

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

SWIMVISION: APLICACIÓN MÓVIL PARA LA MEJORA DE LA TÉCNICA DE NATACIÓN UTILIZANDO ANÁLISIS DE VIDEO Y MACHINE LEARNING

Lopez Vazquez, Lucas Hernan – LU1140667

Neistadt, Ezequiel Ignacio – LU1090073

Ingeniería Informática

Tutor:

Yaps, David Pablo, UADE

4 de noviembre de 2025

UADE

**UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTA**

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento al Lic. David Yaps, por su guía, paciencia y acompañamiento constante durante todo el desarrollo del proyecto. Su apoyo y confianza fueron un pilar fundamental en este camino.

Agradecemos también a Alicia Mogliani, Macarena Gorgal, Maximiliano Dos Santos y Pablo Inchausti, por compartir su conocimiento y brindar siempre su disposición para orientar y motivar nuestro trabajo.

De igual manera, queremos agradecer a Juan Juárez, Jerónimo Balaguer, Valentín Traver y Facundo Niikada por su buena predisposición y por colaborar con nosotros durante el proyecto.

Finalmente, agradecemos a nuestras familias y amigos, por su apoyo incondicional, por creer en nosotros y acompañarnos en cada paso. A ellos, nuestro cariño y gratitud más sinceros.

Resumen

El análisis técnico en la natación es un factor determinante para mejorar el rendimiento y prevenir lesiones, aunque tradicionalmente depende de la observación subjetiva del entrenador. En los últimos años, los avances en inteligencia artificial han permitido desarrollar herramientas capaces de detectar errores técnicos de manera más precisa y accesible. En este trabajo se presenta SwimVision, una aplicación móvil que analiza videos de nadadores para identificar fallas en la técnica de estilos crol, espalda y mariposa. El sistema emplea detección de landmarks corporales y algoritmos de machine learning para reconocer patrones de movimiento y emitir observaciones objetivas sobre la ejecución. Los resultados se muestran en un entorno simple y visual, pensado para que atletas y entrenadores puedan comprender y aplicar las sugerencias de mejora sin requerir conocimientos técnicos. La propuesta busca acercar la tecnología de análisis deportivo a un uso cotidiano, ofreciendo una herramienta práctica, local y autónoma que contribuya al perfeccionamiento del desempeño en natación.

Palabras clave: *computer vision, machine learning, natación, análisis técnico, aplicación móvil.*

Abstract

Technical analysis in swimming is a key factor for improving performance and preventing injuries, although it has traditionally relied on the coach's subjective observation. In recent years, advances in artificial intelligence have enabled the development of tools capable of detecting technical errors with greater precision and accessibility. This work presents SwimVision, a mobile application that analyzes videos of swimmers to identify technique flaws in freestyle, backstroke, and butterfly. The system applies body landmark detection and machine learning algorithms to recognize motion patterns and provide objective feedback on performance. The results are displayed through a simple and visual interface, designed for athletes and coaches to easily understand and apply the suggested improvements without requiring technical knowledge. The proposal aims to bring sports analysis technology into everyday training, offering a practical, local, and autonomous tool that contributes to the enhancement of swimming performance.

Keywords: *computer vision, machine learning, swimming, technical analysis, mobile application.*

Contenidos

1. Introducción.....	8
1.1 Objetivos.....	8
1.1.1 Objetivo General.....	9
1.1.2 Objetivos Específicos.....	9
2. Antecedentes.....	11
2.1. Marco teórico.....	11
2.1.1. Introducción a la natación competitiva.....	11
2.1.2. Fundamentos del estilo crol.....	12
2.1.2.1. Fases del nado crol.....	12
2.1.2.2. Parámetros biomecánicos ideales.....	14
2.1.3. Fundamentos de otros estilos.....	14
2.1.3.1. Fases del nado de mariposa.....	15
2.1.3.2. Fases del nado de espalda.....	16
2.1.4. Errores técnicos comunes.....	17
2.1.4.1. Principales errores en el estilo crol.....	17
2.1.4.2. Principales errores en otros estilos.....	18
2.1.4.3. Impacto en el rendimiento y la salud.....	19
2.1.5. Análisis técnico tradicional vs. automatizado.....	20
2.1.5.1. Métodos tradicionales.....	20
2.1.5.2. Limitaciones de acceso y precisión.....	21
2.1.5.3. Hacia un análisis automatizado y accesible.....	21
2.1.6. Importancia de la retroalimentación en el entrenamiento.....	21
2.1.6.1. Tipos de retroalimentación.....	22
2.1.6.2. Aplicación en contextos tecnológicos.....	22
2.1.7. Inteligencia Artificial.....	23
2.1.8. Machine Learning.....	24
2.1.9. Computer Vision.....	24
2.1.10. Landmarks.....	26
2.1.11. BlazePose.....	27
2.1.12. Modelos de Machine Learning.....	29
2.2. Estado del Arte.....	30
2.2.1. Aplicaciones en el mercado.....	30
2.2.1.1. Dartfish.....	31
2.2.1.2. LaneVision.....	31
2.2.1.3. TritonWear.....	32
2.2.1.4. SwimPro.....	32
2.2.1.5. Comparación de Competidores.....	33

2.2.2. Océano Azul.....	35
2.2.2.1. Análisis FODA.....	36
2.2.2.2. Cinco fuerzas de porter.....	36
2.2.2.3. Matriz ERIC.....	38
2.2.2.4. Curva de valor.....	39
2.2.3. Conclusión.....	41
2.3. User Research.....	41
2.3.1. Entrevista a Juan Juarez.....	42
2.3.2. Entrevista a Jerónimo Balaguer.....	44
2.3.3. Entrevista a Valentin Traver.....	45
2.3.4. Entrevista a Facundo Niikada.....	47
3. Descripción.....	49
3.1. Requerimientos.....	49
3.1.1. Requerimientos Funcionales.....	50
3.1.2. Requerimientos No Funcionales.....	50
3.2. Diagrama conceptual del sistema.....	51
3.3. Modelo C4 de arquitectura del sistema.....	52
3.3.1. Diagrama de contexto.....	53
3.3.2. Diagrama de contenedores.....	54
3.3.3. Diagrama de componentes.....	55
3.4. Diagrama de arquitectura en la nube.....	56
3.5. Pipeline de desarrollo del modelo de Machine Learning.....	58
3.5.1. Fuentes de datos.....	59
3.5.2. ETL.....	61
3.5.3. Entrenamiento del modelo.....	63
3.6. Interfaz de usuario y diseño visual.....	64
3.6.1. Identidad visual.....	64
3.6.2. Pantallas principales.....	66
3.7. Tecnologías utilizadas.....	68
4. Metodología de desarrollo.....	70
5. Análisis económico.....	71
5.1. Modelo de negocio.....	71
5.2. Análisis financiero.....	74
5.2.1. Supuestos generales.....	74
5.2.1.1. Estimación de la demanda y crecimiento proyectado.....	74
5.2.1.2. Determinación de la tasa de descuento.....	76
5.2.1.3. Estructura de costos, ingresos y criterios de registro.....	77
5.2.2. Flujo de fondos.....	78

5.2.3. Tasas de rendimiento contable.....	80
5.2.4. Tasas de rendimiento financiero.....	80
6. Pruebas realizadas.....	82
6.1. Análisis de estilo crol.....	82
6.2. Análisis de estilo espalda.....	85
6.3. Análisis de estilo mariposa.....	87
6.4. Pruebas de rendimiento.....	89
7. Conclusión final.....	91
8. Bibliografía.....	92
Anexo A: Entrevista a Juan.....	99
Anexo B: Entrevista a Jerónimo.....	107
Anexo C: Entrevista a Valentin.....	112
Anexo D: Entrevista a Facundo.....	117

1. Introducción

La natación, practicada por millones de personas en todo el mundo, se caracteriza por su elevada exigencia técnica y física. El rendimiento competitivo depende no solo de la capacidad aeróbica o de la fuerza, sino también de la eficiencia técnica del movimiento, que influye directamente en la velocidad y calidad de la ejecución (Reichmuth *et al.*, 2021). Pequeños ajustes en la ejecución pueden generar mejoras sustanciales en el desempeño dentro del agua, incluso entre atletas de nivel avanzado.

Estados Unidos es potencia indiscutida en la natación mundial, y refleja esta relación directa entre técnica y resultados. En el Campeonato Mundial de Natación en Pileta Semiolímpica de 2024, llevado a cabo en Budapest, el equipo estadounidense no sólo dominó el medallero, sino que también evidenció cómo las mejoras en la eficiencia y la mecánica del nado contribuyen al rendimiento de élite (World Aquatics, 2024). Esta sinergia entre innovación y perfeccionamiento técnico marca un estándar que todavía está lejos de alcanzarse en otros contextos.

Pese a estos avances, la mayoría de las herramientas para medir y corregir la técnica siguen siendo inaccesibles para gran parte de los nadadores y entrenadores, particularmente en países latinoamericanos donde los recursos son más limitados (Gabrišová *et al.*, 2024). Esta brecha tecnológica deja a muchos sin la posibilidad de identificar sus errores de forma precisa y de corregirlos. Frente a esta necesidad, este proyecto propone una aplicación móvil capaz de analizar la técnica de nado en los estilos crol, espalda y mariposa, valiéndose de visión por computadora y aprendizaje automático para brindar retroalimentación inmediata. Su enfoque, pensado para usuarios de Argentina, busca ampliar el acceso a herramientas de análisis técnico avanzado, democratizando así la posibilidad de mejorar la técnica y prevenir lesiones mediante un análisis automatizado y personalizado de videos.

1.1 Objetivos

Los objetivos de este trabajo se plantean como guía para orientar el desarrollo del proyecto y asegurar que las distintas etapas contribuyan al logro de la meta principal. Se busca establecer metas claras y medibles que permitan organizar el proceso de investigación y

desarrollo, garantizando tanto la viabilidad técnica como la pertinencia práctica del sistema propuesto.

1.1.1 Objetivo General

Desarrollar una aplicación móvil para el análisis automatizado de la técnica de nado en los estilos crol, espalda y mariposa, orientada a nadadores argentinos, que permita detectar errores técnicos a partir de videos y brindar retroalimentación basada en visión por computadora y aprendizaje automático.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Diseñar e implementar un módulo de análisis de video que identifique y extraiga los puntos clave (landmarks) del cuerpo del nadador a partir de grabaciones en los estilos crol, espalda y mariposa.
- Entrenar y validar un modelo de aprendizaje automático que, utilizando los datos de los landmarks, detecte errores técnicos frecuentes en los estilos mencionados.
- Integrar el modelo de análisis técnico en una aplicación móvil funcional, permitiendo que los usuarios puedan cargar videos y recibir retroalimentación sobre su técnica.
- Desarrollar una interfaz de usuario intuitiva y en español, adecuada para nadadores del territorio argentino, que muestre los resultados de los análisis de manera clara y comprensible.
- Validar la funcionalidad y usabilidad de la aplicación a través de pruebas piloto, documentando los resultados y retroalimentación obtenida.

1.2 Alcance

El proyecto comprende el desarrollo de una versión funcional de la aplicación, orientada a usuarios del territorio argentino y con implementación prevista para 2025.

El alcance contempla la construcción de los siguientes módulos funcionales:

- Módulo 1: Captura y carga de video. Permite a los usuarios grabar o subir videos directamente desde la aplicación, garantizando compatibilidad con grabaciones realizadas en distintos dispositivos móviles.
- Módulo 2: Detección de landmarks corporales. Se implementan técnicas de visión por computadora para identificar puntos clave del cuerpo (landmarks) durante la ejecución de los estilos mencionados.
- Módulo 3: Análisis técnico basado en aprendizaje automático. Se entrena y valida un modelo de *machine learning* para detectar patrones de errores técnicos en los estilos crol, espalda y mariposa. El modelo se alimenta con un conjunto de datos provenientes de bases de datos públicas, y grabaciones propias obtenidas en pruebas piloto.
- Módulo 4: Interfaz de usuario. Se desarrolla una interfaz amigable en español, adaptada a las necesidades de los usuarios, que muestra los resultados del análisis de forma clara y comprensible.

Quedan fuera del alcance de este proyecto el análisis de estilos de nado no incluidos (como pecho o combinados), la integración con sensores externos o sistemas de monitoreo profesionales, además de la generación de reportes históricos y análisis predictivos a gran escala.

2. Antecedentes

La sección de antecedentes presenta el marco de referencia necesario para comprender el alcance del proyecto y su fundamentación científica y tecnológica. En primer lugar, se desarrolla un marco teórico que aborda los principios de la natación competitiva y sus fundamentos biomecánicos, destacando la relevancia del análisis técnico para el rendimiento deportivo. Posteriormente, se analizan los avances en inteligencia artificial, visión por computadora y aprendizaje automático, tecnologías que constituyen la base para el desarrollo de soluciones innovadoras en el ámbito del deporte. Además, se expone el estado del arte a través de un relevamiento de herramientas existentes en el mercado, con el fin de identificar fortalezas, limitaciones y oportunidades de mejora. Finalmente, se incorporan estudios exploratorios de tipo cualitativo mediante entrevistas a usuarios, cuyo propósito es contextualizar las necesidades y validar la pertinencia de la propuesta.

2.1. Marco teórico

El marco teórico reúne los conceptos esenciales para sustentar la propuesta de este trabajo. Se incluyen los principios de la natación competitiva, los fundamentos técnicos y biomecánicos de los estilos analizados, así como los errores más frecuentes y su impacto en el rendimiento y la salud. Además, se revisan los métodos de análisis técnico tradicionales y las limitaciones que justifican la necesidad de un enfoque automatizado. Por último, se incorporan los fundamentos tecnológicos asociados a la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y la visión por computadora, que sirven como base para el diseño y desarrollo de la aplicación propuesta.

2.1.1. Introducción a la natación competitiva

La natación competitiva es una disciplina deportiva que combina velocidad, resistencia, técnica y eficiencia biomecánica. Su historia como deporte organizado se remonta al siglo XIX, cuando se introdujo en los Juegos Olímpicos modernos en Atenas 1896, inicialmente limitada a eventos masculinos. Con el tiempo, la natación evolucionó tanto en términos de

reglamentación como de técnica, incorporando avances en biomecánica, fisiología del ejercicio y tecnología aplicada al entrenamiento (Lohn, 2010).

La importancia del análisis técnico en el alto rendimiento radica en su impacto directo sobre la eficiencia del movimiento, el ahorro energético y la prevención de lesiones. En este contexto, el componente técnico se convierte en un factor determinante, especialmente en pruebas donde fracciones mínimas de segundo definen el resultado competitivo (Maglischo, 2003).

Un rendimiento destacado en natación no depende exclusivamente de la fuerza o la resistencia. Por el contrario, la literatura especializada destaca una combinación de factores que incluyen la técnica de nado, la capacidad aeróbica, la fuerza específica en el medio acuático y la coordinación neuromuscular. La correcta ejecución de los movimientos permite transformar la fuerza muscular en propulsión efectiva, reduciendo la resistencia al avance en el agua. (Toussaint y Truijens, 2005).

2.1.2. Fundamentos del estilo crol

El estilo crol es una técnica de nado caracterizada por su eficiencia hidrodinámica y su elevada velocidad de desplazamiento. Aunque en las competencias oficiales de estilo libre los nadadores pueden utilizar cualquier técnica, el crol se impone por ser biomecánicamente el más veloz. Esta técnica ha sido sistemáticamente perfeccionada a lo largo de las décadas, gracias a la observación empírica, la investigación biomecánica y los aportes de la fisiología deportiva (Maglischo, 2003).

2.1.2.1. Fases del nado crol

La ejecución técnica del estilo crol puede dividirse en distintas fases que conforman el ciclo de brazada completo. Estas fases son fundamentales para analizar y optimizar el rendimiento:

- Entrada y extensión del brazo: el brazo se introduce en el agua con la mano ligeramente por delante de la cabeza y con los dedos extendidos. La extensión

completa hacia el frente es clave para preparar la fase propulsiva y reducir turbulencias.

- Tirón (pull): el codo se flexiona mientras la mano se dirige hacia abajo y hacia el pecho. Esta fase inicia la generación de propulsión mediante la tracción del agua.
- Empuje (push): continúa el movimiento hacia atrás con una mayor extensión del brazo, aumentando la fuerza propulsiva.
- Recobro (recovery): el brazo sale del agua y regresa al frente en un movimiento relajado pero controlado. La relajación muscular en esta fase es esencial para conservar energía.
- Patada (kick): la acción de las piernas se realiza mediante una patada alternada en sentido vertical. Su función principal es estabilizadora, aunque también contribuye a la propulsión.
- Respiración: la cabeza gira lateralmente durante el recobro del brazo para tomar aire. La coordinación entre respiración y brazada incide en la estabilidad y en la eficiencia.
- Alineación corporal: el cuerpo debe mantenerse horizontal y alineado, minimizando la resistencia frontal y permitiendo un desplazamiento fluido (Ogarrio, 2023).

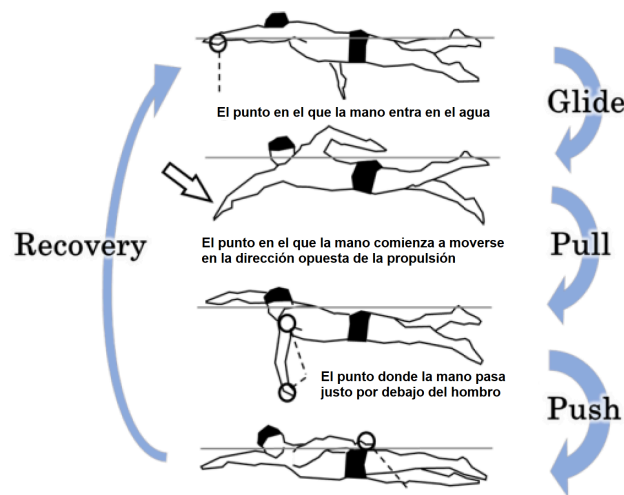


Figura 1: fases del ciclo de brazada en el estilo crol. (Hyodo *et al.*, 2023)

2.1.2.2. Parámetros biomecánicos ideales

La literatura especializada establece una serie de parámetros biomecánicos ideales para el estilo crol. Estos parámetros permiten cuantificar y analizar objetivamente la técnica de nado:

- Ángulos articulares: los ángulos de flexión de codo y hombro durante las fases propulsivas influyen en la eficiencia del empuje. En particular, se ha observado que nadadores que emplean la técnica de “codo alto” tienden a mantener un ángulo de codo en torno a los 100° durante la fase de tirón, lo que podría favorecer una tracción más efectiva (Suito *et al.*, 2017).
- Alineación del tronco y estabilidad: una correcta posición horizontal del tronco, sin oscilaciones laterales excesivas, reduce la resistencia y mejora la transferencia de fuerza. (Toussaint y Beek, 1992).
- Coordinación respiratoria: el momento de la respiración debe coincidir con la fase de recobro, evitando interrupciones en la propulsión y manteniendo la simetría corporal (Maglischo, 2003).
- Frecuencia y longitud de brazada: ambos parámetros se utilizan como indicadores de eficiencia. Una frecuencia excesiva puede indicar pérdida de eficiencia, mientras que una longitud de brazada adecuada se asocia con un mejor aprovechamiento del esfuerzo (Craig *et al.*, 1985; Maglischo, 2003).

Estos fundamentos técnicos no solo sirven para evaluar el rendimiento, sino también como base para entrenar modelos de detección automática de errores, dado que permiten definir patrones esperables en los movimientos.

2.1.3. Fundamentos de otros estilos

Además del crol, la natación competitiva contempla otros estilos que forman parte del programa oficial: mariposa y espalda. Cada uno presenta particularidades técnicas que justifican un análisis específico, tanto en la ejecución de sus fases como en los parámetros biomecánicos que los caracterizan.

2.1.3.1. Fases del nado de mariposa

El estilo mariposa se caracteriza por una secuencia altamente coordinada de movimientos ondulatorios que involucran una acción simultánea de ambos brazos y una patada delfín bilateral. Según Maglischo (2003), el ciclo de nado puede dividirse en fases claramente diferenciadas que permiten un análisis técnico detallado para su optimización.

La fase de entrada y agarre comienza cuando las manos ingresan al agua ligeramente más anchas que los hombros, con los codos elevados y las palmas orientadas hacia abajo y hacia afuera. Esta etapa es crucial para posicionar correctamente los brazos y preparar el inicio de la tracción.

A continuación, se desarrolla la fase de tracción, en la que los brazos se mueven hacia abajo y hacia adentro con una flexión progresiva de los codos, generando la propulsión principal. Durante esta fase, el tronco comienza a elevarse producto del impulso, facilitando la preparación para la respiración.

Le sigue la fase de empuje, que se extiende desde que los brazos alcanzan el punto más profundo hasta que salen del agua. Esta etapa contribuye significativamente a la aceleración del nadador, y su correcta ejecución es fundamental para mantener la continuidad del movimiento.

Luego, en la fase de recobro, ambos brazos se trasladan simultáneamente por fuera del agua en un movimiento semicircular, con los codos levemente flexionados. Durante esta fase se completa también la acción respiratoria, cuando la cabeza emerge brevemente.

Finalmente, debe considerarse la acción de las piernas, que se sincroniza con el ciclo de brazada a través de dos patadas delfín: una que ocurre al inicio de la tracción, y otra durante el empuje, colaborando con el impulso general del nadador (Maglischo, 2003).

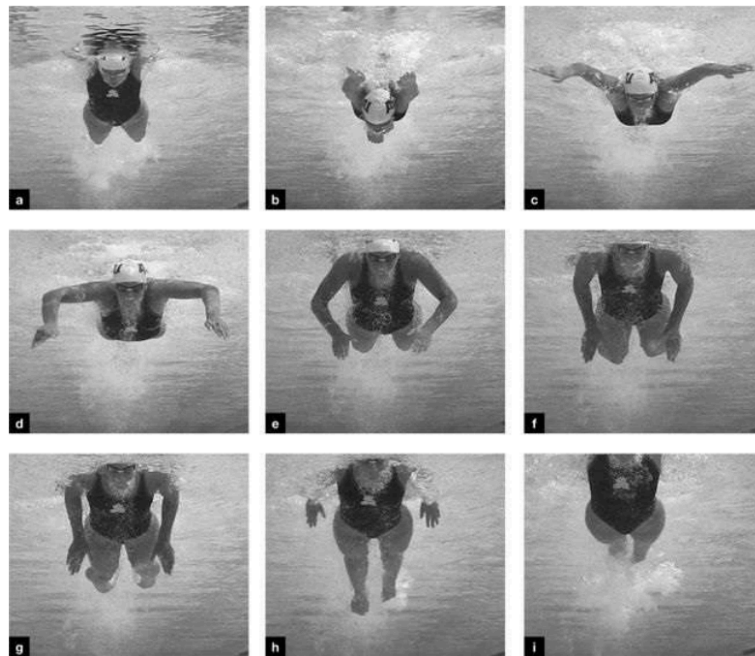


Figura 2: vista subacuática frontal de un ciclo completo de mariposa (Maglischo, 2003).

2.1.3.2. Fases del nado de espalda

El estilo espalda se distingue por ser el único estilo competitivo realizado en posición supina, lo que plantea desafíos particulares en términos de orientación espacial, respiración y alineación corporal. Según Maglischo (2003), su ciclo de nado puede ser dividido en varias fases, cada una de las cuales cumple una función específica en la propulsión y el control hidrodinámico.

La fase de entrada y agarre se inicia cuando la mano entra al agua con el dedo meñique primero, ligeramente por fuera de la línea del hombro. Esta entrada debe ser suave para evitar turbulencias, y va seguida de una fase de agarre donde el brazo comienza a flexionarse levemente, orientando la palma hacia abajo y hacia fuera.

