**Introducción**

Se calcula que en el mundo mueren cada año 236.000 personas por accidentes acuáticos. Esto nos lleva a pensar que las estimaciones mundiales subestiman notablemente la magnitud real del problema de salud pública que suponen los accidentes acuáticos. Es una realidad que el riesgo de ahogamientos es mayor en niños, varones y con fácil acceso al agua, según los informes de la OMS.

Todas las economías y regiones del mundo sufren mortalidad por accidentes acuáticos en que el 90% de las muertes se concentran en los países de ingresos bajos y medianos. Más concretamente, más de la mitad de los accidentes acuáticos del mundo se producen en las regiones del Pacífico Occidental y de Asia Sudoriental. De hecho, los índices de muerte por accidentes acuáticos alcanzan su máximo en la Región del Pacífico Occidental, donde son 27 y 32 veces más elevados que en el Reino Unido o en Alemania, respectivamente.

Algunos de los factores de riesgo que destaca la OMS son la edad, que los atribuye a lapsos de inatención en la supervisión de un niño. En 48 de los 85 países cuyos datos satisfacen los criterios para ser tenidos en cuenta, el accidente acuático es una de las 5 primeras causas de mortalidad entre 1 y 14 años. Por poner algunos ejemplos, en Australia el accidente acuático en niños de 1 a 3 años es la primera causa de muerte por traumatismo no intencional. En Bangladesh el accidente acuático es la causa del 43% de todas las muertes de niños de 1 a 4 años. En China el accidente acuático es la primera causa de muerte por traumatismo entre 1 y 14 años y en Estados Unidos la segunda causa de muerte para el mismo grupo de edad.

Los datos informan claramente que los varones están especialmente expuestos al riesgo por accidente acuático. Los estudios indican que ello se debe a una mayor exposición al agua y a prácticas más arriesgadas, como los baños en solitario, a veces tras consumir alcohol o la navegación.

Tener acceso al agua es otro factor de riesgo. Las personas que se dedican a la pesca, ya sea industrial o de subsistencia, están más expuestas al accidente acuático, y más si utilizan botes pequeños, como ocurre en los países de ingresos bajos. Los accidentes acuáticos suponen el 75% de los fallecimientos que se producen como resultado de inundaciones catastróficas. Este factor aumenta en países de ingresos bajos y medianos, donde las personas viven en zonas expuestas a las inundaciones.

Para prevenir el número de accidentes acuáticos la OMS propone un conjunto de medidas como instalar barreras para controlar el acceso a masas de agua que supongan un peligro (cubriendo pozos, erigiendo barreras con puertas, vallando el perímetro de piscinas, etc.). Otra medida de prevención es la instauración de sistemas comunitarios supervisados de cuidado de los niños en edad preescolar. Pero la medida más efectiva y que menos voz tiene actualmente es la de aplicar políticas y leyes eficaces por parte de los gobiernos de cada estado. Instituir y hacer cumplir reglamentos de seguridad en la navegación recreativa y el transporte de mercancías o personas es un elemento importante para mejorar la seguridad en el medio acuático y prevenir accidentes.

**Estado del arte a nivel global**

Los informes sobre accidentes acuáticos de la organización mundial de la salud (OMS) están basado en datos que se obtienen a partir de la colaboración con los estados miembros, los sistemas de salud nacional, redes de vigilancia, estudios de investigación u organizaciones asociadas. Las conclusiones e investigaciones que se realizan sobre accidentes acuáticos no van más allá realizar simples análisis exploratorio de los datos. Este hecho desencadena que los datos no dejan de explicar siempre los mismos patrones, donde simplemente ayudan a crear las mismas estrategias para prevenir o reducir el número de accidentes acuáticos.

Es muy frecuente leer informes anuales a nivel mundial sobre accidentes acuáticos donde el único factor cambiante es el número de ahogamientos, pero se mantienen las mismas tendencias en la edad, el lugar, los factores, el género, etc. La cuestión de los accidentes acuáticos ha tenido muy poco análisis e investigación.Varías investigaciones han sido lanzadas por gobiernos y organizaciones con el fin de encontrar caminos adecuados para salvar vidas. Algunos de estos caminos incluyen la aportación de información sobre el peligro de los accidentes acuáticos, fomentar el vallado o el drenaje de estanques de jardín y piscinas domésticas, incrementar la supervisión en las piscinas, ríos, lagos y playas para reducir el número de accidentes acuáticos. Desafortunadamente, estas soluciones no son Austsuficientes y pueden ser consideradas rudimentarias.

A continuación, examinaremos el estado del arte en aquellas zonas del mundo en los que realizan informes anualmente para estudiar la evolución de los accidentes acuáticos.

**Estado del arte: Australia y Nueva Zelanda**

<https://www.royallifesaving.com.au/research-and-policy/drowning-research/national-drowning-reports> - Australia

<https://www.watersafetynz.org/> - Nueva Zelanda

**Royal Life Saving National Drowning** es un informe anual que lanza cada año Australia con el fin de conocer la distribución de los accidentes acuáticos en el país. El período para analizar va del 1 de julio de 2021 hasta el 30 de junio de 2022, y para este último año ha habido un total de 339 muertes por accidentes acuáticos. Si vamos un poco más lejos se han detectado un total de 686 accidentes acuáticos no mortales. Este último se ha incrementado un 15% respecto al año anterior 20/21.

Un total de 43 muertes han sido debido a los ahogamientos por inundaciones que son predominantes al este de la costa australiana, algunos de estos incidentes se dieron al conducir a través de carreteras inundadas. El 82% de todas las muertes por ahogamientos son hombres y la edad más propensa a morir por accidente acuático se encuentra comprendida entre los 65 y 74 años, seguido del grupo de edad entre los 35 y 44 años. El grupo de edad menos propenso a morir por accidentes acuáticos son los adolescentes entre 15 y 17 años.

