



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA RECOGIDA DE
RESIDUOS DE SUPERFICIE EN PISCINAS

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

AUTOR/A: Gil Carbonell, Vicente

Tutor/a: Ferrándiz Bou, Santiago

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



RESUMEN

(Español o Valenciano)

El objetivo sería el estudio y diseño de un robot para la limpieza automática de la superficie de una piscina. Este diseño busca la automatización para facilitar una acción manual existente, la recogida de residuos flotantes de la piscina. Se evaluarán los diferentes productos del mercado y las funciones del producto a desarrollar. Uno de los planteamientos que se quiere seguir de diseño es un barco tipo catamarán, el cual utiliza el hueco entre los laterales a modo de skimmer. Se realizarán los estudios de funcionalidad, simulación, presentación y demás elementos necesarios para el desarrollo del producto.

(Inglés)

The objective would be the study and design of a robot for the automatic cleaning of the surface of a swimming pool. This design seeks automation to facilitate an existing manual action, the collection of floating debris from the pool. The different products on the market and the functions of the product to be developed will be evaluated. One of the design approaches to be followed is a catamaran-type boat, which uses the gap between the sides as a skimmer. Studies of functionality, simulation, presentation, and other elements necessary for the development of the product will be carried out.

PALABRAS CLAVE

(Español o Valenciano)

Skimmer; limpiador de piscinas; recogehojas de piscina.

(Inglés)

Skimmer; swimming cleaner; pool leaf catcher.



Trabajo Fin de Grado:

SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA
RECOGIDA DE RESIDUOS DE
SUPERFICIE EN PISCINAS

PORTADA DE MEMORIA

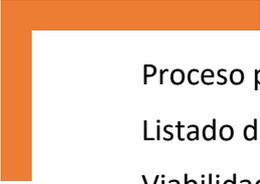
(Inglés)

AUTOMATED SYSTEM FOR SURFACE
WASTE COLLECTION IN SWIMMING
POOLS

ÍNDICE

Contenido

1. Objeto y justificación	1
Objetivo	1
Justificación del alcance	1
2. Antecedentes.....	2
3. Normas y referencias.....	6
Normativa	6
4. Definiciones y abreviaturas	7
Definiciones	7
Abreviaturas	7
5. Requisitos de diseño.....	8
Descripción de las necesidades	8
• Cliente	8
• Emplazamiento	9
• Materiales	10
• Entorno socio-económico	11
Funciones del producto	12
• Objetivos propuestos.....	12
• Otras funciones similares.....	13
Resumen Pliego de condiciones iniciales	14
6. Análisis de soluciones	17
Diseño general.....	17
Sistema de compuerta.....	18
Sistema de recogida de residuos	19
Sistema de propulsión	19
Sistema de detección de colisión	20
Materiales.....	21
7. Resultados finales.....	22
Descripción y justificación del diseño adoptado	22
Diagrama sistémico del producto y esquema de desmontaje del producto	22
Programación mediante ARDUINO	22



Proceso productivo.....	23
Listado de materiales	24
Viabilidad	25
Cálculo flotabilidad	27
8. Conclusiones.....	33
9. Bibliografía.....	34

ÍNDICE IMÁGENES

Contenido

Imagen 1 Recogehojas manual que aparece en la página web www.4mejores.com	2
Imagen 2 Skimmer que aparece en la página web www.finestpool.es	3
Imagen 3 Limpiador de superficie de nombre “Skim-A-Round” encontrado en la página web www.mearruineconesto.com	3
Imagen 4 Limpiador de superficie de nombre “Dragonfly” encontrado en la página web www.accesos.com	3
Imagen 5 Robots limpiafondos de nombre “NATERIAL” encontrado en la página web www.leroymerlin.es	4
Imagen 6 Robots limpiafondos de nombre “Splasher AstralPool” encontrado en la página web www.poolaria.com	4
Imagen 7 Robot limpiafondos eléctrico que aparece en la página web www.wikipedia.org	4
Imagen 8 Robot recogehojas de nombre “Aquamoto Skimbot” encontrado en la página web www.amazon.es	5
Imagen 9 Robot recogehojas de nombre “Geneseas” encontrado en la página web www.diariodeibiza.es	5
Imagen 10 Robot recogehojas de nombre “Catamarán net” encontrado en la página web www.limpiafondosparapiscinas.es	5
Imagen 11 Imagen de satélite de urbanizaciones con casas rurales que tiene piscina. Imagen obtenida de la página web www.verne.elpais.com	8
Imagen 12 Imagen modificada para la visualización de España según las piscinas por 100 habitantes y según las horas de sol anuales. Ambas imágenes obtenidas de la página web www.verne.elpais.com	9
Imagen 13 Piscina cubierta. Imagen obtenida de la página web www.heraldo.es	9
Imagen 14 Imagen obtenida de la página web www.gresitepiscinas.com	10
Imagen 15 Robot aspiradora del mercado. Imagen obtenida de la página web www.computerhoy.com	13
Imagen 16 Resumen de fuente propia de relación de funcionamiento del sistema planteado con los antecedentes.	14
Imagen 17 Resumen de fuente propia de relación del cliente y emplazamiento con el objetivo del sistema planteado.	14

Imagen 18 Clasificación de fuente propia por importancia de las funciones de la versión básica del producto a desarrollar.....	15
Imagen 19 Clasificación de fuente propia por importancia de las funciones de la versión 2.0 del producto a desarrollar.....	15
Imagen 20 Clasificación de fuente propia por importancia de las funciones de la versión PRO del producto a desarrollar.....	16
Imagen 21 Clasificación de fuente propia por importancia de las características del material.	16
Imagen 22 Catamarán navegando en el mar, con indicaciones en color verde para reconocer los componentes cascos laterales y esqueleto unión. Imagen obtenida de la página web www.nauticexpo.es	17
Imagen 23 Esquema de componentes de un skimmer. Imagen obtenida de la página web www.outlet-piscinas.com	18
Imagen 24 Modelo de barco monocasco propulsado por paletas. Imagen obtenida de la página web www.barcodepalas.blogspot.com	19
Imagen 25 Representación del sistema de detección mediante sensores de los coches. Imagen obtenida de la página web www.fundacionmapfre.org	20
Imagen 26 Esquema representación operaciones de rotomoldeo. Imagen obtenida de la página web www.tecnologiadelosplasticos.blogspot.com	23
Imagen 27 Esquema representación operaciones de inyección de plástico. Imagen obtenida de la página web www.primebiopol.com	23
Imagen 28 Esquema representación de flotabilidad por el principio de Arquímedes. Imagen obtenida de la página web www.ingenierizando.com	27
Imagen 29 Representación 3D de fuente propia, sacada desde Solidworks para la indicación de detalles de flotabilidad.....	28
Imagen 30 Representación 3D de fuente propia, sacada desde Solidworks para la indicación de detalles de flotabilidad.....	29
Imagen 31 Representación 3D de fuente propia, sacada desde Solidworks para la indicación de detalles de flotabilidad.....	30
Imagen 32 Representación 3D de fuente propia, sacada desde Solidworks para la indicación de detalles de flotabilidad.....	31
Imagen 33 Representación 3D de fuente propia, sacada desde Solidworks para la indicación de detalles de flotabilidad.....	32
Imagen 34 Representación 3D de fuente propia, sacada desde Solidworks para el apartado de conclusiones.	33



1. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN

Objetivo

Diseño y estudio de viabilidad de un sistema automatizado para la recogida de residuos en superficie de piscinas.

Justificación del alcance

El proyecto abarca desde la fase de diseño hasta la fabricación de un prototipo no funcional. Las fases que se incluyen entre estas son: Requisitos de diseño, Diseño conceptual, Estudio estructural y necesidades técnicas, Estudio de materiales, Estudio de fabricación, Estudio de funcionamiento, Estudio económico y, como se ha mencionado anteriormente, Prototipado para dimensionamiento.

El diseño elegido para el desarrollo del proyecto es una versión básica, que permite alcanzar el objetivo descrito. Junto a éste, se proyectarán de forma conceptual versiones superiores que se podrían alcanzarse al implementarle mejoras del funcionamiento o añadiendo complementos al sistema automatizado básico.

Desde un punto de vista identificativo se hace referencia en este documento al producto con el nombre de Cat-marán, este nombre no tiene ninguna relación con un estudio de marca.

2. ANTECEDENTES

Una práctica común durante los meses de verano es la recogida de las hojas que caen en la piscina antes de bañarse. De la misma que se utilizan robots limpiafondos, que permiten la recogida de residuos del fondo de la piscina, en este proyecto se desarrolla Cat-marán, siendo este un robot “limpiasuperficies”.

Como antecedentes a Cat-marán se consideran productos existentes en el mercado que realicen sus mismas funciones, tales como:

Recogehojas manual:

Diseño más básico para realizar la función de recogida de residuos de superficie de piscina. Consiste en una pértiga con una red en un extremo.

Al sumergir media red en el agua y gracias al movimiento manual se recogen los residuos. Es una práctica muy común para toda persona con piscina.

Existen multitud de marcas y de precios muy económicos, por lo general la red suele ser intercambiable ya que es lo primero que se desgasta por el uso y tiempo.

Recogehojas manual



Imagen 1 Recogehojas manual que aparece en la página web www.4mejores.com

Skimmer:

Los skimmers son las cavidades que están presentes en los laterales de la mayoría de las piscinas, forman parte del circuito de aspiración de agua. Tiene una función de aspiración y retención de residuos muy importante, aunque su función principal es aspirar el agua de la superficie para su filtración y tratamiento.

