada.



Figura 21. Croquis diferentes zonas de la instalación de surf. Fuente: elaboración propia.

7.1.7. Instalación de vestuarios, restauración y zonas de descanso

Para el acondicionamiento de las zonas de vestuario, restauración y zonas de descanso se realizarán las acometidas de agua necesarias para abastecerlas, así como las de luz y gas para poder ofrecer los servicios de manera correcta.

7.2. Programación de las obras

Se estudiará y se analizará el programa de trabajos para obtener la duración del proyecto. En definitiva, el objetivo principal es determinar el tiempo aproximado de ejecución de la obra descrita. Este período de tiempo se obtendrá del encadenamiento de las actividades que constituyen el global de las actuaciones a ejecutar.

Estos plazos también se utilizarán para calcular el presupuesto más adelante.

Para poder determinar el plazo de ejecución, se considera para este proyecto que la jornada de trabajo, para todos los días laborables del año, es de 8 horas; 5 días laborables a la semana, y 21 días laborables por mes. Esto se obtiene del Convenio Colectivo Construcción y Obras Públicas para la Provincia de Valencia. (Galván Alcalá, 2018).

7.2.1. Actuaciones previas

En primer lugar, se realizarán los trabajos previos, acondicionamiento de la zona para poder llevar a cabo las obras que se proponen, así como, ubicación y puesta en marcha de las instalaciones auxiliares.

Se estima una duración de 2 semanas.

7.2.2. Demolición de la caseta

Al tratarse de una caseta de pequeñas dimensiones, se estima que en un plazo de 4 días se realizará la tarea de demolición y retirada de escombros resultantes a vertedero autorizado.

7.2.3. Excavación, impermeabilización y hormigonado

Si observamos los planos del ANEXO N^o2 y calculamos el volumen a excavar, obtenemos que este será de 336.476'5 metros cúbicos.

Para la excavación se utilizarán dos equipos compuestos por una excavadora, una retroexcavadora y dos camiones dumpers, cuyo rendimiento es de 160 m³/h, luego el rendimiento del conjunto será de 320 m³/h.

A partir del volumen a excavar y el rendimiento de los equipos, obtenemos que la excavación tendrá una duración total de aproximadamente 6 meses y 7 días.

Para la impermeabilización se extenderá una lámina geotextil y una geomembrana por toda la superficie excavada. Se necesitarán alrededor de 60.000 m² de cada material y una semana de trabajo para que quede perfectamente colocada.

Antes de proyectar el hormigón, se colocarán los mallazos descritos anteriormente en el apartado 7.1.3. El rendimiento de la maquinaria de hormigón proyectado es de 60 m³/h y el volumen de hormigón a proyectar es de 15.000 m³, luego el tiempo estimado entre la colocación del mallazo y el hormigonado de la balsa será de 2 meses aproximadamente.

7.2.4. Instalación del émbolo

Para la instalación del émbolo generador de olas surfeables, se utilizará una grúa telescópica sobre camión con una capacidad de elevación de hasta 120 toneladas. Además, la mano de obra para el montaje de las piezas vendrá de Australia, ya que el émbolo debe ser instalado por el personal cualificado de la empresa proveedora de las piezas.

Se estima que en una semana de trabajo estará instalado.

7.2.5. Llenado de la balsa

Utilizando la expresión:

$$\left(\frac{350 \text{ L/s} \cdot 3600 \text{ s/h} \cdot 24 \text{ h/día}}{1000 \text{ L/s}} \right) = 30240 \text{ m}^3$$

Si la capacidad útil de la balsa es de 256.737 m³, el número de días para su llenado será de:

$$N^{\circ} \text{ días} = \left(\frac{256737}{30240} \right) = 8'5 = 9 \text{ días}$$

7.2.6. Puesta a punto del parking

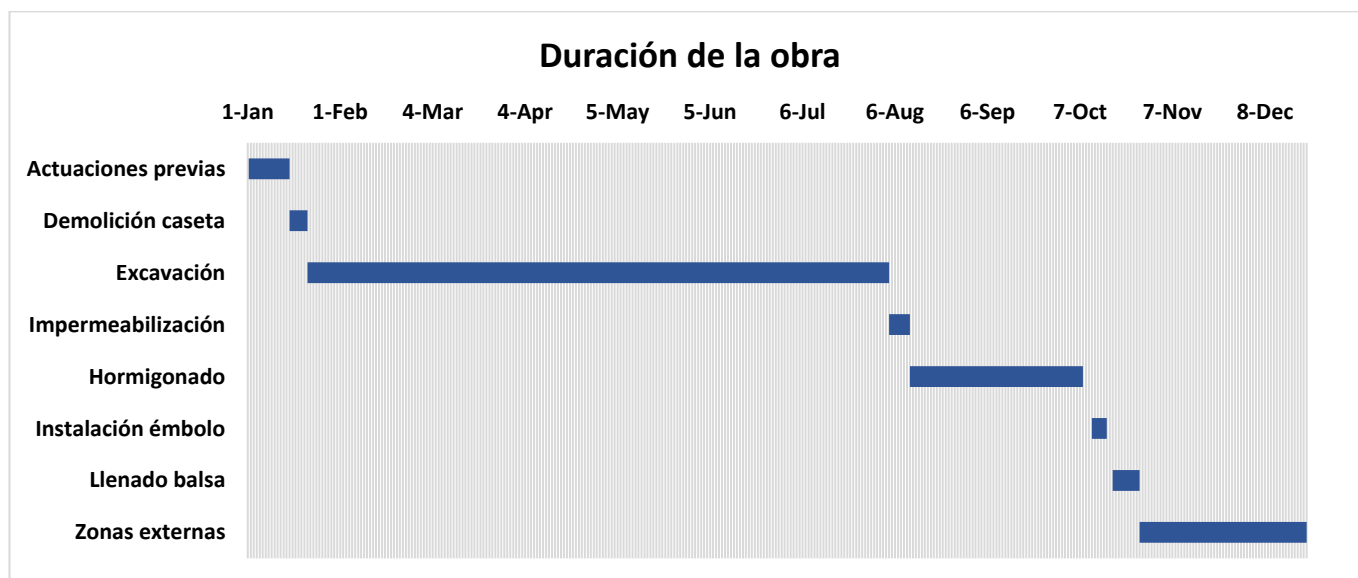
El asfaltado del parking se realizará al mismo tiempo que se produce la excavación, pero en un periodo de tiempo mucho más reducido, por tanto, no afectará a los tiempos para el cálculo del plazo total de la obra.

7.2.7. Vestuarios, restauración y zonas de descanso

Para la puesta a punto de los servicios de restauración, vestuarios y zonas de descanso se prevé un periodo aproximado de 2 meses una vez finalizado todo el proceso de construcción de la balsa.

7.2.8. Plazo total de la obra

Teniendo en cuenta los tiempos de cada una de las tareas, se prevé un plazo total de ejecución de la obra de unos 12 meses aproximadamente.



8. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA

CAPÍTULO 1. ADQUISICIÓN DEL TERRENO					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (€)
U01	Compra del terreno	m ²	89.450	30	2,683.500
Total capítulo 1					2,683.500

CAPÍTULO 2. ACTUACIONES PREVIAS					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (€)
U02	Despeje y desbroce del terreno	m ²	89.450	1'13	101.078'50
U03	Retirada de residuos a vertedero	m ³	44.725	4'05	181.136'25
Total capítulo 2					282.214'75

CAPÍTULO 3. DEMOLICIÓN DE LA CASETA					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (€)
U04	Demolición completa de edificio		1	14.998'86	14.998'86
U05	Retirada de residuos inertes a vertedero	m ³	600	18'64	11.184
Total capítulo 3					26.182'86

CAPÍTULO 4. MOVIMIENTO DE TIERRAS					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (€)
U06	Excavación de tierras a cielo abierto	m ³	336.476'5	3'34	1,123.831'51
U07	Transporte de tierras a vertedero	m ³	336.476'5	4'05	1,362.729'83
Total capítulo 4					2,486.561'34

CAPÍTULO 5. IMPERMEABILIZACIÓN Y HORMIGONADO					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (€)
U08	Impermeabilización geotextil y geomembrana	m ²	60.000	20'75	1,245.000
U09	Mallazos de acero para hormigón	kg	139.104	1'77	246.214'08
U10	Hormigón proyectado para vaso de piscina	m ²	60.000	75'69	4,541.400
U11	Revestimiento para vaso de piscina	m ²	60.000	65'79	3,947.400
Total capítulo 5					9,980.014'08

CAPÍTULO 6. INSTALACIÓN DEL ÉMBOLO					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (€)
U12	Adquisición y montaje de las piezas		1	1,500.000	1,500.000
U13	Envío de las piezas		1	80.000	80.000
U14	Gastos de llegada a puerto		1	15.000	15.000
U15	Alquiler grúa telescópica para instalación	h	40	272'75	10.910
Total capítulo 6					1,605.910

CAPÍTULO 7. PARKING					
		ud	Cantidad	Precio	Importe (€)
U16	Extensión y compactación de material todouno	m ²	5.000	29'99	149.950
U17	Asfaltado del parking	m ²	5.000	8'36	41.800
Total capítulo 7					191.750

TOTAL PRESUPUESTO: 17,256.133'03 €

TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL **17,256.133'03 €**

13% GASTOS GENERALES **2,243.297'29 €**

6% BENEFICIO INDUSTRIAL **1,035.367'98 €**

SUMA DE GASTOS Y BENEFICIO **20,534.798'30 €**

21% IVA **4,312.307'65 €**

TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN **24,847.105'95 €**

Asciende el Presupuesto Base de Licitación a la expresada cantidad de VEINTICUATRO MILLONES OCHOCIENTOS CUARENTA Y SIETE MIL CIENTO CINCO EUROS con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS.