Los ríos, seguidos de las playas son las zonas donde ocurren el mayor número de muertes por accidentes acuáticos, incrementándose un 48% respecto al año anterior. Además, una quinta parte de los accidentes acuáticos ocurren mientras se están realizando actividades relacionadas con la piscina.

**Water Safety New Zeland Drowning Prevention Report** es un informe que realiza Nueva Zelanda anualmente mostrando una visión general de las muertes por ahogamientos evitables en 2022 comparada con una visión a más largo plazo de las muertes por ahogamiento dependiendo de la actividad, el entorno y la región.

Para este último año hubo un total de 94 muertes por accidentes acuáticos, el mayor incremento de muertes desde la pasada década. El 85% de las muertes han sido en hombres. Analizando las muertes por actividad, observamos que el 31% de las muertes se han dado por actividades relacionadas con barcos, el 22% por caídas y el 20% por nadar. Si nos fijamos en las muertes analizando el ambiente, se observa que el 26% de ellas ocurren en las playas, el 23% en las playas y el 22% en ríos y canales. Finalmente, el grupo de edad más propenso a sufrir accidentes acuáticos es el grupo entre 35 y 44 años y el grupo entre 65 y 74 años, con un 20% del total de muertes para este último año 2022.

Ambos informen muestran los resultados de los accidentes acuáticos desde un punto de vista meramente informativo de cómo han evolucionado los datos a partir de realizar análisis de datos exploratorios de los datos. La cantidad de muertes entre un país y otro varía ligeramente, pero los patrones entre el grupo de edad, el sexo y el ambiente es muy parecido entre ellos.

**Estado del arte: Estados Unidos y Canadá**

<https://www.cdc.gov/injury/wisqars/fatal/trends.html> - USA

<https://www.lifesaving.org/public/download/files/219442> - Canadá

El grupo de investigación **Centers for Disease Control and Prevention** de Estados Unidos dedica un espacio para recoger los datos de los accidentes acuáticos anualmente y cómo prevenirlos. Los datos incluyen accidentes acuáticos como resultado de nadar, jugar en el agua o caerse. También incluye los ahogamientos por inundaciones y navegación.

Para el 2022 aparecen datos provisionales, que se basan en los datos del certificado de defunción recibidos, pero aún no revisados por completo por el National Center for Health Statistics (NCHS) del CDC. En general, los resultados son constantes para todos los años y se observa como el pico con una mayor incidencia de accidentes acuáticos ocurre en los meses de verano entre junio y septiembre, cerca de los 900 casos. El resto de los meses el número de ahogamientos en Estados Unidos es más bajo, teniendo una media de 200 ahogamientos al mes, si lo comparamos con un país que tiene casi 332 millones de ciudadanos.

La información que aporta Canadá en el campo de los accidentes acuáticos no está actualizada y no invierte ni tiempo ni dinero para desarrollar análisis exhaustivos que ayuden a entender los problemas de los ahogamientos en el país. La última actualización se realizó en 2022, pero los datos del informe son hasta 2020.

El informe que han publicado recientemente ha sido preparado por Injury Prevention Center con la colaboración de Lifesaving Society Ontario y University of Alberta. Durante el periodo 2000-2019 hubo un total de 30 muertes de media y para el periodo 2001-2021 un total de 24 ingresos hospitalarios por accidentes acuáticos de media, siendo el número medio de visitas al servicio de urgencias por ahogamiento no mortal de 160 de media.

2020 es el último año del que se tienen datos. El número de ingresos hospitalarios fue de 13, muy por debajo de la media debido a la pandemia que se vivía a nivel mundial para esas fechas. Por otro lado, el número de visitas al servicio de urgencias fue de 154, también por debajo de la media por las mismas circunstancias expuestas anteriormente.

El grupo de edad que más veces asistió al servicio de urgencias e ingresó al hospital para el periodo 2011-2020 fue el grupo entre 0 y 19 años, siendo el grupo entre 45 y 64 años el menor y la incidencia en hombres es siempre mayor en ambos casos.

Estados Unidos y Canadá no destinan muchos recursos en profundizar en el campo de los accidentes acuáticos y mucho menos este último. Esto puede deberse a que en términos relativos el número de ahogamientos en estos países es bajo y no sea su principal interés.

**Estado del arte: Finlandia, Suecia y Reino Unido**

<https://www.turvallisuustutkinta.fi/material/collections/20220822111005/Hlrj5o06t/Y2021-S1_Accidental_drownings_2021.pdf> - Finlandia

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030095722100037X#:~:text=Over%2015%20years%2C%20a%20total,%E2%80%9317%20years%20of%20age> - Suecia

<https://nationalwatersafety.org.uk/waid/annual-reports-and-data/> - UK

La **Safety Investigation Authority** promueve la investigación sobre los ahogamientos accidentales en Finlandia. Siguen un estilo de investigación arcaico, analizando los datos por años y tomando medidas de prevención con el fin de reducir el número de accidentes basándose en análisis exploratorios de datos.

En el último informe se analiza la tendencia del número de ahogamientos con el paso del tiempo. El número de ahogamientos ha disminuido en Finlandia durante mucho tiempo. En la década de 1970, se ahogaban una media de 360 personas al año, siguiéndole un periodo más estable en las décadas de 1980 y 1990 ahogándose 240 personas de media. Con la entrada del nuevo milenio, de media se ahogaban 200 personas. En los últimos diez años, una media de 147 personas se ha ahogado accidentalmente.

Cada año, se estima que se ahoguen entre 100 y 150 personas en Finlandia. La gran mayoría de las víctimas de ahogamiento son hombres (88%). Alrededor del 50% de los accidentes acuáticos son debido a intoxicación. El 80% de los ahogamientos ocurren en aguas interiores (13% mar, 7% otros). La mitad de los ahogamientos son mayores de 67 años.