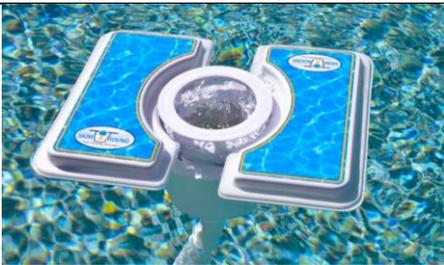
La colocación de estos debe efectuarse a favor del viento dominante, para así evitar zonas de suciedad estancada.

La función de retención la realizan con una compuerta, la cual flota lo suficiente para quedar por encima del nivel del agua y por la aspiración de agua permite que los residuos entren, pero no salgan.

Skimmer	 <p data-bbox="624 949 1294 976"><i>Imagen 2 Skimmer que aparece en la página web www.finestpool.es</i></p>
---------	--

Limpiadores de superficie:

Diseños autónomos conectados al sistema de depuradora que por su diseño flotan sobre la superficie del agua y debido a su funcionamiento se desplazan sin control por la piscina, absorbiendo de esta forma los residuos de superficie.

Skim-A-Round	 <p data-bbox="571 1541 1348 1599"><i>Imagen 3 Limpiador de superficie de nombre "Skim-A-Round" encontrado en la página web www.mearruineconesto.com</i></p>
Dragonfly	 <p data-bbox="592 1899 1326 1957"><i>Imagen 4 Limpiador de superficie de nombre "Dragonfly" encontrado en la página web www.accesos.com</i></p>

Robots limpiafondos:

Un limpiafondos es el equipo más conocido para realizar la limpieza de las piscinas, se usa para limpiar los residuos que se hayan en el fondo. Hay diferentes diseños, desde manuales que se dirigen mediante una pértiga, hasta autónomos conectados al sistema de depuradora que por su propia succión se desplazan o mediante algún tipo de sistema eléctrico para propulsarse.

Aunque no desempeñan la misma función que se busca para Cat-marán en este proyecto, se incluyen debido a que su funcionamiento puede ser similar, hay muchísima diversidad de diseños y son el producto para la limpieza de piscinas más desarrollado a nivel tecnológico.

NATERIAL	 <p>Imagen 5 Robots limpiafondos de nombre "NATERIAL" encontrado en la página web www.leroymerlin.es</p>
Splasher AstralPool	 <p>Imagen 6 Robots limpiafondos de nombre "Splasher AstralPool" encontrado en la página web www.poolaria.com</p>
Robot limpiafondos eléctrico	 <p>Imagen 7 Robot limpiafondos eléctrico que aparece en la página web www.wikipedia.org</p>

Robots recogehojas:

Diseños similares al que se busca desarrollar con Cat-marán, tanto por la disponibilidad de intercambio de sistema de recogida de residuos, como por su forma y funcionamiento autónomo.

Aquamoto Skimbot	 <p>Imagen 8 Robot recogehojas de nombre "Aquamoto Skimbot" encontrado en la página web www.amazon.es</p>
Geneseas	 <p>Imagen 9 Robot recogehojas de nombre "Geneseas" encontrado en la página web www.diariodeibiza.es</p>
Catamarán net	 <p>Imagen 10 Robot recogehojas de nombre "Catamarán net" encontrado en la página web www.limpiafondosparapiscinas.es</p>

3. NORMAS Y REFERENCIAS

Normativa

Al ser un producto relativamente nuevo, no hay normativa descrita de forma directa a él. Este producto cuenta con motores que actúan de forma automática por lo que se ve sujeto a un marcado CE para su comercialización en España.

Una norma para destacar que debe cumplir debido a su cercanía con niños es:

- EN 71 – Seguridad de los juguetes

En España no existe una ley estatal específica sobre Seguridad en Piscinas. Aunque desde 1960, existe una orden sobre piscinas públicas que hace referencia al aspecto técnico-sanitario (Real Decreto 742/2013) y a normas de vigilancia (normas AFNOR).

Los dueños de una piscina deben asegurarse de que estén utilizando por lo menos uno de los dispositivos de seguridad aprobados. Cualquier equipo de seguridad usado debe confrontarse con la asociación francesa AFNOR.

- N-F P90-306 para las barreras/las cercas
- N-F P90-307 para los sistemas de alarmas
- N-F P90-308 para las cubiertas de seguridad
- N-F P90-309 para los abrigo/los miradores

Un aspecto para destacar es la cercanía de los componentes eléctricos con el agua, por lo que se ven afectado por la norma:

- UNE-EN 60529 - Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP)

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Definiciones

- **Recogehojas:**
El término “Recogehojas” no es aceptado por la RAE, sin embargo, en este documento hace referencia al sistema utilizado para retirar los residuos de las piscinas cuando se usa como sustantivo.
- **Catamarán:**
Según la RAE, la definición es “embarcación, por lo común de vela, de dos cascos unidos”. En este documento se descarta el uso de vela en el diseño, por lo que una definición más acorde con el documento sería: embarcación formada por dos cascos unidos.
- **Residuos:**
Según la RAE, la definición es “Parte o porción que queda de un todo”. El uso de la palabra en este documento hace referencia al conjunto de hojas, plantas y otras sustancias que pueden quedar suspendidas en la superficie del agua de una piscina durante un día.
- **Depuradora:**
Según la RAE, la definición es “Aparato o instalación para depurar o limpiar algo, especialmente las aguas”.
- **Vaso:**
Según la RAE, una de las acepciones y la que hay que tener en cuenta en las menciones de este documento es “Recipiente para líquidos u otras cosas, pero que no se usa para beber.”
- **Limpiafondos:**
son dispositivos de tamaño medio capaces de limpiar los sedimentos y la suciedad que se va depositando en el fondo de las piscinas.

Abreviaturas

5. REQUISITOS DE DISEÑO

Descripción de las necesidades

- Cliente

Cat-marán puede ser usado por todo particular, empresa u organización que disponga de una piscina. Segmentando los nichos de mercado podemos encontrar:

- Particulares con piscinas en casas rurales o piscinas cubiertas.
- Empresas con piscinas de uso deportivo, privado o público.
- Grupos vecinales con piscinas comunitarias al aire o cubiertas.
- Ayuntamientos con piscinas de uso deportivo o público.

Para poder conocer el alcance máximo de ventas es necesario conocer el número de piscinas existentes en España, sabiendo de esta forma el número de piscinas por habitante.

En el artículo del suplemento Verne del diario El País de la siguiente página web:

https://verne.elpais.com/verne/2020/07/31/articulo/1596189253_007134.html

Se puede consultar el número de piscinas según el Catastro de cada municipio:

“El país cuenta actualmente con 2,3 millones de piscinas en la Península y las islas, tanto públicas, como privadas... España cuenta con cuatro piscinas por cada 100 habitantes.”

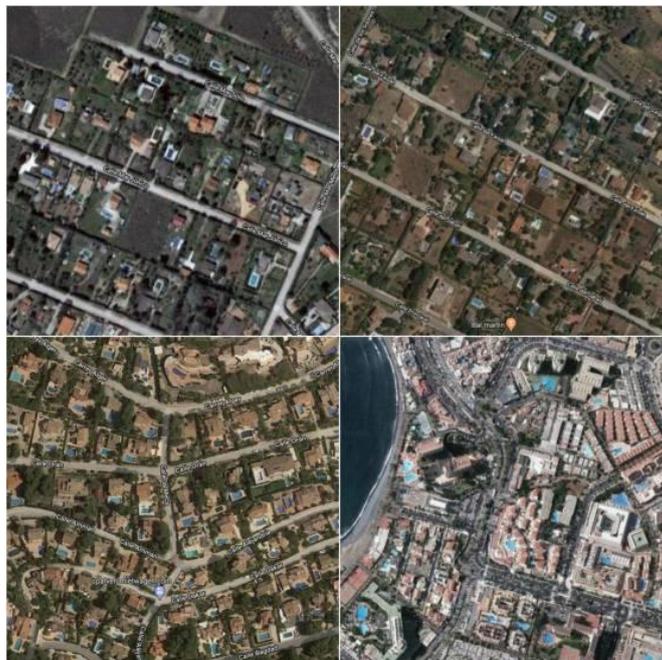


Imagen 11 Imagen de satélite de urbanizaciones con casas rurales que tiene piscina. Imagen obtenida de la página web www.verne.elpais.com

- Emplazamiento

Como se menciona en el anterior artículo de El País,

“La distribución de las piscinas por el mapa nacional demuestra que existe una correlación entre las provincias que reciben más horas de sol al año y las que tienden a contar con más piscinas.”

Estas zonas con más horas de sol, son las zonas objetivo de distribución ya que son las zonas en las que más nicho de mercado se puede abarcar.

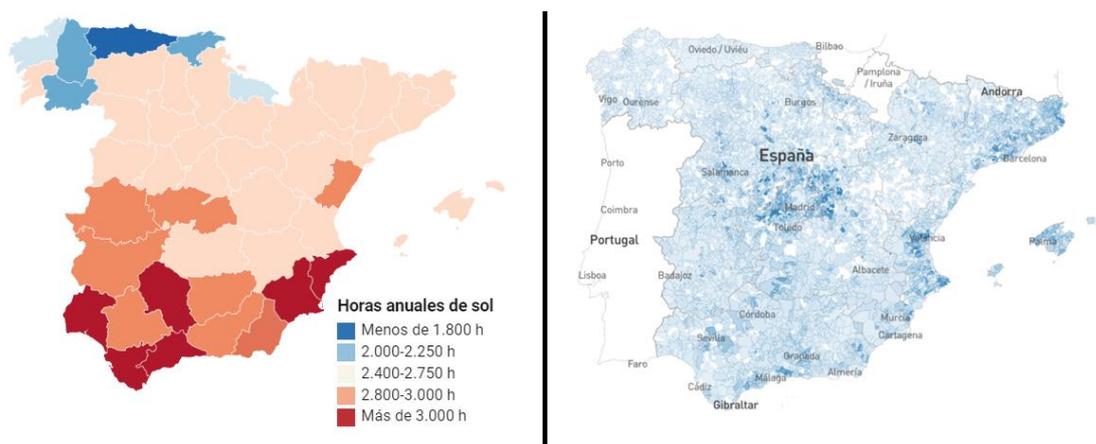


Imagen 12 Imagen modificada para la visualización de España según las piscinas por 100 habitantes y según las horas de sol anuales. Ambas imágenes obtenidas de la página web www.verne.elpais.com

En cuanto al emplazamiento de la piscina es importante destacar la mayor presencia de estas piscinas en residencias secundarias. También hay que destacar la poca presencia de sociedad de superficie en piscinas cubiertas, siendo la mayoría de estas destinadas al uso deportivo y algunas al uso privado.