ANEXO Nº 1. ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS

En esta parte del trabajo se valoran las tres alternativas de dos formas diferentes.

En primer lugar, se tiene en cuenta la demanda de clientes en cuanto al número de surfistas que hay en la Comunidad Valenciana que, siendo Valencia la principal zona de estudio, se tienen en cuenta también las áreas de Castellón y Alicante por su cercanía como zonas con clientes potenciales para la futura instalación de surf. Además, se describen los factores a tener en cuenta de cada alternativa, así como la rentabilidad que obtendremos de estas. También se plantean dos posibles emplazamientos para la construcción de la alternativa elegida.

En segundo lugar, se describe y aplica el método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para valorar las diferentes alternativas.

1. DEMANDA DE CLIENTES

El surf es un deporte que va creciendo exponencialmente cada año en toda España. En los últimos diez años, el número de federados en nuestro país se ha multiplicado por ocho. Este dato lo podemos observar en la Figura 18, obtenida de la web statista.com.

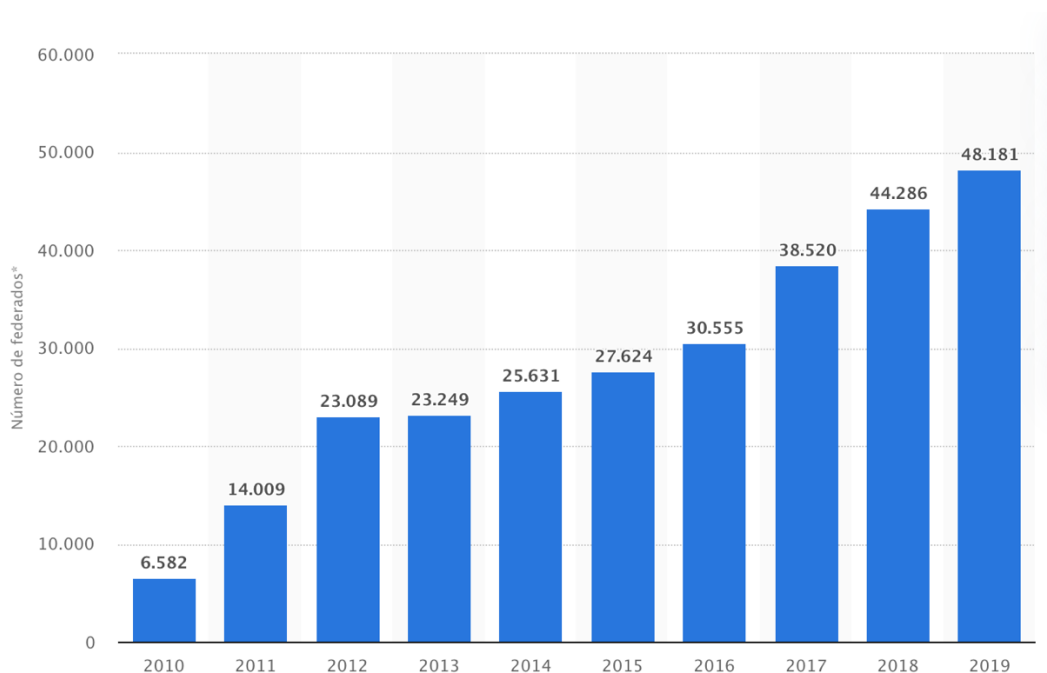


Figura 22. Federados surf en España 2010 - 2019. Fuente: es.statista.com.

En la Figura 19, obtenida también de la web statista.com, vemos que solamente en la Comunidad Valenciana el número de federados en el año 2019 es de casi 4.500 surfistas.

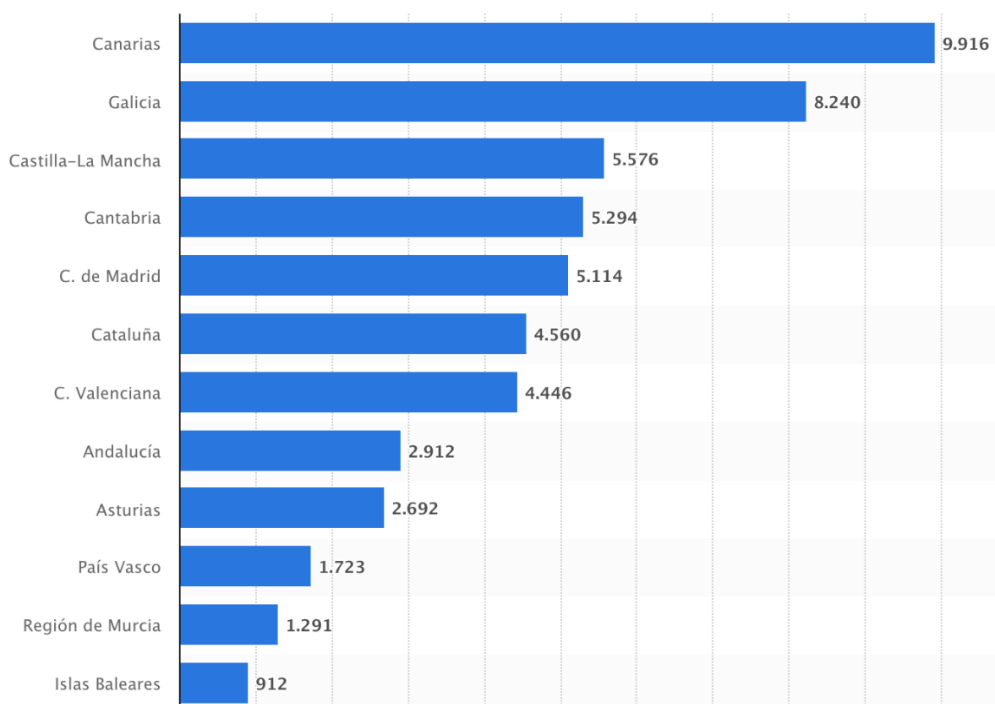


Figura 23. Federados surf por comunidades en 2019. Fuente: es.statista.com.

Además, la Comunidad Valenciana es la segunda comunidad autónoma de España con mayor número de clubes de surf, por delante de Galicia, Cantabria, Andalucía, Asturias y Cataluña. Dato que se muestra a continuación en la Figura 20.

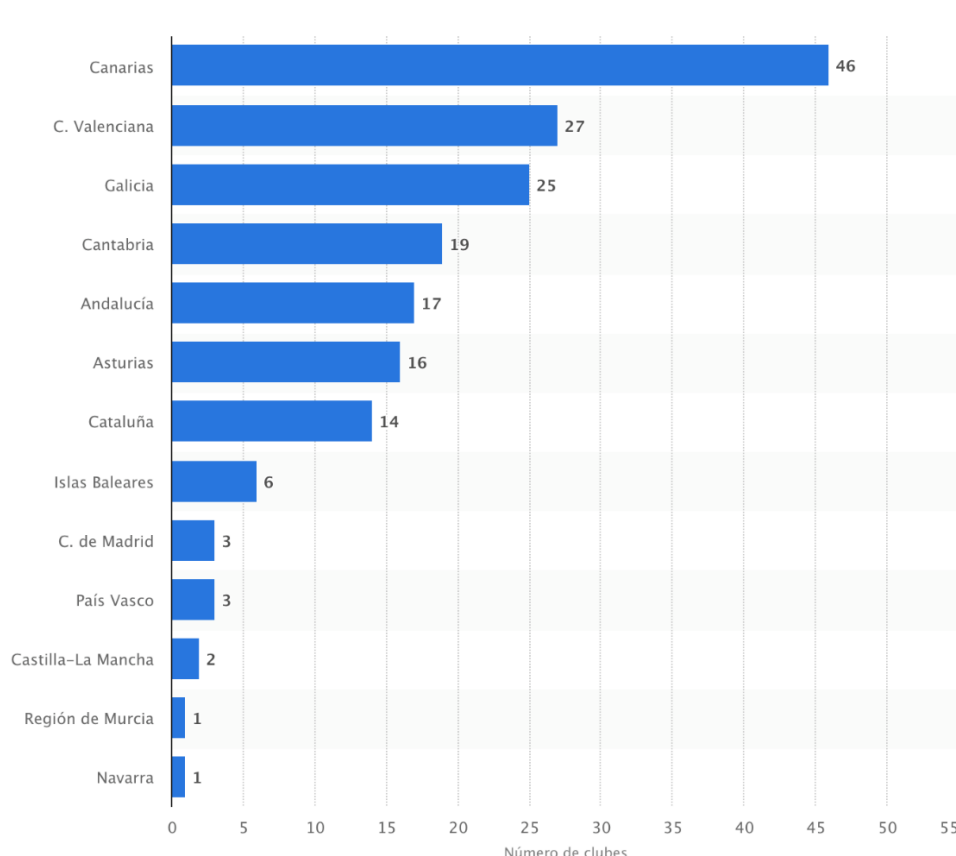


Figura 24. Clubes de surf por comunidades en 2019. Fuente: es.statista.com.

No existen datos ni podemos saber con exactitud el número de surfistas sin licencia que hay en la Comunidad Valenciana, y mucho menos en toda España. Pero sí se puede obtener una aproximación consultando con varias partes del sector.