Casi todos los casos de ahogamiento en 2021 involucraron a personas que pasan su tiempo libre, generalmente en las inmediaciones de su hogar o casa de verano. Solo tres de ellos presentaban las características de un puesto de trabajo, como lo es la limpieza de un río mediante buceo.

Suecia no tiene un informe anual con los accidentes acuáticos del país. Por otro lado, crearon en 1898 una sociedad de salvamento cuyo objetivo es reducir al máximo el número de ahogamientos a través de instruir a profesionales y aplicar medidas preventivas.

También se han realizado varios estudios a lo largo del tiempo que hoy en día están desfasados, donde en uno de ellos se trata la incidencia y características de los ahogamientos en Suecia durante un periodo de 15 años. En este estudio se analizan los ahogamientos fatales, ahogamientos hospitalizados y no hospitalizados entre 2003 y 2017, el cual se observa como el número de ahogamientos fatales supera al resto en todos los periodos, con una media de 200 accidentes acuáticos anuales. Se observa como los hombres (67%) tienen más tendencia a sufrir un accidente acuático que las mujeres (33%). El grupo de edad con mayor tendencia a sufrir un accidente acuático tienen entre 36 y 65 años. El lugar donde ocurren la mayoría de los incidentes suele ser en cuerpos de agua naturales como son los mares y los ríos, seguido de las piscinas.

El Reino Unido ha desarrollado una red voluntaria llamada **National Water Safety Forum** (NWSF) con la colaboración de Guiding Principles for Water Safety Management, la Water Incident Database y la UK Drowning Prevention Strategy (2016-2026) y junto con los conocimientos especializados con un enfoque coordinado y colaborativo para reducir los ahogamientos y los daños relacionados con el agua en el Reino Unido.

Además de presentar informes anuales, National Water Safety Forum ha desarrollado una visualización interactiva a través de Power BI que hace que los datos sean mucho más amigables y entendibles para el usuario.

Analizando el último periodo 2022 ha habido un total de 226 accidentes acuáticos, reduciéndose un 18,41% respecto al año 2021. Los accidentes acuáticos afectan mucho más a los hombres que a las mujeres, con un 82% y 17% respectivamente. El mes de julio es el mes con más ahogamientos y el casi 50% de ellos se producen realizando actividades recreativas. Los grupos de edad más propensos son individuos entre 21 y 25 años, seguido del grupo entre 56 y 60 años. La gran mayoría de los accidentes acuáticos se producen cuando se está caminando o corriendo, nadando o realizando actividades cerca del agua.

De todos los países, Reino Unido es el que más información dispone, siendo el resto de los países una odisea para poder encontrar estudios que analicen los accidentes acuáticos anualmente.

**Estado del arte: Portugal, Grecia, Italia**

## <http://observatoriodoafogamento.blogspot.com/> - Portugal

<https://safewatersports.com/images/Documents/REPORT___FINAL_eng.pdf> - Grecia

La Federación Portuguesa de Socorrismo (FEPONS) publica anualmente el informe nacional de ahogamientos, actualmente se encuentra desactualizado y los últimos datos aportados son del 2021, con un total de 101 muertes, un 17,2% menos que en 2020. El 68,3% eran hombres. El grupo de edad con mayor frecuencia de accidentes acuáticos se encuentra entre los 70 y 74 años. Las zonas más frecuentes en producirse estos acontecimientos suelen ser en ríos, seguido de mares.

Safe Water Sports (Grecia) es una organización sin ánimo de lucro que se creó en 2015 con el objetivo de mejorar la seguridad en el agua, deportes relacionados con el agua y actividades recreativas y reducir el riesgo de ahogamientos. La organización es ayudada por el sector privado y ampliamente por el sector público. Además, está actualmente activa en Grecia y Chipre. La organización también ha creado el Observatory of Water Accident en Grecia, que se encarga de recoger y procesar los datos. Esta información nos ayuda a clarificar las causas y condiciones en los que los accidentes tomaron lugar.

Algunos de los datos del último informe de 2020 de Grecia informan que hubo un total de 259 accidentes acuáticos, de los cuales 255 se produjeron en el mar y 4 de ellos en aguas internas. El 70% de los ahogamientos eran hombres y el 30% mujeres. De todos los ahogamientos, el 80% eran griegos y el resto tenían otras nacionalidades. El mes con más muertes fue en Julio con un total de 89 víctimas y el grupo de edad más propenso a los accidentes acuáticos eran mayores de 60 años.

Italia dispone del instituto superior de salud que realiza la recogida de datos de accidentes acuáticos, pero se encuentra desactualizado y los datos que hay son anteriores al siglo XXI. Hay otras organizaciones como la Organización Mundial de la Salud que se encarga de realizar informes y aportar datos de cada país en materia de los ahogamientos.

**Estado del arte a nivel español**

<https://rfess.es/prevencion/#.ZGxV2uxBy3I> RFEES

<http://www.ahogamiento.com/> Escuela Segoviana de Scorrismo

Una vez analizado el estado del arte a nivel global podemos focalizarnos en el estado a nivel español. El objetivo de España es reducir el número de accidentes acuáticos a partir de diseñar medidas preventivas y eficaces a nivel nacional.

La Real Federación Española de Salvamento y Socorrismo (RFESS) es la entidad dedicada a la promoción, práctica y desarrollo del Salvamento y Socorrismo, dentro de España, integrando a las Federaciones Autonómicas de salvamento y socorrismo, clubes y asociaciones deportivas, deportistas, técnicos y árbitros. Como organismo nacional promueve la formación a través de jornadas técnicas, congresos, congresos internacionales de prevención de ahogamientos, etc. También promueve la prevención a través de campañas, informes nacionales de ahogamientos, así como comparativas y estudios. En este último punto se ha podido observar que los estudios que se realizan a través de los datos no van más allá de realizar un análisis exploratorio de los mismos para sacar conclusiones de cómo ha ido el año. Para llevar a cabo los análisis se apoyan del Informe Nacional de Ahogamientos (INA) que es un informe que elabora mensualmente desde el año 2015 la RFESS con las personas ahogadas en el medio acuático a través del Sistema Integrado de Gestión de Datos de Incidencias en el Medio Acuático (SIFA).