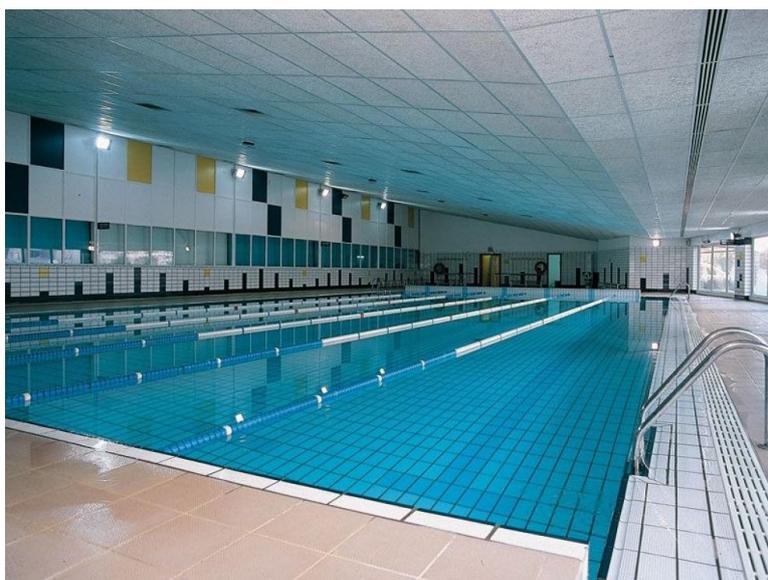


Imagen 13 Piscina cubierta. Imagen obtenida de la página web www.heraldo.es

En el artículo también se menciona brevemente la importancia de la forma de la piscina y la orientación del aire de la zona, estos aspectos son relevantes levemente en cuanto al diseño básico, ya que es un diseño propulsado eléctricamente y con batería.

Sin embargo, son importantes en versiones superiores permitiendo hacer uso de la energía solar y mejorando el funcionamiento siempre que se tenga en cuenta la forma de la piscina y los movimientos del sistema en función de la hora y su posible fuerza del viento.

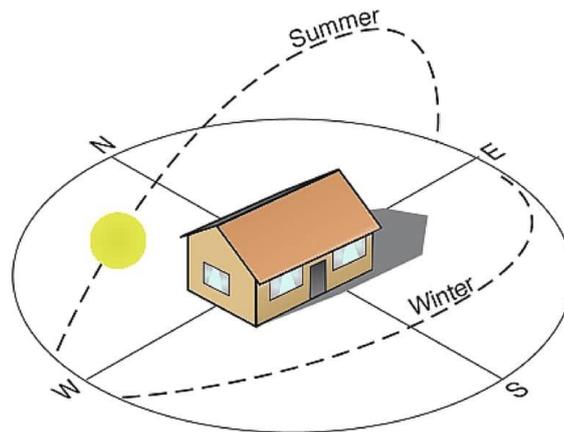


Imagen 14 Imagen obtenida de la página web www.gresitepiscinas.com

- Materiales

Las necesidades en cuanto al material del producto son las siguientes:

- Material liviano para un diseño compacto. El peso afecta directamente a la flotabilidad, siendo necesario reducir éste para conseguir un reducir el tamaño.
- Material con unos costes y fabricación económicos.
- Material resistente a temperatura ambiente de calor (verano) y frío (en invierno), aunque su principal uso estará centrado en verano.
- Material apto para estar en contacto con agua.
- Material resistente a los químicos usados en piscinas para su mantenimiento.

Como se observa en los materiales de los productos vistos en el apartado de antecedentes, los plásticos son el material más utilizado por cumplir todas las necesidades y conseguir un bajo coste de fabricación en comparación con otros materiales como por ejemplo el inoxidable.

- Entorno socio-económico

El coste medio de construir una piscina para particulares en España es de 14.246 euros, según la consultora Habitissimo, en la página web:

<https://www.habitissimo.es/presupuestos/construccion-piscinas>

Hay que añadir al coste de una piscina las tareas y productos para el mantenimiento. La empresa Cronoshare proporciona información sobre sus costes en la página web:

<https://www.cronoshare.com/cuanto-cuesta/mantener-piscina>

Se describe el coste detallado del mantenimiento anual promedio de una piscina según las funciones a realizar, siendo estas:

Vaciado y llenado de la piscina	100 € - 180 €
Limpieza del vaso	120 € - 450 €
Reparación de grietas o fisuras	300 € - 1.200 €

Tabla 1 Coste de mantenimiento anual de una piscina según las acciones a realizar. Información obtenida de la página web www.cronoshare.com

Por otra parte, se encuentra el coste de los productos para el mantenimiento diario de la piscina, en el que se incluiría Cat-marán.

En la siguiente página web se describen diferentes productos necesarios junto con el coste de éstos, para mantener una piscina en buen estado para el baño:

<https://www.lavanguardia.com/comprar/20200623/481923982185/mejores-productos-mantener-agua-piscinas-superficie-enterradas-ahorrar.html>

Bomba de la depuradora	171,99€
Cloro	31,90€
Dosificadores de cloro regulables	12,95€
Medidores de calidad del agua	24,99€
Kit manual de limpieza de piscina	29,94€
Limpiafondos de aspiración manual	40,69€
Limpiafondos autónomo hidráulico para piscinas enterradas	402,13€

Tabla 2 Coste de mantenimiento diario de una piscina según los productos necesarios. Información obtenida de la página web www.lavanguardia.com

Funciones del producto

- **Automatizar el proceso de recogida de los residuos de superficie en piscinas:**
El producto debe realizar el proceso de recogida de los residuos de forma autónoma. En el diseño básico los residuos se extraen del agua de forma manual, pudiendo haber una versión superior que incluya una toma de depuradora que elimine esta acción manual, convirtiendo a Cat-marán en un robot completamente autónomo.

Cat-marán se diseña para facilitar la recogida de los residuos, de igual forma que se desarrollaron los limpiafondos autónomos. El producto está destinado principalmente al nicho de mercado: Particulares con piscinas en casas rurales.

- Objetivos propuestos

Estudio de un sistema autónomo para la recogida de los residuos de superficie en piscinas. Este diseño debe incluir:

- Un sistema para poder retirar los residuos recogidos de forma manual.
- Un sistema de propulsión eléctrico para el desplazamiento por la superficie del vaso.
- Una compuerta interior que evite la salida de los residuos recogidos del interior del sistema.
- Un sistema de detección, evitando así colisionar contra las paredes y provocar atrapamientos del sistema que eviten que limpie al completo el vaso.

Cat-marán debe tener un precio económico para llegar al nicho de mercado al que va destinado, cercano al coste de un Limpiafondos autónomo.

- Otras funciones similares

El concepto de Cat-marán no solo está inspirado en los robots limpiafondos, como ya se ha mencionado, también está inspirado en los robots aspiradora para las casas.



Imagen 15 Robot aspiradora del mercado. Imagen obtenida de la página web www.computerhoy.com

Los robots aspiradora es un producto muy extendido y desarrollado en el cual se pueden basar funcionalidades de Cat-marán para versiones de una gama superior. Algunas de las funcionalidades a imitar son:

- Mapeado de habitaciones y patrón de movimientos del robot.
- Multifunción, aspira la suciedad y friega.
- Cámara o sensores para detectar obstáculos/suciedad.
- Partes intercambiables para sustituirla por el deterioro.
- Control desde el móvil.
- Programación de horas de funcionamiento.
- Detección automática de zona de carga (lugar de estacionamiento en parada).
- Señales sonoras y lumínicas para indicar finalización del proceso, atascos o función de carga activa.

Resumen Pliego de condiciones iniciales

Según los antecedentes nombrados Cat-marán se relaciona con el funcionamiento de los productos existentes de la siguiente forma:

ANTECEDENTES	RECOGEHOJAS MANUAL	SKIMMER	LIMPIADORES DE SUPERFICIE	ROBOTS LIMPIAFONDOS	ROBOTS RECOGEHOJAS
FUNCIÓN	Mejora	Parcial	Parcial	Parcial	Similar

Imagen 16 Resumen de fuente propia de relación de funcionamiento del sistema planteado con los antecedentes.

Siendo:

- **Mejora:**
Mejora la función del producto al realizarla de forma autónoma.
- **Parcial:**
El funcionamiento de ambos es complementario, ayudando a la reducción de residuos que los alcanzan.
- **Similar:**
Realizan la misma función.

Según los objetivos de mercado con respecto a los clientes y el emplazamiento del vaso, resultan en:

CLIENTE	PARTICULARES		EMPRESA			GRUPOS VECINALES		AYUNTAMIENTOS	
EMPLAZAMIENTO	CASAS RURALES	PISCINAS CUBIERTAS	USO DEPORTIVO	USO PRIVADO	USO PUBLICO	PISCINAS AL AIRE	PISCINAS CUBIERTAS	USO DEPORTIVO	USO PUBLICO
OBJETIVO	Principal	Bajo	Bajo	Bajo	Parcial	Principal	Bajo	Bajo	Parcial

Imagen 17 Resumen de fuente propia de relación del cliente y emplazamiento con el objetivo del sistema planteado.