A partir de los datos de las figuras anteriores y, habiendo consultado con algunas escuelas de surf de Valencia como Xsasurf, Medisurfschool, con la principal tienda de surf de Valencia (Gondwana) y con varios amigos surfistas, profesores de surf y surfistas con licencia, todos estiman que el rango de surfistas sin licencia en la Comunidad Valenciana con respecto a los que sí la tienen está entre 20 a 1 y 30 a 1.

Por tanto, para realizar un estudio lo más real posible de las alternativas, se estima que el número de surfistas sin licencia en la Comunidad Valenciana es de 25 a 1 con respecto a los que sí disponen de ella. Luego si existen 4.500 licencias, el total de surfistas será de $4.500 \times 25 + 4.500$, lo que nos da un resultado de 117.000 surfistas en toda la Comunidad.

2. FACTORES A TENER EN CUENTA DE CADA ALTERNATIVA

Para la valoración de cada una de las alternativas, en este apartado se exponen los factores de mayor relevancia para los clientes a la hora de acudir a nuestra instalación, además de los factores que consideraremos para estimar posteriormente la rentabilidad de las mismas (horario de apertura y cierre, número de surfes por hora y día, duración de la ola, precio de cada sesión de una hora y de cada surf, número de surfistas que pueden estar a la vez en el agua, coste de construcción de la instalación, superficie total necesaria y flujo medio diario estimado de surfistas).

Se ha considerado que para las tres alternativas el horario de funcionamiento será de 8:00 a 22:00, es decir, un total de 14 horas al día. Además, el precio por surfista para cada sesión de una hora que se ha estipulado es de 50€.

ALTERNATIVA 1: KSWC	
Nº SURFEOS/HORA - DÍA	12 - 168
DURACIÓN DE LA OLA	50 segundos
PRECIO DE CADA SURFEO	4,17€
Nº SURFISTAS EN EL AGUA	1
COSTE COSNTRUCCIÓN	20 millones €
SUPERFÍCIE TOTAL	10'5 hectáreas
FLUJO MEDIO DIARIO DE SURFISTAS	7

Tabla 2. Factores relevantes de la alternativa 1.

En la primera instalación, el número de surfes por hora es de 12, luego si permanece abierta durante 14 horas, el número de surfes al día será de 168.

La duración de la ola es de 50 segundos, siendo esta la más duradera de las 3 alternativas.

Si en una sesión de 1 hora se producen 12 surfes y el precio de la sesión es de 50€, el precio de cada surf será de 4,17€.

En este tipo de instalación solamente puede haber un surfista en el agua durante cada ola surfeable, factor por el cual el precio de cada surfteo será el más elevado de las 3 alternativas.

Según un reportaje que se hizo para la CNN en 2018, el coste de construcción para esta instalación esta alrededor de los 20 millones de euros. Este coste incluye los movimientos de tierras para la bañera de la piscina, la maquinaria para su uso, casetas de control y explotación, sistemas de tratamiento de agua, edificios para bares y restaurantes, zonas de vestuarios, zonas para escuelas de surf y desarrollo de web para sistema de reserva de sesiones.

Teniendo en cuenta las medidas necesarias de la piscina, la superficie total de la instalación rondaría las 10,5 hectáreas de terreno.

Por último, considerando que en cada sesión de una hora de duración solamente habrá un surfista en el agua, podríamos recibir un total de 14 surfistas diarios en esta instalación. Por tanto, se ha tomado un flujo medio de 7 surfistas por día.

ALTERNATIVA 2: AWM	
Nº SURFEOS/HORA - DÍA	120 – 1.680
DURACIÓN DE LA OLA	8 segundos
PRECIO DE CADA SURFEO	2,50€
Nº SURFISTAS EN EL AGUA	6
COSTE COSNTRUCCIÓN	15 millones €
SUPERFÍCIE TOTAL	3 hectáreas
FLUJO MEDIO DIARIO DE SURFISTAS	42

Tabla 3. Factores relevantes de la alternativa 2.

En esta segunda instalación, el número de surfdeos por hora es de 120, luego si permanece abierta durante 14 horas, el número de surfdeos al día será de 1.680, es decir, 10 veces mayor que en la primera instalación.

Sin embargo, la duración de la ola es considerablemente menor en este caso, ya que es de 8 segundos.

Si en una sesión de 1 hora se producen 120 surfdeos, pero en este caso el número de surfistas que puede haber en el agua simultáneamente es de 6, cada surfista podrá disfrutar de 20 surfdeos cada hora. Por tanto, siendo el precio de la sesión de 50€, el precio de cada surfteo será de 2,50€.

Según un estudio realizado por la revista Wavepool Magazine, el coste de construcción para este tipo de instalación se encuentra alrededor de los 15 millones de euros, incluyendo todo tipo de servicios para cubrir las necesidades de los usuarios.

La superficie total necesaria para llevar a cabo esta construcción es de unas 3 hectáreas.

Finalmente, teniendo en cuenta que en cada sesión de 1 hora de surf podría haber hasta 6 surfistas al mismo tiempo en el agua, el número máximo de surfistas diarios sería de 84. Si consideramos un flujo medio de clientes, contamos con 42 surfistas al día.

ALTERNATIVA 3: SULA	
Nº SURFEOS/HORA - DÍA	2.400 – 33.600
DURACIÓN DE LA OLA	10 segundos
PRECIO DE CADA SURFEO	0,84€
Nº SURFISTAS EN EL AGUA	40
COSTE COSNTRUCCIÓN	30 millones €
SUPERFÍCIE TOTAL	9 hectáreas
FLUJO MEDIO DIARIO DE SURFISTAS	280

Tabla 4. Factores relevantes de la alternativa 3.

Para la tercera instalación, el número de surfes por hora es de 2.400, luego si permanece abierta durante 14 horas, el número de surfes al día será de 33.600. Como se ha explicado anteriormente en el apartado 4.4., el número de surfes es tan elevado debido a que una misma onda, al ser generada como un anillo que avanza expandiéndose en los 360º, efectuará su rotura a derecha e izquierda simultáneamente en 5 puntos diferentes, permitiendo así que cada onda sea surfada por 10 surfistas diferentes.

En este caso, la duración de la ola es de 10 segundos.

Si en una sesión de 1 hora se producen 2.400 surfes, pero en esta instalación el número de surfistas que puede haber en el agua simultáneamente es de 40, cada surfista podrá disfrutar de 60 surfes cada hora (un surf cada minuto). Por tanto, siendo el precio de la sesión de 50€, el precio de cada surf será de 0,84€.

A partir de los datos publicados en la web de surfakes, se ha obtenido que el coste de construcción de esta instalación ronda los 30 millones de euros, teniendo en cuenta todo el complejo que la rodea, como por ejemplo, servicios de restauración, vestuarios y duchas, parking, etc.

La superficie que se necesita para la construcción de esta instalación es de 9 hectáreas aproximadamente.

Para acabar, pudiendo albergar en cada sesión de 1 hora la cantidad máxima de 40 surfistas al mismo tiempo en el agua, el tope de estos que podrán pasar diariamente por la instalación será de 560. Luego si se considera un flujo medio, el número de surfistas a tener en cuenta por día es de 280.

3. RENTABILIDAD DE CADA ALTERNATIVA

Considerando los factores anteriores, en este apartado se realizan algunos cálculos básicos para estimar el número de años necesarios para recuperar la inversión de cada alternativa. Esta estimación se ha realizado teniendo en cuenta el coste de construcción de cada instalación y los ingresos anuales esperados con un flujo medio de clientes.

Los gastos de mantenimiento y personal se suponen amortizados por los beneficios de la restauración y otros servicios de cada alternativa.

Se ha tomado un mes como el conjunto de treinta días y, un año, como el conjunto de doce meses, por tanto, el número de días en un año será de 360.

- Alternativa 1:

Atendiendo a los factores de la alternativa 1 (KSWC) y teniendo en cuenta un flujo medio de clientes diarios (7 surfistas/día), habría 210 surfistas al mes, es decir, 2.520 surfistas al año. Si cada sesión de una hora resulta a 50€ por surfista y se reciben 7 surfistas diarios, el ingreso diario será de 350€, lo que resulta al mes un ingreso de 10.500€ y al año de 126.000€.

El coste de construcción es de 20 millones de €, por tanto, tendrían que pasar 159 años para recuperar la inversión inicial, lo cual es económicamente inviable.

- Alternativa 2:

Atendiendo a los factores de la alternativa 2 (AWM) y teniendo en cuenta un flujo medio de clientes diarios (42 surfistas/día), habría 1.260 surfistas al mes, es decir, 15.120 surfistas al año. Si cada sesión de una hora resulta a 50€ por surfista y se reciben 42 surfistas diarios, el ingreso diario será de 2.100€, lo que resulta al mes un ingreso de 63.000€ y al año de 756.000€.

El coste de construcción es de 15 millones de €, por tanto, tendrían que pasar 20 años para recuperar la inversión inicial, lo cual es posible pero muy arriesgado.

- Alternativa 3:

Atendiendo a los factores de la alternativa 3 (SULA) y teniendo en cuenta un flujo medio de clientes diarios (280 surfistas/día), habría 8.400 surfistas al mes, es decir, 100.800 surfistas al año. Si cada sesión de una hora resulta a 50€ por surfista y se reciben 280 surfistas diarios, el ingreso diario será de 14.000€, lo que resulta al mes un ingreso de 420.000€ y al año de 5.040.000€.

El coste de construcción es de 30 millones de €, por tanto, tendrían que pasar 6 años para recuperar la inversión inicial, lo cual es económicamente viable.