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Por otro lado, en los últimos años se ha ido trabajando en una iniciativa por parte de la Escuela Segoviana de Socorrismo y AETSAS para concienciar de la importancia que tiene la prevención del ahogamiento en España y en el resto del mundo. Esta iniciativa constituye un espacio en dónde compartir información, recursos e iniciativas comunes que ayuden a valorar la importancia del problema, obtener recursos e información útil para los profesionales del Socorrismo y Salvamento Acuáticos, avanzar en la educación de las personas y concienciar a los responsables públicos de la necesidad de implementar políticas de prevención y educación dirigidas a reducir el riesgo de ahogamiento.

Siguiendo con la línea de comentarios anterior, esta iniciativa se encuentra hoy en día en desarrollo para poder extraer información que vaya más allá de un análisis exploratorio de los datos de ahogamiento. El objetivo futuro es la de obtener conocimiento más allá del convencional para poder aplicar estrategias de prevención eficientes y eficaces a partir de la información que se obtienen de los datos aplicando técnicas más sofisticadas.

Finalmente, el Instituto Nacional de Estadística (INE) no ofrece datos exhaustivos y profundos sobre los accidentes acuáticos que sufre España a lo largo del tiempo, de modo que es un campo sin explorar del que es de vital importancia trabajar para reducir la ratio de muertes al máximo a partir de conocer los factores, causas, etc. que exponen a los individuos a los ahogamientos.

Por otra parte, las diferencias que encontramos en el perfil de individuos que sufren accidentes acuáticos a nivel español versus a nivel global, dependiendo la zona en la que nos encontremos como lo son los países en vías de desarrollo los niños o las familias que se encuentran viviendo cerca de los ríos, lagos, etc. tienen una mayor exposición. En cambio, en España el perfil de accidente acuático está más asociado a las piscinas y playas en un perfil de edad mayor y sobre todo en épocas de verano.

España y el resto de los países se encuentran muy atrasada en la exploración de los datos y sobre todo en las técnicas aplicadas para extraer conocimiento de los accidentes acuáticos. Como vimos anteriormente, hay estudios y proyectos en los que investigadores y empresas están dando los primeros pasos introduciendo técnicas de aprendizaje automático para detectar posibles accidentes acuáticos antes de que ocurra y ésta es la línea que hay seguir de cara al futuro acompañado siempre de la información que ya proporcionan los análisis exploratorios de los datos.

En los últimos años y más concretamente a partir del año 2020 han empezado a realizarse estudios con técnicas de aprendizaje automático e incluso, actualmente, hay una empresa estadounidense llamada Lynxight que se especializa en la detección de accidentes acuáticos en piscinas a través de cámaras con modelos de aprendizaje automático.

En las próximas subsecciones comentaremos algunos de estos estudios y el caso de aplicación de la empresa Lynxight.

**Caso 1: Detección Anticipada de ahogamientos con Deep Learning y Vision-Based**

<https://www.mdpi.com/2078-2489/14/1/52>

Este estudio trata de plasmar la idea que la reducción efectiva de los ahogamientos y mantener la seguridad en las piscinas se puede conseguir a través de la implementación de sistemas automáticos monitorizados.

La primera aproximación se basa en llevar aparatos sensoriales que van sujetos al nadador a través de una pulsera o gafas de nadar. Estos sensores pueden monitorizar el comportamiento del nadador a través de medidas como lo son la frecuencia cardíaca, los niveles de oxígeno en sangre, el movimiento, la presión hidráulica y la profundidad. La segunda aproximación es a través de visión-based, donde se colocan cámaras tanto fuera como dentro del agua para monitorizar los nadadores, en el que se usan algoritmos de aprendizaje automático para detectar accidentes acuáticos a través de la salida que proporcionan las cámaras.

El objetivo principal del trabajo fue desarrollar un sistema automático e inteligente para monitorizar las piscinas con detección temprana de un accidente acuático. Para ello se han usado técnicas de aprendizaje profundo para procesar imágenes de nadadores y determinar la detección temprana de cualquier accidente acuático.

La investigación consistió en presentar una aproximación para la detección temprana en los ahogamientos. Para ello se estudiaron 5 redes neuronales convolucionales preentrenadas y con ello introducir datos al modelo de nadadores y accidentes acuáticos. SqueezeNet, GoogleNet, AlexNet, ShuffleNet and ResNet50 consiguieron precisiones del 97%, 95%, 99%, 81%, y 100%, respectivamente. El mejor modelo de todos fue ResNet50, ya que obtuvo la mejor precisión en los datos de validación y test. Los resultados experimentales demuestran que los modelos propuestos pueden detectar accidentes acuáticos en piscinas con distintos ambientes con altos niveles de confianza. El método propuesto puede ser implementado en una enorme variedad de piscinas, incluyendo escuelas, gimnasios y villas. Además, este método puede ser instalado y combinado con una alarma, o incluso puede ser integrado dentro de un sistema automático de rescate para accidentes acuáticos. En el futuro se podría testear los modelos en otras condiciones del agua de la piscina cambiando la iluminación, los ajustes, etc. El objetivo final es reducir el número de falsos positivos y negativos y poder introducir más de una red neuronal convolucional dentro de un mismo sistema, con el fin de tomar una decisión final en base a un criterio por votación de las salidas de cada modelo.

**Caso 2: Caída y Detección de accidente acuático usando Sensores**

<https://www.hindawi.com/journals/cin/2022/6468870/>

La caída y el accidente acuático son motivos relevantes para explicar el 7% de los accidentes acuáticos de todas las muertes no naturales. Detectar la caída y el accidente acuático es más complejo que otras actividades, ya que las cámaras y los sensores no pueden instalarse en cualquier lugar. Para poder llevar a cabo este problema se ha diseñado un marco de trabajo inteligente llamado Falling and Drowning Detection (FaDD).