Sigue la fase de tracción, donde el brazo se desplaza hacia abajo y hacia dentro, con una flexión progresiva del codo. Esta fase es clave para generar la mayor parte del impulso hacia atrás, manteniendo el cuerpo alineado y estable en la superficie.

Luego se desarrolla la fase de empuje, que finaliza el movimiento subacuático del brazo. Durante esta etapa, el brazo se extiende hacia la cadera y la mano sale del agua en

dirección lateral, preparándose para el recobro. El empuje debe ser potente y continuo para evitar interrupciones en la velocidad del nadador.

La fase de recobro ocurre fuera del agua, con el brazo extendido, el codo recto y un movimiento relajado desde la cadera hasta el punto de entrada. Esta fase, al realizarse en el aire, no genera propulsión, pero sí influye en la eficiencia del ciclo al afectar la rotación del cuerpo.

En cuanto a las piernas, la patada alternada de tipo delfín invertido cumple un rol estabilizador y complementario en la propulsión. Se caracteriza por movimientos continuos hacia arriba y hacia abajo, ejecutados con las piernas estiradas y el movimiento generado desde las caderas.

Un aspecto distintivo del estilo espalda es la rotación del tronco sobre el eje longitudinal, que ocurre a lo largo del ciclo de brazada. Esta rotación mejora el alcance de los brazos, facilita la entrada y recobro, y reduce la resistencia frontal (Maglischo, 2003).

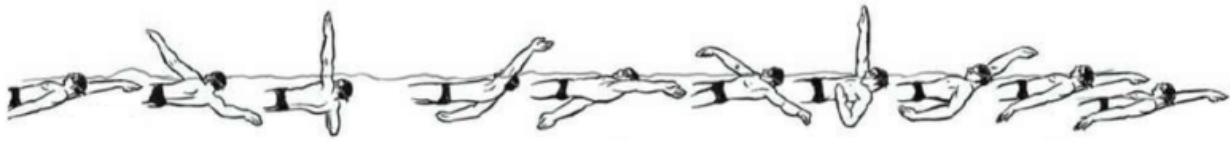


Figura 3: ilustración del ciclo completo del estilo espalda (Maglischo, 2003).

2.1.4. Errores técnicos comunes

A pesar del entrenamiento riguroso y la disponibilidad de información técnica, estudios muestran que los nadadores incluso a nivel competitivo pueden presentar errores biomecánicos que afectan su rendimiento. La corrección de estos fallos es esencial para optimizar la eficiencia y reducir el riesgo de lesiones (Barbosa *et al.*, 2006; Virag *et al.*, 2014).

2.1.4.1. Principales errores en el estilo crol

En el estilo crol, uno de los errores más comunes es la falta de coordinación entre los brazos, lo que puede causar una brazada desincronizada y poco equilibrada. Esta

descoordinación depende del nivel del nadador y de factores externos como la velocidad o la fatiga, y puede afectar el ritmo y la eficiencia del nado (Seifert *et al.*, 2007).

También son frecuentes los errores técnicos que afectan la alineación del cuerpo y la propulsión. Por ejemplo, una mala posición de la cabeza o una entrada de brazos que cruza la línea media del cuerpo aumenta la resistencia al avance. Una patada irregular o asimétrica reduce la estabilidad y no ayuda mucho a impulsarse. Otros fallos comunes incluyen el recobro del brazo con rigidez, que gasta más energía, y una brazada corta que no aprovecha bien la fase de empuje, lo que reduce el rendimiento (Maglischo, 2003).

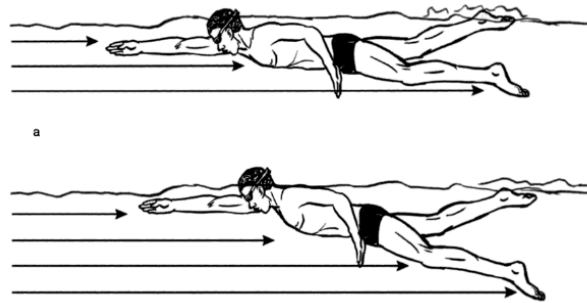


Figura 4: comparación entre una buena (arriba) y una mala (abajo) alineación corporal durante el estilo crol. La posición incorrecta incrementa la resistencia al avance y reduce la eficiencia del nado. (Maglischo, 2003).

Estos errores pueden identificarse visualmente a través del análisis de video, tanto en tiempo real como en sesiones de revisión técnica. En muchos casos, el nadador no es consciente de la falla hasta que se le muestra una grabación detallada o una medición objetiva. (Mödinger *et al.*, 2022; Pollen, T. R *et al.*, 2023)

2.1.4.2. Principales errores en otros estilos

Cada estilo presenta fallas características que pueden ser detectadas y corregidas mediante análisis biomecánicos sistemáticos.

En cuanto al estilo espalda, uno de los principales errores es la entrada de brazo cruzada sobre la línea media, lo que compromete el equilibrio y reduce la eficacia de la tracción.

Otro error recurrente es la ausencia de rotación del tronco, que limita la amplitud del recobro y disminuye la potencia de la fase subacuática. Además, se observa con frecuencia una patada con flexión excesiva de rodillas, en lugar de una acción desde la cadera, lo que genera turbulencias y pérdida de empuje. En muchos casos, los nadadores también presentan una posición inestable de la cabeza o elevación excesiva del mentón, lo cual afecta el alineamiento horizontal y aumenta la resistencia al avance (Maglischo, 2003).

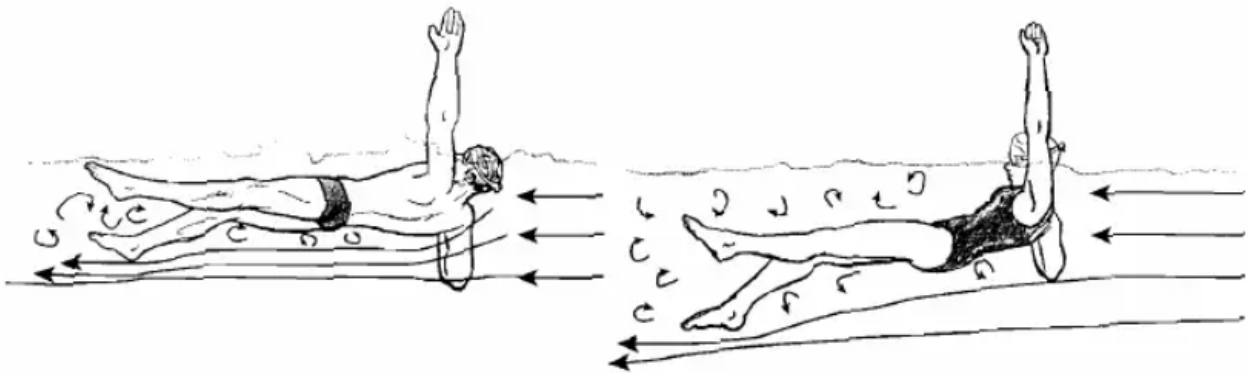


Figura 5: buena (izquierda) y mala (derecha) alineación durante la brazada de espalda.
(Maglischo, 2003).

Respecto al estilo mariposa, uno de los errores más frecuentes es una mala sincronización entre la tracción de brazos y las patadas delfín, lo que provoca interrupciones en el flujo propulsivo. Otro defecto común es realizar la tracción con brazos demasiado extendidos o superficiales, lo cual disminuye la eficacia del empuje. También es habitual una recuperación de brazos con codos demasiado rígidos o tensión excesiva, lo que contribuye a una mayor fatiga muscular. En relación al tronco, muchos nadadores presentan una oscilación vertical excesiva o una salida del agua muy marcada en la fase respiratoria, lo que implica un gasto energético innecesario. Finalmente, puede observarse una acción de piernas débil o descoordinada, especialmente en la segunda patada del ciclo, que suele perder fuerza si no se vincula adecuadamente con el empuje final de los brazos (Maglischo, 2003).

2.1.4.3. Impacto en el rendimiento y la salud

Las fallas técnicas no solo repercuten en el rendimiento competitivo, sino también en la salud del nadador. Por ejemplo, una entrada forzada o mal alineada del brazo puede derivar

en síndrome de pinzamiento del hombro o tendinitis del manguito rotador, patologías comunes en la natación de alto rendimiento (Dcosta, 2025). Además, los errores posturales aumentan la fricción con el agua, reduciendo la velocidad alcanzable y generando mayor fatiga. (Maglischo, 2003; Skorulski *et al.* 2025).

Por lo tanto, la identificación temprana de errores técnicos permite optimizar el entrenamiento, focalizar los ejercicios correctivos y prevenir lesiones crónicas. Esto justifica el uso creciente de herramientas tecnológicas, como la visión por computadora y el análisis biomecánico automatizado, para asistir en estas tareas (Pollen *et al.*, 2023).

2.1.5. Análisis técnico tradicional vs. automatizado

El análisis técnico en natación ha sido históricamente una tarea realizada por entrenadores especializados mediante observación directa o grabaciones en video. Aunque estos métodos han contribuido al desarrollo técnico del deporte, presentan limitaciones importantes que restringen su precisión y escalabilidad (Consejo Superior de Deportes (España), 2002)

2.1.5.1. Métodos tradicionales

En los métodos tradicionales, el entrenador analiza la técnica del nadador observando directamente durante los entrenamientos o competencias. Cuando se cuenta con grabaciones, se utiliza el video para revisar la ejecución en cámara lenta y hacer correcciones de forma manual, aunque este enfoque puede ser subjetivo y limitado en precisión (Callaway *et al.*, 2009). También se ha comparado el análisis de movimiento en video 2D con tecnologías más avanzadas, mostrando que, aunque es una opción accesible, requiere experiencia técnica y puede no captar con precisión todos los movimientos (Ottobrini, 2018).

Estos métodos, si bien útiles en algunos contextos, dependen en gran medida del juicio subjetivo del observador, lo que puede generar variabilidad en los resultados (Lees, 2002). Factores como la atención limitada o la experiencia del evaluador pueden afectar la precisión del análisis. Además, la falta de estandarización en la medición de variables biomecánicas dificulta la comparación objetiva entre sesiones o entre diferentes atletas, lo que también ha sido señalado como una limitación importante en el análisis técnico deportivo (Lees, 2002).

2.1.5.2. Limitaciones de acceso y precisión

Otra barrera importante es el acceso limitado a tecnologías avanzadas para el análisis técnico. Herramientas como las cámaras subacuáticas, el análisis 3D del movimiento o distintos sensores requieren equipamiento especializado, conocimientos técnicos y recursos que suelen estar disponibles únicamente en centros de alto rendimiento. Esto dificulta su implementación en contextos con menos recursos, limitando el acceso de muchos atletas a evaluaciones objetivas y sistemáticas (Mooney *et al.*, 2015).

2.1.5.3. Hacia un análisis automatizado y accesible

El avance de la inteligencia artificial y la visión por computadora ha facilitado soluciones más automatizadas y accesibles para el análisis técnico del movimiento humano. Herramientas como OpenPose, BlazePose y MediaPipe permiten detectar puntos corporales clave directamente a partir de videos, sin necesidad de sensores externos (Mundt *et al.*, 2022; Dill *et al.*, 2023; Aci, 2023). Estas tecnologías abren nuevas posibilidades para el análisis biomecánico de manera automatizada y con potencial de bajo costo.

La automatización del análisis técnico mediante modelos de estimación de pose permite generar métricas objetivas a partir de video, lo que contribuye a estandarizar el seguimiento del movimiento y a reducir la dependencia de evaluaciones subjetivas (Mundt *et al.*, 2022; Dill *et al.*, 2023). Esto puede resultar especialmente útil para deportistas que entrenan sin supervisión directa o que buscan complementar su preparación con retroalimentación tecnológica.

2.1.6. Importancia de la retroalimentación en el entrenamiento

La retroalimentación técnica, entendida como información extrínseca que corrige y guía el desempeño motor, es un componente fundamental en el proceso de aprendizaje de habilidades deportivas, incluidas aquellas propias de disciplinas como la natación (Magill, 2011). Este tipo de retroalimentación ayuda a corregir errores y consolidar patrones eficientes de movimiento, lo cual puede contribuir significativamente a la mejora del rendimiento, especialmente cuando se entrega de manera oportuna y específica.

2.1.6.1. Tipos de retroalimentación

La literatura especializada distingue distintos tipos de retroalimentación, clasificados según su forma, momento y fuente (Schmidt y Wrisberg, 2008):

- **En cuanto al momento:**
 - *Inmediata*: entregada durante o apenas finalizada la ejecución. Favorece ajustes rápidos.
 - *Diferida*: proporcionada luego de un análisis más profundo, útil para consolidar aprendizajes duraderos.
- **En cuanto al canal sensorial:**
 - *Visual*: mediante imágenes, videos, gráficos o diagramas. Permite al deportista comparar su ejecución con un modelo ideal.
 - *Verbal*: instrucciones del entrenador o del sistema de análisis. Útil para guiar la atención a aspectos técnicos específicos.
 - *Cinestésica*: experimentada por el propio cuerpo. A menudo se complementa con indicaciones externas.
- **En cuanto a la fuente:**
 - *Interna o intrínseca*: generada por la propia percepción del atleta.
 - *Externa o extrínseca*: provista por un entrenador, compañero, o herramienta tecnológica.

Cada tipo tiene un impacto diferente sobre el aprendizaje. La evidencia indica que la retroalimentación visual inmediata, especialmente cuando es clara y contextualizada, resulta altamente efectiva en deportes de técnica compleja como la natación (Bartlett, 2007). Por ello, las aplicaciones tecnológicas que permiten mostrar errores visualmente en el mismo dispositivo donde se graba el video representan una ventaja significativa.

2.1.6.2. Aplicación en contextos tecnológicos

Diversos estudios han demostrado que la retroalimentación digital, incluyendo modalidades visuales, puede ser eficaz en deportes individuales como la natación (Liebermann *et*

al., 2002; Altavilla *et al.*, 2018). Aunque no sustituye al entrenador, este tipo de tecnología puede complementar el entrenamiento, facilitando el análisis técnico del rendimiento.

La propuesta de una aplicación móvil que entregue sugerencias visuales basadas en análisis automatizado se alinea con estas necesidades, ya que proporciona un *feedback* claro, directo y personalizado, accesible incluso para atletas sin acceso a recursos de alto nivel.

2.1.7. Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial (IA) es una rama de la informática que tiene como objetivo desarrollar sistemas capaces de realizar tareas que, si fueran llevadas a cabo por seres humanos, requerirían inteligencia. Estas tareas pueden incluir desde el razonamiento lógico y la resolución de problemas, hasta el reconocimiento de patrones, la interpretación de lenguaje natural o la toma de decisiones autónoma. Se considera como el estudio de agentes que reciben percepciones del entorno y realizan acciones que maximizan sus posibilidades de éxito, destacando una orientación hacia el comportamiento racional más que hacia la imitación humana (Russell y Norvig, 2021).

También se plantea como base fundamental, que la IA se centra en construir sistemas que exhiban comportamientos inteligentes, sin necesidad de replicar el modo en que los humanos piensan (Nilsson, 2010).

Las definiciones de inteligencia artificial pueden agruparse en cuatro enfoques principales: aquellos que buscan pensar como humanos, actuar como humanos, pensar racionalmente o actuar racionalmente (Russell y Norvig 2021). Esta clasificación permite comprender la variedad de sistemas que se pueden desarrollar dentro del campo, desde asistentes conversacionales hasta modelos predictivos complejos.

En el ámbito deportivo, la IA ha comenzado a jugar un rol fundamental al posibilitar el análisis de datos biométricos, patrones de movimiento y rendimiento técnico en tiempo real. Aplicada a la natación, la IA permite procesar videos de entrenamiento para detectar errores que podrían pasar inadvertidos incluso para entrenadores experimentados. Este enfoque no busca reemplazar al entrenador, sino brindarle una herramienta objetiva y automatizada que contribuya al perfeccionamiento de la técnica.

2.1.8. Machine Learning

El aprendizaje automático, o *machine learning* (ML), es una rama de la inteligencia artificial que permite que los sistemas aprendan comportamientos a partir de datos sin ser explícitamente programados para cada situación. En lugar de seguir reglas fijas, los modelos de ML construyen internamente representaciones que les permiten predecir o clasificar nuevas situaciones basándose en patrones aprendidos (Bishop, 2006).

Dentro del ML, existen tres enfoques principales: supervisado, no supervisado y por refuerzo (Flach, 2012).

- En el aprendizaje supervisado, el modelo se entrena con datos etiquetados, es decir, ejemplos de entrada para los que se conoce la salida esperada.
- En el no supervisado, se analizan datos sin etiquetas, con el objetivo de descubrir estructuras subyacentes, como agrupamientos o correlaciones.
- El aprendizaje por refuerzo implica un agente que interactúa con un entorno, recibiendo recompensas o penalizaciones según sus acciones, con el objetivo de optimizar su comportamiento.

Este proyecto emplea el enfoque supervisado, ya que el objetivo es entrenar un modelo que, a partir de datos estructurados como posiciones articulares (landmarks), pueda identificar errores técnicos en el estilo crol.

Al aprender la relación entre las configuraciones corporales y los errores asociados, el modelo podrá luego predecir automáticamente fallos técnicos en nuevas grabaciones. Esta capacidad resulta fundamental para brindar *feedback* automatizado, algo especialmente valioso en deportes donde los detalles posturales son determinantes para el rendimiento.

2.1.9. Computer Vision

La visión por computadora, o *computer vision*, es una rama de la inteligencia artificial que permite a los sistemas interpretar imágenes mediante el análisis automatizado de sus componentes visuales. El punto de partida para este tipo de procesamiento es la representación digital de una imagen, es decir, su conversión a una matriz de valores numéricos. En el caso más

habitual, cada píxel de una imagen digital en escala de grises se representa mediante un número entero que indica su nivel de intensidad, y la imagen completa se organiza como una matriz bidimensional (Gonzalez y Woods, 2008).

En este proyecto, cada video de entrenamiento es descompuesto en fotogramas. A su vez, cada uno de estos fotogramas es procesado como una matriz de píxeles, sobre la cual se aplican algoritmos de visión por computadora para extraer landmarks corporales. A partir de esa información estructurada, se entrena un modelo capaz de detectar errores técnicos en la natación.

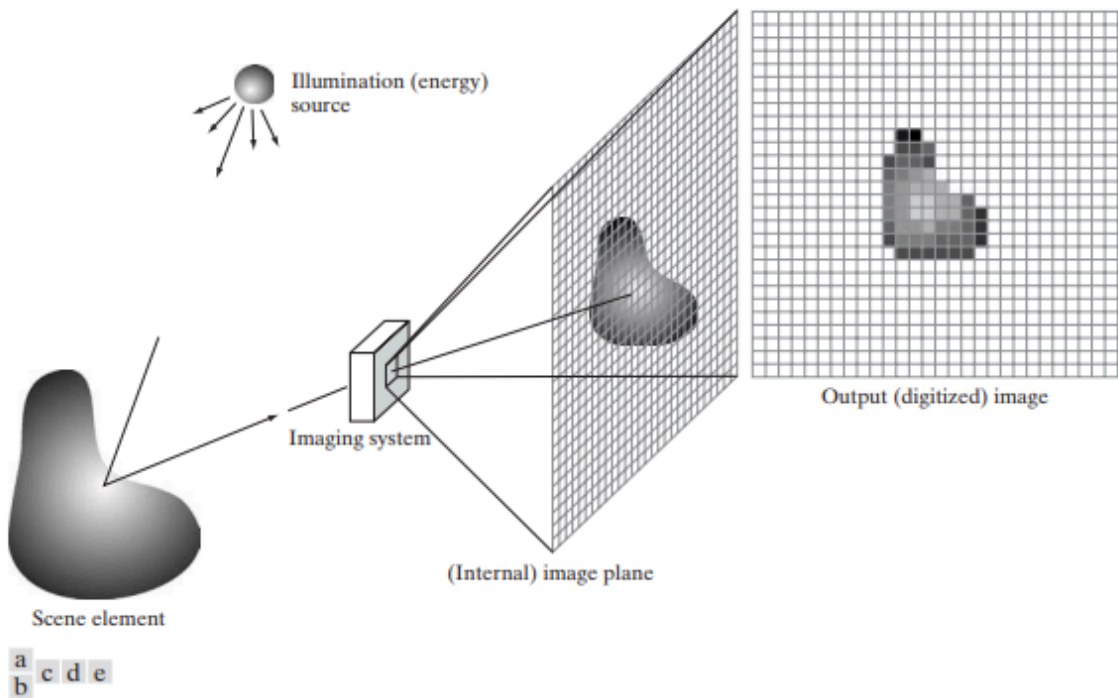


Figura 6: esquema del proceso de adquisición y digitalización de una imagen. (Gonzalez y Woods, 2008).

La figura ilustra el flujo completo del proceso de digitalización: desde una escena iluminada, pasando por el sistema óptico que proyecta la imagen en un plano, hasta su conversión en una grilla de píxeles con distintos niveles de intensidad. Esta digitalización convierte una señal visual continua en una estructura numérica discreta, condición necesaria para ser procesada mediante algoritmos de visión por computadora (Gonzalez y Woods, 2008).

2.1.10. Landmarks

Los landmarks corporales son puntos anatómicos que permiten modelar digitalmente la postura y el movimiento del cuerpo humano a partir de una imagen o video. Estos puntos se ubican en articulaciones y zonas estructurales del cuerpo, como hombros, codos, caderas, rodillas y tobillos, y pueden ser representados mediante coordenadas 2D o 3D. Al conectar estos puntos se forma un esqueleto digital simplificado, lo que permite realizar análisis biomecánicos o técnicos con base estructurada (Szeliski, 2022).



Figura 7: distribución de landmarks corporales. (Bazarevsky *et al.*, 2020).

La figura muestra cómo se detectan los landmarks en cuerpos en movimiento. Esta representación estructurada del cuerpo humano, basada en información visual, permite analizar posturas de forma automatizada y sin necesidad de sensores físicos, lo cual es clave para este proyecto.

2.1.11. BlazePose

BlazePose es un modelo de estimación de pose corporal desarrollado por Google, diseñado para funcionar en tiempo real sobre dispositivos móviles. A diferencia de modelos tradicionales como OpenPose o PoseNet, que detectan entre 17 y 18 puntos, BlazePose detecta 33 landmarks corporales, lo cual permite una representación más completa del cuerpo humano en movimiento. Estos landmarks cubren zonas clave como cabeza, torso, extremidades superiores e inferiores, y están pensados no solo para representar la postura, sino también para soportar análisis biomecánicos en aplicaciones como fitness, deporte de alto rendimiento, fisioterapia, y más recientemente, natación (Google Developers, 2023).

A nivel técnico, BlazePose devuelve para cada uno de los 33 puntos:

- Coordenadas (x, y, z) relativas al marco de la imagen.
- Un valor de visibilidad o confiabilidad del punto.

Este modelo, optimizado para ejecución eficiente, se basa en redes convolucionales con arquitectura de doble paso: primero detecta la región del cuerpo y luego estima la pose detallada. Esta estructura permite su uso en aplicaciones móviles sin necesidad de servidores externos o equipamiento específico.

En este trabajo, se emplea BlazePose para extraer los 33 landmarks corporales de videos de nadadores realizando el estilo crol, espalda y mariposa. Con esa información, se podrá reconstruir un esqueleto virtual del cuerpo del nadador en cada fotograma y detectar errores técnicos a partir de medidas como ángulos, alineaciones o desplazamientos articulares (Google Developers, 2023). A continuación, se presenta en la siguiente hoja una tabla con los puntos incluidos en cada grupo corporal de BlazePose.

TABLA I: BlazePose Keypoints

Grupo corporal	Puntos incluidos
Cabeza	Nariz, Ojos (Interno, Centro, Externo), Orejas
Boca	Comisura derecha e izquierda
Hombros	Derecho, Izquierdo
Codos	Derecho, Izquierdo
Muñecas	Derecho, Izquierdo
Nudillos mano derecha	Pulgar, Índice, Meñique
Nudillos mano izquierda	Pulgar, Índice, Meñique
Caderas	Derecha, Izquierda
Rodillas	Derecha, Izquierda
Tobillos	Derecho, Izquierdo
Talones	Derecho, Izquierdo
Dedos del pie	Derecho, Izquierdo

Fuente: Google Developers (2023).