- **Objetivo principal:**
Principales nichos de mercado en los que se podría vender y, por lo tanto, a los que va dirigido:
- **Objetivo parcial:**
Nichos de mercado en los que podría tener una buena acogida, siendo un volumen de venta menor al objetivo principal.
- **Objetivo bajo:**
Nichos de mercado donde se podría utilizar, pero su función es mínima al ser poco el residuo de superficie encontrado.

Según la importancia de las funciones que debe realizar el producto se desarrollan 3 modelos, siendo:

- **Versión básica:**
La versión más simple y económica capaz de realizar la función de recogida de residuos de superficie.

	VERSIÓN BÁSICA		
	MUY IMPORTANTE	IMPORTANTE	POCO IMPORTANTE
Compuerta para evitar salida de residuos	X		
Funcionamiento autónomo boton "ON" y "OFF"	X		
Paneles solares para avitar carga de batería de forma manual			X
Retirada de residuos manual		X	
Retirada de residuos automática			X
Mapeado del vaso y patrón de movimientos			X
Cámara o sensores para detectar obstáculos		X	
Partes intercambiables para sustituirla por el deterioro			X
Control desde el móvil			X
Programación de horas de funcionamiento			X
Detección automática de zona de descarga			X
Señales sonoras y lumínicas			X
Materiales para uso en piscinas	X		

Imagen 18 Clasificación de fuente propia por importancia de las funciones de la versión básica del producto a desarrollar.

- **Versión 2.0:**
La versión completamente autónoma, reduciendo al mínimo la intervención de una persona en el funcionamiento del sistema.

	VERSIÓN 2.0		
	MUY IMPORTANTE	IMPORTANTE	POCO IMPORTANTE
Compuerta para evitar salida de residuos	X		
Funcionamiento autónomo boton "ON" y "OFF"	X		
Paneles solares para avitar carga de batería de forma manual	X		
Retirada de residuos manual			X
Retirada de residuos automática	X		
Mapeado del vaso y patrón de movimientos			X
Cámara o sensores para detectar obstáculos		X	
Partes intercambiables para sustituirla por el deterioro		X	
Control desde el móvil			X
Programación de horas de funcionamiento		X	
Detección automática de zona de descarga			X
Señales sonoras y lumínicas			X
Materiales para uso en piscinas	X		

Imagen 19 Clasificación de fuente propia por importancia de las funciones de la versión 2.0 del producto a desarrollar.

- Versión PRO:

La versión más completa, siendo completamente autónoma y permitiendo optimizar el recorrido y con ello el tiempo de funcionamiento del sistema, consiguiendo un menor consumo energético a largo plazo y aumentando la vida útil del producto.

	VERSIÓN PRO		
	MUY IMPORTANTE	IMPORTANTE	POCO IMPORTANTE
Compuerta para evitar salida de residuos	X		
Funcionamiento autónomo boton "ON" y "OFF"	X		
Paneles solares para avitar carga de batería de forma manual	X		
Retirada de residuos manual			X
Retirada de residuos automática	X		
Mapeado del vaso y patrón de movimientos		X	
Cámara o sensores para detectar obstáculos		X	
Partes intercambiables para sustituirla por el deterioro		X	
Control desde el móvil	X		
Programación de horas de funcionamiento		X	
Detección automática de zona de descarga		X	
Señales sonoras y lumínicas		X	
Materiales para uso en piscinas	X		

Imagen 20 Clasificación de fuente propia por importancia de las funciones de la versión PRO del producto a desarrollar.

Según las necesidades relacionadas con los materiales nombrados se clasifican según su importancia de la siguiente manera:

MATERIAL	MUY IMPORTANTE	IMPORTANTE	POCO IMPORTANTE
LIGERO		x	
COSTES		x	
RESISTENTE CALOR	x		
RESISTENTE FRÍO			x
CONTACTO CON AGUA	x		
RESISTENCIA QUÍMICOS		x	

Imagen 21 Clasificación de fuente propia por importancia de las características del material.

Siendo el material visto en los antecedentes y que cumple con las condiciones mencionadas algún tipo de plástico.

6. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

Diseño general

Tras ver los diferentes productos del mercado y las funciones del producto a desarrollar se plantea un diseño basado en un barco tipo catamarán.

Un catamarán es un tipo de embarcación que dispone de dos cascos paralelos del mismo tamaño unidos por un esqueleto. Es un barco más ligero que las embarcaciones monocasco y, por su forma, tienen menos resistencia hidrodinámica, por lo que necesitan menos potencia propulsora.

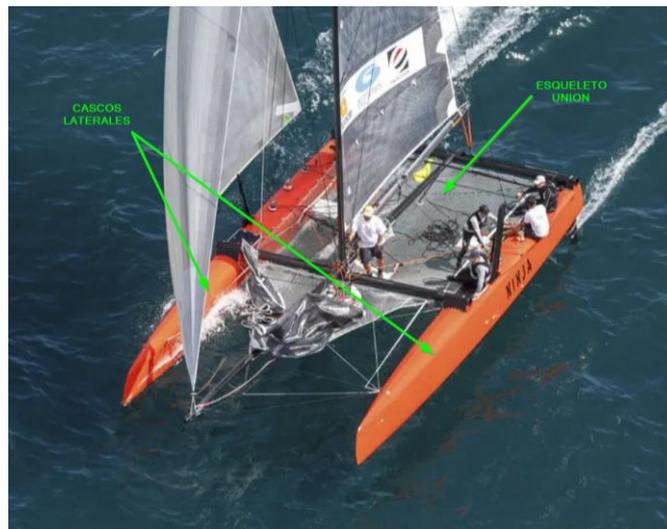


Imagen 22 Catamarán navegando en el mar, con indicaciones en color verde para reconocer los componentes cascos laterales y esqueleto unión. Imagen obtenida de la página web www.nauticexpo.es

La forma de Cat-marán permitirá ser propulsado por un sistema colocado en los cascos laterales e incluirá un recogehojas unido a ambas partes traseras de los cascos laterales, consiguiendo que todos los residuos que pasen por la parte central del catamarán se queden retenidos.

Sistema de compuerta

Para evitar la salida de los residuos recogidos se decide usar el mismo funcionamiento de la compuerta de los Skimmer.

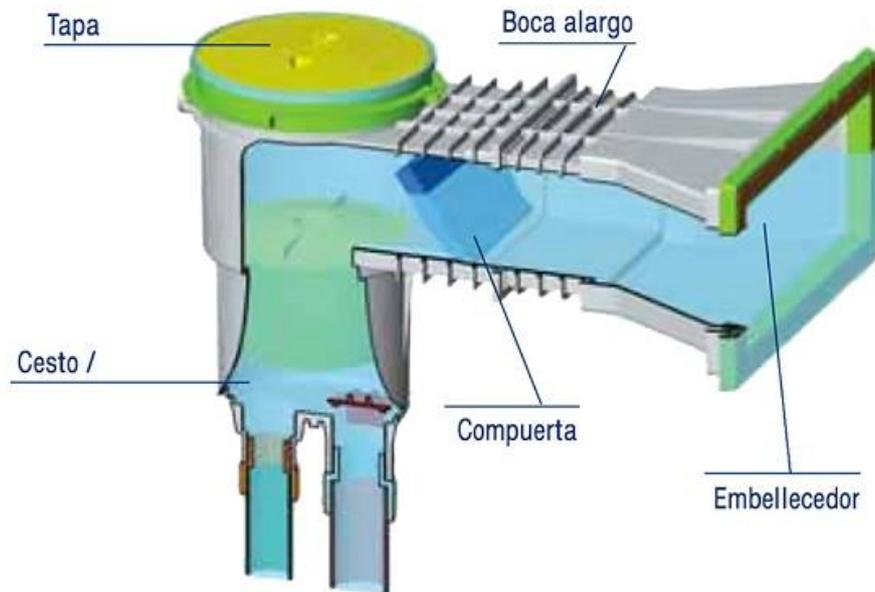


Imagen 23 Esquema de componentes de un skimmer. Imagen obtenida de la página web www.outlet-piscinas.com

El funcionamiento de la compuerta dependerá del movimiento y de su flotabilidad, permitiendo que:

- La compuerta se abra al bajarse por el desplazamiento producido por el movimiento y los residuos entren entre sus laterales.
- La compuerta se cierre al subirse por su flotabilidad, haciendo que los residuos de su interior no puedan volver a salir al detenerse.

Sistema de recogida de residuos

Al igual que los recogehojas los residuos deben quedarse estancados en algún tipo de cesta que permita que durante el movimiento ofrezca poca resistencia al desplazamiento.

Esta cesta, como se ha mencionado anteriormente, estará unida a ambos cascos laterales para recoger cualquier residuo que pase por el centro.

Las versiones superiores a la básica pueden incorporar un sistema de conexión a la depuradora en vez de una cesta, evitando tener que realizar el proceso de limpieza de la cesta cada cierto tiempo.

Sistema de propulsión

El sistema de propulsión se colocará en los cascos laterales evitando de esta forma interferir con el paso de entrada de residuos y el funcionamiento de la compuerta que evita la salida de los residuos.

La propulsión puede producirse por hélices o paletas de igual forma que se realiza en las embarcaciones.