El FaDD es un framework responsable de detectar la caída y el ahogamiento de un individuo. Este framework controla la recogida de datos para ser procesados y almacenados en una base de datos. Para el procesamiento, FaDD utiliza 4 sensores, el acelerómetro, giroscopio, magnetómetro i GPS. Para probar el aparato se utilizaron voluntarios de un grupo de edad comprendido entre 23 y 45 años, ya que se comprobó que con esta muestra se puede abarcar todas las edades. Los participantes deben mantener los teléfonos en sus pantalones. Para asegurar la calidad de los sensores estos son controlados y monitorizados.

Una vez se han recogidos los datos a través de los sensores de los teléfonos, se usó una base de datos de Google Cloud llamada Firebase para guardar los datos sensoriales. La base de datos da una mayor seguridad, una respuesta en tiempo real y una mejor eficiencia de respuesta.

Una vez tenemos los datos en la base de datos, tenemos un total de 12 variables. Una de las variables más importantes es el tiempo, 3 variables para el acelerómetro (x, y, z), 3 variables para el giroscopio, 3 variables para el magnetómetro y 2 variables para las coordenadas GPS. El modelo de aprendizaje automático es entrenado con las 9 variables x, y, z (acelerómetro, giroscopio y magnetómetro) para predecir la actividad. La salida del modelo de aprendizaje automático es una etiqueta de la actividad. Por otro lado, la variable tiempo es convertida a un formato de tiempo estándar para ser notificado a la persona que debe acudir al rescate y las coordenadas GPS para enviar la dirección del accidente acuático al sistema de emergencia.

Para llevar a cabo la detección de un posible accidente acuático se han llevado a cabo 3 modelos de aprendizaje automático: Logsitic Model Trees (LMT), Bayes Net (BN) y Logistic Regresion (LR). Analizando el modelo de aprendizaje que mejor se ajusta a los datos de validación y test, se observa que el modelo LMT es el que proporciona unos mejores resultados.

Finalmente, la idea final del framework es que si se detecta un accidente acuático se pueda enviar una alerta al sistema de emergencia sobre el individuo que está sufriendo el ahogamiento. El mecanismo de alerta se enviará a la interfaz del aplicativo Android del vigilante con el fin de rescatar el cuerpo en la localización indicada.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

El objetivo final del desarrollo de este sistema es reducir la ratio de muertes no naturales. Un avance más técnico y que ya se está empleando es que los vigilantes lleven un reloj inteligente que les informe directamente de la alerta de un accidente acuático, así como su ubicación.

**Caso 3: Aprendizaje Profundo y 5G para la prevención de ahogamientos de niños en piscinas**

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/377337/sensors-22-07684-v2.pdf?sequence=1>

La idea de este proyecto nace a partir de conocer que la mayor ratio de accidentes acuáticos que acaban en muerte ocurre en niños de 1 a 4 años, seguido de niños de 5 a 9 años, según la OMS.

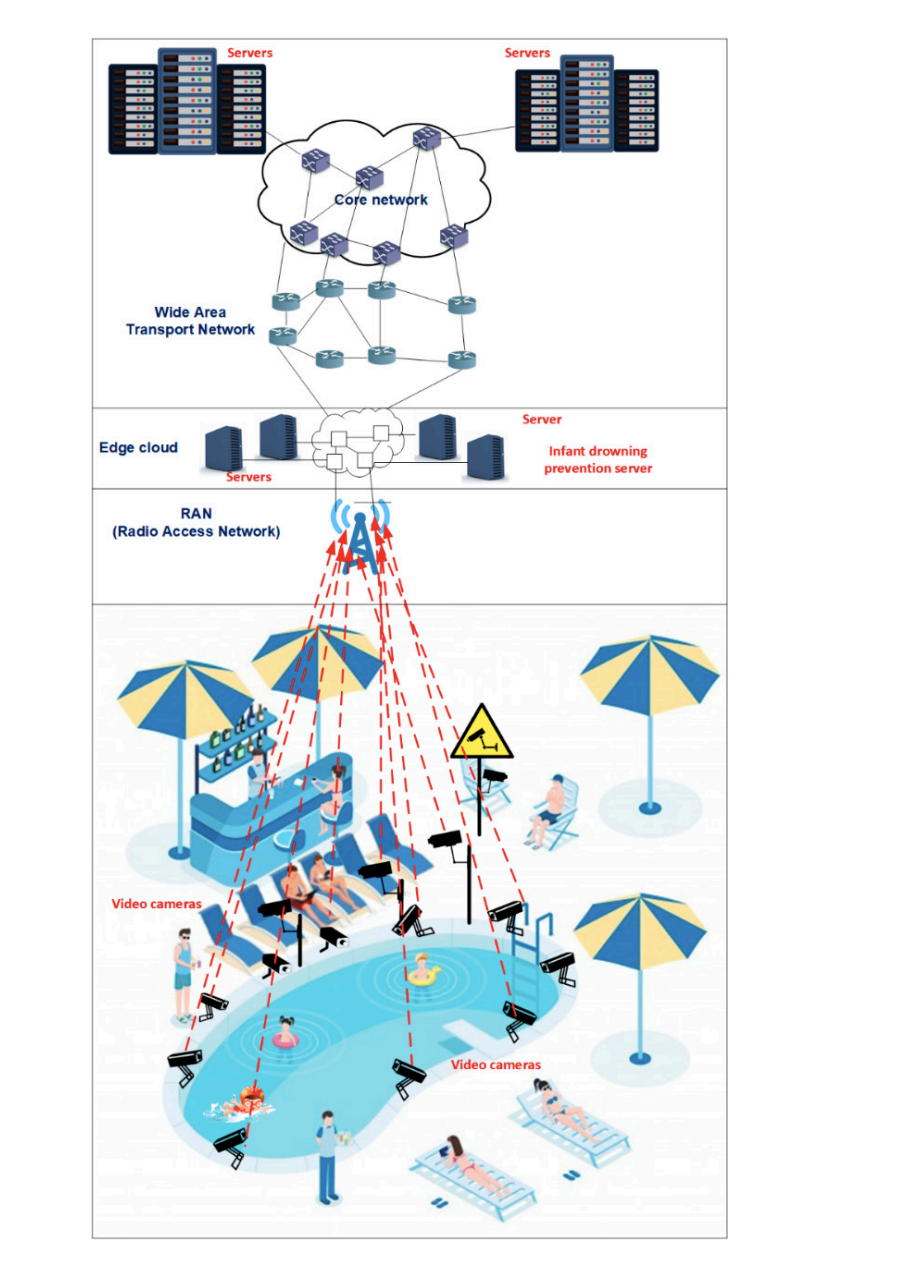
Para ello se ha diseñado un sistema que detecta a los padres y cuidadores distraídos que no están atendiendo a los niños, donde el sistema los alerta con el fin de que estén pendientes de la supervisión del niño en las piscinas. Para llevar a cabo el sistema se han implementado 3 redes neuronales convolucionales: ResNet50, VGG-19 y Inception-v3 para procesar y clasificar imágenes. El objetivo es que con la ayuda de técnicas de aprendizaje automático se pueda detectar automáticamente posibles distracciones de los cuidadores que están supervisando a los niños y generar alertas para que dejen de distraerse.