2.1.12. Modelos de Machine Learning

El objetivo de los modelos de *machine learning* es generalizar patrones observados durante el entrenamiento y aplicarlos de forma efectiva a nuevos datos (Flach, 2012). Dentro de esta disciplina, los algoritmos de aprendizaje supervisado se destacan por su capacidad para inferir relaciones entre un conjunto de variables de entrada (en este caso, posiciones y ángulos derivados de los *landmarks*) y una salida esperada (etiqueta de tipo de error). La elección del modelo adecuado depende de múltiples factores, como el tamaño del conjunto de datos, la cantidad de variables, la complejidad de la relación entre entrada y salida, y el nivel de interpretabilidad requerido (Bishop, 2006).

Existen diversos modelos viables para esta tarea. A continuación se mencionan los más adecuados, de los cuales se seleccionará uno para su implementación en una fase posterior del proyecto:

- Support Vector Machines (SVM): son eficaces para tareas de clasificación con datos estructurados y funcionan bien en espacios de alta dimensión. Utilizan funciones de kernel para proyectar los datos a espacios donde son separables linealmente (Cortes y Vapnik, 1995).
- Random Forest: es un modelo basado en árboles de decisión que combina múltiples árboles para mejorar la precisión y reducir el riesgo de sobreajuste. Es especialmente útil cuando se trabaja con múltiples características extraídas de los landmarks, como ángulos articulares, alineaciones y distancias entre puntos clave (Breiman, 2001).
- Redes Neuronales Feedforward (MLP): permiten capturar relaciones complejas y no lineales entre las variables de entrada. Son útiles cuando los errores técnicos no dependen de un solo ángulo o patrón, sino de la combinación simultánea de varios aspectos posturales (Goodfellow *et al.*, 2016).
- K-Nearest Neighbors (KNN): es un modelo simple que clasifica observaciones según la mayoría de clases presentes en sus vecinos más cercanos. Puede ser útil como modelo de base o referencia inicial, y es fácil de implementar y entender (Hastie *et al.*, 2009).

Considerando las características de los distintos algoritmos y las necesidades del proyecto, Random Forest se presenta como la alternativa más adecuada. Su equilibrio entre precisión, estabilidad y capacidad para manejar múltiples variables lo convierte en una opción apropiada para el análisis de los datos derivados de los landmarks, por lo que se decidió adoptarlo como modelo principal en esta etapa.

2.2. Estado del Arte

El análisis de la técnica en natación, al igual que en muchos otros deportes, viene teniendo avances significativos en los últimos años gracias a la integración de tecnologías innovadoras. Tradicionalmente la corrección técnica se basaba en la observación directa del entrenador, lo que generaba limitaciones y subjetividad al momento de identificar errores en la ejecución. Actualmente, herramientas como el análisis de video y los sensores portátiles permiten detectar y corregir defectos técnicos con mayor precisión y objetividad, mejorando así la calidad del entrenamiento y reduciendo el riesgo de lesiones en los nadadores (Douglass *et al.*, 2024).

Siguiendo la línea de estas innovaciones, organizaciones como World Aquatics (anteriormente FINA) han impulsado activamente el uso de tecnologías avanzadas para el perfeccionamiento técnico. Estas tecnologías incluyen herramientas para el análisis de carreras y software para la recopilación de datos, que permiten registrar y evaluar distintos aspectos de la natación, incluyendo la salida, la fase subacuática, el ritmo de nado y los giros. De esta forma se obtiene información detallada que contribuye a la planificación de estrategias y programas de entrenamiento más ajustados a las necesidades de los atletas (World Aquatics, 2023). Si bien existen diversas soluciones en el mercado que emplean estos avances tecnológicos, todavía existe una necesidad de herramientas que ofrezcan retroalimentación inmediata y adaptada a las características individuales de cada atleta.

2.2.1. Aplicaciones en el mercado

En este apartado se presentan las principales soluciones disponibles en el mercado que abordan el análisis técnico de la natación. Se detallan sus características y capacidades, lo que permite comprender mejor el contexto competitivo y las alternativas existentes. Este análisis

resulta fundamental para identificar los puntos fuertes y limitaciones de cada herramienta, y así establecer las bases de comparación con nuestra aplicación.

Para la selección de las aplicaciones analizadas se consideraron aquellas soluciones activas en el mercado que presentan una relación directa con el análisis técnico del rendimiento en natación. Los criterios incluyeron la relevancia en publicaciones y foros especializados, la popularidad entre entrenadores y atletas, y la representatividad de distintos enfoques tecnológicos (análisis por video, sensores portátiles o plataformas híbridas). De este modo, se conformó un conjunto de herramientas que refleja de manera equilibrada el panorama actual de las tecnologías aplicadas a la mejora técnica en la natación.

2.2.1.1. Dartfish

Dartfish es una solución de análisis de video desarrollada en Suiza en 1999, orientada al análisis técnico y táctico en diversas disciplinas deportivas. La plataforma permite capturar, etiquetar y compartir videos de entrenamientos y competencias, ofreciendo herramientas para marcar eventos en tiempo real y generar informes detallados. Además, incluye tecnologías patentadas como *SimulCam™* y *StroMotion™*, que facilitan la comparación de ejecuciones y el seguimiento de trayectorias en una sola imagen (Dartfish, 2025).

A pesar de su versatilidad, Dartfish no incorpora algoritmos de inteligencia artificial para el análisis automatizado de movimientos. Esto implica que la identificación de patrones y errores técnicos depende en gran medida de la intervención manual del usuario, lo que puede limitar su aplicabilidad.

2.2.1.2. LaneVision

LaneVision es una aplicación desarrollada por FINIS, cuyo objetivo principal es registrar y mostrar métricas cuantitativas del rendimiento en natación. Utiliza la cámara de un dispositivo móvil para grabar las sesiones de entrenamiento y extraer datos clave como la cantidad de brazadas, el ritmo, la velocidad de nado y la duración de cada vuelta (FINIS, 2025).

El funcionamiento de LaneVision se basa en algoritmos que procesan los videos capturados para generar estadísticas que sirven como referencia para el nadador y su entrenador.

La información se presenta en forma de números y gráficos, lo que facilita la visualización del progreso y la comparación entre entrenamientos. Sin embargo, la aplicación no realiza un análisis de la ejecución de la técnica, ni ofrece recomendaciones personalizadas para la mejora de la misma, esto debido a que su enfoque está centrado en la recopilación y presentación de datos cuantitativos.

2.2.1.3. TritonWear

TritonWear es una plataforma de análisis de rendimiento en natación que combina un dispositivo portátil con una aplicación móvil para brindar datos detallados sobre los entrenamientos. El dispositivo, conocido como Triton Unit, se coloca en el gorro de natación y registra más de 30 métricas por vuelta, como velocidad, frecuencia de brazada, distancia por brazada y tiempos de giro, entre otras. Estos datos se sincronizan con la aplicación TritonWear, para analizar el rendimiento (TritonWear, 2025).

Esta aplicación plantea para sus métricas “Triton Score”, un sistema que evalúa el entrenamiento del nadador en tres áreas principales:

- Readiness: mide la preparación del atleta para entrenar, teniendo en cuenta la carga de entrenamiento y el riesgo de lesiones.
- Focus: evalúa cómo se está ejecutando técnicamente el entrenamiento, ayudando a identificar puntos a mejorar.
- Intensity: analiza la intensidad del entrenamiento, considerando factores como la velocidad y el tiempo activo frente al tiempo de descanso.

2.2.1.4. SwimPro

SwimPro es un sistema de cámaras de alta definición que se utiliza para grabar y analizar entrenamientos de natación, y se destaca por la calidad de imagen que logra captar y la facilidad de uso que tiene (SwimPro, 2025). Con grabaciones en 2K y a 60 FPS, este sistema permite ver con mucho detalle cada movimiento durante la práctica, algo que lo hace muy útil para quienes quieren observar la técnica de manera clara y directa.

Esta solución está pensada para facilitar el seguimiento visual durante el entrenamiento, más que para medir métricas técnicas o dar resultados automáticos. Su fortaleza está en la fiabilidad de la imagen y en la posibilidad de grabar y revisar los videos cuantas veces se quiera, sin esperar que haya un análisis automático detrás. Esto permite a entrenadores y nadadores observar cada detalle de la técnica con la tranquilidad de que la calidad de imagen es lo suficientemente buena como para que, solo viéndolo, puedan hacer ajustes y mejoras basadas en su propia observación.

2.2.1.5. Comparación de Competidores

Con el fin de evaluar la posición de nuestra aplicación (de ahora en adelante: *SwimVision*) dentro del panorama actual de soluciones tecnológicas para el análisis técnico en natación, se presentan los criterios seleccionados y la tabla que sintetiza las características más relevantes de cada una:

- Análisis automatizado de la técnica a partir del video: se refiere a la capacidad de la aplicación para procesar videos y realizar un análisis técnico sin intervención manual, utilizando visión por computadora.
- Detección de ángulos y errores técnicos: es la habilidad de la herramienta para calcular ángulos en los movimientos y detectar desvíos respecto a la técnica ideal, facilitando la corrección.
- Retroalimentación inmediata: hace referencia a la posibilidad de recibir recomendaciones o avisos en tiempo real durante la sesión de entrenamiento, para ajustar la técnica al instante.
- Modelo de machine learning entrenado para detectar la técnica: consiste en la utilización de un modelo previamente entrenado para identificar errores técnicos en la técnica de nado, basándose en patrones aprendidos.
- Sin necesidad de sensores externos: indica que la solución no requiere dispositivos adicionales como sensores o dispositivos portables, trabajando solo con video ya disponible.

- Facilidad de uso: implica que la herramienta está diseñada para ser utilizada por un público amplio, sin requerir grandes inversiones o conocimientos técnicos complejos.

TABLA II: Comparación entre soluciones existentes y SwimVision.

Criterio	SwimVision	Dartfish	LaneVision	TritonWear	SwimPro
Análisis automatizado mediante Landmarks	X				
Detección de ángulos y errores técnicos	X	X			
Retroalimentación inmediata	X		X	X	
Modelo de machine learning entrenado para detectar la técnica	X				
Sin necesidad de sensores externos	X	X	X		
Facilidad de uso	X		X		X

2.2.2. Océano Azul

SwimVision se examina desde los enfoques de Océano Rojo y Océano Azul. En el primero, compartiría espacio con soluciones tradicionales de análisis técnico en la natación, mientras que en el segundo se ubica en un nuevo espacio de valor al integrar tecnología avanzada con modelos de aprendizaje automático para el monitoreo y la evaluación técnica personalizada de los nadadores.

En el Océano Rojo, existen herramientas y métodos de corrección técnica que se basan en la observación directa del entrenador o en análisis limitados de video. Estos sistemas suelen centrarse en la recolección de datos generales, sin integrar modelos predictivos ni brindar recomendaciones específicas basadas en el rendimiento técnico de cada nadador. Aunque existen tecnologías de análisis de carreras y plataformas de monitoreo de entrenamiento, estas aplicaciones generalmente se enfocan en métricas de rendimiento amplias y no en la identificación de errores técnicos detallados en la ejecución de los movimientos.

Desde la perspectiva del Océano Azul, SwimVision se destaca por crear un nuevo espacio de mercado. Al incorporar modelos de machine learning capaces de analizar movimientos específicos a través de puntos clave (*landmarks*), la aplicación ofrece retroalimentación personalizada sobre la técnica del nadador. Esta capacidad de ofrecer recomendaciones automáticas y precisas, fundamentadas en análisis detallados, constituye un diferencial clave que actualmente no está cubierto por soluciones tradicionales.

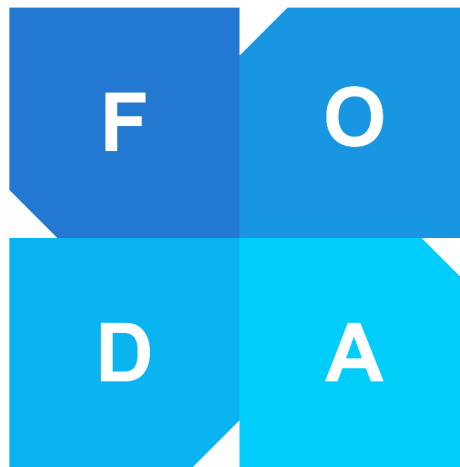
La estrategia de Océano Azul permite en este caso redefinir los límites del mercado en el ámbito de la natación competitiva y recreativa, creando un nuevo espacio que no solo mejora la eficiencia en el entrenamiento, sino que también amplía las posibilidades de personalización y adaptación a las necesidades de cada usuario. Este enfoque permite evitar la competencia directa en mercados saturados, generando nuevas oportunidades de crecimiento mediante la creación de valor para el usuario y el aprovechamiento de tecnologías emergentes (Kim y Mauborgne, 2005).

2.2.2.1. Análisis FODA

El análisis FODA permite identificar los factores internos y externos que influyen en el desarrollo de SwimVision. A través de esta herramienta se reconocen las fortalezas y oportunidades que impulsan el proyecto, así como las debilidades y amenazas que podrían afectar su implementación. Este diagnóstico estratégico sirve como base para las decisiones planteadas posteriormente en la Matriz ERIC (Kim y Mauborgne, 2005).

FORTALEZAS

- Análisis técnico automatizado mediante visión por computadora.
- Eliminación de la necesidad de sensores externos o equipamiento especializado.
- Interfaz simple y accesible para usuarios sin conocimientos técnicos.



OPORTUNIDADES

- Creciente interés en soluciones de entrenamiento basadas en inteligencia artificial.
- Mayor adopción de tecnologías móviles en el ámbito deportivo y educativo.

DEBILIDADES

- Requiere calidad mínima en la grabación para un análisis preciso.
- Dependencia parcial de servicios en la nube que implican costos fijos de infraestructura.
- Dificultad para convencer a entrenadores tradicionales de adoptar herramientas automatizadas.

AMENAZAS

- Competencia de empresas consolidadas con mayor financiamiento (TritonWear, Dartfish).
- Rápida evolución de tecnologías que podría igualar el diferencial.

Figura 8: análisis FODA de SwimVision (elaboración propia).

2.2.2.2. Cinco fuerzas de Porter

El modelo de las Cinco Fuerzas de Porter permite examinar el entorno competitivo en el que se desarrolla SwimVision, considerando los factores que influyen en la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto dentro del mercado tecnológico-deportivo. A través de esta herramienta se analizan la rivalidad entre competidores, la amenaza de nuevos ingresos, el poder de negociación de proveedores y clientes, y la existencia de productos sustitutos (Porter, 1998).

Tabla III: 5 Fuerzas de Porter (elaboración propia)

Rivalidad entre competidores existentes	Alta. Existen soluciones consolidadas como <i>TritonWear</i> , <i>Dartfish</i> y <i>LaneVision</i> que ofrecen análisis del rendimiento en natación, aunque centradas principalmente en métricas cuantitativas o revisión manual de video. <i>SwimVision</i> se diferencia al automatizar la evaluación técnica mediante visión por computadora.
Amenaza de nuevos competidores	Media. La barrera de entrada tecnológica es moderada, ya que frameworks de <i>computer vision</i> como MediaPipe o OpenCV son de acceso libre. Sin embargo, la combinación de estos con un modelo de <i>machine learning</i> entrenado específicamente para natación brinda una ventaja temporal de especialización.
Amenaza de productos sustitutos	Media. Los métodos tradicionales de observación del entrenador o el uso de cámaras sin procesamiento automático siguen siendo opciones válidas, especialmente en contextos de bajo presupuesto. No obstante, ofrecen menor objetividad y eficiencia en la detección de errores.
Poder de negociación de los proveedores	Bajo. El sistema se apoya en infraestructura <i>cloud</i> escalable (AWS S3, EC2, Lambda) y librerías de código abierto, reduciendo la dependencia de proveedores específicos y los costos asociados.
Poder de negociación de los clientes	Alto. El usuario final tiene diversas alternativas en el mercado y baja fidelidad tecnológica, por lo que la adopción dependerá del equilibrio entre precio, facilidad de uso y precisión del análisis.

El análisis de Porter evidencia que el mercado actual del análisis técnico en natación presenta características propias de un Océano Rojo, con una alta rivalidad y presencia de

soluciones consolidadas. Sin embargo, SwimVision busca trascender este contexto competitivo mediante la creación de un nuevo espacio de valor basado en la automatización del análisis técnico y la accesibilidad tecnológica, en línea con la estrategia del Océano Azul (Kim y Mauborgne, 2005).

2.2.2.3. Matriz ERIC

La matriz ERIC permite establecer las acciones que marcan el diferencial respecto a otras soluciones del mercado. Sirve para dejar en claro qué aspectos queremos eliminar o reducir, y cuáles buscamos incrementar o crear. Esto ayuda a que se entienda mejor el valor agregado de SwimVision y cómo pensamos resolver los problemas técnicos que enfrentan los nadadores y entrenadores (Kim & Mauborgne, 2005).

Tabla IV Matriz ERIC. (Elaboración propia).

ELIMINAR	REDUCIR
<ul style="list-style-type: none"> ● Uso de sensores externos como acelerómetros o wearables. ● Etapas manuales de revisión cuadro a cuadro de los videos. ● Requerimiento de hardware o software especializado para el análisis técnico. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Cantidad de pasos o pantallas necesarias para realizar un análisis. ● Número de parámetros técnicos que el usuario debe ingresar manualmente. ● Volumen de datos subjetivos o no estandarizados utilizados en la evaluación.
INCREMENTAR	CREAR
<ul style="list-style-type: none"> ● Nivel de detalle de los datos generados por el análisis de postura. ● Compatibilidad con distintos tipos de dispositivos móviles. ● Eficiencia del procesamiento de video mediante la optimización del pipeline de análisis. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Módulo de análisis automático de técnica basado en detección de landmarks. ● Sistema de retroalimentación visual que muestra errores en el video procesado. ● Panel de historial que permite visualizar comparativas de progreso.

En esta propuesta, las acciones de eliminación y reducción se orientaron a disminuir la dependencia de hardware especializado, eliminar procesos manuales y reducir la complejidad de interacción del usuario. Por su parte, las acciones de incremento y creación se centraron en ampliar las capacidades técnicas del sistema, optimizando la detección de movimiento mediante computer vision y generando nuevas herramientas de retroalimentación visual y seguimiento del progreso.

De este modo, la matriz permite consolidar un enfoque de innovación orientado a la simplicidad, accesibilidad y automatización del análisis técnico en natación, alineado con los principios de la estrategia del océano azul (Kim y Mauborgne, 2005).

2.2.2.4. Curva de valor

La curva de valor es una herramienta gráfica que permite comparar las principales soluciones existentes en el mercado, evaluando distintas variables que inciden en su desempeño y propuesta de valor. Su representación facilita identificar fortalezas, debilidades y aspectos diferenciadores de cada alternativa.

TABLA V: Construcción de Curva de Valor. (Elaboración propia).

Variable	Nuestra App	Dartfish	LaneVision	TritonWear	SwimPro	Acción	Descripción breve
Dependencia de sensores externos	0	0	0	10	10	Eliminar	Elimina la necesidad de dispositivos adicionales, usando solo la cámara del celular.
Análisis manual	0	10	10	0	10	Eliminar	Automatiza el feedback que antes se hacía de forma manual.
Barreras de acceso	0	2	0	10	10	Eliminar	Elimina la necesidad de equipamiento especializado, haciéndolo accesible para todos.
Complejidad en la interfaz de usuario	1	5	7	5	2	Reducir	Simplifica la experiencia del usuario con una interfaz intuitiva.
Tiempo de procesamiento de datos	3	6	6	3	7	Reducir	Reduce el tiempo necesario para procesar el análisis técnico.
Errores en la interpretación subjetiva	2	5	6	2	8	Reducir	Ofrece un análisis más objetivo y consistente, reduciendo la subjetividad.
Precisión en la detección de errores	7	6	6	2	5	Incrementar	Mejora la exactitud en la detección de errores.
Accesibilidad para diversos niveles de usuarios	9	5	4	6	8	Incrementar	Amplía la usabilidad para nadadores de todos los niveles.
Confiabilidad en el análisis técnico	8	4	5	8	6	Incrementar	Incrementa la precisión y consistencia.
Modelo de machine learning especializado	10	0	0	0	0	Crear	Desarrolla un modelo de IA específico para la técnica de natación.
Retroalimentación inmediata	10	0	0	0	0	Crear	Identifica errores y brinda feedback en tiempo real.
Seguimiento del progreso	10	0	0	0	0	Crear	Permite guardar y consultar análisis previos para ver la evolución.

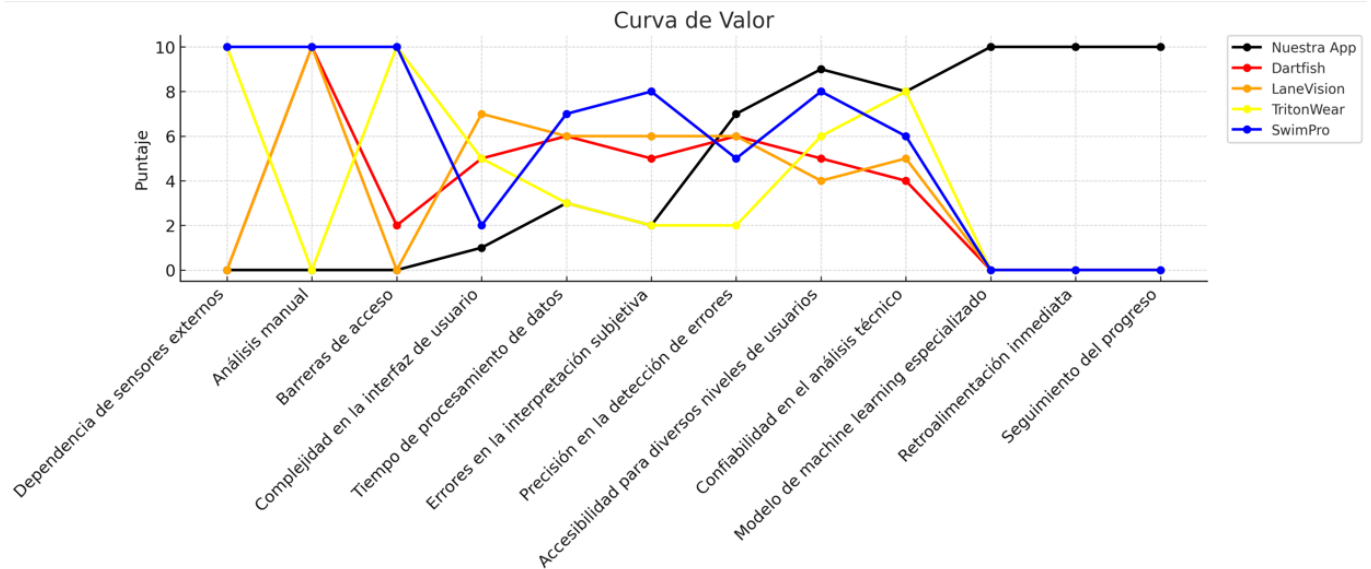


Figura 9: gráfico de Curva de Valor. (Elaboración propia).

La curva de valor elaborada demuestra que SwimVision logra un equilibrio destacado entre la accesibilidad y la precisión técnica. A diferencia de soluciones como Dartfish y SwimPro, que presentan valores más bajos en variables clave como la retroalimentación inmediata y la integración con la planificación de entrenamientos, la aplicación logra maximizar estos aspectos gracias a la automatización y al uso de modelos de aprendizaje automático. TritonWear y LaneVision mantienen fortalezas en la recopilación de datos generales. Sin embargo, SwimVision está por encima en detección de errores técnicos y en la personalización de la retroalimentación, eliminando la dependencia de sensores costosos y reduciendo la intervención manual.