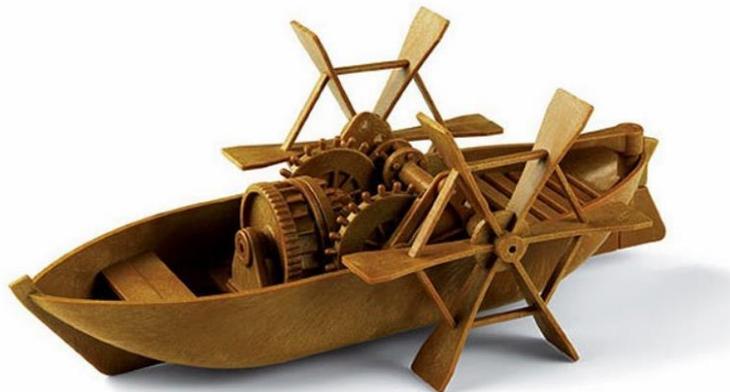


Imagen 24 Modelo de barco monocasco propulsado por paletas. Imagen obtenida de la página web www.barcodepalas.blogspot.com

El diseño propuesto incluye dos motores eléctricos para mover las paletas, esto permite que al aumentar la velocidad de uno de los cascos laterales el sistema gire en la dirección contraria al casco en el que se aumenta la velocidad.

Sistema de detección de colisión

Uno de los principales problemas que se puede encontrar es el atrapamiento con las paredes y colisiones contra estas, para evitar esto es necesario un sistema de detección mediante cámaras o sensores que permita que la embarcación gire antes de llegar contra los límites del vaso chocando con el exterior del casco lateral y permitiendo que continúe el trayecto, similar al utilizado por los coches:



Imagen 25 Representación del sistema de detección mediante sensores de los coches. Imagen obtenida de la página web www.fundacionmapfre.org

Materiales

Como se ha mencionado anteriormente un material que cumple con las necesidades de Cat-marán es la familia de los plásticos.

Usando como referencia los limpiafondos y otros productos plásticos usados en piscinas como las cestas de cloro los plásticos más utilizados son:

- Polipropileno
- ABS
- PVC

Estos tres plásticos forman parte de la familia de termoplástico, por lo que se pueden utilizar procesos económicos para su fabricación como la inyección, la extrusión o el rotmoldeo.

El plástico ABS se descarta por su baja resistencia a la intemperie debido a la exposición a la luz UV, aunque puede ser una opción económica también puede producir decoloración a largo plazo.

El PVC (policloruro de vinilo) y el polipropileno son dos de los materiales más utilizados en la fabricación de tuberías y otros productos de plástico. Ambos tienen propiedades similares, pero también poseen características diferentes:

En términos de resistencia, el PVC es más resistente a los impactos y a las altas temperaturas que el polipropileno. Por otro lado, el polipropileno es más resistente a la corrosión y a los productos químicos que el PVC.

Una de las características más distintivas del PVC es su capacidad para proporcionar un acabado resistente a la intemperie y duradero. El material se utiliza comúnmente en la fabricación de ventanas y puertas debido a su capacidad para resistir la oxidación y los rayos UV. El polipropileno, por otro lado, se utiliza en aplicaciones donde se necesita resistencia a la corrosión y la química, como la fabricación de recipientes de almacenamiento de productos químicos.

7. RESULTADOS FINALES

Descripción y justificación del diseño adoptado

El diseño adoptado busca utilizar las ventajas constructivas de un catamarán para realizar la recogida de los residuos de superficie. Además, busca eliminar un proceso bastante manual y que está poco automatizado.

Utilizando los avances realizados los últimos años en robots para la limpieza de casa y las similitudes con robots limpiafondos en cuanto a materiales y componentes, se busca conseguir un producto adecuado para el nicho de mercado que puede abarcar.

Las dimensiones del producto están pensadas para permitir la recogida de hojas y demás residuos de superficie, permitiendo que sea un producto ligero y que una persona pueda extraer del agua de forma cómoda sin realizar esfuerzos.

Diagrama sistémico del producto y esquema de desmontaje del producto

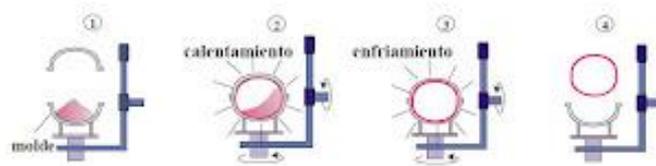
Referencia de forma detallada en el plano

Programación mediante ARDUINO

Para realizar una versión básica se utiliza un microprocesador de la marca ARDUINO y se genera un programa específico para ejecutar las directrices de funcionamiento necesarias. Se elige este tipo de procesador por las facilidades que ofrece su código abierto, sencillez de programación y amplia biblioteca de tutoriales y ejemplos que se pueden encontrar en internet. También por su bajo coste económico y su versatilidad en cuanto a componentes eléctricos como ultrasonidos y motores.

Proceso productivo

Debido a la geometría hueca de los laterales requieren de un proceso de producción de rotomoldeo, este proceso consiste en una cantidad de plástico ya sea en forma líquida o en polvo, que se deposita en el molde. Tras cerrarlo, el molde se rota biaxialmente en el interior de un horno. El plástico se funde y cubre las paredes internas del molde. El molde se retira del horno y se traslada a una zona de enfriamiento. Finalmente se abre el molde y se retira la pieza hueca.



Proceso de rotomoldeo.

Imagen 26 Esquema representación operaciones de rotomoldeo. Imagen obtenida de la página web www.tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

El resto de las piezas pueden fabricarse mediante un proceso de inyección, en el que se usan altas presiones y temperaturas para inyectar material fundido en un molde.

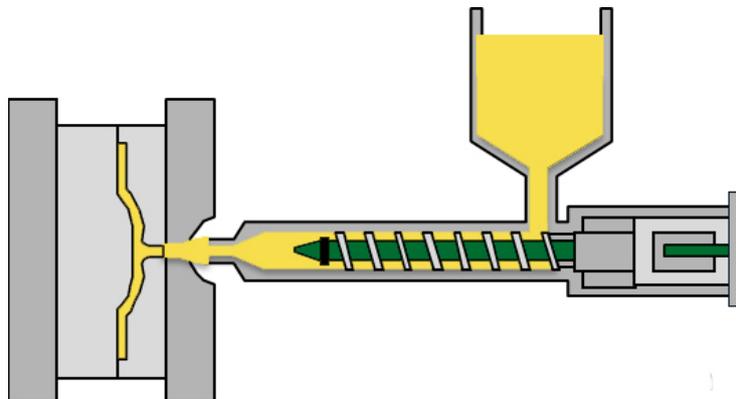


Imagen 27 Esquema representación operaciones de inyección de plástico. Imagen obtenida de la página web www.primebiopol.com

Listado de materiales

Los componentes eléctricos se estiman de acuerdo con las pruebas con los prototipos realizados, estos componentes pueden variar en gran medida el coste de compra según cantidad y proveedor, de igual forma cambian con bastante frecuencia, por lo que no se indican referencias.

COMPONENTES	CANTIDAD	CONSEGUIDO
Arduino UNO	1	Compra
Controlador motor	2	Compra
Ultrasonidos	2	Compra
Cables y general	1	Compra
Motor	2	Compra
Batería recargable	1	Compra
Sellante	0,05	Compra
Poleas	4	Compra
Correa	2	Compra
Rodamientos	4	Compra
Eje mecanizado	2	Compra
Tornillo DIN 912 M3x10	18	Compra
Tornillo DIN 912 M3x30	8	Compra
Lateral 1	1	ROTOMOLDEO
Lateral 2	1	ROTOMOLDEO
Pieza techo	2	INYECCIÓN
Pieza cabina	1	INYECCIÓN
Pieza unión laterales	1	INYECCIÓN
Pieza rueda paletas	2	IMPRESIÓN 3D
Compuerta	1	INYECCIÓN

Viabilidad

Para el estudio de viabilidad se estima una fabricación de 100 unidades al año con una amortización de moldes en 5 años, resultando el coste total de un Cat-marán de la versión Básica dividido en:

- Componentes eléctricos:

COMPONENTES	CANTIDAD	COSTE U.	COSTE TOTAL
Arduino UNO	1	9,78 €	9,78 €
Controlador motor	2	4,67 €	9,34 €
Ultrasonidos	2	0,97 €	1,94 €
Cables y general	1	10,00 €	5,00 €
Motor	2	8,29 €	16,58 €
Batería recargable	1	15,36 €	15,36 €
		TOTAL	63,00 €

- Componentes mecánicos

COMPONENTES	CANTIDAD	COSTE U.	COSTE TOTAL
Sellante	0,05	6,39 €	0,32 €
Poleas	4	2,00 €	8,00 €
Correa	2	3,88 €	7,76 €
Rodamientos	4	0,77 €	3,08 €
Eje mecanizado	2	22,00 €	44,00 €
Tornillo DIN 912 M3x10	18	0,02 €	0,36 €
Tornillo DIN 912 M3x30	8	0,03 €	0,24 €
		TOTAL	63,7595 €

- Piezas PVC

COMPONENTES	CANTIDAD	COSTE U.	COSTE TOTAL
Lateral 1	1	112,00	112,00
Lateral 2	1	112,00	112,00
Pieza techo	2	8,65	8,65
Pieza cabina	1	8,89	8,89
Pieza unión laterales	1	8,69	8,69
Pieza rueda paletas	2	35,00	70,00
Compuerta	1	8,63	8,63
		TOTAL	328,86€

Se deja fuera de los costes la cesta ya que esto es un componente desechable del producto, por lo que se podría comprar independiente de este.

Los costes de las piezas de PVC se han calculado de la siguiente forma:

- Piezas rotomoldeo – considerando un tiempo de proceso de 30 min, con un coste a la hora de 100 € (incluyendo el material) y un precio de molde de 6000 €.