Además, si el número de surfistas en la Comunidad Valenciana es de 117.000 como hemos visto en el apartado 1 de este anexo, los 100.800 surfistas al año que pasarán por esta instalación representan al 86,15% del total de surfistas de la Comunidad. Esto significa que, para recuperar la inversión inicial en 6 años, sería suficiente con que cada surfista visitara la instalación una vez al año.

4. POSIBLES EMPLAZAMIENTOS

En este apartado se han descrito dos posibles emplazamientos para la futura construcción de la alternativa seleccionada, los cuales son: una zona de huerta en el Camí del Cebollar (Cullera) y un terreno situado al lado de la parada de metro El Vedat (Torrent).

Además, se han tenido en cuenta diferentes condicionantes para decidir el mejor de los dos emplazamientos. Se han recopilado datos del viento en ambas zonas, se han tenido en cuenta los accesos, la necesidad de área para construir la alternativa elegida y el abastecimiento de agua en cada zona.

4.1. Descripción

- Camí del Cebollar (Cullera)

Este emplazamiento se encuentra en el municipio de Cullera, entre la autopista AP-7 y la autovía A-38. Es una zona de abundante huerta, en la cual se podría llevar a cabo el desarrollo de la instalación de surf. Además, la cercanía del río Júcar es un factor de peso a la hora del abastecimiento de agua.

Sería necesario prescindir de alguno de los campos de cultivo para la construcción de esta. Por otro lado, los accesos a la instalación se realizarían desde las dos carreteras más cercanas nombradas anteriormente.

- Parada de metro El Vedat (Torrent)

En este emplazamiento, lo más destacable es la cercanía del transporte público, facilitando así al máximo el acceso de los surfistas a la instalación. Además, el canal del trasvase Júcar – Turia se encuentra muy próximo a la futura instalación, lo cual es ideal para el abastecimiento de agua.

Aunque del mismo modo que en el primer emplazamiento nos encontremos en una zona de huerta y cultivos, en este caso se trata de un terreno abandonado y descuidado con una pequeña finca en el centro.

4.2. Imágenes

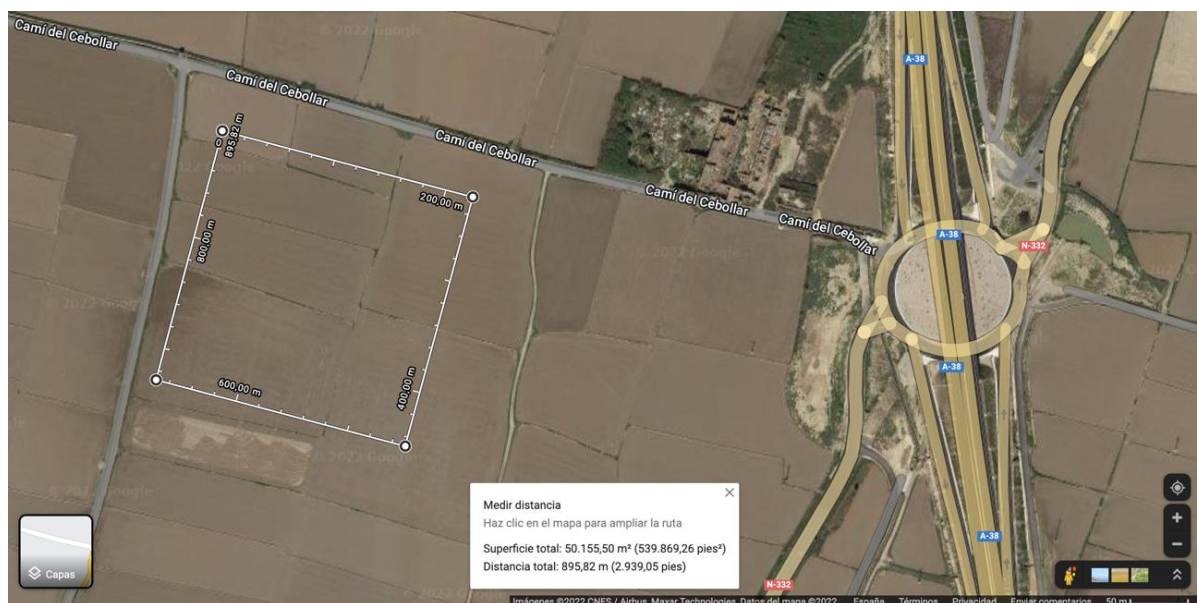


Figura 25. Vista aérea emplazamiento 1. Fuente: Google maps.



Figura 26. Street view emplazamiento 1. Fuente: Google maps.



Figura 27. Vista aérea emplazamiento 2. Fuente: Google maps.



Figura 28. Street view emplazamiento 2. Fuente: Google maps.

4.3. Viento en la zona

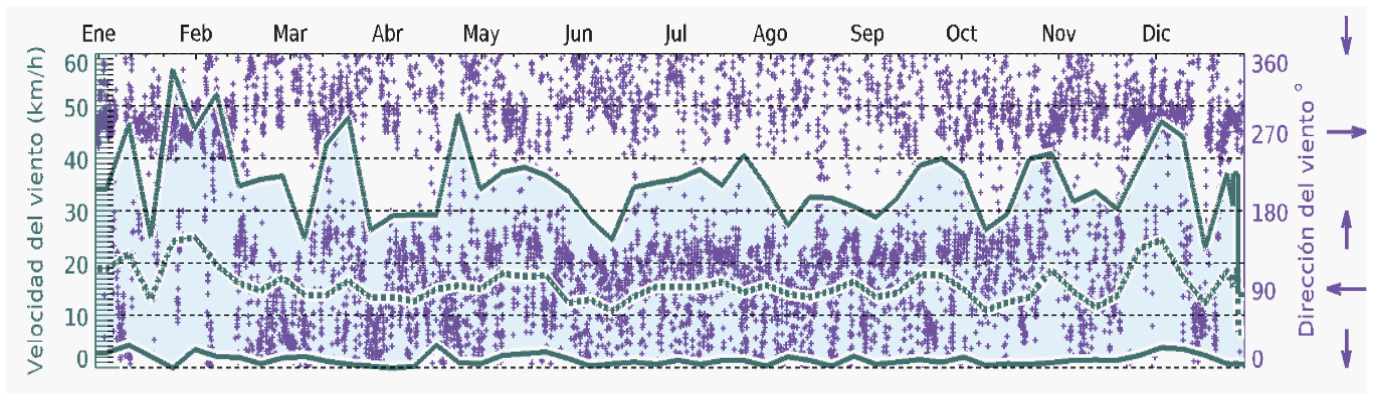


Figura 29. Gráfico de viento en Cullera durante 2021. Fuente: meteoblue.com.

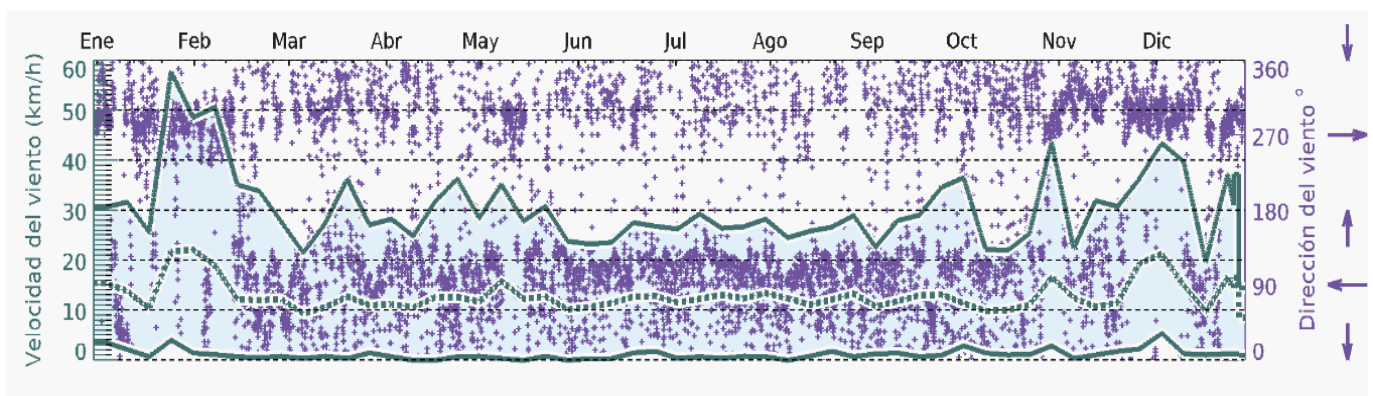


Figura 30. Gráfico de viento en Torrent durante 2021. Fuente: meteoblue.com.

El viento es uno de los factores más importantes para determinar si tenemos un día de surf con buenas condiciones o por el contrario podría estropearse completamente. Lo ideal para el surf es lo que se conoce como un día *glass*, es decir, un día sin nada de viento.

Ya que esto es muy complicado, puesto que casi todos los días del año sopla algo de viento, podemos observar estos dos gráficos y ver como claramente en la zona de Torrent el viento durante el año es aproximadamente la mitad que en la zona de Cullera.

Los datos de estos gráficos se han obtenido de la web meteoblue.com y han sido contrastados con las mediciones realizadas en la estación de la boya de Valencia, cuyos resultados están publicados en web de puertos del estado/oceanografía.

Por tanto, si tuviéramos que elegir un emplazamiento solamente en base a la velocidad del viento en cada zona, nos quedaríamos con la opción de Torrent sin ninguna duda.