Esta curva de valor refleja cómo la aplicación se posiciona como una alternativa más versátil y accesible para diferentes niveles de usuarios, complementando y superando en varios aspectos las capacidades de las soluciones existentes. Los resultados respaldan a SwimVision como una solución alineada con la estrategia de Océano Azul, destacándose por su capacidad de crear un nuevo espacio de valor en el ámbito del análisis técnico de la natación.

2.2.3. Conclusión

El estado del arte muestra que aunque existen diversas herramientas tecnológicas destinadas al análisis técnico en natación, estas presentan limitaciones relacionadas con la necesidad de sensores costosos, la intervención manual constante y la falta de retroalimentación personalizada. Plataformas como Dartfish y SwimPro, aunque son útiles para su finalidad, dependen de la observación manual del entrenador y de equipos especializados, lo que restringe su accesibilidad y puede limitar su uso en clubes con recursos más reducidos. Por otro lado, soluciones como LaneVision y TritonWear priorizan la recolección de métricas cuantitativas, pero no ofrecen análisis técnico detallado de la ejecución ni recomendaciones automáticas.

SwimVision, por su parte, elimina barreras de acceso y reduce los costos asociados, ofreciendo una herramienta más inclusiva y accesible para atletas de diferentes niveles y recursos.

Con estas virtudes del análisis técnico, la aplicación apunta a transformar la manera en que nadadores y entrenadores interactúan con los datos y mejoran el rendimiento, ampliando las oportunidades de desarrollo en el ámbito de la natación competitiva y recreativa.

2.3. User Research

El desarrollo de una aplicación móvil orientada a la mejora técnica en natación requiere una comprensión profunda de las necesidades, hábitos y expectativas de sus potenciales usuarios. En este contexto, se llevó a cabo un proceso de *user research* cualitativo centrado en entrevistas individuales a actores clave involucrados en la práctica y gestión de la natación en el club “Aguas Abiertas”, ubicado en Monte Grande, Buenos Aires.

El objetivo principal de esta etapa fue relevar información relevante desde la perspectiva de los distintos perfiles de usuario, a fin de fundamentar las decisiones de diseño funcional y validar la pertinencia de la propuesta tecnológica en un entorno real. Se entrevistaron a cuatro personas con distintos roles y trayectorias:

- Juan Juárez, coordinador general de la pileta y referente institucional.
- Jerónimo Balaguer, entrenador del pre-equipo de natación.
- Valentín Traver, nadador adolescente en etapa formativa y competitiva.

- Facundo Niikado, nadador federado máster con experiencia previa como entrenador.

Las entrevistas se orientaron al análisis de un contexto concreto de uso y no a la obtención de resultados estadísticamente generalizables. En investigación cualitativa, el valor del muestreo está dado por la diversidad de los perfiles seleccionados y por la profundidad de la información relevada (Hernández Sampieri *et al.*, 2014).

Cada entrevista fue realizada de forma presencial entre los días 26, 27, y 28 de mayo de 2025. Las preguntas abordaron temas vinculados a la práctica del entrenamiento, la importancia de la técnica, el uso de tecnología en el deporte, y la percepción y expectativas respecto a una aplicación que utilice visión por computadora para detectar errores técnicos en el nado.

Si bien el club “Aguas Abiertas” se inscribe dentro del ámbito barrial, los perfiles entrevistados participan o han participado activamente en la natación federada, tanto desde el entrenamiento competitivo como desde la gestión y la formación técnica. Además, varios de los entrevistados cuentan con experiencia previa en otros clubes y contextos de entrenamiento, lo que les permite aportar una visión comparativa basada en prácticas observadas fuera del ámbito institucional específico. Las dinámicas de trabajo, los volúmenes de entrenamiento y los errores técnicos mencionados durante las entrevistas se corresponden con prácticas habituales en el deporte federado, donde la técnica y la eficiencia biomecánica constituyen ejes centrales del rendimiento.

Este enfoque cualitativo buscó obtener datos en profundidad, basados en la experiencia real de los usuarios, y no simplemente validar supuestos. La información obtenida resultó útil para identificar requerimientos funcionales, validar la propuesta de valor de la aplicación y comprender los desafíos técnicos y pedagógicos de su implementación en el ámbito deportivo amateur y semi-profesional.

2.3.1. Entrevista a Juan Juarez

Con el objetivo de comprender la viabilidad institucional y el impacto potencial de la aplicación en el entorno real de entrenamiento, se realizó una entrevista semiestructurada a

Juan Juárez, coordinador general de la pileta “Aguas Abiertas”, ubicada en el Club Atlético Monte Grande. La entrevista fue llevada a cabo de forma presencial el 28 de mayo de 2025 y tuvo una duración aproximada de 22 minutos.

Juan, junto con otros socios, se encuentra a cargo de la concesión de la pileta desde el año 2007. En la actualidad, Aguas Abiertas ofrece servicios de enseñanza de natación, gimnasia acuática, entrenamiento competitivo y actividades recreativas tanto para niños como para adultos. Según sus propias palabras, la pileta “ofrece un lugar donde uno encuentra pertenencia”, destacando el componente social y emocional que caracteriza al espacio.

Respecto al equipo de natación, el entrevistado señaló que está conformado por nadadores de diferentes niveles y edades, desde etapas pre-infantiles hasta juveniles federados. El club estructura el entrenamiento competitivo en función de objetivos de “tiempo y marca”, trabajando con cargas semanales que pueden variar entre 45 y 90 kilómetros, dependiendo del momento del semestre. Además, remarcó la importancia del volumen y la cadencia en el entrenamiento técnico, expresando que “la natación mantiene una cadencia cuando está bien hecha que es exacta, [...] eso es nadar bien”.

En relación con su rol institucional, Juan se define como un coordinador general que actúa desde un lugar transversal, articulando tareas de gestión, supervisión y acompañamiento técnico. Describió su rol como un “control de calidad” que interviene cuando detecta desajustes en la dinámica general de la pileta.

En cuanto a la evaluación técnica de los nadadores, explicó que esta se realiza a través de un enfoque mixto que combina la experiencia visual (“retina gorda”) con el análisis de estadísticas, gráficos y observaciones sensoriomotrices. Si bien mencionó que en el pasado se han utilizado grabaciones para el análisis técnico, señaló que no cuentan con programas biomecánicos específicos, y que el análisis se realiza de forma empírica.

Consultado sobre la aplicación propuesta, Juan manifestó una postura sumamente receptiva hacia la incorporación de tecnología, y destacó que la diferencia entre el alto rendimiento internacional y el deporte amateur local no reside en el talento, sino en la falta de estructura. En este sentido, valoró especialmente el aporte potencial de herramientas

biomecánicas y de inteligencia artificial para mejorar la técnica, particularmente en la fase de tracción, propulsión y orientación de los apoyos.

Además, afirmó que “el sueño para un técnico siempre es tener un campeón y solos sabemos que no podemos”, subrayando la necesidad de un enfoque interdisciplinario que complemente el trabajo técnico con medicina del deporte, biomecánica y tecnología aplicada.

Por último, expresó interés en participar de futuras pruebas piloto de la aplicación, considerándola una oportunidad concreta de mejora para la institución: “¿Queremos una aplicación que nos ayude? Sí, sí, siempre”.

2.3.2. Entrevista a Jerónimo Balaguer

En el marco del relevamiento cualitativo, se realizó una entrevista a Jerónimo Balaguer, entrenador del pre-equipo del club de natación “Aguas Abiertas”. La entrevista se llevó a cabo el 27 de mayo de 2025, de manera presencial en las instalaciones del club, con una duración de aproximadamente 15 minutos.

Jerónimo, de 25 años, se desempeña como entrenador desde hace más de dos años, tras haber sido convocado inicialmente por su propio desempeño como docente de natación en clases recreativas. Actualmente, trabaja junto a otro entrenador en la formación técnica de nadadores de entre 6 y 12 años, en una etapa que él define como "iniciación al medio", en la cual se enseña la base técnica de los cuatro estilos, así como también partidas, vueltas y subacuáticos.

El entrevistado explicó que el grupo a su cargo entrena todos los días durante una hora y media, con el objetivo de desarrollar una base aeróbica sólida. Señaló que, si bien el pre-equipo aún no está federado, sus integrantes participan en competencias y progresan hacia categorías más avanzadas en función de su evolución técnica.

Respecto a la enseñanza técnica, destacó que el estilo crol es el más importante en las etapas formativas, debido a que “la mayoría del volumen de nado se realiza en crol”, y que los errores más comunes incluyen “la patada de rodilla tipo bicicleta, la respiración tardía, una brazada corta y la falta de alineación en la extensión del brazo”.

Actualmente, la corrección técnica se realiza mayoritariamente “a ojo”, aunque en algunas ocasiones se graban videos para analizar partidas y vueltas. En relación a esta práctica,

Jerónimo remarcó la importancia de poder contrastar lo que el nadador siente con lo que realmente ocurre en el agua: “la noción del cuerpo que uno tiene es diferente a la que siente muchas veces”.

Consultado sobre la posible utilidad de una aplicación de análisis automático basada en video, el entrenador expresó un fuerte interés y afirmó que “la natación tiene mucho de ángulos, de posición, y es importantísimo”. Sugirió que la app debería analizar planos laterales, frontales y aéreos, e interpretar ángulos relevantes como el de la patada (cadera-rodilla-pie), la fase de agarre, y la alineación de hombros, cabeza y espalda, especialmente en los estilos como pecho y crol.

En cuanto a su uso práctico, Jerónimo indicó que utilizaría la aplicación grabando a sus nadadores con una cámara tipo GoPro, realizaría el análisis fuera del horario de entrenamiento y luego volvería con observaciones específicas para trabajar en técnica y drills durante la semana. Además, propuso como funcionalidad adicional la posibilidad de hacer comparativas visuales entre la técnica actual del nadador y una técnica ideal, destacando el valor de “la dualidad de lo que estamos haciendo mal y lo que queremos hacer bien”.

Finalmente, expresó su disposición a participar en pruebas piloto, valorando positivamente el desarrollo de herramientas tecnológicas aplicadas al entrenamiento técnico en natación.

2.3.3. Entrevista a Valentin Traver

Como parte del proceso de investigación de campo, se realizó una entrevista a Valentin Traver, nadador de 17 años que entrena actualmente en el club de natación “Aguas Abiertas” y compite representando a dicha institución. La entrevista fue llevada a cabo el 26 de mayo de 2025, de forma presencial en las instalaciones del club.

Valentin nada desde temprana edad, habiendo iniciado su vinculación con la natación a través de clases junto a su madre en la infancia. Si bien su trayectoria en el agua comenzó desde pequeño, compite de manera regular desde hace aproximadamente tres a cuatro años. En la actualidad, entrena todos los días durante dos horas, sumando además sesiones de gimnasio tres veces por semana, lo que le permite acumular cerca de 20 horas de trabajo físico

semanal. Su principal objetivo deportivo es mejorar sus marcas personales, especialmente en el estilo mariposa, que considera su especialidad, aunque reconoce la importancia del crol como base técnica fundamental para todos los estilos.

Durante la entrevista, destacó la relevancia de la técnica como eje del rendimiento. Según sus palabras, “la técnica es lo más importante porque es cómo administrás tu energía para poder avanzar efectivamente gastando menos”. Explicó que suele detectar errores técnicos principalmente por indicación del entrenador o a través de sensaciones físicas, como un cansancio excesivo que no se corresponde con el esfuerzo realizado.

En relación a las devoluciones técnicas que recibe, relató que su entrenador en etapas anteriores solía brindar correcciones detalladas, incluyendo explicación verbal, ejercicios específicos (drills) y, en algunas ocasiones, el uso de grabaciones en video para señalar errores. Sobre esta experiencia señaló: “la vez que me grabaron me resultó muy útil, porque ves dónde está el error, que capaz nadando no lo encontrás porque estás concentrado en otra cosa”.

Respecto a los errores técnicos más frecuentes en el estilo crol, identificó dos aspectos claves: el subacuático, que según él suele descuidarse en los entrenamientos a pesar de su importancia estratégica, y la respiración, tanto en su frecuencia como en la técnica empleada. Según Valentín, “un buen subacuático puede llegar a remontar una carrera”.

En cuanto al uso de tecnología, mencionó que no utiliza aplicaciones específicas para mejorar su técnica, aunque ocasionalmente toma ideas de videos vistos en redes sociales. Mostró un fuerte interés por la idea de una aplicación capaz de detectar errores técnicos a partir de un video, considerándola “muy útil para corregir en los entrenamientos lo más rápido posible”.

Al ser consultado sobre cómo debería presentarse el feedback técnico en una app, propuso una organización por estilo y por componentes específicos (por ejemplo, “patada de pecho” dentro del estilo pecho), acompañada de videos técnicos validados y ejercicios recomendados. También sugirió incluir una sección básica de orientación nutricional: “no una dieta bien específica, pero más o menos qué comer y qué no [...] la alimentación es muy importante, no solo es entrenar”.

Finalmente, expresó su disposición a probar la aplicación una vez desarrollada, motivado por la posibilidad de mejorar su rendimiento técnico y bajar sus tiempos de competencia.

2.3.4. Entrevista a Facundo Niikada

Con el objetivo de relevar necesidades y opiniones de perfiles avanzados en la práctica de la natación, se realizó una entrevista a Facundo Niikado, nadador de 34 años con amplia trayectoria competitiva. La conversación se desarrolló de forma presencial el 28 de mayo de 2025, en el club “Aguas Abiertas” (Monte Grande), con una modalidad libre y conversacional.

Facundo comenzó a nadar desde niño y se federó por primera vez a los 13 años, manteniendo actividad competitiva continua durante diez años. En ese período entrenó seis veces por semana, combinando sesiones de agua con gimnasio. Luego, tras formarse como entrenador en el CeNARD, trabajó a cargo de equipos promocionales y juveniles, y más adelante retomó su carrera como nadador en categoría máster. Actualmente representa al club Sport Club Congreso y compite regularmente en el circuito máster metropolitano, además de trabajar en el área de sistemas como DBA.

Durante la entrevista, remarcó en múltiples momentos la importancia de la técnica como base del rendimiento, tanto en el nivel formativo como competitivo. Según explicó, muchos nadadores priorizan la velocidad antes de consolidar un gesto técnico correcto, lo que genera “errores que después cuesta más corregir”. En su experiencia como entrenador, adoptó un enfoque que prioriza la memorización técnica antes de aumentar la velocidad: “primero aprendan el gesto técnico, naden lento, y después eso lo pasan a la velocidad”.

Sobre el estilo crol, identificó errores frecuentes como la cabeza elevada, falta de alineación corporal, escasa rotación y coordinación deficiente entre brazos. Destacó que estos errores afectan la eficiencia y aumentan el gasto energético, especialmente en distancias más largas.

Facundo también aportó una mirada crítica y constructiva sobre el uso de tecnología en el entrenamiento. Señaló que durante sus años como entrenador utilizaba grabaciones de video, incluso con recursos limitados, para analizar y corregir técnica. Subrayó

que “una cosa es sentir lo que uno hace, y otra es verse y entenderlo desde afuera”. Considera que, en Argentina, el uso de herramientas biomecánicas y análisis visual aún se encuentra en desarrollo, aunque observa un avance reciente, especialmente a nivel nacional.

Al ser consultado sobre la aplicación propuesta, expresó un fuerte interés en utilizarla, tanto como nadador como desde su experiencia como entrenador. Consideró fundamental que el sistema no solo detecte errores, sino que también brinde sugerencias correctivas concretas: “si la app te dice que la brazada de pecho es muy abierta, estaría bueno que te proponga uno o dos ejercicios para corregir eso”.

Además, propuso la posibilidad futura de incorporar una función que permita al usuario grabarse realizando un ejercicio técnico (drill) y recibir retroalimentación sobre su correcta ejecución. Reconoció que esto podría ser complejo, pero valoró su potencial en etapas más avanzadas del desarrollo.

La entrevista a Facundo permitió recoger una perspectiva integral que combina la experiencia del nadador de alto rendimiento con la del entrenador y usuario tecnológicamente competente. Su validación del proyecto refuerza la pertinencia de desarrollar una aplicación que apunte a la corrección técnica automatizada, con enfoque pedagógico, precisión visual y posibilidades de evolución futura.

3. Descripción

SwimVision es una aplicación móvil diseñada para ayudar a nadadores de alto rendimiento a mejorar su técnica mediante el análisis automatizado de videos. A través de tecnologías de *computer vision* y *machine learning*, la aplicación detecta los movimientos corporales del atleta, identifica posibles errores técnicos y genera sugerencias personalizadas orientadas a la optimización del desempeño. De esta manera, ofrece una alternativa digital complementaria al entrenamiento tradicional, permitiendo un análisis objetivo y accesible sin requerir equipamiento especializado.

La solución propuesta busca responder a la necesidad de los deportistas de contar con una herramienta portátil, rápida y precisa que facilite el seguimiento de su progreso técnico. SwimVision combina la captura o carga de videos, el procesamiento automático de los mismos y la presentación de resultados en una interfaz intuitiva y en español. Su diseño prioriza la facilidad de uso y la compatibilidad multiplataforma, garantizando que los nadadores puedan acceder al análisis de su rendimiento desde cualquier dispositivo móvil (tanto Android como iOS).

La presente sección expone de manera detallada los aspectos técnicos y de diseño que conforman el sistema propuesto. Se describen los requerimientos funcionales y no funcionales, los modelos arquitectónicos que representan la estructura del software, y el pipeline de desarrollo del modelo de machine learning. También se incluyen los elementos vinculados a la interfaz de usuario, la identidad visual y las tecnologías seleccionadas, con el objetivo de brindar una visión integral del funcionamiento y la implementación de la aplicación.

3.1. Requerimientos

Para el desarrollo de la aplicación SwimVision es de suma importancia determinar cuáles son los requerimientos funcionales y no funcionales para establecer las bases de su implementación. Estos requerimientos describen las funcionalidades y propiedades que el sistema debe incorporar para dar respuesta a las necesidades de aquellos nadadores que buscan mejorar su técnica de nado, basándose en el análisis mecánico que lleva a cabo la aplicación.

3.1.1. Requerimientos Funcionales

- El sistema debe permitir a los usuarios grabar un video directamente desde la aplicación o cargar un archivo previamente almacenado en la galería del celular. Esta funcionalidad ofrece flexibilidad, ya que el nadador puede registrar su técnica en el momento o utilizar grabaciones realizadas por un entrenador o acompañante. Ejemplos de uso: un nadador juvenil graba su brazada de crol desde la app. Otro usuario carga un video tomado con una cámara externa.
- La aplicación debe identificar automáticamente los puntos clave del cuerpo humano utilizando el modelo MediaPipe, procesando los fotogramas del video subido.
- El sistema debe aplicar un modelo de *machine learning* entrenado para identificar errores técnicos frecuentes en los estilos crol, espalda y mariposa. El valor agregado está en que brinda retroalimentación objetiva y automatizada, reduciendo la dependencia exclusiva de un entrenador presencial. Ejemplo de error detectado: “Recuperación de brazada demasiado abierta en el estilo crol”.
- La aplicación debe permitir la creación y administración de perfiles personales para nadadores. Cada usuario podrá guardar sus análisis previos. Dato guardado mínimo: nombre, correo electrónico, contraseña, metas, foto de perfil.
- El sistema debe guardar los análisis realizados y permitir su consulta posterior para comparar la evolución técnica. Facilita el seguimiento del progreso y la planificación de entrenamientos. Ejemplo de interfaz: un historial con fecha, estilo analizado y errores detectados.
- La aplicación debe presentar una interfaz clara, en español y orientada a la simplicidad. El público objetivo inicial son nadadores argentinos. No debe haber barreras tecnológicas.

3.1.2. Requerimientos No Funcionales

- La aplicación debe procesar un video estándar (30 segundos en calidad 1080p) en menos de 60 segundos en un dispositivo móvil de gama media. Criterio de

aceptación: En pruebas piloto, al menos el 90% de los análisis deben completarse dentro del tiempo estipulado.

- El sistema debe ser compatible con dispositivos Android e iOS. Ejemplo: un nadador con iPhone 13 y otro con Samsung A52 deben poder utilizar la aplicación sin diferencias críticas de rendimiento.
- El sistema debe estar diseñado para permitir actualizaciones modulares, de forma que se puedan agregar nuevos estilos de nado o métricas sin reestructurar toda la aplicación. Ejemplo: poder actualizar a un nuevo modelo de ML para detectar también errores en estilo pecho sin alterar el módulo de interfaz.

3.2. Diagrama conceptual del sistema

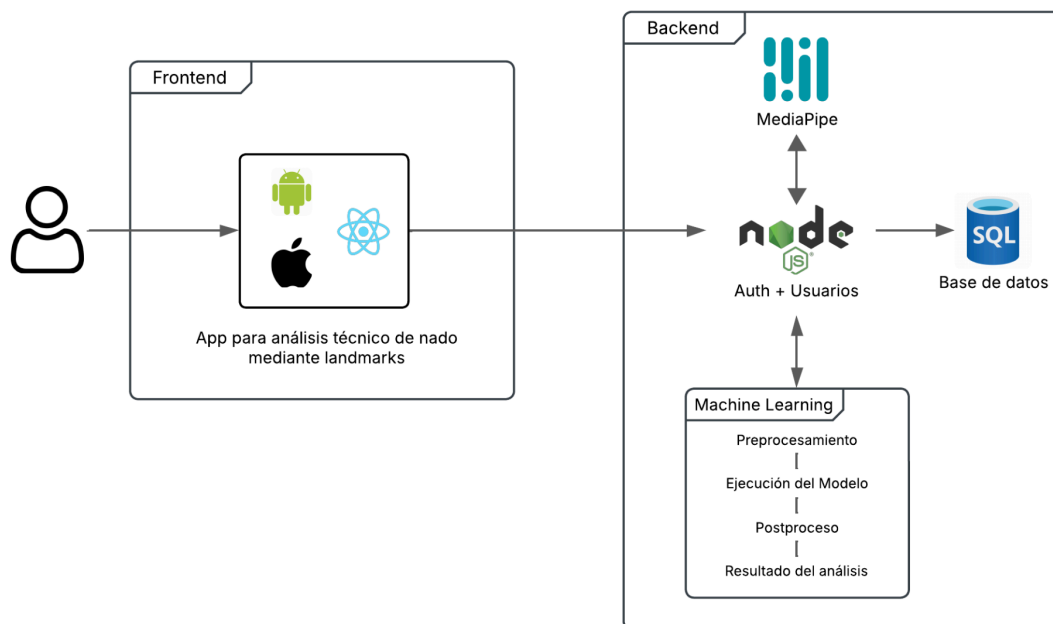


Figura 10: diagrama conceptual del sistema. (Elaboración propia).

Dentro de la arquitectura conceptual de la aplicación para análisis técnico de nado, ilustrada en la Figura 10, se distinguen los componentes que conforman la rama de producción,

orientada a brindar el servicio final a los usuarios. En este entorno, la aplicación móvil multiplataforma desarrollada con React Native y Expo constituye el punto de acceso principal, permitiendo al nadador grabar o cargar un video para su análisis.

Los datos recolectados en el frontend son enviados al backend implementado en Node.js, que actúa como núcleo coordinador de la aplicación. Este servicio no solo administra la autenticación y la gestión de usuarios, sino que además orquesta la comunicación con el microservicio de Machine Learning, explicado en detalle en la sección 3.4, encargado de llevar adelante las etapas de preprocesamiento, ejecución del modelo previamente entrenado y postprocesamiento de los resultados. El backend, en este sentido, funciona como capa de enlace entre la interacción del usuario y los procesos computacionales asociados al modelo.