Costes rotomoldeo	Tiempo pieza (h)	Cantidad	Coste/h	Coste/pieza
Lateral 1	0,5	1	100	50 €
Lateral 2	0,5	1	100	50 €

Coste molde (€)	Piezas/año	Años amortización	Piezas totales amortización	Coste molde amortizado	Amortización por pieza
6000	100	5	500	12	62

Siendo cada lateral la suma del coste/pieza y la amortización por pieza:

$$\text{Coste lateral} = 50 \text{ €} + 62 \text{ €} = 112 \text{ €}$$

- Piezas inyección – considerando la fabricación de moldes de baja producción hechos en impresión 3D, con un coste aproximado de 100 € por un molde capaz de fabricar 100 piezas.

Aproximando el precio del PVC en 2 €/kg, con unos costes extra de mano de obra de 2,5 € y un coste de una producción de 100 piezas de 500 €.

Costes inyección	Volumen producción	Molde (€)	Costes externalización (€)	Coste producción total (€)
Pieza inyectada	100	100	2,5	500

Siendo el coste por pieza inyectada:

$$\text{Pieza inyect.} = \frac{100 \text{ € coste molde}}{100 \text{ piezas producidas}} + 2,5 \text{ € exter.} + \frac{500 \text{ € coste producción}}{100 \text{ piezas producidas}}$$

$$\text{Coste lateral} = 8,5 \text{ € Pieza inyect.}$$

Costes inyección	Costes/kg	Peso (kg)	Coste pieza (€)
Pieza techo	2	0,072	8,5 + 0,144
Pieza cabina	2	0,196	8,5 + 0,392
Pieza unión laterales	2	0,096	8,5 + 0,192
Compuerta	2	0,063	8,5 + 0,126

Considerando necesarias 3,5 horas para realizar el montaje a un coste de 18 €/h.

El coste final de Cat-marán:

$$\text{Coste final} = 18 \text{ €/h} * 3,5 \text{ h} + 6 \text{ 3,00 €} + 63,76 \text{ €} + 328,86 \text{ €} = 518,62 \text{ €}$$

Con un margen del 0,25 % de beneficio el PVP será de:

$$\text{PVP Cat - marán básico} = 648,28 \text{ €}$$

Cálculo flotabilidad

La flotabilidad es la capacidad de un cuerpo para mantenerse en equilibrio dentro de un fluido.

Para que un objeto flote en un fluido, la fuerza resultante de la presión ejercida por el fluido al cuerpo debe ser igual a la fuerza del peso del cuerpo.

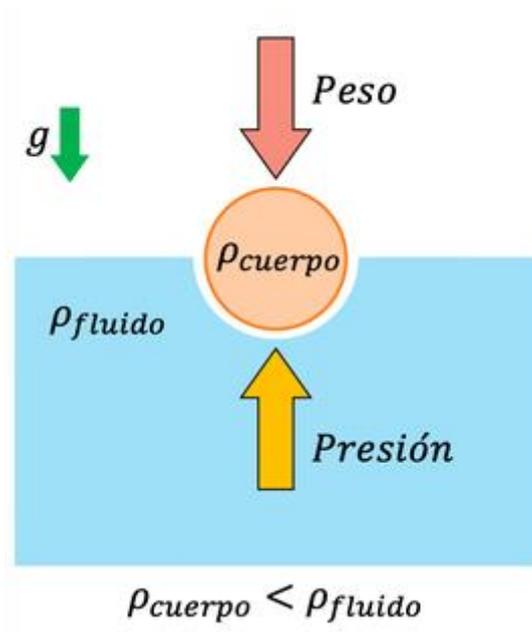


Imagen 28 Esquema representación de flotabilidad por el principio de Arquímedes. Imagen obtenida de la página web www.ingenierizando.com

La flotabilidad del producto se mide mediante el principio de Arquímedes que establece que un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido recibe una fuerza vertical hacia arriba equivalente al peso del fluido desalojado al introducir dicho cuerpo en el fluido.

Para calcular la flotabilidad del producto se calcula con respecto a un lateral sin tener en cuenta el peso del residuo recogido, ya que este es un residuo flotante:

- Peso específico del PVC: $1,4 \text{ g/cm}^3$.
- Volumen exterior lateral: $2581,69 \text{ cm}^3$.
- Volumen vaciado lateral: 2140 cm^3 .

$$\text{Peso lateral} = (\text{Volumen ext.} - \text{Volumen vaciado}) * \gamma (\text{Peso espec. PVC})$$

$$\text{Peso lateral} = (2581,69 \text{ cm}^3 - 2140 \text{ cm}^3) * 1,4 \text{ g/cm}^3 = 618,121 \text{ g}$$

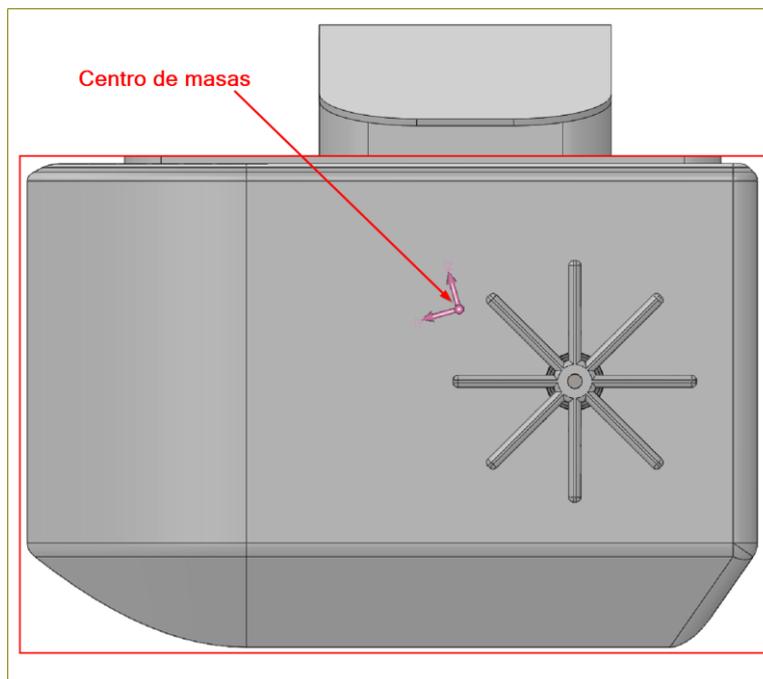


Imagen 29 Representación 3D de fuente propia, sacada desde Solidworks para la indicación de detalles de flotabilidad.

Siendo el peso específico del agua 1 g/cm^3 , el volumen de agua desplazada es igual al peso total que actúa sobre el lateral:

El peso extra hace referencia al peso de:

- Cajón componentes eléctricos: 430 g (dividido en ambos laterales).
- Componentes eléctricos: 800 g (dividido en ambos laterales).
- Cesta 200 g (dividido en ambos laterales).
- Sistema propulsión: 230 g (en cada lateral)
- Tornillería: 20 g (en cada lateral)

$$\text{Peso extra} = \frac{430}{2} \text{ g} + \frac{800}{2} \text{ g} + \frac{200}{2} + 230 \text{ g} + 20 \text{ g} = 950 \text{ g}$$

$$\text{Peso total} = \text{Peso lateral} + \text{Peso extra}$$

$$\text{Peso total} = 618,121 \text{ g} + 950 \text{ g} = 1583,121 \text{ g} = 1583,121 \text{ cm}^3$$

Siendo el volumen exterior del lateral el 100 % del cuerpo, el porcentaje del lateral sumergido es:

$$\% \text{ sumergido} = \frac{1583,121 \text{ cm}^3 * 100 \%}{2581,69 \text{ cm}^3} = 61,32 \%$$

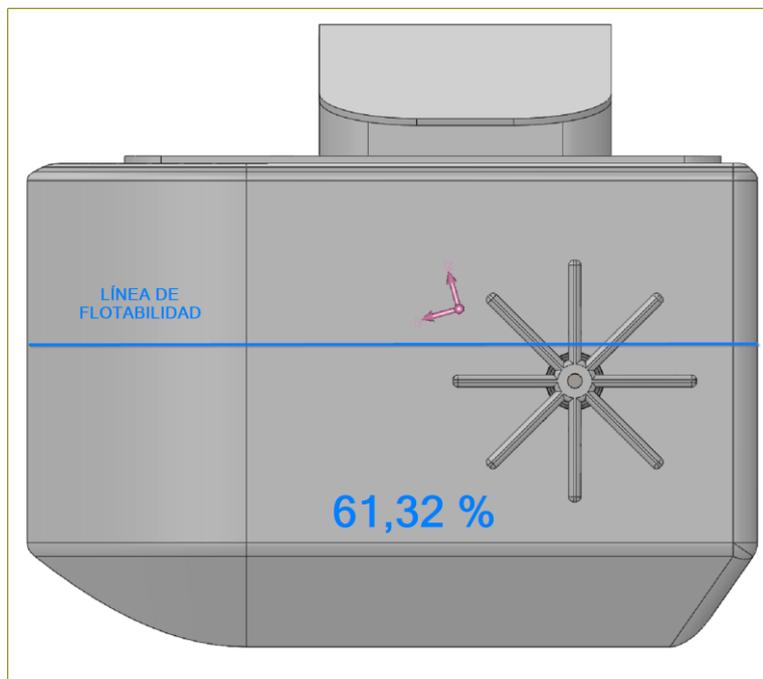


Imagen 30 Representación 3D de fuente propia, sacada desde Solidworks para la indicación de detalles de flotabilidad.