4.4. Accesos

En cuanto al tema de los accesos, la zona de Cullera tiene dos buenas conexiones a través de la autopista AP-7 y la autovía A-38. De esta forma podrían acceder los surfistas desde muchos pueblos de los alrededores en su coche particular o incluso en autobuses lanzadera gestionados por la propia empresa. Sin embargo, para acceder mediante el transporte público lo tendrían bastante complicado, ya que no hay paradas de autobús o metro cercanas a la zona donde se construiría la instalación.

Por el contrario, un punto muy a favor de la zona de Torrent es su proximidad a la parada de metro El Vedat, ya que la instalación se encontraría a escasos metros de esta. Además, los surfistas también podrían acudir en sus vehículos personales o autobuses lanzadera gestionados por la empresa, pudiendo aparcar en una zona de *parking* situada en la propia instalación.

En conclusión, centrándonos únicamente en los accesos, la opción más adecuada sería la de la construcción de la instalación en la zona de Torrent.

4.5. Abastecimiento de agua

A continuación, se describe para cada emplazamiento la forma de abastecimiento de agua en la zona según lo indican las webs de aigueshorta.es y aiguescullera.es.

- Abastecimiento en Cullera:

Los recursos hídricos disponibles en el municipio de Cullera para el abastecimiento de agua potable provienen de dos fuentes de suministro diferentes. La primera de origen superficial y la segunda que capta aguas procedentes del acuífero de la plana de Valencia.

La captación de aguas subterráneas se realiza en tres pozos situados en el término municipal de Favara (partida de "Les Tancaes").

Las bombas de la captación elevan el agua a los depósitos de mezcla, ubicados también en el término municipal de Favara. Una vez en los depósitos, estas aguas se mezclarán con las provenientes de la ETAP de Alzira, de mayor calidad, con el fin de reducir la concentración de nitratos y plaguicidas hasta niveles óptimos para el consumo humano.

Finalmente, el agua almacenada se inyecta por gravedad a la red existente en un punto muy próximo a la captación de “Les Tancaes”.

- Abastecimiento en Torrent:

Por otro lado, los recursos hídricos disponibles en el municipio de Torrent para el abastecimiento de agua potable tienen dos orígenes diferentes y cada uno de ellos se trata de forma diferenciada para garantizar su potabilidad.

Agua Subterránea:

- Origen: Pozos “Ciudad de Torrent” y pozos “Horteta” (Calicanto).
- Tratamiento: El agua es clorada para asegurar la ausencia de microorganismos.
- Calidad: Agua potable.

Agua Superficial:

- Origen: Agua proveniente de los ríos Júcar y Turia.
- Tratamiento: El agua es tratada en las plantas potabilizadoras de Manises y Picassent.
- Calidad: Agua potable.

Una vez captada y tratada, el agua se almacena en los siguientes depósitos para su posterior distribución:

- Depósito Avenida (Torrent)
- Depósito Torreta y Jazmín (El Vedat)
- Depósito Españolito y Cumbres (Calicanto)

Estaciones de elevación:

- Elevación Avenida: Consta de dos electrobombas que elevan el agua desde el depósito Avenida hasta el depósito Torreta, a través de una única conducción de 300mm de diámetro.
- Elevación Torreta: Eleva el caudal hasta el depósito Jazmín. Consta de una bomba vertical instalada en una derivación sobre la propia tubería de impulsión y de dos electrobombas que aspiran directamente del depósito Torreta.

Atendiendo a los tipos de abastecimiento de agua que se acaban de exponer, el agua de mayor calidad sería la de Torrent. Esto favorecería el buen mantenimiento de nuestra instalación, ya que contribuiría a un deterioro más lento de esta.

Además, nos encontramos con dos depósitos muy próximos a la zona donde se construiría nuestra instalación de surf.

Concluyendo que, tanto por viento, accesos y abastecimiento de agua, el emplazamiento seleccionado para nuestra instalación sería el llamado Parada de Metro El Vedat, Torrent.

5. ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

5.1. Introducción teórica

En numerosas situaciones contamos con muy poca información o tenemos que tomar una decisión teniendo en cuenta aspectos cualitativos que son difíciles de valorar.

Para solucionar este tipo de problemas, muy habituales en situaciones reales, el profesor Thomas L. Saaty propuso en la década de los setenta un método denominado *Analytic Hierarchy Process* (AHP), que se ha traducido al español como Proceso Analítico Jerárquico.

Este método multiatributo, nacido como respuesta a problemas concretos de toma de decisiones en el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, hoy día se aplica habitualmente a casi todos los ámbitos de la empresa, la economía o la investigación de operaciones, entre otros muchos.

El método AHP se divide en cuatro pasos:

Modelización: AHP es un método que selecciona alternativas en función de una serie de criterios o variables, los cuales suelen entrar en conflicto. En esta estructura jerárquica, el objetivo final se encuentra en el nivel más elevado, y los criterios y subcriterios en los niveles inferiores, tal y como se muestra en la Figura 27.

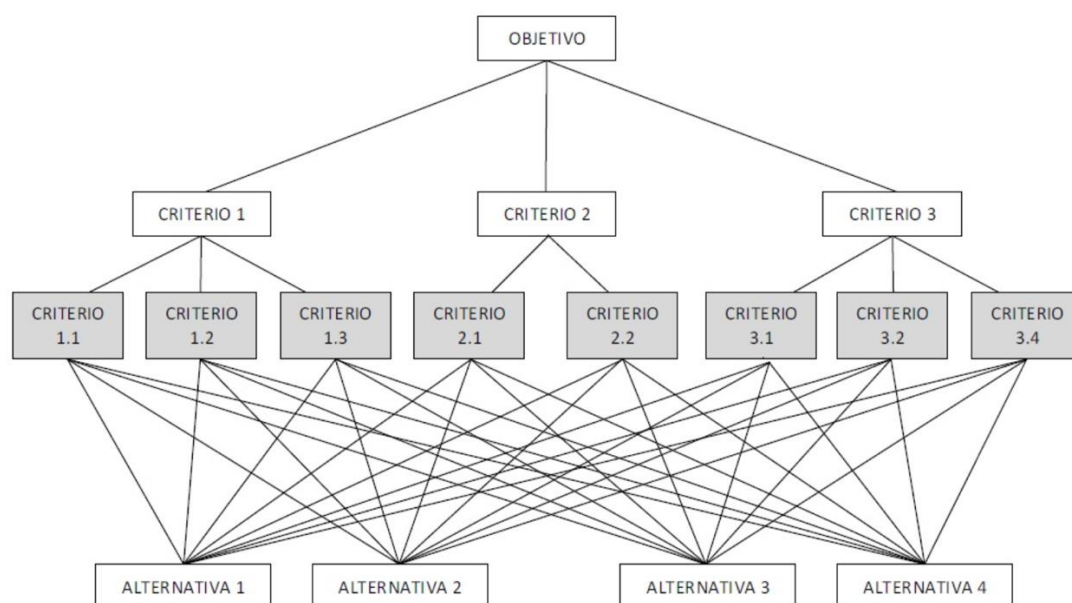


Figura 31. Ejemplo de estructura jerárquica AHP. Fuente: victoryepes.blogs.upv.es.

Valoración: Una vez definida la estructura jerárquica, se comparan los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico y se hace la comparación directa por pares de las alternativas respecto a los criterios del nivel inferior. El objetivo de esta etapa consiste en medir la importancia que hemos asignado a cada uno de los criterios. Utilizaremos una escala fundamental con valores del 1 al 9 para calificar las preferencias relativas a los elementos. En la Tabla 5 podemos ver la relación entre los valores y la definición de estos.

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A contribuye por igual al objetivo que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A tiene mucho más peso que el criterio B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6,8	Valores intermedios	Se usan cuando hay compromiso entre dos juicios
Incrementos 0,1	Valores intermedios	Se utilizan para matizar

Tabla 5. Escala fundamental de comparación por pares (Saaty 1980).

Priorización y síntesis: Una vez creada la matriz de comparaciones pareadas se calcula lo que llamamos vector prioridades. Esto indica la importancia que le hemos asignado a cada elemento. Esta matriz cumple con las propiedades de reciprocidad (si $a_{ij} = x$, entonces $a_{ji} = 1/x$), homogeneidad (si i y j son igual de importantes, entonces $a_{ij} = a_{ji} = 1$, además, $a_{ii} = 1$ para todo i) y consistencia (la matriz no debe contener contradicciones en la valoración realizada). Esta última habrá que evaluarla como se explica en el siguiente apartado.

Consistencia: Se obtiene mediante el índice de consistencia (IC) donde $\lambda_{\text{máx}}$ es el máximo valor propio de la matriz de comparación de los n criterios. $IC = (\lambda_{\text{máx}} - n)/(n - 1)$.

Por otro lado, se calcula el índice aleatorio (IA), que indica la consistencia de una matriz aleatoria según la Tabla 6.

n	1	2	3	4	5	6	7	8
IA	0	0	0,525	0,882	1,115	1,252	1,341	1,404

Tabla 6. Valores del índice aleatorio.

Por último, se calcula el Ratio de Consistencia (RC), donde $RC = IC/IA$. Los porcentajes máximos del RC según el tamaño de la matriz se muestran en la Tabla 7.

TAMAÑO DE LA MATRIZ (n)	RATIO DE CONSISTENCIA (RC)
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

Tabla 7. Porcentajes máximos del RC.

En este estudio que vamos a realizar, compararemos diferentes criterios para las cuatro alternativas que se nombran a continuación, las cuales han sido descritas anteriormente en la memoria del trabajo.

5.2. Criterios a valorar de cada alternativa

Alternativa 0: Consiste en no construir ningún tipo de instalación de surf si ninguna de ellas resultara viable.