La información resultante de los análisis, junto con los datos de usuario, se almacena en una base de datos relacional SQL. De esta forma se asegura la persistencia y disponibilidad de los historiales de análisis, posibilitando que cada nadador acceda a sus registros previos y comparaciones en sesiones futuras.

Este concepto de arquitectura fue diseñado con un enfoque modular pensado para favorecer la escalabilidad y la integración de nuevas funcionalidades. Basado en el uso de tecnologías diferenciadas para cada necesidad (frameworks móviles para la interfaz, Node.js para la lógica de negocio y SQL para la persistencia), permite aislar responsabilidades y garantizar que el sistema pueda evolucionar sin comprometer la experiencia del usuario final.

3.3. Modelo C4 de arquitectura del sistema

El modelo C4 es particularmente útil para representar la arquitectura del sistema de forma clara, pasando desde una visión general del contexto hasta los detalles de los componentes internos. Esta metodología permite descomponer la aplicación en distintos niveles de abstracción, lo cual facilita no solo el diseño, sino también la documentación técnica. En el caso de SwimVision, esto es fundamental para reflejar cómo interactúan el usuario, la aplicación móvil, los distintos servicios y los módulos responsables del procesamiento y análisis técnico. El enfoque de jerarquías del modelo C4 permite comunicar la arquitectura tanto a perfiles técnicos

como no técnicos, lo cual aporta gran valor en proyectos académicos o de este tipo, donde intervienen distintos actores (Brown, 2025).

3.3.1. Diagrama de contexto



Figura 11: diagrama de contexto. (Elaboración propia).

El diagrama de contexto (nivel C1), brinda una visión general del sistema en su entorno más inmediato. En este diagrama se representa el sistema SwimVision como un único bloque, evidenciando claramente quiénes interactúan con él y desde qué otros sistemas externos se reciben o a los que se envían datos, como el sistema de autenticación. Esta representación es de utilidad para entender el propósito global del sistema y mostrar sus límites, sin entrar en detalles técnicos internos.

3.3.2. Diagrama de contenedores

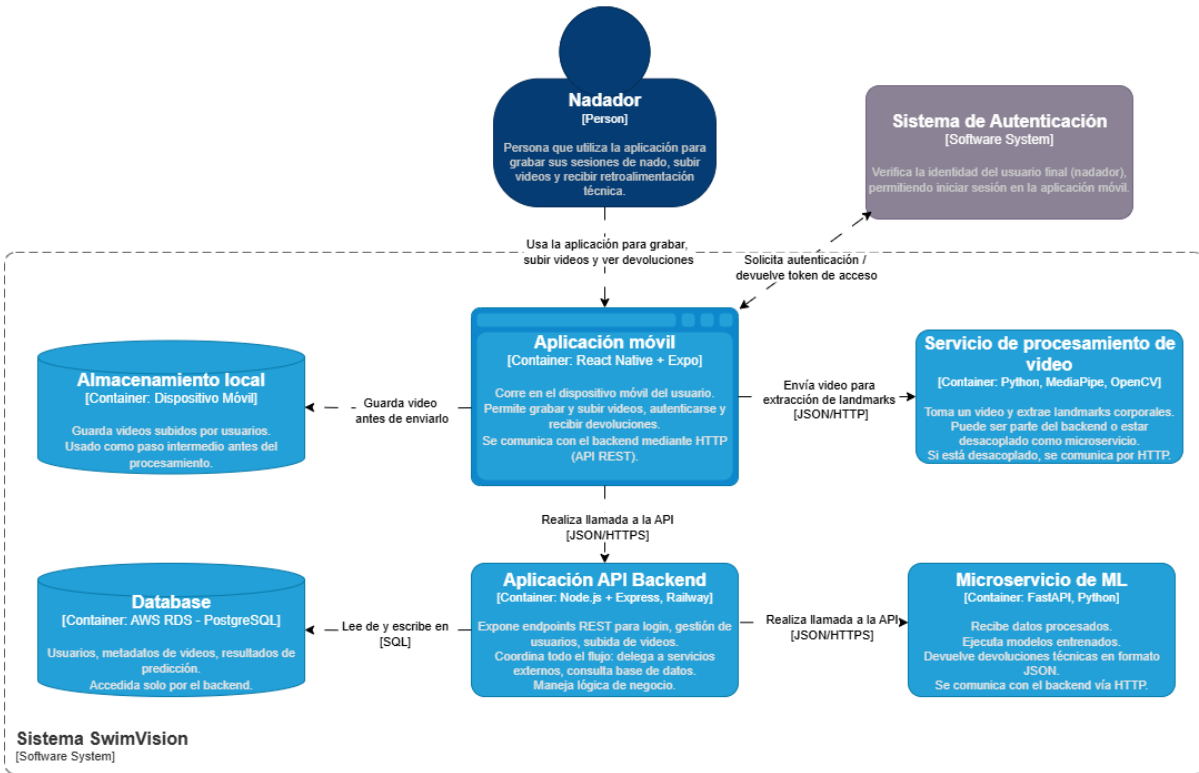


Figura 12: diagrama de contenedores. (Elaboración propia).

El diagrama de contenedores (nivel C2) descompone al sistema SwimVision en sus principales partes ejecutables y de almacenamiento, mostrando cómo se organizan. En esta representación se destacan los distintos contenedores que componen la solución, como la aplicación móvil, el backend, la base de datos o los servicios de procesamiento, junto con sus relaciones y flujos de información. El objetivo de este nivel es aportar una visión más detallada que la del contexto general, permitiendo comprender qué elementos forman parte de la arquitectura y cómo se distribuyen las responsabilidades entre ellos. A partir del entendimiento de estos contenedores, se facilita el entendimiento del diseño que hay por detrás de todo el sistema, y la comunicación de la estructura técnica a los distintos actores del proyecto.

3.3.3. Diagrama de componentes

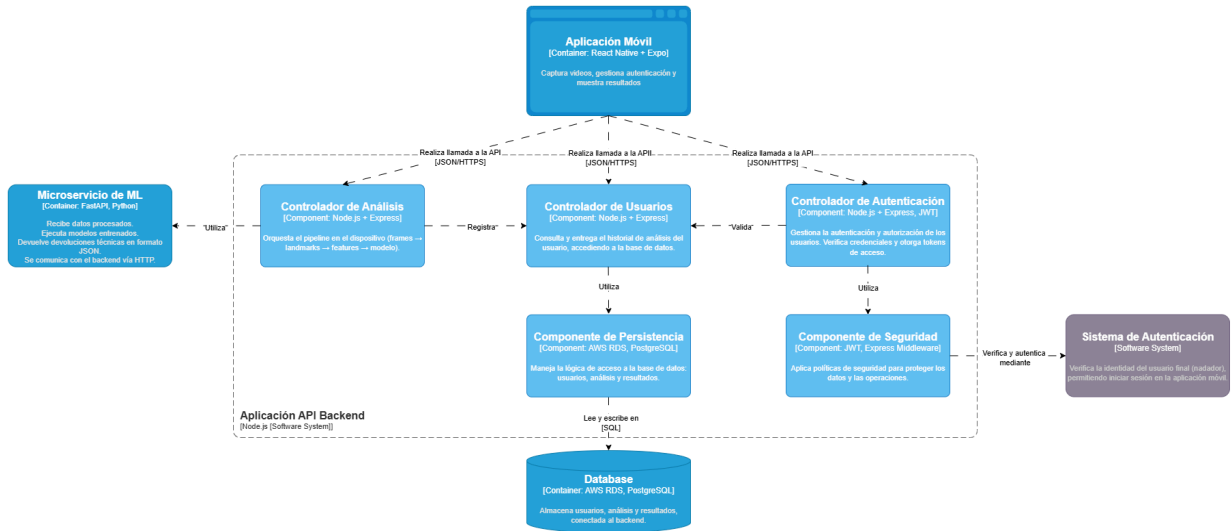


Figura 13: diagrama de componentes. (Elaboración propia).

El diagrama de componentes (nivel C3) permite detallar la organización interna de los principales componentes del sistema, en este caso el backend de la aplicación. En él se representan los controladores y módulos que dan soporte a las distintas funcionalidades, como el análisis de los videos cargados por los usuarios, la gestión de cuentas y autenticación, y la interacción con la base de datos. Se incluyen y se consideran también a los componentes transversales, como los encargados de la persistencia y la seguridad, que garantizan la correcta gestión de los datos y la protección de las operaciones. Con este nivel de detalle se busca entender cómo se distribuyen las responsabilidades dentro del backend, de qué manera se comunican los distintos módulos entre ellos, y su vez con los servicios externos..

3.4. Diagrama de arquitectura en la nube

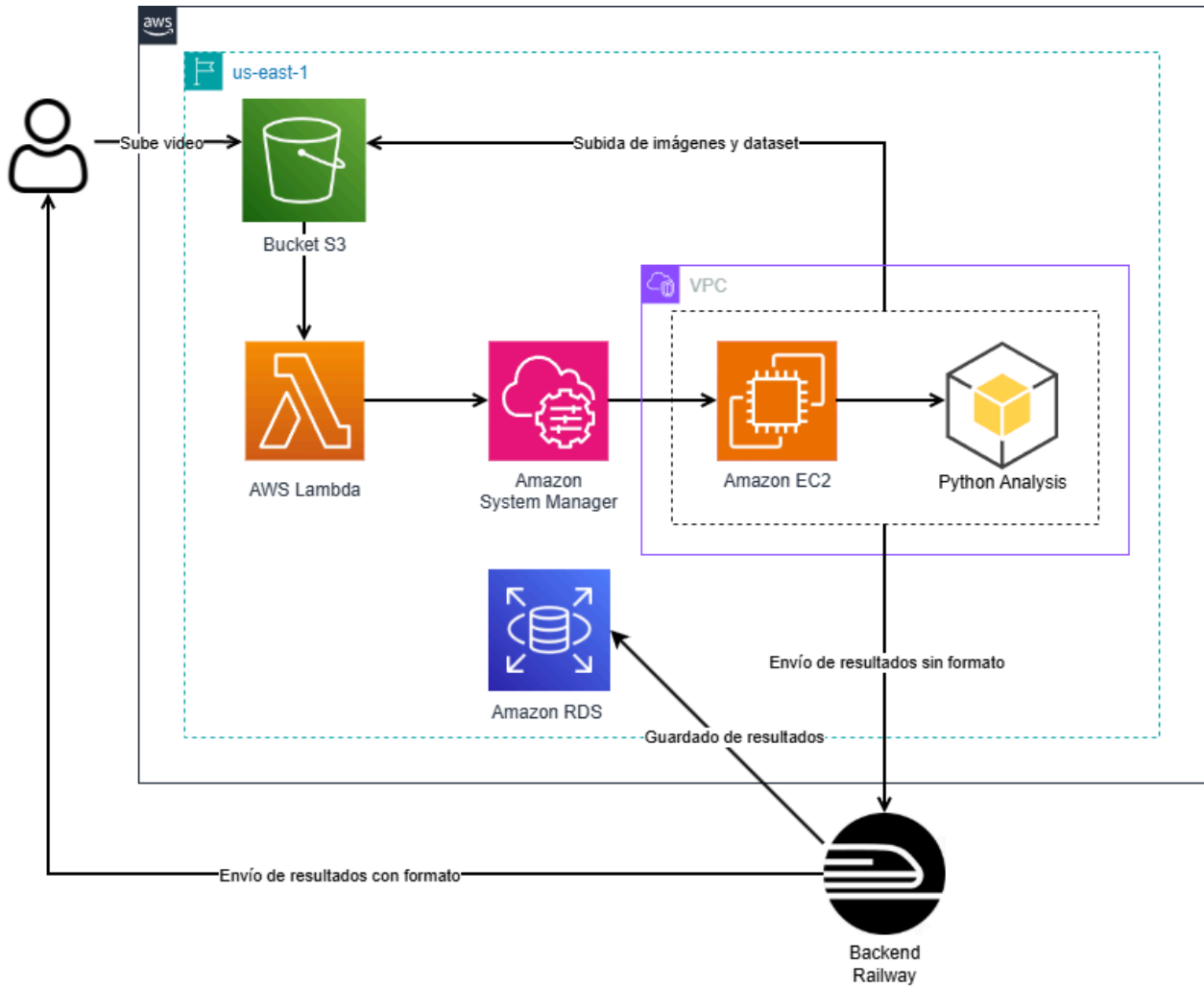


Figura 14: diagrama de arquitectura en la nube. (Elaboración propia).

Este esquema representa la arquitectura en la nube implementada para el procesamiento automático de videos en la aplicación SwimVision. El proceso comienza cuando el usuario sube un video desde la aplicación móvil, el cual es enviado a un bucket de Amazon S3 mediante una llamada controlada por el backend. Esta acción desencadena un evento en la nube que activa una función AWS Lambda, diseñada para orquestar el inicio del análisis del video.

La función Lambda tiene como propósito iniciar de forma remota el proceso de análisis en una instancia Amazon EC2, sin necesidad de establecer una conexión directa. Para ello, utiliza el servicio AWS Systems Manager, al que envía una instrucción mediante la operación *send_command* del cliente SSM de *boto3*. Dicha instrucción ejecuta el documento de automatización *AWS-RunShellScript*, el cual lanza el script *swimpose.py* dentro de la instancia EC2, pasando como parámetro el nombre del video detectado en el evento de subida al bucket S3. De esta forma, el análisis del video se desencadena automáticamente al completarse la carga, manteniendo un flujo controlado, seguro y escalable.

Una vez iniciada la instancia y ejecutado el script, se realiza el análisis del video mediante técnicas de visión por computadora, utilizando las librerías MediaPipe y OpenCV, con el objetivo de identificar características del movimiento del cuerpo del nadador. A partir de este procesamiento se genera un archivo CSV que contiene los datos extraídos del video, reflejando ángulos, fases de movimiento y otras métricas técnicas.

Tanto el archivo CSV como los resultados intermedios del análisis son enviados nuevamente al bucket de S3, desde donde el backend (implementado en Railway) recupera la información y la asocia con el usuario correspondiente. Posteriormente, los datos son almacenados en una base de datos Amazon RDS, lo que permite mantener un historial persistente de los análisis realizados.

3.5. Pipeline de desarrollo del modelo de Machine Learning

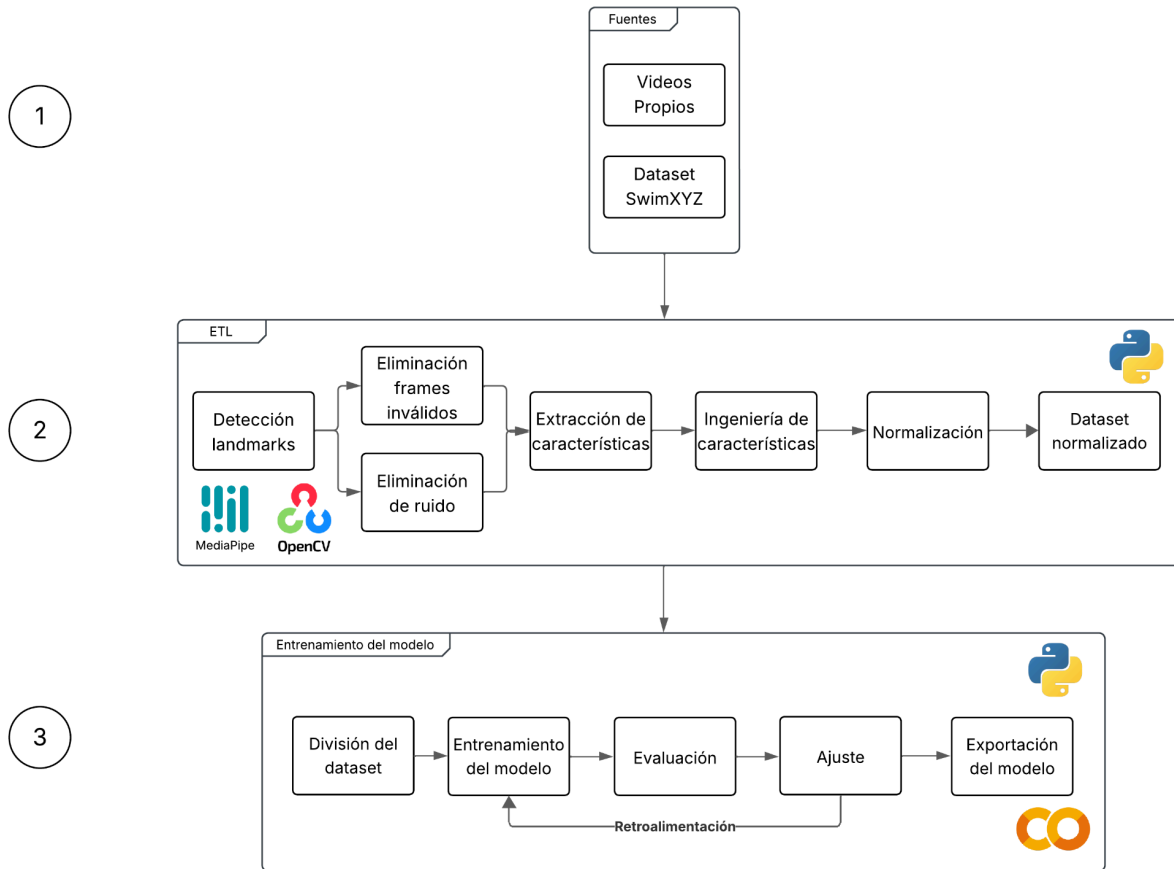


Figura 15: pipeline de desarrollo del modelo de Machine Learning. (Elaboración propia).

Dentro de la arquitectura conceptual del pipeline de desarrollo del modelo de Machine Learning, representada en la Figura 15, se distinguen tres etapas principales: las fuentes de datos, el proceso de transformación y limpieza (ETL), y el entrenamiento del modelo.

Para las fuentes se contempla la recolección de videos propios y la incorporación de un dataset externo (SwimXYZ, 2023), los cuales constituyen la base para el posterior análisis. A continuación, en la etapa de ETL se lleva a cabo la detección de landmarks corporales, la eliminación de frames inválidos y de ruido, y la extracción e ingeniería de características

utilizando librerías como OpenCV. Estos procesos concluyen con la normalización de los datos, generando un dataset estructurado y apto para entrenamiento.

En la etapa de entrenamiento, el modelo comprende la división del dataset en subconjuntos, la ejecución de distintas muestras para el entrenamiento, y la evaluación y ajuste de los resultados. Una vez optimizado y validado, el modelo seleccionado es exportado para finalmente integrarse a la aplicación y estar disponible para procesar las solicitudes que lleguen desde la misma.

La principal finalidad de esta rama del pipeline es la experimentación con datos y algoritmos de aprendizaje automático, asegurando que el modelo resultante sea confiable y pueda generalizar correctamente a nuevos videos.

3.5.1. Fuentes de datos

El pipeline de desarrollo del modelo de Machine Learning comienza con la definición de las fuentes de datos, que son la base para el resto del proceso. En este caso se utilizan dos orígenes: videos propios obtenidos en condiciones reales y el dataset externo (SwimXYZ, 2023).

El dataset SwimXYZ aporta un gran volumen de datos sintéticos con posturas bien definidas, que sirven como referencia consistente. La combinación de estas dos fuentes busca lograr un balance entre calidad y diversidad, lo que resulta fundamental para mejorar la capacidad de generalización del modelo y evitar problemas como el sobreajuste.



Figura 16: frame del dataset sintético SwimXYZ con detección de *landmarks*, estilo crol.

Por su parte, los videos propios permiten contar con ejemplos de situaciones donde la técnica de nado no siempre es correcta, lo que ayuda a que el modelo pueda entrenarse con casos más variados y cercanos a lo que ocurrirá en la práctica.

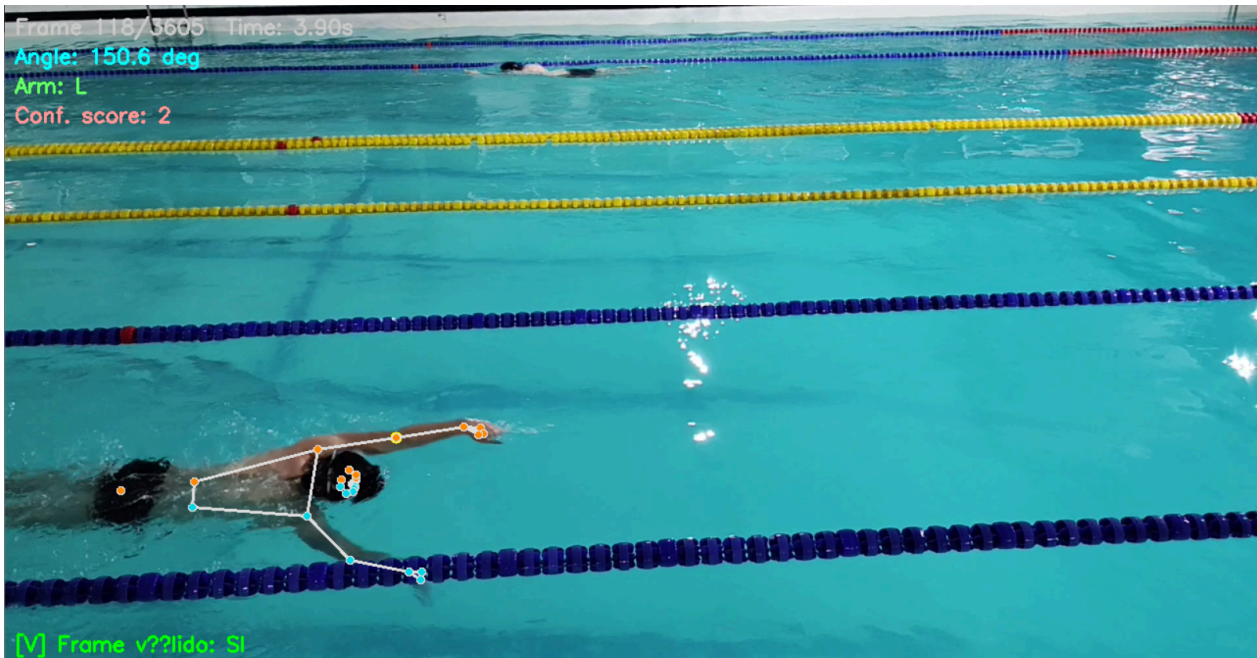


Figura 17: frame de un video propio con detección de *landmarks*.

3.5.2. ETL

La etapa de Extracción, Transformación y Carga (ETL) constituye un componente esencial dentro del pipeline de desarrollo del modelo de *machine learning*. Su función principal es convertir la información visual cruda proveniente de los videos en un conjunto de datos estructurado y cuantitativo, apto para ser procesado por los algoritmos de aprendizaje automático. Esta transformación garantiza coherencia, escalabilidad y trazabilidad en el flujo completo de desarrollo del modelo.

La lectura y manipulación de los videos se realiza mediante OpenCV, que permite acceder a propiedades como la tasa de cuadros por segundo (FPS), la duración total y la posición temporal de cada fotograma.

Cada *landmark* detectado incluye además un valor de visibilidad, que expresa el grado de confianza del modelo en esa detección. Solo se consideran válidos aquellos cuadros donde las visibilidades promedio superan un umbral mínimo (por ejemplo, 0.7), a fin de descartar ruido o oclusiones frecuentes en entornos acuáticos.

Una vez obtenidos los puntos anatómicos, se aplica la etapa de transformación, en la cual se generan las características (features) que servirán de entrada para el modelo.

Entre las más relevantes se encuentran los ángulos articulares en 3D. Se calculan utilizando el producto punto entre vectores adyacentes, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\theta = \arccos\left(\frac{\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2}{\|\vec{v}_1\| \|\vec{v}_2\|}\right) \quad (1)$$

Donde \vec{v}_1 y \vec{v}_2 son los vectores formados por las posiciones de tres puntos anatómicos consecutivos (por ejemplo, hombro–codo–muñeca o cadera–rodilla–tobillo). Este cálculo permite representar el movimiento articular de forma independiente de la escala o del tamaño del nadador.