El sistema propuesto para la prevención de accidentes acuáticos en niños tiene una precisión del 98% en el modelo ResNet50, 94% en el modelo VGG-19 y 90% en el modelo Inception-v3. De acuerdo con los resultados obtenidos de los modelos, el sistema propuesto fue probado en piscinas, pero es posible que se acabe implementando en lagos o playa.

Por otro lado, se debe prestar especial atención en la seguridad y privacidad del sistema. Aunque no hay duda de que la detección de padres distraídos puede salvar vidas, los asuntos de privacidad y seguridad deben ser analizados para hacer el sistema socialmente aceptado. Esto se debe particularmente a la manera que tiene el sistema de trabajar, ya que utiliza las imágenes de los padres y niños que son fotografiados antes de entrar en el recinto de la piscina, para luego tener una o varias cámaras apuntando hacia el padre o criador para evitar la distracción y que se encuentren constantemente pendientes de la supervisión del niño. Los asuntos incluyen acceso a los datos (imágenes de video), almacén de datos, seguridad en la transferencia de los datos, derechos de análisis de los datos y políticas de gobierno.

El sistema puede ser vulnerable a una gran variedad de ataques activos y pasivos con consecuencias desastrosas. Por esta razón, los problemas de seguridad y privacidad deben ser minimizados aplicando técnicas ya existentes como la encriptación, mecanismos de autentificación, control de acceso criptográfico durante la recogida y transmisión de los datos, gestión de mensajes encriptados para asegurar la integridad de los datos durante el almacenamiento y el procesamiento.

Por otro lado, podemos definir el tiempo transcurrido desde el momento que se capta la imagen, se transmite al servidor hasta que es procesada por la actividad de reconocimiento y se envía la alerta. De cara al futuro, se podría correr el sistema entero en tiempo real, haciendo que el tiempo de respuesta se reduzca drásticamente. Las redes neuronales tienen un tiempo de respuesta infinito decimal una vez los pesos y la topología han sido definidos.



**Caso 4: Lynxight**

<https://lynxight.com/blog/prevention-over-detection-how-machine-learning-saves-lives/>

Lynxight nace con el fin de ofrecer una tecnología punta que permite a los vigilantes de piscinas hacer su trabajo con éxito. Para ello se utilizan cámaras tanto dentro como fuera del agua que analizan la información. En el pasado se utilizaban cámaras de seguridad estándar, pero Lynxight convierte las cámaras convencionales en cámaras inteligentes utilizando inteligencia artificial que bordea los cuerpos de los individuos con el fin de controlar los factores de riesgo, reconstruyendo las imágenes de los nadadores a partir de las ondulaciones y salpicaduras.

El algoritmo analiza el comportamiento de los nadadores constantemente aprendiendo y mejorando a través de una base de datos que se alimenta con millones de datos de todo el mundo con el fin de predecir incidentes de forma inminente a través de un aviso al reloj del vigilante, marcando la diferencia entre la detección y la prevención.

Además, Lynxight dispone de una aplicación que ofrece datos del recinto de la piscina para mejorar las operaciones del sitio como es la hora, el tiempo, número de vigilantes, temperatura, número de nadadores, etc. Y tener así un mayor control y prevención de los accidentes acuáticos.

Hasta el momento podemos ver que se han desarrollado técnicas de aprendizaje automático que hasta hace un par de años era impensable, de modo que estamos avanzando en el campo de la prevención y reducción de accidentes acuáticos. Como se ha podido observar, muchos de estos proyectos e ideas están todavía en desarrollo y tienen un largo recorrido de mejora de cara a los próximos años, pudiéndose implementar en playas, lagunas, ríos, etc.

Siguiente punto:

Explicar los datos que tengo, como han sido extraídos, aquí dos enlaces de cómo han sido obtenidos:

<https://drive.google.com/file/d/1-1rxd6PEE9MRKCC83lLGFhtzmfn9cU-S/view>

<https://www.researchgate.net/publication/326972847_Cinco_anos_de_ahogamiento_en_Espana/link/5b6ea84c92851ca650552af1/download>

**Obtención de los datos**

El objetivo principal del estudio que se lleva a cabo es la de recoger datos sobre incidentes en el medio acuático en los que existió de modo real o potencial la posibilidad de que las víctimas sufrieran una situación de ahogamiento con el objeto de recopilar datos cuantitativos y cualitativos y efectuar un análisis estadístico y técnico acerca de los ahogamientos en España. Además, se pretende analizar los datos y obtener conclusiones útiles para diseñar campañas de prevención, formación y educación de la población.