Como se ha mencionado anteriormente en el documento el diseño de un catamarán permite una gran estabilidad, al tener un peso igualado en ambos laterales el centro de masas se encuentra centrado al producto, por lo que para producir un vuelco completo sería necesario estar próximo a superar los 90°.

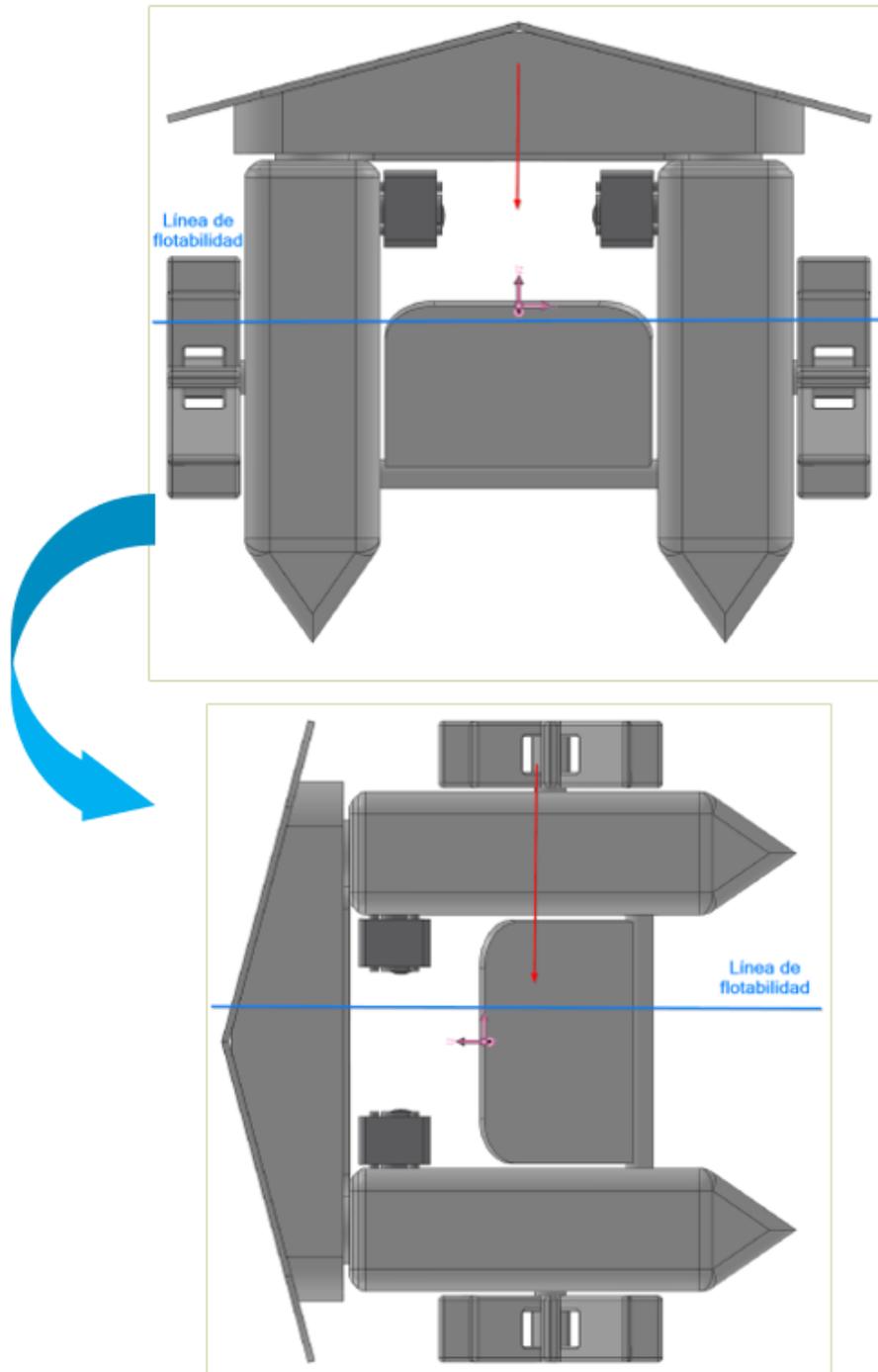


Imagen 31 Representación 3D de fuente propia, sacada desde Solidworks para la indicación de detalles de flotabilidad.

Situaciones en las que el producto se pudiera ver sometido a una inclinación, pueden ser, por ejemplo:

- Olas producidas por el viento o debido a un factor humano.
- Exceso de peso en un lateral.

En cuanto a las olas que se puedan producir, considerando que no ejercen ninguna fuerza directa sobre el producto debería ser una ola de una altura superior del catamarán provocando que se incline próximo a los 90º con respecto a la línea de flotabilidad.

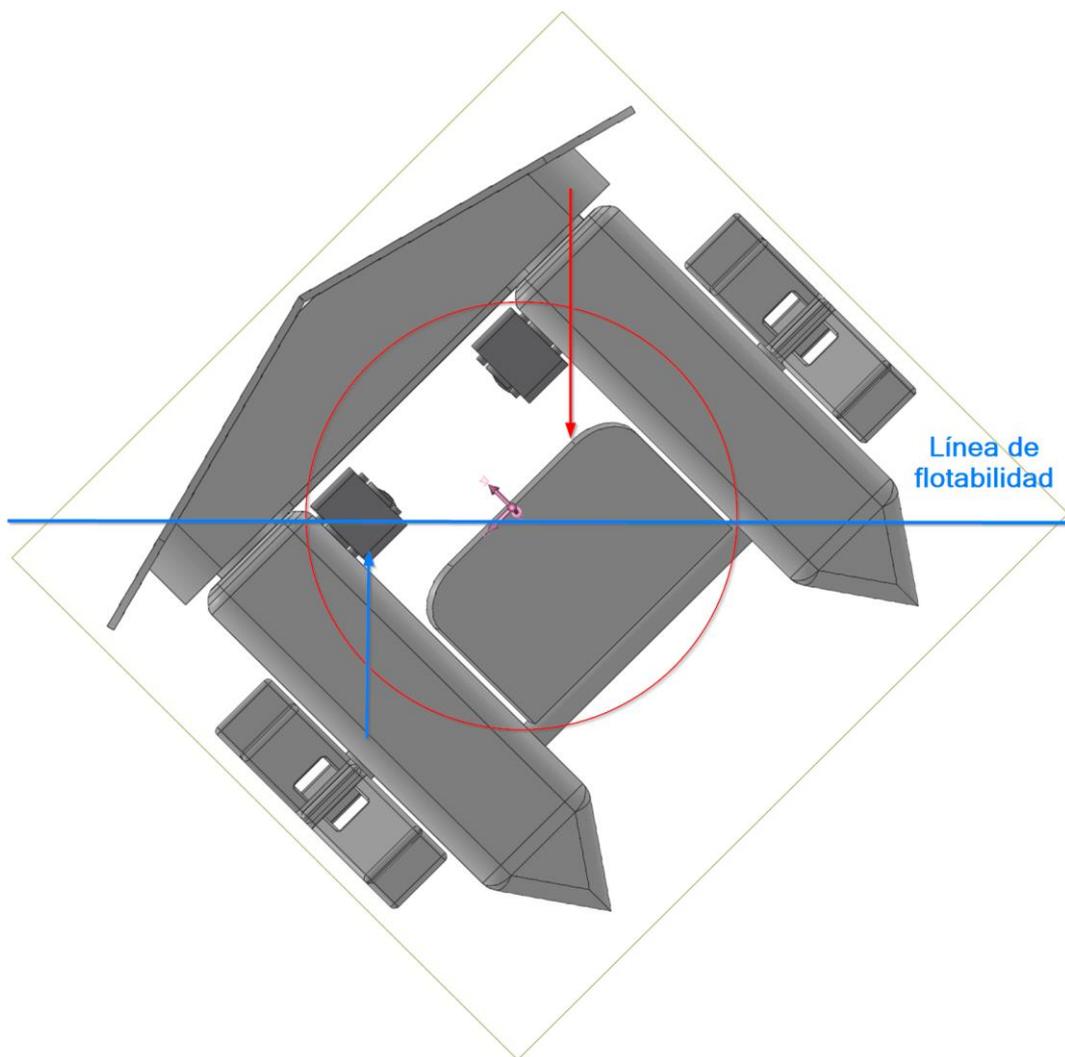


Imagen 32 Representación 3D de fuente propia, sacada desde Solidworks para la indicación de detalles de flotabilidad.

En cuanto al exceso de peso en un lateral, esto puede deberse por ejemplo a implementar en el interior de ambo laterales un depósito para el cloro y que se llene solo uno. Esto produciría un cambio del centro de masas hacia un lateral, produciendo que con una inclinación menor se produzca el vuelco.