También se incluyen distancias y relaciones métricas, obtenidas como la norma euclidiana entre dos puntos en el espacio tridimensional:

$$d = \|\vec{p}_i - \vec{p}_j\| = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2} \quad (2)$$

Estas distancias, al estar normalizadas, permiten comparar posiciones y amplitudes de movimiento entre diferentes videos sin depender de la resolución de la cámara o de la distancia al plano de filmación.

Además de las medidas geométricas, se incluyen derivadas temporales, como la velocidad y la aceleración angular, con el objetivo de capturar la dinámica del movimiento a lo largo del tiempo. La velocidad angular se obtiene como la variación del ángulo articular entre dos instantes consecutivos:

$$\omega_t = \frac{\theta_t - \theta_{t-1}}{\Delta t} \quad (3)$$

Donde θ_t representa el ángulo en el instante actual y Δt el intervalo de tiempo entre cuadros consecutivos del video.

De forma análoga, la aceleración angular puede expresarse como:

$$\alpha_t = \frac{\omega_t - \omega_{t-1}}{\Delta t} \quad (4)$$

Estas variables derivadas permiten incorporar información sobre la fluidez y la estabilidad del movimiento, características relevantes para la detección de desviaciones técnicas o irregularidades en la ejecución del nado.

3.5.3. Entrenamiento del modelo

Una vez obtenido el conjunto de datos estructurado mediante el proceso ETL, se lleva a cabo la etapa de entrenamiento del modelo de *machine learning*, cuyo objetivo es aprender patrones a partir de las variables extraídas que permitan identificar comportamientos o desviaciones técnicas en los movimientos de nado.

El proceso se implementó en Python, utilizando el entorno Google Colab y las bibliotecas pandas, NumPy, Matplotlib, Seaborn y Scikit-learn. Se seleccionó Python por su amplia adopción en el ámbito científico y de machine learning, además de su compatibilidad con múltiples entornos y librerías especializadas. Las bibliotecas pandas, NumPy, Matplotlib, Seaborn y Scikit-learn fueron elegidas por ofrecer un ecosistema consolidado y eficiente para el procesamiento, análisis y modelado de datos. Estas herramientas permiten realizar desde la carga y preprocesamiento de datos hasta la construcción, evaluación y visualización de resultados del modelo.

El dataset final se dividió en dos subconjuntos: entrenamiento (80%) y prueba (20%), siguiendo una separación aleatoria reproducible con semilla fija. Este enfoque permite estimar la capacidad de generalización del modelo frente a datos no vistos.

Elegimos usar Random Forest Classifier, un algoritmo de tipo ensamble que combina múltiples árboles de decisión para mejorar la estabilidad y precisión del modelo (Breiman, 2001). Cada árbol aprende de una muestra aleatoria del conjunto de entrenamiento (bagging), y la predicción final surge del voto mayoritario de todos los árboles.

El modelo se entrena maximizando la exactitud sobre el conjunto de entrenamiento, lo que puede expresarse formalmente como:

$$Accuracy = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I(\hat{y}_i = y_i) \tag{5}$$

Donde N representa la cantidad total de ejemplos, y_i es la etiqueta real e \hat{y}_i la etiqueta predicha por el modelo.

Los resultados iniciales mostraron un nivel de exactitud de 83% en las pruebas internas, lo que indica un desempeño adecuado considerando la variabilidad natural de los movimientos y el tamaño de la muestra disponible. Estos valores evidencian que las features geométricas extraídas contienen información relevante para la identificación de patrones de movimiento.

Finalmente, el modelo entrenado se serializa y se exporta para su integración con la aplicación móvil.

3.6. Interfaz de usuario y diseño visual

La interfaz de usuario constituye un componente central en la experiencia de uso de la aplicación, ya que define cómo los nadadores interactúan con las funcionalidades de análisis técnico. Un diseño visual claro e intuitivo permite que los resultados obtenidos se presenten de manera accesible, facilitando la interpretación incluso para usuarios sin formación tecnológica avanzada. En este apartado se detallan los principios de diseño aplicados, la identidad visual desarrollada y las principales pantallas de la aplicación, con el fin de garantizar una experiencia coherente y funcional.

3.6.1. Identidad visual

La identidad visual de SwimVision se construye a partir de elementos simples y reconocibles, orientados a reforzar la relación con la natación y mantener la claridad en entornos digitales. El logotipo utiliza la figura de unas gafas de natación sobre un fondo azul en degradé, lo que establece de manera directa la asociación con el deporte.



Figura 18: logo de la aplicación SwimVision. (Elaboración propia).

La paleta cromática se compone principalmente de tonos de azul, vinculados al agua y al ámbito acuático, que además ofrecen un buen desempeño en pantallas móviles al asegurar contraste y legibilidad. El degradé azul se emplea de manera destacada en los botones de acción principal (*call to action*), siguiendo tendencias actuales de diseño en aplicaciones móviles. Esta elección aporta modernidad, y también cumple la función de guiar la atención del usuario hacia las funciones prioritarias de la aplicación.



Figura 19: degradado principal de la aplicación. Transición desde #287BD6 hasta #00D1FF.
(Elaboración propia).

En cuanto a la tipografía, se adopta una fuente de la familia *sans serif*, seleccionada por su simplicidad visual y adecuada legibilidad en pantallas móviles. Diversas investigaciones han demostrado que este tipo de tipografía favorece la lectura en entornos digitales: un estudio con seguimiento ocular identificó que los usuarios mantienen mejor la

atención en pantalla al utilizar fuentes *sans serif* en comparación con *serif* clásico (Josephson, 2008). De manera complementaria, investigaciones posteriores confirmaron que la lectura en tipografías *sans serif* resulta más rápida y precisa al detectar errores en textos digitales, lo que refuerza su pertinencia en aplicaciones móviles (Dogusoy *et al.*, 2016).

3.6.2. Pantallas principales

Las pantallas principales de SwimVision se diseñaron con el propósito de ofrecer una navegación clara y una organización intuitiva de las funciones centrales de la aplicación. Cada una de ellas cumple un rol específico dentro del flujo de interacción, pero mantiene coherencia visual mediante el uso de la misma paleta cromática, tipografía y componentes gráficos.

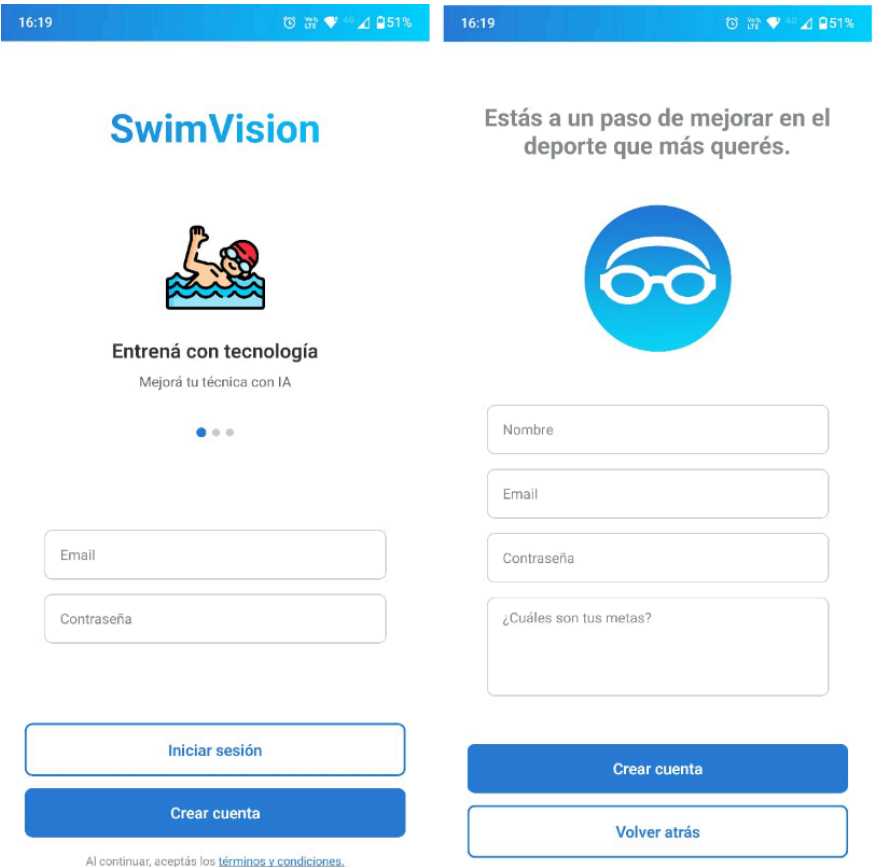


Figura 20: pantallas de inicio de sesión y crear cuenta en SwimVision.

La primera pantalla permite iniciar sesión o crear una cuenta nueva. Incluye un mensaje breve que resume la función principal de la aplicación y botones visibles que facilitan la navegación. La segunda pantalla corresponde al formulario de registro, donde el usuario puede ingresar sus datos. También incluye un mensaje motivacional que refuerza la idea de mejora personal.

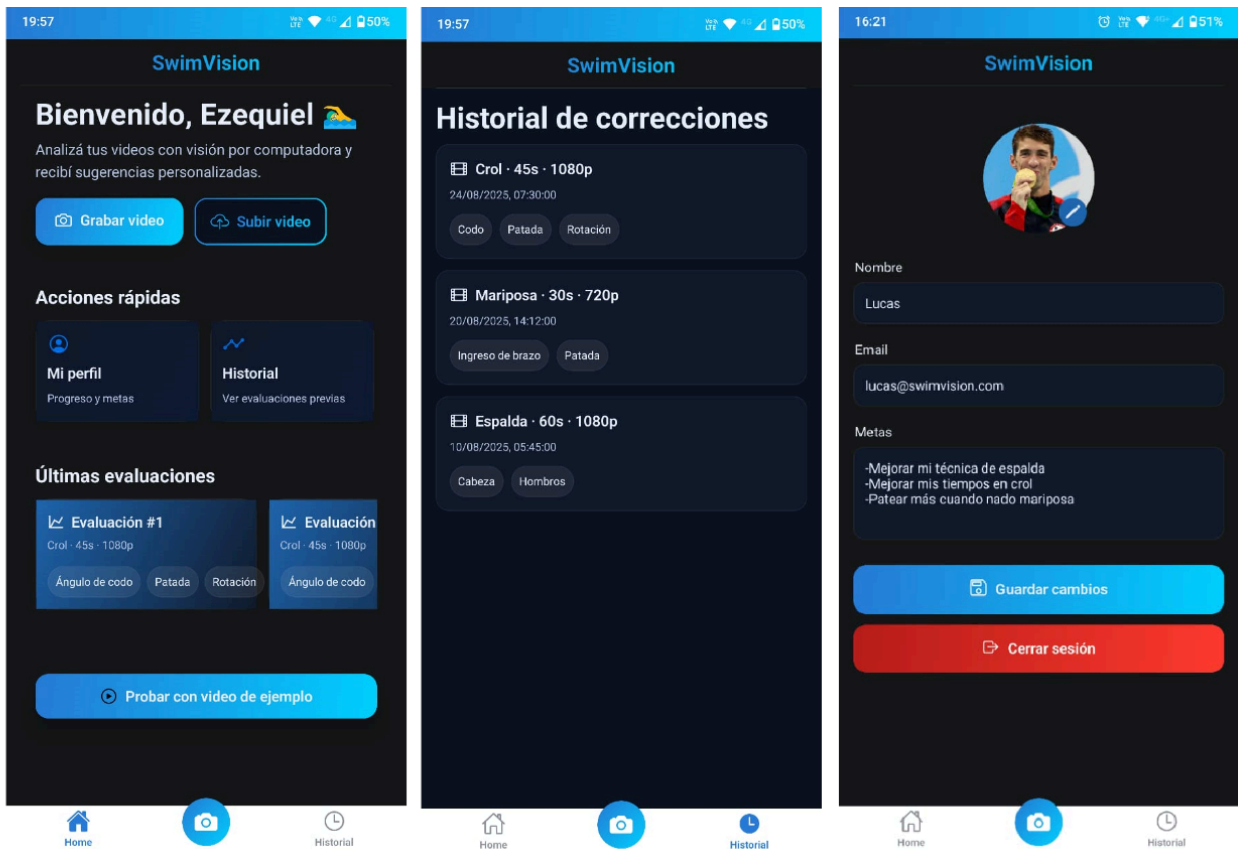


Figura 21: pantallas de inicio, historial, y perfil.

Una vez dentro, la pantalla de inicio funciona como el núcleo de la experiencia de uso. Allí el usuario puede grabar o subir un video para su análisis, acceder a las secciones de perfil e historial y visualizar un resumen de sus evaluaciones más recientes. La disposición de los elementos prioriza la visibilidad de las acciones principales mediante botones con el degradado principal de la aplicación, lo que facilita la interacción y la comprensión del flujo de trabajo.

La pantalla de historial permite consultar evaluaciones previas de forma estructurada. Cada registro incluye datos como el estilo de nado y la duración, junto con los aspectos técnicos analizados. De esta manera, se ofrece al usuario un recurso para realizar un seguimiento de su progreso en el tiempo, fortaleciendo el objetivo de la aplicación como herramienta de apoyo en el entrenamiento.

Por último, la tercera pantalla corresponde al perfil del usuario, donde se pueden actualizar los datos personales, metas deportivas y opciones de sesión. Su diseño simple y ordenado prioriza la edición rápida y el acceso a funciones básicas como guardar cambios o cerrar sesión.

3.7. Tecnologías utilizadas

El desarrollo de la aplicación móvil se llevó a cabo empleando React Native junto con el entorno Expo, lo que permitió implementar una solución multiplataforma capaz de ejecutarse tanto en dispositivos Android como en iOS. React Native es un framework de código abierto impulsado por Meta que posibilita el desarrollo de interfaces nativas a partir de código JavaScript y TypeScript. Entre sus ventajas se destacan la diversidad de componentes reutilizables, la compatibilidad con editores conocidos y la posibilidad de ser utilizado sin necesidad de aprender un nuevo lenguaje de programación, lo que lo convierte en una opción accesible y eficiente para desarrolladores con experiencia en JavaScript (Gulcuoglu *et al.*, 2021). Por su parte, Expo provee un conjunto de herramientas y servicios que simplifican el proceso de compilación, pruebas y despliegue de aplicaciones móviles (Expo, 2024).

Para la construcción del backend se seleccionó Node.js con el framework Express. Node.js es un entorno de ejecución basado en el motor V8 de Google, ampliamente utilizado por su eficiencia en aplicaciones de red escalables y de baja latencia (Vangavolu, 2025). Express, en este contexto, actúa como un framework minimalista que facilita la definición de rutas, el manejo de peticiones HTTP y la integración con otros servicios (Brown, 2019).

En cuanto al procesamiento de imágenes y la detección de landmarks corporales, se integró la librería MediaPipe BlazePose, desarrollada por Google Research. Este modelo de visión por computadora está optimizado para el seguimiento en tiempo real de poses humanas en

imágenes y videos, logrando detectar hasta 33 puntos clave del cuerpo (Bazarevsky *et al.*, 2020). Complementariamente, se utilizaron librerías como OpenCV y NumPy (Harris *et al.*, 2020), que facilitaron la extracción de características geométricas (ángulos entre articulaciones, distancias relativas, etc.) a partir de los landmarks obtenidos (Bradski, 2011).

La infraestructura de despliegue se apoya en Railway, una plataforma de hosting que permite la orquestación de servicios de manera ágil y con integración continua, lo que favorece un proceso de entrega rápida y confiable. Para el almacenamiento de datos estructurados se consideró una base de datos relacional en MySQL (Salunke, 2024), gestionada a través de Amazon RDS.

La elección de estas tecnologías responde a criterios de compatibilidad, escalabilidad y facilidad de integración. En conjunto, posibilitan la construcción de un ecosistema modular en el que cada componente cumple una función claramente delimitada, favoreciendo tanto la mantenibilidad como la futura ampliación de la aplicación hacia otros estilos de nado o funcionalidades adicionales.

4. Metodología de desarrollo

El desarrollo del sistema se planteó inicialmente bajo el modelo de ciclo de vida en cascada, caracterizado por su organización secuencial de fases y la necesidad de completar cada una antes de iniciar la siguiente (Sommerville, 2011). Esta elección se fundamentó en la claridad y estructura que ofrece para proyectos académicos, al permitir planificar de forma ordenada las etapas de recolección de requisitos, diseño, implementación, pruebas y mantenimiento.

Sin embargo, durante la ejecución surgieron desafíos técnicos que requirieron adaptar el enfoque original. En particular, la etapa de procesamiento y análisis de los videos (donde se aplicaron técnicas de *Computer Vision* y *Pose Estimation* para obtener *landmarks* corporales) presentó una complejidad mayor a la prevista. La detección precisa de puntos corporales y el entrenamiento del modelo de Machine Learning demandaron varias iteraciones adicionales, entendidas como ciclos completos de ajuste, reentrenamiento y validación del modelo. Cada una de estas iteraciones implicó un proceso de revisión de los hiperparámetros, exploración de distintas configuraciones de arquitectura y análisis detallado de los resultados obtenidos para identificar posibles mejoras.

Estas instancias de refinamiento resultaron esenciales para alcanzar un desempeño estable y confiable del sistema, aunque exigieron revisar decisiones tomadas en fases previas y modificar componentes ya implementados, especialmente en la integración entre el análisis visual y el modelo de predicción. En consecuencia, el proceso evolucionó hacia un modelo de cascada con retroalimentación parcial, que mantuvo la estructura planificada pero introdujo flexibilidad para responder a los imprevistos técnicos y asegurar la calidad final del sistema.

El enfoque final adoptado guarda una estrecha relación con el modelo de desarrollo en espiral propuesto por Boehm en 1988, el cual combina la planificación estructurada con ciclos sucesivos de prototipado y validación. Este tipo de modelo resulta particularmente adecuado para proyectos que incluyen componentes de inteligencia artificial y aprendizaje automático, donde la obtención de resultados satisfactorios requiere un proceso iterativo de ajuste continuo. De este modo, la adaptación del modelo en cascada hacia un esquema evolutivo permitió mantener la trazabilidad del desarrollo y, al mismo tiempo, garantizar la mejora progresiva de los algoritmos y la integración general del sistema.

5. Análisis económico

Con el propósito de evaluar la factibilidad económico-financiera de SwimVision, se desarrollaron distintos estudios que contemplan tanto el perfil del mercado objetivo como la estructura de costos asociada al desarrollo y la comercialización de la aplicación. Se proyectaron los ingresos potenciales y se diseñaron escenarios de análisis que permiten estimar la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto a mediano y largo plazo. En las secciones siguientes se presentan en detalle el modelo de negocio propuesto, el análisis económico y el estudio financiero que incluye indicadores clave como VAN, TIR y período de recuperación de la inversión (payback).

5.1. Modelo de negocio

El modelo de negocio de la aplicación se estructura bajo un esquema de suscripción digital, ampliamente utilizado en la industria del software como servicio (SaaS), debido a su capacidad de generar ingresos recurrentes y fidelizar a los usuarios (Teece, 2010).

En el caso de SwimVision, se contempla un sistema *freemium* que combina el acceso gratuito con funciones limitadas y la posibilidad de acceder a un plan pago con mayores beneficios. Los usuarios que no posean suscripción podrán utilizar la aplicación de forma restringida, accediendo únicamente a cuatro correcciones de técnica por mes. Esta modalidad busca facilitar la adopción inicial del servicio y permitir al atleta o entrenador experimentar el valor de la herramienta antes de comprometerse con un pago mensual (Somalo, 2020).

Por otro lado, el plan *premium* ofrece acceso ilimitado a la corrección sin restricciones de la técnica de nado a partir de los videos cargados o grabados. El costo de este servicio se fija en 5 dólares mensuales, valor definido para garantizar la viabilidad económica del proyecto en su fase inicial y asegurar la cobertura de los costos operativos y de mantenimiento de la infraestructura. Además, este precio se concibe como un punto de equilibrio entre accesibilidad para el usuario y sostenibilidad financiera para el equipo desarrollador (Osterwalder y Pigneur, 2013).

La elección de este esquema responde a la necesidad de asegurar la sostenibilidad económica del proyecto, garantizando una fuente estable de ingresos que financie el mantenimiento de la infraestructura, la actualización de los modelos de *machine learning* y la

evolución futura del sistema. Además, la simplicidad de la suscripción mensual facilita la escalabilidad del negocio hacia otros países hispanohablantes, reduciendo las barreras de adopción y maximizando el alcance del producto (Osterwalder y Pigneur, 2013).

A continuación, se presenta el Modelo Canvas:

TABLA VI: Business Model Canvas (BMC)

Bloque	Descripción
Segmento de clientes (Customer Segments)	Atletas de natación de alto rendimiento; entrenadores de natación; clubes y academias deportivas interesadas en el análisis técnico.
Propuesta de valor (Value Proposition)	Aplicación móvil que analiza videos de nado estilo crol, espalda y mariposa mediante visión por computadora y machine learning; detección automática de errores técnicos con sugerencias de mejora; historial de progreso técnico del atleta para seguimiento en el tiempo.
Canales (Channels)	Tiendas de aplicaciones: Google Play Store, Apple App Store; redes sociales (Instagram, TikTok, YouTube) para marketing visual; contacto directo con clubes y entrenadores de natación.
Relación con clientes (Customer Relationships)	Modelo freemium: acceso limitado gratuito y suscripción premium para uso ilimitado; interfaz intuitiva que facilita la autogestión del usuario.
Fuentes de ingresos (Revenue Streams)	Suscripción mensual de 5 USD para acceso ilimitado a funcionalidades; acceso gratuito con límite de cuatro correcciones por mes.
Recursos clave (Key Resources)	Equipo de desarrollo (ingeniería de software, machine learning, mobile); dataset especializado en natación. infraestructura la nube (Railway, AWS); propiedad intelectual (modelo entrenado y optimizado).
Actividades clave (Key Activities)	Desarrollo y mantenimiento de la aplicación móvil; entrenamiento y actualización del modelo de machine learning; control de calidad y usabilidad; actividades de marketing digital.
Socios clave (Key Partners)	Clubes de natación y entrenadores (para pruebas y difusión); plataformas de publicación de apps (Google, Apple); instituciones deportivas o federaciones de natación (para validación y prestigio).
Estructura de costos (Cost Structure)	Desarrollo inicial de la aplicación; mantenimiento de infraestructura en la nube; costos de publicación en tiendas (Google Play, App Store); marketing y difusión en redes sociales; actualización y mejora continua del modelo; costos administrativos (monotributo/impuestos).

5.2. Análisis financiero

El análisis financiero constituye una etapa clave dentro de la evaluación de viabilidad del proyecto, ya que permite traducir los supuestos económicos en proyecciones que reflejan el desempeño esperado del negocio a lo largo del tiempo. A partir de los costos iniciales, variables y fijos definidos, junto con las estimaciones de ingresos en distintos escenarios de crecimiento, se construye el flujo de fondos y se analiza la evolución financiera del proyecto en el horizonte considerado. Sobre esta base, en las secciones siguientes se incluyen los cálculos de indicadores como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de repago de la inversión (payback), que permiten evaluar su rentabilidad y sostenibilidad desde una perspectiva financiera.

5.2.1. Supuestos generales

En la elaboración del modelo financiero del proyecto se definieron una serie de supuestos que permiten estructurar y parametrizar los cálculos de ingresos, egresos y resultados proyectados. Estos supuestos incluyen estimaciones sobre el crecimiento de la demanda, la estructura de costos fijos y variables, el precio de venta del servicio, las comisiones de las plataformas y la tasa de descuento aplicada. Todos los valores fueron seleccionados con criterios técnicos y referencias de mercado, a fin de construir escenarios de análisis consistentes con el contexto del proyecto.