Los datos relacionados con los accidentes acuáticos han sido obtenidos a partir del proyecto de investigación **“Ahogamiento en España”,** desarrollado por la Escuela Segoviana de Socorrismo (ESS) y la Asociación Española de Técnicos en Salvamento Acuático y Socorrismo (AETSAS), donde se recopilan desde 2013 datos procedentes de las noticias de prensa publicadas en los medios impresos y digitales, redes sociales y comunicaciones de los servicios de emergencia. Estos datos se clasifican e indexan de acuerdo con los criterios metodológicos predefinidos para proceder a su análisis e interpretación.

Para ello, inicialmente se diseñó una base de datos de Microsoft Access 2010 con dos tablas maestras, una para recoger los datos relacionados con los incidentes y otra para las víctimas. Actualmente disponemos de una única tabla Excel unificada con la recopilación de todos los datos de accidentes acuáticos para estos campos para un periodo de 8 años que abarca del año 2013 al año 2020, con un total de 8015 observaciones.

|  |  |
| --- | --- |
| **INCIDENTE** | **VICTIMA** |
| Fecha | Sexo |
| Hora | Edad |
| Vigilancia | Nacionalidad |
| Localidad | CCAA |
| Provincia | Origen |
| CCAA | Riesgo |
| Titular | Factor |
| Deteccion | Pronostico |
| Riesgo | Extraccion |
| Localizacion | Causa |
| Intervencion | TipoAhogamiento |
| Latitud | Reanimacion |
| Longitud | Actividad |
| Enlace1 | IdPersona |
| IdAhogado |  |

Descripción de las variables:

- Fecha: Esta variable representa la fecha en la que ocurrió el accidente acuático y se compone de tres partes: el día, el mes y el año. Es una variable temporal que permite identificar el momento en que ocurrió el incidente.

- IdAhogado: Es un identificador único asignado a cada incidente de ahogamiento registrado en el conjunto de datos. Esta variable ayuda a distinguir cada incidente de ahogamiento registrado y a realizar análisis específicos para cada caso.

- IdPersona: Es un identificador único asignado a cada persona involucrada en un incidente de ahogamiento. Esta variable permite distinguir cada persona involucrada en el incidente y llevar a cabo análisis específicos para cada caso.

- Localidad: Es el nombre de la ciudad o pueblo donde se produjo el accidente acuático. Esta variable indica la ubicación geográfica del incidente y permite realizar análisis geográficos y comparar los incidentes en diferentes lugares.

- Provincia: Es la demarcación administrativa dentro del país donde se produjo el accidente acuático. Esta variable ayuda a realizar análisis a nivel regional y comparar los incidentes entre diferentes provincias.

- Comunidad Autónoma (CCAA): Es la entidad territorial dotada de autonomía dentro del actual ordenamiento jurídico constitucional, donde se produjo el accidente acuático. Esta variable permite realizar análisis a nivel regional y comparar los incidentes entre diferentes comunidades autónomas.

- Hora: Esta variable indica la hora en la que ocurrió el accidente acuático y se expresa en horas y minutos. Es una variable temporal que permite identificar la hora del día en que se produjo el incidente.

- Latitud: Es la distancia en grados, minutos y segundos con respecto al paralelo principal, que es el ecuador (0º). Esta variable indica la ubicación geográfica del incidente en el hemisferio norte o sur.

- Longitud: Es la distancia en grados, minutos y segundos con respecto al meridiano principal, que es el meridiano de Greenwich (0º). Esta variable indica la ubicación geográfica del incidente en el este o oeste del meridiano principal.

- Sexo: Esta variable indica el género de la persona involucrada en el incidente de ahogamiento. Toma el valor de "M" si es masculino y "F" si es femenino.

- Edad: Esta variable indica la edad de la persona involucrada en el incidente de ahogamiento. Es una variable numérica que permite realizar análisis sobre la edad de los afectados.

- Nacionalidad: Esta variable indica la nación o territorio en el que vive la persona involucrada en el incidente de ahogamiento. Permite realizar análisis sobre los incidentes que involucran a personas de diferentes nacionalidades.

- Origen: Esta variable indica si la persona involucrada en el incidente de ahogamiento era local, extranjera, residente, limítrofe o de otra comunidad autónoma. Permite realizar análisis sobre la procedencia de los afectados.

- Titular: El titular se refiere al encabezado de la noticia que busca captar la atención de los lectores y resumir el contenido de esta.

- Causa: Esta variable se refiere a las circunstancias que llevaron al individuo a sufrir un accidente acuático, como pueden ser errores de juicio, falta de habilidad para nadar, la presencia de obstáculos o peligros en el agua, entre otros factores.

- TipoAhogamiento: El tipo de ahogamiento hace referencia a la forma en que el individuo se ahogó, como puede ser por sumersión, aspiración de agua, hipotermia, entre otras causas.

- Factor: Los factores se refieren a las condiciones o situaciones que aumentan la probabilidad de que un individuo sufra un accidente acuático, como pueden ser la falta de conocimiento o formación en natación, la ausencia de medidas de seguridad adecuadas, entre otros.

- Intervención: La intervención hace referencia a las acciones que se llevaron a cabo tras el accidente acuático para asistir al individuo, como pueden ser la aplicación de primeros auxilios, la llamada a servicios de emergencia, entre otros.

- Pronóstico: El pronóstico se refiere a la predicción de la evolución del individuo tras sufrir el accidente acuático, como puede ser su recuperación, secuelas o incluso fallecimiento.