El peso máximo por soportar en un único lateral para producir el vuelco es aproximadamente el porcentaje restante para sumergir completamente a este, ya que esto produciría que el centro de gravedad se posicionara más próximo al lateral y al encontrarse completamente sumergido su posición de reposo sería en vertical con respecto a la línea de flotación.

$$\% \text{ para vuelco} = 100\% - 61,32\% = 38,68\%$$

$$\text{Peso hasta el vuelco} = \frac{38,68\% * 1583,121 \text{ g}}{100\%} = 612,35 \text{ g}$$

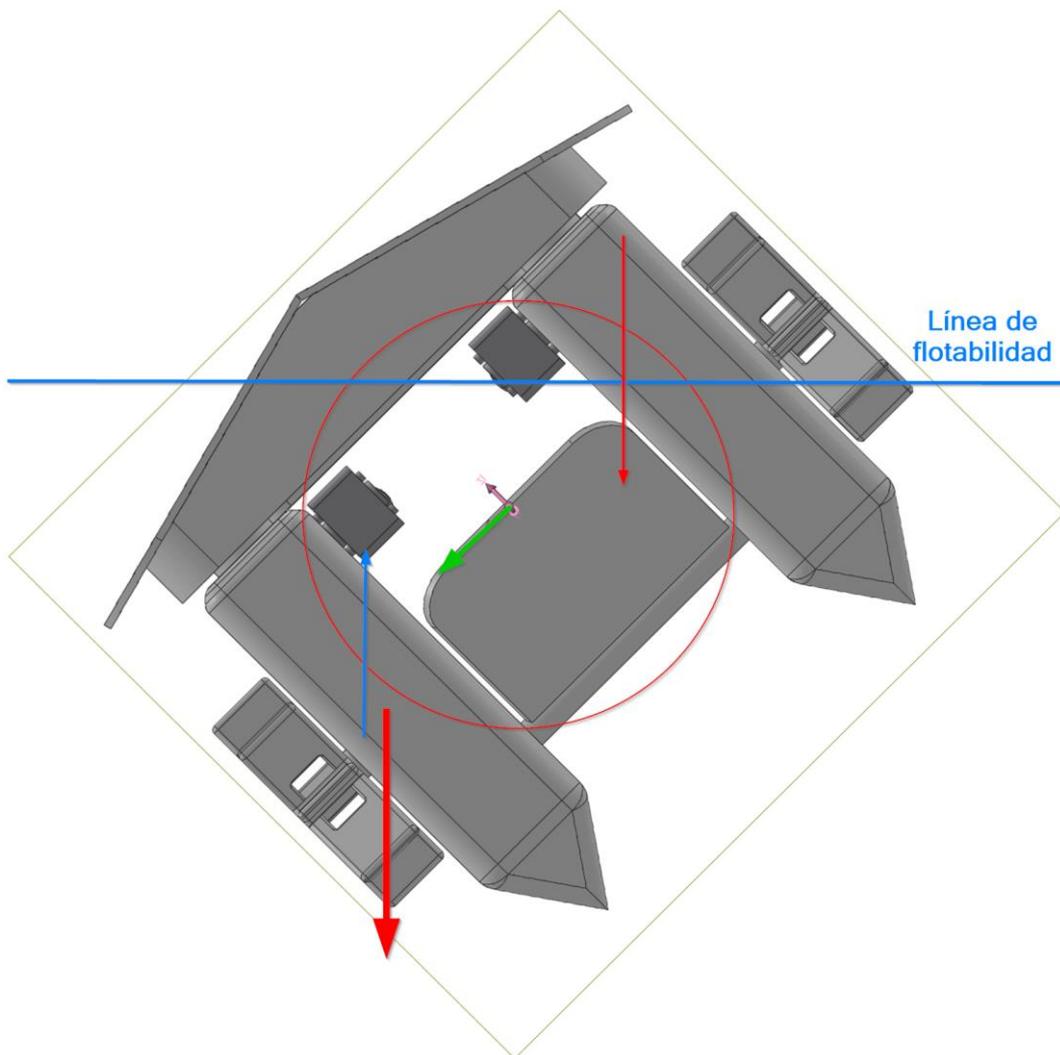


Imagen 33 Representación 3D de fuente propia, sacada desde Solidworks para la indicación de detalles de flotabilidad.

8. CONCLUSIONES

El diseño adoptado busca resolver la necesidad directa de las personas sobre la limpieza en superficie de piscinas, está basado en el mismo concepto exitoso de los robots usados para limpiar las casas.

Es un producto complementario a los robots limpiafondos, ya que estos son un producto extendido en el mercado, pero estos no permiten mantener limpia la superficie, ya que como su nombre indica, su funcionamiento es sobre los sedimentos del fondo de la piscina.

El producto busca eliminar el proceso manual realizado con los recogehojas, ya que, de igual forma pasa con las barrenderas de fondo, la mayoría de las personas que se montan una piscina empiezan con procesos manuales buscando reducir tantos costes de inicio, pero con los años acaban comprando estos robots limpiafondo para automatizar el proceso de limpieza, siendo un proceso cómodo para los dueños mantener limpia una piscina.

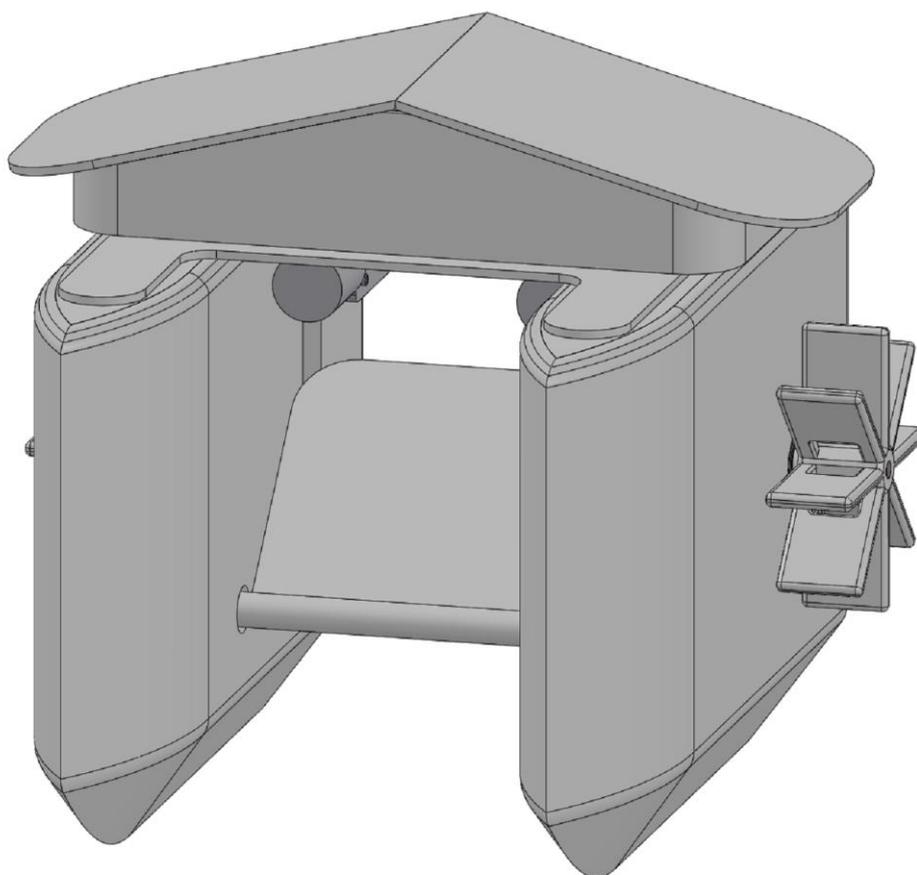


Imagen 34 Representación 3D de fuente propia, sacada desde Solidworks para el apartado de conclusiones.

9. BIBLIOGRAFÍA

Antecedentes

<https://www.amazon.es/Aquamoto-Limpiador-Alimentado-aplicaci%C3%B3n-habilitada/dp/B0854GLYSM>

<https://www.diariodeibiza.es/fotos/local/2021/07/20/geneseas-robot-pionero-espana-limpia-55234525.html#foto=21>

<https://www.limpiafondosparapiscinas.es/limpiafondos/catamaran-net-radio-control>

<https://mearruineconesto.com/regalos/limpiador-de-superficie-de-piscina-skim-around/>

<https://accesos.com/limpia-superficies-de-piscina-dragonfly/>

<https://www.leroymerlin.es/fp/19309962/limpiafondos-manual-de-aluminio-para-piscinas-naterial>

<https://www.poolaria.com/limpiafondos-hidraulicos/2433-splasher-astralpool.html>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Limpiafondos>

<https://www.4mejores.com/los-4-mejores-recogehojas-para-piscinas/>

<https://finestpool.es/reformas/equipamiento-y-accesorios/skimmers/>

Normas y referencias

<https://www.arduino.cc/en/about>

<https://www.outlet-piscinas.com/blog/seguridad-piscinas/>

Definiciones y abreviaturas

www.rae.es

<https://www.piscinasferromar.com/blog/que-es-el-limpiafondos-de-piscina/>



Descripción de las necesidades / p.c.i.

https://verne.elpais.com/verne/2020/07/31/articulo/1596189253_007134.html

<https://www.heraldo.es/noticias/nacional/2020/05/30/el-ministerio-de-sanidad-autoriza-la-apertura-de-piscinas-para-uso-deportivo-1377824.html>

<https://www.habitissimo.es/presupuestos/construccion-piscinas>

<https://www.cronoshare.com/cuanto-cuesta/mantener-piscina>

<https://www.lavanguardia.com/comprar/20200623/481923982185/mejores-productos-mantener-agua-piscinas-superficie-enterradas-ahorrar.html>

<https://computerhoy.com/reportajes/tecnologia/robot-aspirador-guia-compra-todo-necesitas-saber-310793>

<https://www.gresitepiscinas.com/orientacion-de-una-piscina/>

Análisis de soluciones

<https://www.centramar.es/que-es-un-catamaran/>

<https://www.nauticexpo.es/prod/lloyd-stevenson-boat-builders/product-25695-554927.html>

<https://www.fundacionmapfre.org/educacion-divulgacion/seguridad-vial/sistemas-adas/tipos/sensores-de-aparcamiento/>

<http://barcodepalas.blogspot.com/>

<https://www.outlet-piscinas.com/skimmer-estandar-para-piscinas-de-liner>

<https://globoplast.com.mx/>

<https://www.fontanerialucero.es/cuales-son-las-ventajas-y-desventajas-de-usar-pvc-o-polietileno/#!>

Resultados finales

<https://formlabs.com/es/blog/coste-moldeo-inyeccion/>