5.2.1.1. Estimación de la demanda y crecimiento proyectado

Para la estimación del crecimiento en la cantidad de usuarios de la aplicación SwimVision se adoptó un modelo de tipo logístico, basado en la *teoría de la difusión de innovaciones* propuesta por Everett Rogers. Este enfoque permite representar de manera más realista la adopción de nuevas tecnologías, ya que considera que la tasa de incorporación de usuarios se acelera en las etapas iniciales, alcanza un punto de inflexión y posteriormente se desacelera hasta estabilizarse en un nivel máximo o de saturación. (Rogers, 2003).

Matemáticamente, el comportamiento del número acumulado de usuarios N_t puede expresarse como:

$$N_t = \frac{K}{1 + e^{-r(t-t_0)}} \quad (6)$$

donde:

- K representa el tamaño máximo del mercado potencial,
- r la tasa de crecimiento, y
- t_0 el período en el cual se alcanza la mitad del crecimiento total.

Este modelo genera una curva con forma de “S”, característica de los procesos de adopción tecnológica, que comienza con un crecimiento lento (innovadores), continúa con un incremento acelerado (mayoría temprana) y finalmente se estabiliza (mayoría tardía y rezagados) (Rogers, 2003).

Con el objetivo de estimar el valor de K , es decir, el mercado potencial total para la aplicación, se consideraron los resultados de la Encuesta Nacional de Actividad Física y Deporte (Ministerio de Turismo y Deportes de la Nación, 2023), la cual relevó hábitos deportivos en población argentina de 16 años o más. De acuerdo con dicha encuesta, el 55% de las personas encuestadas practicó algún deporte en los últimos 12 meses.

Según datos del Censo Nacional 2022, Argentina cuenta con 46.234.830 habitantes, de los cuales el 78% tiene 15 años o más, lo que equivale aproximadamente a 36.063.167 personas (INDEC, 2022). Si se considera que el 55% de ese grupo practica actividad deportiva, el universo de deportistas asciende a 19.834.742 personas.

Dentro de este conjunto, el 15,8% indicó practicar natación de forma regular, lo que representa aproximadamente 3.133.889 personas. Finalmente, la misma encuesta señala que el 15,3% de los deportistas se encuentra federado o se identifica como deportista de alto rendimiento, lo que equivale a un total estimado de 479.485 nadadores potenciales.

Sin embargo, es importante destacar que este valor constituye un límite teórico máximo del mercado potencial. En la práctica, la aplicación SwimVision se orientará en su etapa inicial a un segmento reducido de nadadores de alto rendimiento y entrenadores vinculados a

clubes locales, en el marco de una validación piloto del sistema. Por este motivo, se adopta un valor efectivo de mercado potencial $K = 1000$ usuarios, que equivale aproximadamente al 0,2% del total estimado de nadadores. Este valor representa un escenario realista y acotado a las capacidades operativas y de alcance de la versión inicial de la aplicación.

5.2.1.2. Determinación de la tasa de descuento

El análisis financiero del proyecto se realizó considerando un horizonte temporal de tres años, dividido en semestres. Este esquema permite obtener una visión más clara de la evolución del flujo de fondos en el corto y mediano plazo, desde la inversión inicial (H0) hasta el último semestre proyectado (H6).

La estimación de esta tasa se basa en la suma de tres componentes principales: la tasa libre de riesgo, la prima de riesgo del mercado y el riesgo país, de acuerdo con la siguiente expresión general:

$$\text{Tasa de descuento} = R_f + P_r + R_p \quad (7)$$

donde:

- R_f representa tasa libre de riesgo,
- P_r la prima de riesgo del mercado, y
- R_p el período en el cual se alcanza la mitad del crecimiento total.

En este caso, se consideró como tasa libre de riesgo el rendimiento de los bonos del Tesoro de los Estados Unidos a 10 años, que a la fecha de elaboración del análisis se ubica en torno al 4% anual (U.S. Department of the Treasury, 2025).

A dicha base se le sumó una prima de riesgo de mercado estimada en 6%, valor estándar para proyectos de tecnología con un riesgo moderado (Damodaran, 2025). Por último, se incorporó un riesgo país de 10%, correspondiente al índice EMBI (Emerging Markets Bond Index) para Argentina, publicado por J.P. Morgan (J.P. Morgan, 2025).

De este modo, la tasa de descuento total estimada asciende al 20% anual, equivalente a aproximadamente 10% semestral, que es la tasa utilizada para actualizar los flujos del modelo financiero del proyecto.

5.2.1.3. Estructura de costos, ingresos y criterios de registro

En cuanto a los costos fijos, variables y fuentes de ingresos, se contemplaron los siguientes conceptos:

1. Desarrollo interno: USD 2500 (única vez).
2. Mantenimiento de infraestructura: USD 15 por mes, siguiendo la tasa de crecimiento según el escenario.
3. Railway (servicio en la nube): USD 5 por mes.
4. Marketing digital: USD 7 por mes, con un incremento del 5% mensual.
5. Costo de publicación en Play Store: USD 25 (única vez).
6. Costo de publicación en App Store: USD 99 por año.
7. Impuesto Monotributo: USD 65 por mes.
8. Ingresos por suscripción en Play Store: USD 5 por mes por usuario, con la tasa de incremento mencionada según el escenario.
9. Ingresos por suscripción en App Store: USD 5 por mes por usuario, con la tasa de incremento mencionada según el escenario.
10. Comisión por suscripción Google: 15% de la venta.
11. Comisión por suscripción Apple: 30% de la venta.

Este conjunto de supuestos constituye la base sobre la cual se construyeron los flujos de fondos y se evaluó la viabilidad financiera del proyecto. Por su parte, el modelo financiero se formula a partir de los importes que el proyecto efectivamente paga y percibe en su operatoria. En este sentido, los costos asociados a servicios de infraestructura y computación en la nube, provistos por empresas internacionales como AWS o Railway, se registran según el precio final facturado por los proveedores. De igual forma, los ingresos por suscripción se canalizan a través de plataformas digitales como Google Play Store y Apple App Store, que actúan como intermediarias y liquidan al desarrollador el ingreso neto después de descontar sus

comisiones. Estas plataformas no actúan como agentes de retención impositiva, por lo que la responsabilidad fiscal recae sobre el desarrollador (Google, 2025; Apple, 2025). Dado que el emprendimiento se encuentra adherido al régimen de Monotributo, la carga tributaria se encuentra integrada en la cuota mensual correspondiente (ARCA, 2025).

5.2.2. Flujo de fondos

El flujo de fondos permite analizar la evolución financiera del proyecto a partir de una inversión inicial y del comportamiento proyectado de sus ingresos y egresos. En este caso se consideran los principales costos asociados al desarrollo, mantenimiento e infraestructura, junto con los ingresos provenientes de las suscripciones, que presentan un valor fijo pero con deducciones porcentuales según la plataforma utilizada (Play Store o App Store). A partir de esta herramienta financiera se construyen tres escenarios: pesimista, neutro y optimista, que permiten evaluar la viabilidad del proyecto según el ritmo de crecimiento y adopción del servicio.

Escenario pesimista: se proyecta un valor de mercado potencial reducido, con 500 usuarios máximos ($K = 500$) y un tasa de crecimiento mensual del 5 %. Este escenario refleja una adopción más lenta y conservadora, con menor tracción inicial y un ritmo de expansión acotado en el corto y mediano plazo.

Concepto	Datos	Año 1			Año 2		Año 3	
		H0	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Desarrollo interno	\$2500 única vez	\$ 2.500						
Mantenimiento de infraestructura (AWS)	\$15 por mes		\$ 90	\$ 107	\$ 128	\$ 153	\$ 183	\$ 218
Servidor backend	\$5 por mes		\$ 30	\$ 30	\$ 30	\$ 30	\$ 30	\$ 30
Marketing	\$7 por mes - 5% de incremento mensual		\$ 42	\$ 56	\$ 75	\$ 101	\$ 135	\$ 181
Costo publicación Play Store	\$25 única vez	\$ 25						
Costo publicación App Store	\$99 por año		\$ 99	\$ 0	\$ 99	\$ 0	\$ 99	\$ 0
Impuesto Monotributo	\$65 por mes		\$ 390	\$ 390	\$ 390	\$ 390	\$ 390	\$ 390
Suscripción mensual Play Store	\$5 por mes		\$ 590	\$ 781	\$ 1.027	\$ 1.340	\$ 1.731	\$ 2.209
Suscripción mensual App Store	\$5 por mes		\$ 253	\$ 335	\$ 440	\$ 574	\$ 742	\$ 947
Comisión por suscripción Google	15% de venta		\$ 88	\$ 117	\$ 154	\$ 201	\$ 260	\$ 331
Comisión por suscripción Apple	30% de venta		\$ 76	\$ 100	\$ 132	\$ 172	\$ 223	\$ 284
	Total Ingreso		\$ 842	\$ 1.115	\$ 1.467	\$ 1.914	\$ 2.473	\$ 3.155
	Total Egreso	\$ 2.525	\$ 815	\$ 801	\$ 1.009	\$ 1.048	\$ 1.320	\$ 1.435
	Flujo de fondos neto	-\$ 2.525	\$ 27	\$ 314	\$ 458	\$ 867	\$ 1.153	\$ 1.720
	Flujo de fondos acumulado (sin tasa de descuento)	-\$ 2.525	-\$ 2.498	-\$ 2.184	-\$ 1.726	-\$ 859	\$ 294	\$ 2.014
	Flujo de fondos descontado	-\$ 2.525	\$ 25	\$ 259	\$ 344	\$ 592	\$ 716	\$ 971
	Flujo de fondos descontado acumulado	-\$ 2.525	-\$ 2.500	-\$ 2.241	-\$ 1.897	-\$ 1.305	-\$ 589	\$ 382

Figura 22: flujo de fondos (escenario pesimista).

Escenario neutro: se considera un valor efectivo de mercado potencial de 1.000 usuarios ($K = 1000$) y una tasa de crecimiento mensual del 10%. Este escenario asume una adopción progresiva y sostenida del servicio. Representa un ritmo de expansión moderado, en línea con lo esperado para una propuesta que comienza a posicionarse en el mercado bajo condiciones normales.

Concepto	Datos	Año 1			Año 2		Año 3	
		H0	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Desarrollo interno	\$2500 única vez	\$ 2.500						
Mantenimiento de infraestructura (AWS)	\$15 por mes		\$ 90	\$ 159	\$ 282	\$ 500	\$ 886	\$ 1.570
Servidor backend	\$5 por mes		\$ 30	\$ 30	\$ 30	\$ 30	\$ 30	\$ 30
Marketing	\$7 por mes - 5% de incremento mensual		\$ 42	\$ 56	\$ 75	\$ 101	\$ 135	\$ 181
Costo publicación Play Store	\$25 única vez	\$ 25						
Costo publicación App Store	\$99 por año		\$ 99	\$ 0	\$ 99	\$ 0	\$ 99	\$ 0
Impuesto Monotributo	\$65 por mes		\$ 390	\$ 390	\$ 390	\$ 390	\$ 390	\$ 390
Suscripción mensual Play Store	\$5 por mes		\$ 1.162	\$ 2.024	\$ 3.411	\$ 5.472	\$ 8.193	\$ 11.280
Suscripción mensual App Store	\$5 por mes		\$ 498	\$ 867	\$ 1.462	\$ 2.345	\$ 3.511	\$ 4.834
Comisión por suscripción Google	15% de venta		\$ 174	\$ 304	\$ 512	\$ 821	\$ 1.229	\$ 1.692
Comisión por suscripción Apple	30% de venta		\$ 149	\$ 260	\$ 439	\$ 704	\$ 1.053	\$ 1.450
Total Ingreso			\$ 1.661	\$ 2.891	\$ 4.873	\$ 7.817	\$ 11.704	\$ 16.115
Total Egreso		\$ 2.525	\$ 975	\$ 1.199	\$ 1.827	\$ 2.546	\$ 3.823	\$ 5.314
Flujo de fondos neto		-\$ 2.525	\$ 686	\$ 1.692	\$ 3.046	\$ 5.271	\$ 7.881	\$ 10.801
Flujo de fondos acumulado (sin tasa de descuento)		-\$ 2.525	-\$ 1.839	-\$ 148	\$ 2.898	\$ 8.170	\$ 16.050	\$ 26.851
Flujo de fondos descontado		-\$ 2.525	\$ 623	\$ 1.398	\$ 2.289	\$ 3.600	\$ 4.893	\$ 6.097
Flujo de fondos descontado acumulado		-\$ 2.525	-\$ 1.902	-\$ 504	\$ 1.785	\$ 5.385	\$ 10.279	\$ 16.375

Figura 23: flujo de fondos (escenario neutral).

Escenario optimista: se estima un mercado ampliado de hasta 1.300 usuarios ($K = 1300$), con una tasa de crecimiento del 15% mensual. Este escenario representa una adopción acelerada del servicio, impulsada por condiciones favorables como alta demanda, buen posicionamiento y rápida difusión entre los usuarios.

Concepto	Datos	Año 1			Año 2		Año 3	
		H0	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Desarrollo interno	\$2500 única vez	\$ 2.500						
Mantenimiento de infraestructura (AWS)	\$15 por mes		\$ 90	\$ 269	\$ 802	\$ 2.396	\$ 4.245	\$ 7.520
Servidor backend	\$5 por mes		\$ 30	\$ 30	\$ 30	\$ 30	\$ 30	\$ 30
Marketing	\$7 por mes - incremento semestral		\$ 42	\$ 84	\$ 168	\$ 336	\$ 672	\$ 1.613
Costo publicación Play Store	\$25 única vez	\$ 25						
Costo publicación App Store	\$99 por año		\$ 99	\$ 0	\$ 99	\$ 0	\$ 99	\$ 0
Impuesto Monotributo	\$65 por mes		\$ 390	\$ 390	\$ 390	\$ 390	\$ 390	\$ 390
Suscripción mensual Play Store	\$5 por mes		\$ 1.240	\$ 2.850	\$ 6.048	\$ 11.160	\$ 17.100	\$ 21.922
Suscripción mensual App Store	\$5 por mes		\$ 531	\$ 1.222	\$ 2.592	\$ 4.783	\$ 7.329	\$ 9.395
Comisión por suscripción Google	15% de venta		\$ 186	\$ 428	\$ 907	\$ 1.674	\$ 2.565	\$ 3.288
Comisión por suscripción Apple	30% de venta		\$ 159	\$ 366	\$ 778	\$ 1.435	\$ 2.199	\$ 2.819
Total Ingreso			\$ 1.771	\$ 4.072	\$ 8.640	\$ 15.942	\$ 24.429	\$ 31.317
Total Egreso		\$ 2.525	\$ 996	\$ 1.567	\$ 3.174	\$ 6.261	\$ 10.199	\$ 15.660
Flujo de fondos neto		-\$ 2.525	\$ 775	\$ 2.505	\$ 5.465	\$ 9.681	\$ 14.229	\$ 15.658
Flujo de fondos acumulado (sin tasa de descuento)		-\$ 2.525	-\$ 1.750	\$ 755	\$ 6.220	\$ 15.902	\$ 30.131	\$ 45.789
Flujo de fondos descontado		-\$ 2.525	\$ 704	\$ 2.070	\$ 4.106	\$ 6.613	\$ 8.835	\$ 8.838
Flujo de fondos descontado acumulado		-\$ 2.525	-\$ 1.821	\$ 250	\$ 4.356	\$ 10.969	\$ 19.804	\$ 28.642

Figura 24: flujo de fondos (escenario optimista).

5.2.3. Tasas de rendimiento contable

Los indicadores contables permiten evaluar el retorno esperado de la inversión inicial sin considerar el valor temporal del dinero, proporcionando una primera aproximación a la rentabilidad del proyecto.

TABLA VII: Tasas de rendimiento contable (3 escenarios).

	Pesimista	Neutro	Optimista
ROI	80%	1063%	1813%
Payback	3 años y 4 meses	1 año y 3 meses	1 año y 1 mes

En la Tabla VII se observa que el Retorno sobre la Inversión (ROI) alcanza valores significativamente superiores al 100% en los escenarios neutro y optimista, lo que evidencia una elevada capacidad del proyecto para generar beneficios en relación con el capital invertido. En el escenario pesimista, el ROI se mantiene positivo (80%), lo que indica que, aun bajo condiciones desfavorables, la inversión resulta recuperable.

El período de recuperación contable (Payback), por su parte, refleja el tiempo estimado necesario para recuperar la inversión inicial a partir de los flujos netos de ingresos. En los escenarios neutro y optimista, el plazo de repago se sitúa en torno al año, lo que denota una recuperación ágil de la inversión, mientras que en el escenario pesimista se extiende hasta los tres años y cuatro meses.

5.2.4. Tasas de rendimiento financiero

El análisis financiero incorpora el valor temporal del dinero y permite estimar la conveniencia económica del proyecto desde una perspectiva de inversión.

TABLA VIII: Tasas de rendimiento financiero (3 escenarios).

	Pesimista	Neutro	Optimista
VAN	\$382	\$16.375	\$28.632
TIR (semestral)	13%	83%	111%
IR	1,5	6,49	11,34
Payback descontado	4 años y 3 meses	1 año y 1 mes	1 año y 1 mes

Los resultados muestran que SwimVision presenta una rentabilidad altamente sensible al nivel de adopción del servicio. En el escenario pesimista, el VAN alcanza apenas USD 382, lo que implica que el proyecto apenas lograría recuperar la inversión inicial, sin generar beneficios significativos. En este contexto, la rentabilidad financiera sería limitada y no resultaría suficiente para sostener el esfuerzo de desarrollo ni cubrir los costos de oportunidad del capital invertido.

En cambio, los escenarios neutro y optimista evidencian un panorama más favorable: el VAN se eleva a USD 16.375 y USD 28.632, con TIR semestrales del 83% y 111% respectivamente. Estos valores indican un alto potencial de retorno si la aplicación alcanza un nivel de adopción medio o alto dentro del mercado objetivo. El Índice de Rentabilidad (IR), superior a 1 en ambos escenarios (6,49 y 11,34), refuerza la conveniencia del proyecto bajo condiciones de crecimiento moderado o acelerado.

6. Pruebas realizadas

Los siguientes casos de prueba se definieron para verificar el correcto funcionamiento del sistema de análisis de técnica de nado de SwimVision. Cada prueba evalúa la detección de errores y la clasificación realizada por el modelo de *machine learning*.

Se muestran los resultados relevantes, imagen con *landmarks* y predicción del modelo, para facilitar la interpretación de los ensayos.

6.1. Análisis de estilo crol

Tabla IX: Prueba del estilo crol

Ítem	Descripción
ID del Caso	CP001
Nombre	Detección de errores técnicos en estilo crol mediante análisis por landmarks.
Objetivo	Validar que el sistema detecta errores técnicos de crol y muestra la imagen con landmarks.
Duración del proceso	Ejecución en 25-30 segundos.
Precondiciones	- El usuario tiene cuenta y sesión iniciada. - El servicio de análisis (MediaPipe + script de procesamiento + subida a S3) está disponible.
Pasos	1. Seleccionar “Subir video” y elegir el video de crol de prueba. 2. Confirmar el estilo: crol. 3. Enviar el video para análisis. 4. Esperar la respuesta del backend. 5. Abrir el detalle del análisis generado.
Entradas	Video: “crol_error_recobro.mp4”
Salidas Esperadas	Imagen con landmarks y correcciones (ej. “Ángulo de brazada muy abierto”).
Resultado de la Prueba	Celulares muestran errores y adjuntan una imagen del frame preciso.

El sistema logra identificar movimientos fuera del rango técnico y detectar errores de ejecución, por ejemplo, una patada tipo bicicleta o una brazada con ángulo incorrecto, mostrando en pantalla la imagen con los landmarks y la corrección correspondiente.

▼ Output

The command output displays a maximum of 24,000 characters. You can view the complete command output in either Amazon S3 or CloudWatch Logs, if you specify an S3 bucket or a logs group when you run the command.

```

[↓] Descargando desde s3://swimvision-upload-videos/videos/f2febb9a-36e7-4f20-9f9d-be3efbd76894_3_cro1_baa50ccf-31cf-4de8-af42-99eca7cbb926.mp4 -> f2febb9a-36e7-4f20-9f9d-be3efbd76894_3_cro1_baa50ccf-31cf-4de8-af42-99eca7cbb926.mp4 ...

[✓] Descarga completa. Tamaño: 56309442 bytes
[⏏] Duración del video: 22 segundos (FPS: 30.08087656016541, frames: 664.0)

Procesando video con análisis de brazo y pierna...

1. Pierna: L (patada tipo bicicleta detectada)
2. Pierna: L (patada tipo bicicleta detectada)
3. Pierna: L (patada tipo bicicleta detectada)

[📁] Imagen top1 espada subida a S3:
images/top1_espada_20251027_230934.jpg

[📁] Imagen top1 bicicleta subida a S3:
images/top1_bicicleta_20251027_230934.jpg

[📁] CSV subido a S3:
outputs/recobro_fases_20251027_230934.csv

[✓] Análisis reportado al backend con nuevo formato.
Código de respuesta: 201
                
```

Copy

Download

Figura 25: salida del CP001: procesamiento del video y detección de error técnico. (Elaboración propia.)

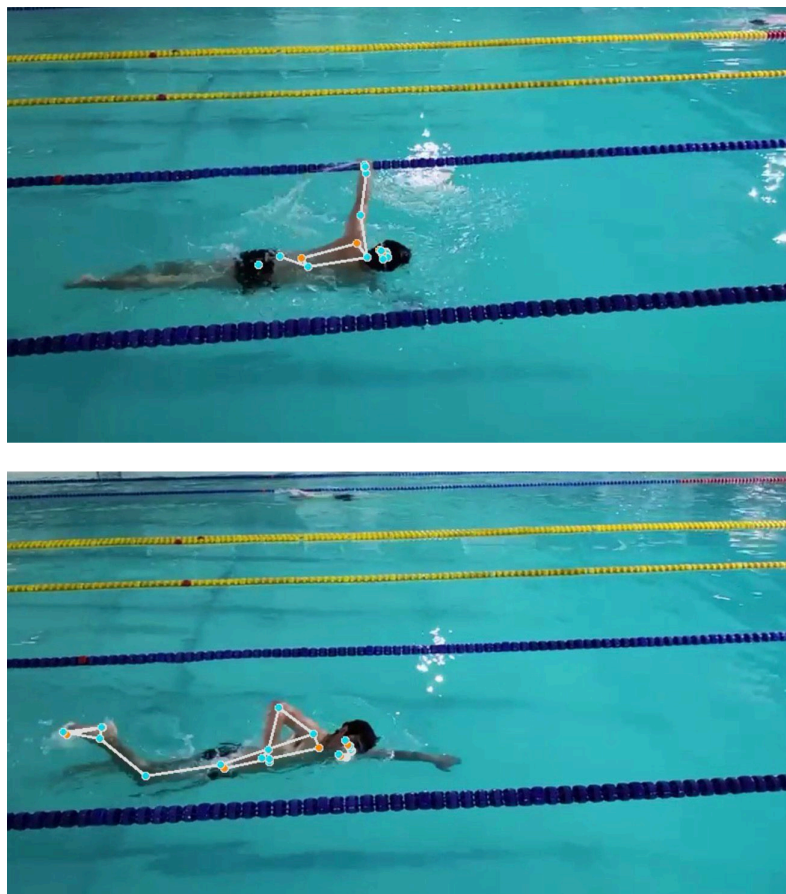


Figura 26: salida esperada de CP001 - detección de errores técnicos en estilo crol. (Elaboración propia.)