- Localización: La localización se refiere al lugar donde fue encontrado el individuo que sufrió el accidente acuático, como puede ser una piscina, un río, el mar, entre otros.

- Riesgo: El riesgo hace referencia a las condiciones del agua para poder realizar actividades acuáticas, considerando banderas rojas, amarillas o verdes, que indican el nivel de peligro y seguridad para los bañistas.

- Reanimación: La reanimación se refiere al tipo de técnicas de primeros auxilios que se utilizaron para intentar revivir al individuo tras sufrir el accidente acuático, como pueden ser la respiración boca a boca o la aplicación de desfibriladores automáticos externos.

- Vigilancia: La vigilancia se refiere a si había presencia de personal especializado en el momento de producirse el accidente acuático, como pueden ser socorristas, bomberos o personal médico.

- Actividad: La actividad se refiere a la acción que estaba realizando el individuo en el momento de sufrir el accidente acuático, como pueden ser nadar, bucear, pescar, entre otras.

- Detección: La detección se refiere a quién fue el primero en notar o darse cuenta del accidente acuático, como pueden ser testigos, familiares o amigos del individuo, entre otros.

- Enlace1: Enlace1 se refiere al titular de noticia en la que se confirma el accidente acuático.

Además, hemos querido introducir datos meteorológicos referentes al accidente acuático, de modo que nos permita conocer las condiciones climatológicas que había a lo largo del día que se produjo el ahogamiento, ya que nos puede brindar información adicional valiosa para comprender y prevenir los accidentes acuáticos, mejorando así la seguridad en dichos entornos.

Para llevar a cabo la introducción de los datos meteorológicos a la base de datos de ahogamientos se ha seguido un proceso de extracción, transformación y carga (ETL) que se explicará con mayor detalle en el siguiente apartado.

|  |
| --- |
| **DATOS METEOROLOGICOS** |
| Indicador |
| Estacion |
| Altitud |
| TemMed |
| Precip |
| TempMin |
| TempMax |
| TempMin |
| DirViento |
| VelMedViento |
| RachaViento |
| TiempoSol |
| PresionMin |
| PresionMax |

- Indicador: El indicador se refiere al número asociado que se le otorga a cada estación meteorológica.

- Estacion: Estación se refiere al nombre que recibe la estación meteorológica por provincia.

- Altitud: La altitud se refiere la distancia entre un punto de la superficie terrestre respecto el nivel del mar en el que se produjo el accidente acuático.

-TempMed: La temperatura media se refiere a la temperatura que hizo a lo largo del día, de media, en que se produjo el accidente acuático.

- Precip: La precipitación se refiere a la cantidad de litros por m2 que hubo en el día del accidente acuático (l/m2).

- TempMin: La temperatura mínima se refiere a la temperatura más baja que se registró a lo largo del día en que se produjo el accidente acuático.

- TempMax: La temperatura máxima se refiere a la temperatura más alta que se registró a lo largo del día en que se produjo el accidente acuático.

- DirViento: La dirección del viento se refiere en la dirección en la que sopla el viento, ya sea norte, sur, este u oeste en el momento del accidente acuático.

- VelMedViento: La velocidad media del viento se refiere a la velocidad que se registró a lo largo del día, de media, en que se produjo el accidente acuático en metros por segundo(m/s).

- RachaViento: La racha de viento se refiere al aumento repentino del viento que excede el viento promedio de 18km/h para el día en que se registró el accidente acuático.

- TiempoSol: El tiempo de sol se refiere al número de horas que tuvo el dia del accidente acuático.

- PresionMax: La presión máxima se refiere a la fuerza máxima que ejerce el aire sobre la superficie terrestre, cuantos más accidentes acuáticos cerca del mar mayor presión.

- PresionMin: La presión mínima se refiere a la fuerza mínima que ejerce el aire sobre la superficie terrestre, cuantos menos accidentes acuáticos cerca del mar menor presión.

Proceso ETL datos meteorológicos

Un proceso ETL consiste en extraer datos de diversas fuentes, transformarlos en un formato adecuado y cargarlos en un sistema de destino. Este proceso es el que hemos seguido para extraer los datos meteorológicos de la página oficial de la Agencia Estatal de Meteorología (web AEMET).

Nuestra base de datos de ahogamientos almacena la variable Fecha y Provincia, de modo que hemos querido extraer todos los datos meteorológicos para cada fecha para cada provincia, pero solo seleccionando la estación meteorológica más representativa de la provincia que normalmente es la que presenta menos valores faltantes y suele ser la estación de la capital de provincia.

Una vez obtenidos los datos de todas las estaciones para los años 2013-2020, procedemos a eliminar los duplicados. Al especificar en el código períodos como del 01-01-20XX al 31-01-20XX, el sistema considera siempre 31 días, incluso en meses que no tienen esa cantidad. Por ejemplo, si estamos en febrero y especificamos 31 días, se considerarán los primeros 3 días de marzo. Por tanto, es necesario ajustar los datos para evitar inconsistencias.

Después de este preprocesamiento de los datos meteorológicos, obtenemos un total de 160,674 observaciones y 16 columnas. A continuación, realizamos un proceso de transformación en el que fusionamos la base de datos de accidentes acuáticos (con 8,016 observaciones y 27 columnas) con los datos meteorológicos. Esto se logra mediante la unión de tablas utilizando las variables Fecha y Provincia como referencia. Al finalizar, obtenemos una base de datos con 8,015 observaciones, una menos que la base original. Esto se debe a que un dato pertenecía al año 2012, el cual no fue incluido en el proceso de extracción. La base de datos final cuenta con 41 columnas, ya que hemos excluido las duplicadas Fecha y Provincia presentes en ambas bases de datos para mantener una única instancia de cada una en nuestra base final.

En el apartado del Ápendice se adjunta parcialmente el código en Python para llevar a cabo el proces ETL, para ver todo el código se adjunta el enlace de mi repositorio Github.