Alternativa 1: Se plantea la construcción de la instalación conocida como Kelly Slater Wave Company, cuyas características principales se muestran en la Tabla 8.

ALTERNATIVA 1: KSWC	
COSTE CONSTRUCCIÓN	20 millones €
Nº SURFEOS/HORA	12
SUPERFICIE TOTAL	10'5 hectáreas
DURACIÓN DE LA OLA	50 segundos

Tabla 8. Características alternativa 1.

Alternativa 2: En esta alternativa se propone construir la instalación de surf llamada American Waves Machine, cuyas características se encuentran en la Tabla 9.

ALTERNATIVA 2: AWM	
COSTE CONSTRUCCIÓN	15 millones €
Nº SURFEOS/HORA	120
SUPERFICIE TOTAL	3 hectáreas
DURACIÓN DE LA OLA	8 segundos

Tabla 9. Características alternativa 2.

Alternativa 3: En este caso se quiere realizar la construcción de la instalación de surf nombrada SurfLakes, las características de la cual están expuestas en la Tabla 10.

ALTERNATIVA 3: SULA	
COSTE CONSTRUCCIÓN	30 millones €
Nº SURFEOS/HORA	2400
SUPERFICIE TOTAL	5 hectáreas
DURACIÓN DE LA OLA	10 segundos

Tabla 10. Características alternativa 3.

Las características expuestas en las tablas 8,9 y 10, son los criterios que se van a valorar y comparar a continuación con el método AHP descrito anteriormente.

5.3. Método

En primer lugar, vamos a crear la matriz de comparación por pares de los criterios estableciendo los pesos de cada uno de ellos. A continuación, se muestran las abreviaturas que utilizaremos para cada criterio:

- **Coste de Construcción:** CC.
- **Nº de Surfeos por hora:** SH.
- **Superficie total instalación:** ST.
- **Duración de la ola:** DO.

Mediante la herramienta de Excel se ha llevado a cabo todo el proceso de cálculo para la obtención de la alternativa elegida.

PASO 1. MATRIZ DE COMPARACIÓN				
	CC	ST	SH	DO
CC	1,000	2,000	0,143	3,000
ST	0,500	1,000	0,200	0,500
SH	7,000	5,000	1,000	4,000
DO	0,333	2,000	0,250	1,000
SUMA	8,833	10,000	1,593	8,500

Como se puede observar en esta matriz, el criterio ST es un poco menos importante que el criterio CC, mientras que en el caso del criterio SH, este tiene una importancia muy grande sobre el criterio CC.

En el paso 2 realizaremos la normalización de la matriz. Para ello haremos la división de cada adjunto de la matriz de comparación entre la suma total de la columna donde se encuentra.

PASO 2. NORMALIZACIÓN DE LA MATRIZ					
	CC	ST	SH	DO	VECTOR PROPIO
CC	0,113	0,200	0,090	0,353	0,189
ST	0,057	0,100	0,126	0,059	0,085
SH	0,792	0,500	0,628	0,471	0,598
DO	0,038	0,200	0,157	0,118	0,128
SUMA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Para obtener el valor de 0,113 se ha dividido el valor del adjunto $a_{11} = 1$ entre el sumatorio de la primera columna de la matriz de comparación.

El valor del vector propio es resultado de la suma de los valores de una misma fila dividido entre n. Estos valores nos muestran la importancia o peso de cada criterio, de forma que, en nuestro caso, el criterio SH cuenta con el mayor peso, mientras que el criterio ST tiene la importancia más baja.

A continuación, obtendremos las matrices de comparación pareadas entre alternativas para cada uno de los criterios.

PASO 3. MATRIZ DE COMPARACIÓN ENTRE ALTERNATIVAS				
CC	A1	A2	A3	A0
A1	1,000	2,000	0,250	5,000
A2	0,500	1,000	2,000	4,000
A3	4,000	5,000	1,000	6,000
A0	0,200	0,250	0,167	1,000
SUMA	5,700	8,250	1,617	16,000

PASO 3. MATRIZ DE COMPARACIÓN ENTRE ALTERNATIVAS				
ST	A1	A2	A3	A0
A1	1,000	5,000	2,000	7,000
A2	0,200	1,000	0,250	4,000
A3	0,500	4,000	1,000	5,000
A0	0,143	0,250	0,200	1,000
SUMA	1,843	10,250	3,450	17,000

PASO 3. MATRIZ DE COMPARACIÓN ENTRE ALTERNATIVAS				
SH	A1	A2	A3	A0
A1	1,000	0,500	0,143	3,000
A2	2,000	1,000	0,200	4,000
A3	7,000	5,000	1,000	7,000
A0	0,333	0,250	0,143	1,000
SUMA	10,333	6,750	1,486	15,000

PASO 3. MATRIZ DE COMPARACIÓN ENTRE ALTERNATIVAS				
DO	A1	A2	A3	A0
A1	1,000	5,000	4,000	7,000
A2	0,200	1,000	0,500	3,000
A3	0,250	2,000	1,000	4,000
A0	0,143	0,333	0,250	1,000
SUMA	1,593	8,333	5,750	15,000

Como podemos observar en estas matrices, por ejemplo, el criterio del número de surfdeos por hora (SH) en la alternativa 3 tiene una importancia grande sobre la alternativa 2 y una importancia muy grande sobre la alternativa 1.

Seguidamente obtendremos los vectores propios de cada una de estas matrices de comparación entre alternativas del mismo modo que lo hemos hecho en el paso 2. Así, obtendremos la importancia o peso de cada una de las alternativas en función de cada criterio.

NORMALIZACIÓN DE LA MATRIZ (ALTERNATIVAS/CC)					
CC	A1	A2	A3	A0	VECTOR PROPIO
A1	0,175	0,242	0,155	0,313	0,221
A2	0,088	0,121	0,124	0,250	0,146
A3	0,702	0,606	0,619	0,375	0,575
A0	0,035	0,030	0,103	0,063	0,058

NORMALIZACIÓN DE LA MATRIZ (ALTERNATIVAS/ST)					
ST	A1	A2	A3	A0	VECTOR PROPIO
A1	0,543	0,488	0,580	0,412	0,505
A2	0,109	0,098	0,072	0,235	0,128
A3	0,271	0,390	0,290	0,294	0,311
A0	0,078	0,024	0,058	0,059	0,055

NORMALIZACIÓN DE LA MATRIZ (ALTERNATIVAS/SH)					
SH	A1	A2	A3	A0	VECTOR PROPIO
A1	0,097	0,074	0,096	0,200	0,117
A2	0,194	0,148	0,135	0,267	0,186
A3	0,677	0,741	0,673	0,467	0,639
A0	0,032	0,037	0,096	0,067	0,058

NORMALIZACIÓN DE LA MATRIZ (ALTERNATIVAS/DO)					
DO	A1	A2	A3	A0	VECTOR PROPIO
A1	0,628	0,600	0,696	0,467	0,598
A2	0,126	0,120	0,087	0,200	0,133
A3	0,157	0,240	0,174	0,267	0,209
A0	0,090	0,040	0,043	0,067	0,060

Una vez obtenidos los pesos de las alternativas para cada uno de los criterios, calcularemos el Ratio de Consistencia (RC) para las cuatro matrices de comparación entre alternativas. Como estas matrices son de orden 4, el RC deberá ser menor o igual a 0,09 (Tabla 7) para que las matrices sean consistentes.

El cálculo a realizar para cada criterio es el siguiente:

- Se multiplica la matriz de comparación entre alternativas por la matriz vector propio.
- Se obtiene una matriz resultado
- Se divide la matriz resultado entre la matriz vector propio
- Se obtiene una matriz que llamaremos λ .
- Finalmente se calcula el promedio de los valores de los adjuntos de la matriz λ , cuyo resultado tomaremos como $\lambda_{\text{máx}}$.
- Una vez obtenido este valor, quedará aplicar las fórmulas del RC.

PASO 4. CÁLCULO DEL RC				
CC	A1	A2	A3	A0
A1	1,000	2,000	0,250	5,000
A2	0,500	1,000	2,000	4,000
A3	4,000	5,000	1,000	6,000
A0	0,200	0,250	0,167	1,000

Multiplicamos por:

VECTOR PROPIO
0,221
0,146
0,575
0,058

Obtenemos:

RESULTADO
0,945
0,602
2,535
0,234

Dividimos RESULTADO/VECTOR PROPIO:

λ
4,271
4,135
4,406
4,057
$\lambda_{\text{máx}} = 4,217$

Finalmente:

IA	n(alternativas)	IC	RC
0,882	4	0,073	0,082

PASO 4. CÁLCULO DEL RC				
ST	A1	A2	A3	A0
A1	1,000	5,000	2,000	7,000
A2	0,200	1,000	0,250	4,000
A3	0,500	4,000	1,000	5,000
A0	0,143	0,250	0,200	1,000

Multiplicamos por:

VECTOR PROPIO
0,505
0,128
0,311
0,055

Obtenemos:

RESULTADO
2,153
0,526
1,351
0,221

Dividimos RESULTADO/VECTOR PROPIO:

λ
4,259
4,095
4,339
4,047
$\lambda_{\text{máx}} = 4,185$

Finalmente:

IA	n(alternativas)	IC	RC
0,882	4	0,062	0,070

PASO 4. CÁLCULO DEL RC				
SH	A1	A2	A3	A0
A1	1,000	0,500	0,143	3,000
A2	2,000	1,000	0,200	4,000
A3	7,000	5,000	1,000	7,000
A0	0,333	0,250	0,143	1,000

Multiplicamos por:

VECTOR PROPIO
0,117
0,186
0,639
0,058

Obtenemos:

RESULTADO
0,475
0,779
2,792
0,235

Dividimos RESULTADO/VECTOR PROPIO:

λ
4,069
4,195
4,365
4,045
$\lambda_{\text{máx}} = 4,168$

Finalmente:

IA	n(alternativas)	IC	RC
0,882	4	0,056	0,064

PASO 4. CÁLCULO DEL RC				
DO	A1	A2	A3	A0
A1	1,000	5,000	4,000	7,000
A2	0,200	1,000	0,500	3,000
A3	0,250	2,000	1,000	4,000
A0	0,143	0,333	0,250	1,000

Multiplicamos por:

VECTOR PROPIO
0,598
0,133
0,209
0,060

Obtenemos:

RESULTADO
2,520
0,537
0,865
0,242

Dividimos RESULTADO/VECTOR PROPIO:

λ
4,218
4,035
4,130
4,036
$\lambda_{\text{máx}} = 4,105$

Finalmente:

IA	n(alternativas)	IC	RC
0,882	4	0,035	0,040

Como podemos observar una vez realizado el cálculo de los cuatro Ratios de Consistencia (RC), para todos los casos el RC es inferior a 0,09. Por tanto, todas las matrices resultan consistentes.

El último paso del estudio será escoger la alternativa ganadora. Para ello, crearemos la matriz de pesos de las alternativas utilizando los valores vector propio obtenidos en la normalización de las matrices y la multiplicaremos por la matriz vector propio de los criterios.

PASO 5. MATRIZ DE PESOS ALTERNATIVAS				
	CC	ST	SH	DO
A1	0,221	0,505	0,117	0,598
A2	0,146	0,128	0,186	0,133
A3	0,575	0,311	0,639	0,209
A0	0,058	0,055	0,058	0,060

Multiplicado por:

PESO CRITERIOS
0,189
0,085
0,598
0,128

Se obtiene:

PESO ALTERNATIVAS
23%
17%
54%
6%

Finalmente, llegamos a la conclusión de que la ALTERNATIVA 3 (SURFLAKES) supera a las demás ampliamente.

ANEXO Nº 2. PROCESO CONSTRUCTIVO

1. DESCRIPCIÓN DE LA EXCAVACIÓN

En este apartado se describen brevemente los pasos a seguir para realizar el movimiento de tierras necesario para llevar a cabo la construcción de la alternativa seleccionada. (*Movimientos de Tierra. Tipos de excavaciones, s.f.*).

Una vez realizado un estudio geotécnico para conocer las características y propiedades del terreno y habiendo solicitado los permisos necesarios, se procederá al despeje y desbroce de todo el área donde se efectuará la excavación, además de la demolición de la pequeña caseta que se ve en la figura 24 en el apartado 4.2. de la memoria de este trabajo.

Todo el vertido de productos sobrantes se realizará en vertederos autorizados.

Después de haber limpiado y dejado completamente libre el terreno, se da inicio a los trabajos de replanteo, donde se prevén los accesos para maquinaria, camiones, rampas, etc.

A continuación, se inicia la excavación, la cual consiste en realizar un desmote con forma rectangular de 250 metros de largo por 200 metros de ancho. Las paredes norte y sur se establecerán con taludes 2H:1V hasta alcanzar los 14 metros de profundidad, mientras que el talud de la pared este será 1H:1V y el de la pared oeste será 3H:1V. En los planos del ANEXO Nº2 podemos observar con claridad la planta definitiva de la excavación.

Para realizar todo el movimiento de tierras se utilizarán una excavadora y una retroexcavadora similares a las que se muestran en la Figura 28.



Figura 32. Excavadora y retroexcavadora. Fuente: imágenes de Google.

En el caso de encontrarnos con el nivel freático, se emplearán los métodos necesarios para disminuir la cota de agua, como por ejemplo, la utilización de *Well Points* o pozos drenantes.

Por otro lado, para el transporte y acarreo del material extraído en la excavación a los vertederos autorizados, se emplearán camiones volquetes y camiones dumpers como el que aparece en la Figura 29.



Figura 33. Excavadora cargando camión volquete. Fuente: imágenes de Google.

Al finalizar la excavación, se procede a la extensión del terreno, para mejorar la cota del perfil del mismo y, a la compactación, procedimiento en el cual se aplica una fuerza sobre el suelo para densificarlo.

En la fase extensión intervienen motoniveladoras, mototraíllas y tractores de cadenas. Durante la compactación se somete al terreno a una serie de esfuerzos para conseguir un adecuado comportamiento mecánico reduciendo el índice de huecos y para ello se utilizan compactadoras de rodillo como la que se muestra en la Figura 30.



Figura 34. Compactadora de rodillo. Fuente: imágenes de Google.

2. MAQUINARIA A UTILIZAR

Para la ejecución del movimiento de tierras y para el resto de las tareas a realizar para el desarrollo completo de la construcción de la alternativa 3, se utiliza maquinaria muy común que será la nombrada a continuación:

- Excavadoras
- Retroexcavadoras
- Camiones dumpers
- Motoniveladoras
- Compactadoras de rodillo
- Máquina para proyectar hormigón
- Grúa telescópica sobre camión
- Pavimentadora de asfalto

3. FASES DE CONSTRUCCIÓN

Como hemos visto en el apartado 7 de la memoria de este proyecto, existen varias fases de construcción, las cuales, ordenadas cronológicamente son:

- Actuaciones previas
- Demolición de la caseta
- Excavación, impermeabilización y hormigonado de la balsa
- Instalación del émbolo generados de olas surfeables
- Llenado de la balsa
- Asfaltado y acondicionamiento del parking
- Instalación de vestuarios, restauración y zonas de descanso

4. MANTENIMIENTO DE LA Balsa

Una vez terminada la construcción de la alternativa seleccionada, se establece el mantenimiento de la balsa, el cual consistirá en el vaciado, limpieza, desinfección y rellenado de la misma una vez al año.

Además, se realizarán controles mensuales de la calidad del agua, atendiendo a los niveles de cloro, de manera que, si algún cliente tragara agua en alguna o varias ocasiones, esta no resulte perjudicial para su salud.

Según el Real Decreto 742/2013, de 27 de septiembre, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de las piscinas, los valores de los niveles de cloro y ph deben estar entre 0,6 y 1 ppm en el caso del cloro, y entre 7 y 7,5 en el caso del ph.

ANEXO Nº3. CÁLCULOS Y MEDICIONES

En este anexo se contemplan los cálculos y mediciones realizados, los cuales han servido para realizar la valoración económica del proyecto. Estos son los siguientes:

Terreno total necesario para la alternativa seleccionada:

- Balsa + borde: $280 \times 230 \text{ m} = 64.400 \text{ m}^2$
- Parking: $200 \times 25 \text{ m} = 5.000 \text{ m}^2$
- Restauración: $200 \times 35 = 7.000 \text{ m}^2$
- Accesos: $60 \times 15 \times 2 = 1.800 \text{ m}^2$
- Vestuarios: $200 \times 25 = 5.000 \text{ m}^2$
- Zona descanso: $250 \times 25 = 6.250 \text{ m}^2$
- Total terreno: 89.450 m^2

Residuos procedentes del despeje y desbroce del terreno:

Se estiman 0'5 metros de profundidad de residuos por cada m^2 de terreno, luego $89.450 \text{ m}^2 \times 0,5 \text{ m} = 44.725 \text{ m}^3$ de residuos.

Demolición de la caseta:

Debido a que se desconocen las medidas exactas de la caseta a demoler, se han estimado alrededor de 600 m^3 de residuos procedentes de la demolición.

Volumen de la excavación:

$$\begin{aligned} & [(14 + 0'5) \cdot (250 + 1) \cdot (200 + 1) + (30 \cdot 30 \cdot 5)] - [(51 \cdot 44 \cdot 13) + (66 \cdot 34 \cdot 13 \cdot 2) + (66 \cdot 51 \cdot 13) + \\ & \quad \text{Excavación + hormigón} \quad \text{Cimentación émbolo} \quad \text{Triángulos cota -1} \\ & + (39 \cdot 67 \cdot 13) + (26 \cdot 74 \cdot 13 \cdot 2) + (13 \cdot 84 \cdot 13)] - [(200 \cdot 15 \cdot 13 \cdot 2) + (220 \cdot 15 \cdot 13 \cdot 2) + (200 \cdot 15 \cdot 1) + \\ & \quad \text{Taludes} \quad \text{Taludes de resguardo} \\ & + (220 \cdot 15 \cdot 1) = 336.476'5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Lámina geotextil y geomembrana:

Se realiza una estimación de la lámina geotextil y la geomembrana. Para ello, se tiene en cuenta la superficie total del terreno de la balsa y se suma el 20% de dicha superficie en cada material para compensar los taludes.

Luego el cálculo para cada material será: $50.000 \text{ m}^2 + 10.000 \text{ m}^2 = 60.000 \text{ m}^2$

Hormigonado y revestimiento:

Se realiza la misma estimación con mismas dimensiones que en el caso del geotextil y la geomembrana.

Mallazos de acero para hormigón:

Teniendo en cuenta las dimensiones de la excavación y la separación de las barras de acero, necesitaremos aproximadamente:

- Laterales 200 m: $200 \cdot 0'2 = 1.000 \cdot 2 = 2.000 \cdot 2 = 4.000$ barras $\cdot 14$ m = 56.000 m de barras
- Laterales 250 m: $250 \cdot 0'2 = 1.250 \cdot 2 = 2.500 \cdot 2 = 5.000$ barras $\cdot 14$ m = 70.000 m de barras

$56.000 + 70.000 = 126.000$ m de barras + 20% de 126.000 (por los taludes) = 151.200 m de barras

Cada metro de barra de acero B400S de 12mm de diámetro pesa 0'92 kg, luego el peso total en kg necesarios para el total de los mallazos será de $151.200 \cdot 0'92 = 139.104$ kg

Capacidad útil de la balsa:

Teniendo en cuenta que la balsa contendrá agua desde la cota -14 hasta la -1, la capacidad útil de la balsa será de:

$$\begin{aligned} & (220 \cdot 170 \cdot 13) - [(51 \cdot 44 \cdot 13) + (66 \cdot 34 \cdot 13 \cdot 2) + (66 \cdot 51 \cdot 13)] - [(39 \cdot 67 \cdot 13) + (26 \cdot 74 \cdot 13 \cdot 2) + (13 \cdot \\ & \text{Excavación} \qquad \qquad \qquad \text{Triángulos cota -1} \qquad \qquad \qquad \text{Taludes} \\ & 84 \cdot 13)] = 256.737 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

ANEXO Nº4. PLANOS

Se adjunta un documento adicional a este trabajo donde muestran los siguientes planos referidos a la construcción de la alternativa 3:

- PLANO Nº1: Planta de mediciones de la balsa

En este plano se acotan todas las medidas de la balsa a escala 1:1000. El círculo en el centro representa el émbolo generador de olas y, la línea que corta el plano en dos es la línea de sección AA' para realizar el plano Nº2.

- PLANO Nº2: Batimetría de la balsa

Se muestran algunas de las cotas correspondientes a la batimetría de la balsa. En los taludes se ha representado la cota superior, la intermedia y la de mayor profundidad.

- PLANO Nº3: Alzado de la balsa sección AA'

En este plano se acotan todas las medidas de la balsa correspondientes a la sección AA' a escala 1:1000. La figura de color naranja corresponde al émbolo y al brazo por donde se desliza arriba y abajo

- PLANO Nº4: Usos de la instalación

Se representan todas las zonas al completo de la instalación, así como los accesos a la misma. Además, se han indicado los diferentes niveles de surf, de forma que la zona NIVEL 1 corresponde a las olas más suaves y fáciles, con rotura lenta, mientras que en la zona de NIVEL 3 se encuentran las olas más grandes y rápidas, con secciones de tubo.

CONCLUSIONES

Una vez finalizado este trabajo, puedo concluir diciendo que en la Comunidad Valenciana estamos muy lejos de conseguir unas condiciones de surf como las que se pueden dar en el norte de España o en lugares como México o Hawai. Por lo menos de una forma natural, ya que no contamos con los fondos que hay allí, ni con los ángulos de rotura que se crean entre la dirección del mar y las líneas de rompiente.

Sin embargo, para dar una solución a este problema, hemos visto que existen instalaciones que generan olas de surf artificiales, las cuales imitan a la perfección olas que solo se producirían en el mar en condiciones óptimas. Y, aunque se necesita una gran inversión inicial, con este proyecto sería posible construir y amortizar la instalación correspondiente a la alternativa seleccionada para garantizar la práctica de este deporte que no deja de crecer.

Por último, remarcar que, gracias a los diferentes niveles de olas surfeables simultáneos que nos ofrece la instalación de la alternativa elegida, cualquier surfista, desde uno profesional hasta alguien que nunca ha visto una tabla de surf, podría disfrutar de este deporte al mismo tiempo y con unas condiciones óptimas para cada uno.

BIBLIOGRAFÍA

American Wave Machines PerfectSwell – Raised Water Research. (s. f.). <https://raisedwaterresearch.com/american-wave-machines-perfectswell/>

Coresurfingshop. (2023, 22 enero). *Wavegarden, Surf Lakes, Waco. . . | Olas artificiales, ¿Cuál es la mejor?* Core Surfing Blog. <https://www.coresurfingshop.com/blog/wavegarden-surf-lakes-waco-olas-artificiales-cual-es-la-mejor/>

Captación - Aigües de Cullera. (s. f.). <https://www.aiguescullera.es/captacion>

Captación - Aigües de l'Horta. (s. f.). <https://www.aigueshorta.es/captacion>

Construir una Piscina Paso a Paso Proyecto, Licencia, Obra. (s. f.). Esarco Arquitectura e Ingeniería. Proyectos y Obras. <https://esarco.es/construir-piscina/>

Dickerson, B. (2022, 5 diciembre). *The Big List 2022: prices, times & notes for all the world's wave pools.* Wave Pool Magazine - For your curiosity and stoke. <https://wavepoolmag.com/the-big-list-prices-times-notes-for-all-the-worlds-wave-pools/>

El clima en Valencia, el tiempo por mes, temperatura promedio (España) - Weather Spark. (s. f.). <https://es.weatherspark.com/y/42614/Clima-promedio-en-Valencia-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Espejo Hermosa, A. (2011). *VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DEL RECURSO SURF: METODOLOGÍA Y RESULTADOS* [Tesis doctoral]. Universidad de Cantabria. [en línea]. Disponible en: https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/1326/0de9.AEHprevio_cap1%5B1%5D.pdf?sequence=1

Flysurfboards. (2022, 13 julio). *¿CÓMO SE ORIGINAN LAS OLAS?* Flysurf Boards España 2022. <https://www.flysurfboards.es/blog/consejo-para-surfear-mejor-048-como-se-originan-las-olas/>

Galvan Alcalá, R. (2018). *Estudio de soluciones para la regeneración de la playa de Santa Pola (Alicante)* [Trabajo de fin de grado]. Universidad Politécnica de Valencia. [en línea]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/158777/Galvan%20-%20Estudio%20de%20soluciones%20para%20la%20regeneraci%C3%B3n%20de%20la%20playa%20de%20Santa%20Pola%20%28Alicante%29..pdf?sequence=2>

Gómez Lorente, V. (2016). *Diseño de una balsa de regulación para agua de riego en el T.M. de Millares (Valencia).* [Trabajo de Fin de Grado]. Universidad Politécnica de Valencia. [en línea]. Disponible en: <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://riunet.upv.es:443/bitstream/handle/10251/70882/GOMEZ+-DISE%C3%91O+DE+UNA+BALSA+DE+REGULACION+PARA+AGUA+DE+RIEGO+EN+EL+TERMINO+MUNICIPAL+DE+MILLARES+....pdf?sequence%3D2&isAllowed=y>

Holdsurf. (2019, 28 mayo). *Historia y origen del surf*. Hold Surf. <https://www.holdsurf.es/historia-y-origen-del-surf>

How it works. (2022, 16 noviembre). Surf Lakes. <https://www.surflakes.com/how-it-works/>

Meteoblue. (2023b, febrero 19). *Amplía tu meteoTV con nuestros exclusivos mapas de satélite y radares*. meteoblue. https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/weatherarchive/torrent_espa%C3%B1a_2510279?fcstlength=1y

Meteoblue. (2023c, febrero 19). *Amplía tu meteoTV con nuestros exclusivos mapas de satélite y radares*. meteoblue. https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/weatherarchive/cullera_espa%C3%B1a_2518949?fcstlength=1y

Movimientos de Tierra. Tipos de Excavaciones. (s. f.). Esarco Arquitectura e Ingeniería. Proyectos y Obras. <https://esarco.es/movimientos-de-tierra/>

PERFECTSWELL - Máquina de olas by AMERICAN WAVE MACHINES | NauticExpo. (s. f.). <https://www.nauticexpo.es/prod/american-wave-machines/product-194173-524525.html>

Predicción de oleaje, nivel del mar ; Boyas y mareografos | puertos.es. (s. f.). <https://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>

Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP) – El blog de Víctor Yepes. (2018, 27 noviembre). <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/>

Real Decreto 742/2013, de 27 de septiembre, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de las piscinas. (2013, 11 de octubre) (España). BOE, (244). <https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-10580-consolidado.pdf>

Rimesa. (2022a, marzo 24). *Niveles de cloro y ph en piscinas*. Rimesa®. <https://rimesa.es/blog/niveles-de-cloro-y-ph-en-piscinas>

Sac, C. A. (s. f.). *Material tablas-rendimiento-consumo-combustible-costo-maquinaria-pesada*. <https://es.slideshare.net/CorporacionesAmcSac/material-tablasrendimientoconsumocombustiblecostomaquinariapesada>

Sctenerife. (2017, 11 noviembre). *Así funciona la piscina de Kelly Slater - Escuela de Surf en Tenerife*. Sports Club Tenerife. <https://sctenerife.es/asi-funciona-la-piscina-kelly-slater/>

Sicol, J. (2020, 6 octubre). *Los números de las piscinas de olas*. Mar Gruesa. <https://margruesa.com/los-numeros-de-las-piscinas-de-olas/>

Statista. (2020, 24 noviembre). *Clubes de surf por comunidad autónoma España 2019*. <https://es.statista.com/estadisticas/1065331/numero-de-clubes-de-surf-federados-por-comunidad-autonoma-espana/>

Statista. (2021, 17 febrero). *Federación Española de Surf: federados 2010-2019*. <https://es.statista.com/estadisticas/1062151/surf-numero-de-federados-en-espana/>

SURF LAKES XL. (2022, 4 octubre). Surf Lakes. <https://www.surflakes.com/designs/surf-lakes-xl/>

Zabriskie, M. (2018, 25 mayo). *Is \$30 million wave the future of surfing?* CNN. <https://edition.cnn.com/videos/sports/2018/05/16/world-surf-league-surf-ranch-kelly-slater-lahey-peterson-intl-spt.cnn>