6.2. Análisis de estilo espalda

Tabla X: Prueba del estilo espalda

Ítem	Descripción
ID del Caso	CP002
Nombre	Detección de errores técnicos en estilo espalda mediante análisis por landmarks.
Objetivo	Comprobar que el sistema identifica correctamente los errores del estilo espalda y muestra la imagen correspondiente.
Duración del proceso	Ejecución en 25-30 segundos.
Precondiciones	- El usuario tiene cuenta y sesión iniciada. - El servicio de análisis (MediaPipe + script de procesamiento + subida a S3) está disponible.
Pasos	1. Seleccionar “Subir video” y elegir el video de espalda. 2. Confirmar el estilo: espalda. 3. Enviar el video para análisis. 4. Esperar la respuesta del backend. 5. Visualizar el análisis generado.
Entradas	Video: “espalda_brazo_cruzado.mp4”
Salidas Esperadas	Imagen con landmarks y corrección (ej. “Ángulo de recobro fuera de rango”).
Resultado de la Prueba	Celulares muestran errores y adjuntan una imagen del frame preciso.

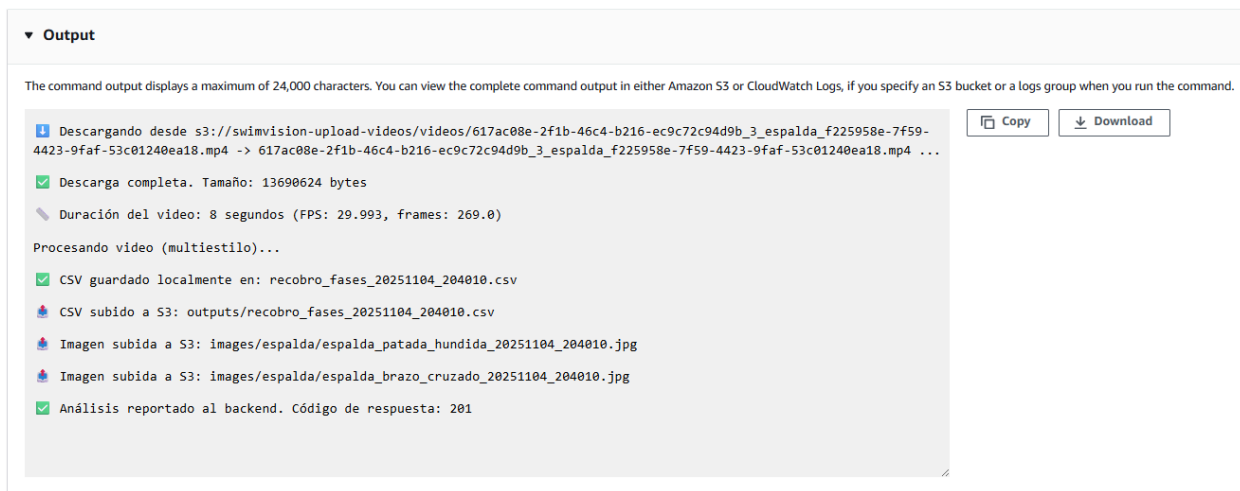


Figura 27: salida del CP002: procesamiento del video y detección de error técnico. (Elaboración propia.)

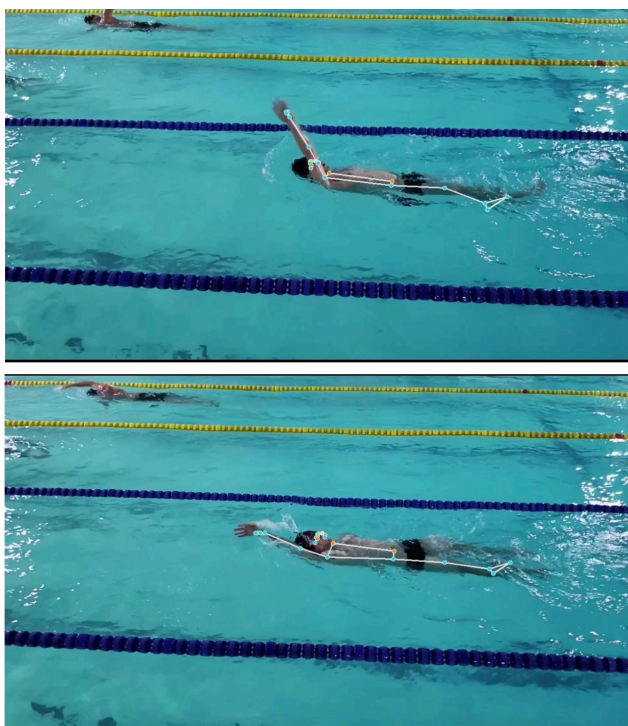


Figura 28: salida esperada de CP002 - detección de errores técnicos en estilo espalda. (Elaboración propia).

6.3. Análisis de estilo mariposa

Tabla XI: Prueba del estilo mariposa

Ítem	Descripción
ID del Caso	CP003
Nombre	Detección de errores técnicos en estilo mariposa mediante análisis por landmarks.
Objetivo	Verificar que el sistema analiza correctamente el estilo mariposa y devuelve una imagen con los landmarks y la corrección asociada.
Precondiciones	- El usuario tiene cuenta y sesión iniciada. - El servicio de análisis (MediaPipe + script de procesamiento + subida a S3) está disponible.
Pasos	1. Seleccionar “Subir video” y elegir el video de mariposa. 2. Confirmar el estilo: mariposa. 3. Enviar el video para análisis. 4. Esperar la respuesta del backend. 5. Abrir el resultado generado.
Entradas	Video: “mariposa_desfasada.mp4”
Salidas Esperadas	Imagen con landmarks y corrección (ej. “Desfase entre entrada de brazos y patada”).
Resultado de la Prueba	Celulares muestran errores y adjuntan una imagen del frame preciso.



Figura 29: salida del CP003: procesamiento del video y detección de error técnico. (Elaboración propia.)

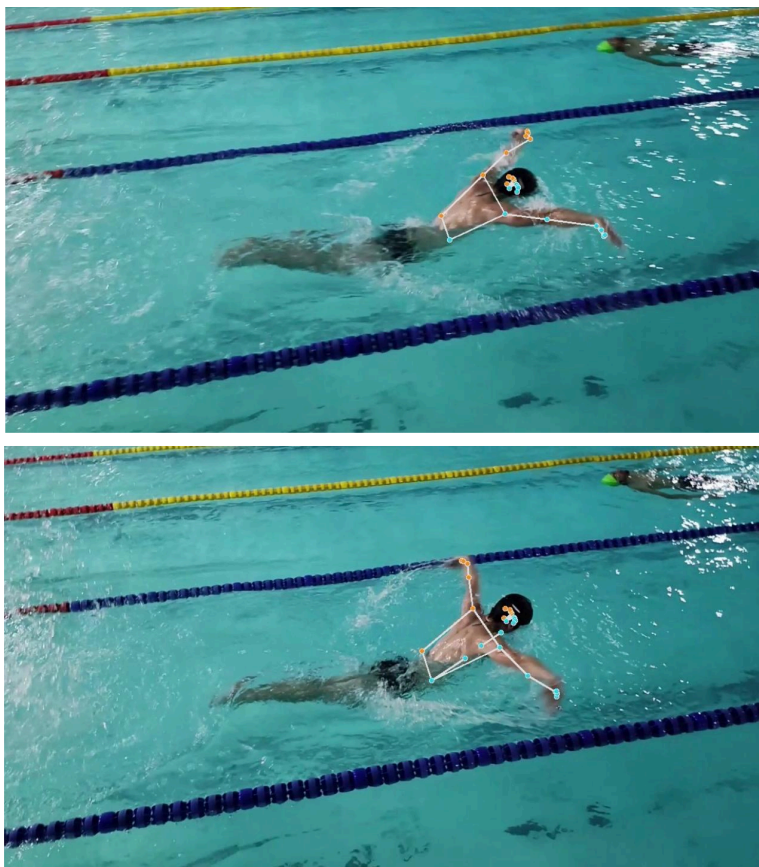


Figura 30: salida esperada de CP003 - detección de errores técnicos en estilo espalda. (Elaboración propia.)

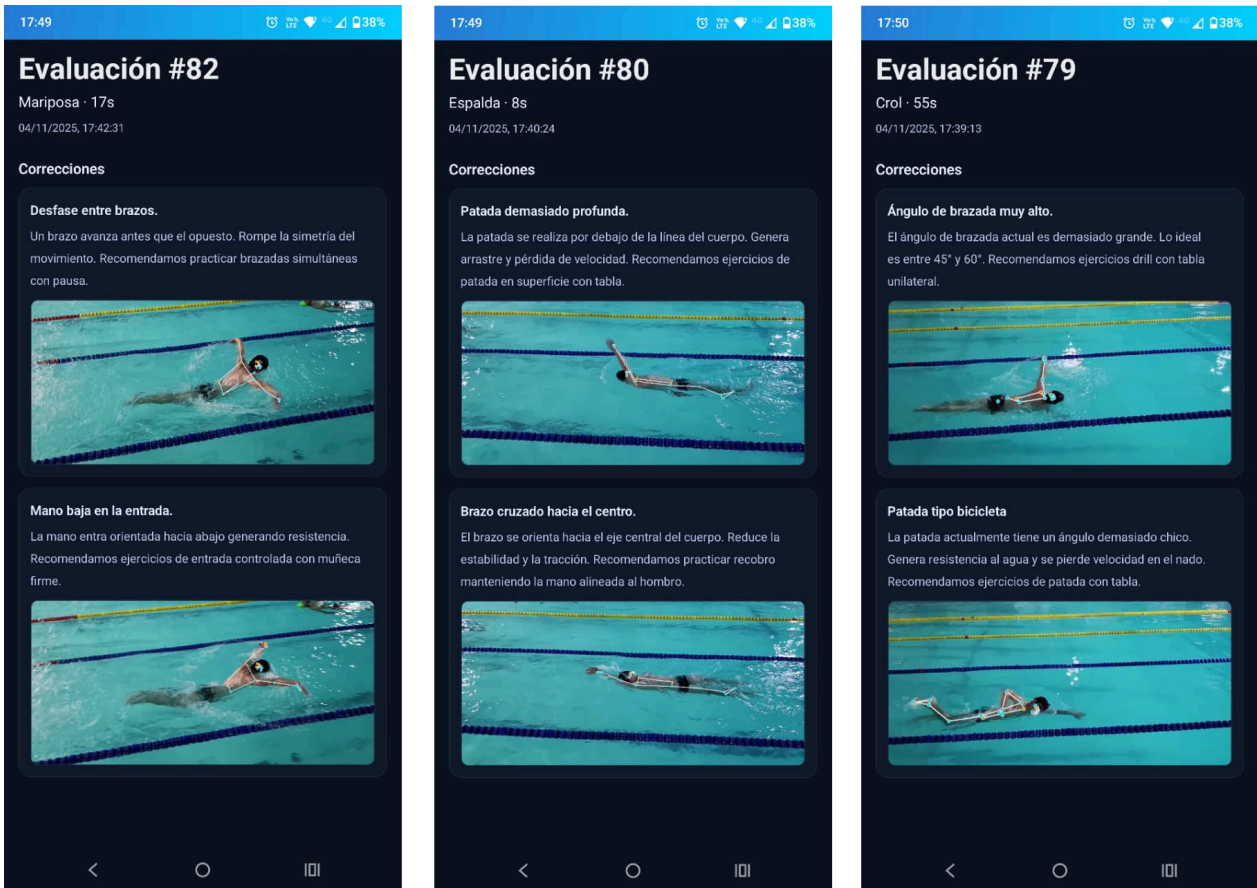


Figura 31: resultado esperado de CP001/02/03 – detección de errores técnicos en estilos mariposa/espalda/crol. (Elaboración propia.)

6.4. Pruebas de rendimiento

Con el fin de evaluar la eficiencia de nuestra aplicación, se realizaron pruebas de rendimiento orientadas a medir el tiempo total de procesamiento de videos de distintas duraciones y resoluciones. Estas pruebas permiten comprobar que el análisis completo incluyendo la detección de landmarks, el procesamiento por el modelo de machine learning y la generación de resultados se mantenga dentro del límite establecido de un minuto por video, según el objetivo del proyecto.

Tabla XII: Pruebas de rendimiento realizadas

ID	Estilo	Duración del video (s)	Resolución	Tamaño del archivo (MB)	Tiempo de procesamiento (s)	¿(<60 s)?
PR001	Crol	10	720p	8	9	Sí
PR002	Crol	25	1080p	28	21	Sí
PR003	Espalda	30	720p	22	27	Sí
PR004	Mariposa	45	1080p	45	42	Sí
PR005	Crol	60	1080p	60	55	Sí
PR006	Mariposa	40	4K	180	112	No

Los resultados evidencian que el sistema mantiene tiempos de procesamiento adecuados para videos de hasta un minuto en resolución 1080p, cumpliendo con el objetivo de rendimiento definido. En el caso de videos en 4K, se observa un incremento notable en el tiempo total, atribuible a la mayor cantidad de fotogramas y píxeles procesados. En general, el desempeño obtenido demuestra la eficiencia del pipeline de análisis y su viabilidad técnica para ejecución en entornos de recursos moderados

7. Conclusión final

El desarrollo de SwimVision permitió demostrar la viabilidad técnica de aplicar inteligencia artificial al análisis de la natación de alto rendimiento. A través de un enfoque metodológico que combinó investigación aplicada y desarrollo iterativo, se logró construir una aplicación móvil capaz de detectar landmarks corporales, identificar errores técnicos y brindar retroalimentación visual de manera autónoma en el dispositivo del usuario.

Los resultados obtenidos evidencian que la propuesta cumple con los objetivos planteados: se alcanzó una tasa de detección de landmarks superior al 90% en las pruebas internas, una precisión de clasificación mayor al 85% en la identificación de errores, y un tiempo de procesamiento menor a un minuto en dispositivos móviles. Estos indicadores validan tanto la eficacia del modelo desarrollado como su factibilidad operativa en entornos reales de entrenamiento.

El trabajo también permitió sentar las bases para futuras líneas de investigación y mejora. Entre ellas, la ampliación del análisis a otros estilos de nado, la incorporación de fases subacuáticas y el desarrollo de modelos personalizados basados en el historial del usuario. Además, el proyecto destaca por su potencial impacto social, al ofrecer una herramienta accesible que democratiza el acceso a tecnologías avanzadas de análisis técnico, tradicionalmente reservadas a contextos profesionales o de alta inversión.

Podemos concluir que SwimVision constituye un aporte significativo a la intersección entre la ingeniería informática y el deporte competitivo, marcando un paso inicial hacia el uso cotidiano de la inteligencia artificial como aliada en la mejora del rendimiento y la prevención de lesiones en la natación.

8. Bibliografía

ACI, Nurettin and KULUÖZTÜRK, Muhammed Fatih, 2023. Accuracy Detection in Some Sports Training Using Computer Vision and Deep Learning Techniques. *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*. Vol. 13, no. 2, pp. 133–158. DOI 10.17678/beuscitech.1330481.

ALTAVILLA, Cesare, CEJUELA, Roberto and CABALLERO-PÉREZ, Pablo, 2018. Effect of Different Feedback Modalities on Swimming Pace: Which Feedback Modality is Most Effective? *Journal of Human Kinetics*. Vol. 65, no. 1, pp. 187–195. DOI 10.2478/hukin-2018-0026.

APPLE DEVELOPER. *Commissions, fees, and taxes – Understanding taxes* [en línea]. [Consulta: 15 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://developer.apple.com/help/app-store-connect/making-payments-to-apple/understanding-taxes/>

ARCA. *Monotributo* [en línea]. [Consulta: 15 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://www.afip.gob.ar/monotributo/ayuda/>

BARBOSA, T. et al., 2006. Evaluation of the Energy Expenditure in Competitive Swimming Strokes. *International Journal of Sports Medicine*. Vol. 27, n.o 11, pp. 894-899. DOI 10.1055/s-2006-923776.

BARTLETT, Roger, 2014. *Introduction to sports biomechanics: analysing human movement patterns*. Milton Park, Abingdon, Oxon : Routledge. ISBN 9780415632430.

BAZAREVSKY, Valentin; ZHANG, Guohai; VAKUNOV, Andrey; TKACH, Alexander; ZUFFI, Silvia, 2020. *BlazePose: On-device Real-time Body Pose Tracking*. arXiv preprint. DOI: 10.48550/arXiv.2006.10204. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2006.10204>

BISHOP, Christopher M., 2006. *Pattern Recognition and Machine Learning*. New York: Springer. ISBN 978-0387310732.

BOEHM, B. W., 1988. A spiral model of software development and enhancement. *Computer*. Vol. 21, n.º 5, pp. 61-72. DOI 10.1109/2.59.

BRADSKI, Gary R. y KAEHLER, Adrian, 2011. *Learning OpenCV: computer vision with the OpenCV library*. 1. ed., [Nachdr.]. Beijing : O'Reilly. Software that sees. ISBN 9780596516130.

BREIMAN, Leo, 2001. Random Forests. *Machine Learning*. Vol. 45, n. 1, pp. 5–32. DOI: 10.1023/A:1010933404324.

BROWN, Ethan, 2019. *Web development with Node and Express: leveraging the JavaScript stack*. Second edition. Beijing [China] ; Sebastopol, CA : O'Reilly Media, Inc. ISBN 9781492053514.

BROWN, Simon. *The C4 model for visualising software architecture* [en línea]. 2025. [Consulta: 28 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://c4model.com/>

CALLAWAY, Andrew J, COBB, Jon E and JONES, Ian, 2009. A Comparison of Video and Accelerometer Based Approaches Applied to Performance Monitoring in Swimming. *International Journal of Sports Science & Coaching*. Vol. 4, no. 1, pp. 139–153. DOI 10.1260/1747-9541.4.1.139.

CONSEJO SUPERIOR DE DEPORTES (ESPAÑA), 2002. *Análisis biomecánico de la técnica en natación: programa de control del deportista de alta competición*. Madrid] Consejo Superior de Deportes [2002. Estudios sobre ciencias del deporte. Serie de investigación, n. 32. ISBN 9788479491192.

CORTES, Corinna y VAPNIK, Vladimir, 1995. Support-vector networks. *Machine Learning*. Vol. 20, pp. 273–297. DOI: 10.1007/BF00994018.

CRAIG, Albert B. et al., 1985. Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition: *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 17, n.o 6, pp. 625-634. DOI 10.1249/00005768-198512000-00001.

DAMODARAN, Aswath, 2025. *Equity Risk Premiums (ERP): Determinants, Estimation, and Implications – The 2025 Edition*. DOI 10.2139/ssrn.5168609.

DARTFISH. *Dartfish About Us* [en línea]. 2025. [Consulta: 28 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://www.dartfish.com/about/>

DCOSTA, Selena y NAIR, Aishwarya, 2025. Update on Rehabilitation Strategies for Swimmers' Shoulder: A Narrative Review. *Journal of Health and Allied Sciences NU*. Vol. 15, n.o 01, pp. 001-003. DOI 10.1055/s-0044-1787878.

DILL, Sebastian et al., 2023. Accuracy Evaluation of 3D Pose Estimation with MediaPipe Pose for Physical Exercises. *Current Directions in Biomedical Engineering*. Vol. 9, no. 1, pp. 563–566. DOI 10.1515/cdbme-2023-1141.

DOGUSOY, Berrin, CICEK, Filiz y CAGILTAY, Kursat, 2016. How Serif and Sans Serif Typefaces Influence Reading on Screen: An Eye Tracking Study. En : MARCUS, Aaron (ed.), *Design, User Experience, and Usability: Novel User Experiences*, pp. 578-586.

Cham : Springer International Publishing. ISBN 9783319403540. DOI 10.1007/978-3-319-40355-7_55.

DOUGLASS, Katherine et al., 2024. Swimming in Data. *The Mathematical Intelligencer*. Vol. 46, no. 2, pp. 145–155. DOI 10.1007/s00283-024-10339-0.

EXPO. *Expo Documentation* [en línea], 2025. [Consulta: 28 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://docs.expo.dev>.

FICHE, Guénolé; SEVESTRE, Vincent; GONZALEZ-BARRAL, Camila; LEGILAIIVE, Simon; SÉGUIER, Renaud. 2023. *SWIMXYZ: A large-scale dataset of synthetic swimming motions and videos*. DOI: 10.48550/arXiv.2310.04360.

FINIS. *LaneVision* [en línea]. 2025. [Consulta: 28 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://finis.lane.vision>

FLACH, Peter A., 2012. *Machine Learning: The Art and Science of Algorithms that Make Sense of Data*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 978-1107096394.

GABRIŠOVÁ, Ivana et al., 2025. The Adoption of Modern Sports Technologies from Professional Settings to Everyday Life. *Administrative Sciences*. Vol. 15, n.º 7, p. 249. DOI 10.3390/admsci15070249.

GOOGLE DEVELOPERS. *ML Kit: Pose Detection – Pose Model Card* [en línea]. 2023. [Consulta: 28 de octubre de 2025]. Disponible en: https://developers.google.com/static/ml-kit/images/vision/pose-detection/pose_model_card.pdf

GOOGLE PLAY SUPPORT. *Tax rates and value-added tax (VAT)* [en línea]. [Consulta: 15 de diciembre de 2025]. Disponible en: <https://support.google.com/googleplay/android-developer/answer/138000>

GONZALEZ, Rafael C. y WOODS, Richard E., 2008. *Digital Image Processing*. 3rd ed. Upper Saddle River: Pearson. ISBN 978-0131687283.

GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua y COURVILLE, Aaron, 2016. *Deep Learning*. Cambridge: MIT Press. ISBN 978-0262035613.

GÜLCÜOĞLU, Ekrem, USTUN, Ahmet Berk y SEYHAN, Neşet, 2021. Comparison of Flutter and React Native Platforms. *Journal of Internet Applications and Management*. DOI 10.34231/iuyd.888243.

HARRIS, Charles R. et al., 2020. Array programming with NumPy. *Nature*. Vol. 585, n.o 7825, pp. 357–362. DOI 10.1038/s41586-020-2649-2.

HASTIE, Trevor; TIBSHIRANI, Robert y FRIEDMAN, Jerome, 2009. *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. 2nd ed. New York: Springer. ISBN 978-0387848570.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar, 2014. *Metodología de la investigación*. 6a ed. México, D.F. : McGraw-Hill Education. ISBN 9781456223960.

HYODO, Hiroki et al., 2023. Relationship between Swimming Velocity and Trunk Twist Motion in Short-Distance Crawl Swimming. *Biomechanics*. Vol. 3, n.o 2, pp. 193-203. DOI 10.3390/biomechanics3020017.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INDEC). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022* [en línea]. 2022. [Consulta: 28 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://censo.gob.ar/>

JOSEPHSON, Sheree, 2008. Keeping Your Readers' Eyes on the Screen: An Eye-Tracking Study Comparing Sans Serif and Serif Typefaces. *Visual Communication Quarterly*. Vol. 15, n.o 1-2, pp. 67-79. DOI 10.1080/15551390801914595.

J.P. MORGAN. *Emerging Markets Bond Index Plus (EMBI+)*. Nueva York: J.P. Morgan Chase & Co. [base de datos en línea, acceso restringido]. [Consulta: 28 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://www.jpmorgan.com/markets/index-research/indices>

KIM, W. Chan y MAUBORGNE, Renée, 2005. *Blue Ocean Strategy: How to Create Uncontested Market Space and Make the Competition Irrelevant*. Boston: Harvard Business School Press. ISBN 978-1591396192.

KOTLER, Philip, KELLER, Kevin Lane y CHERNEV, Alexander, 2022. *Marketing management*. Sixteenth edition, global edition. Harlow, England : Pearson. ISBN 9781292404813.

LEES, Adrian, 2002. Technique analysis in sports: a critical review. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 20, no. 10, pp. 813–828. DOI 10.1080/026404102320675657.

LIEBERMANN, Dario G. et al., 2002. Advances in the application of information technology to sport performance. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 20, no. 10, pp. 755–769. DOI 10.1080/026404102320675611.

LOHN, John, 2010. *Historical dictionary of competitive swimming*. Lanham, Md : Scarecrow Press. Historical dictionaries of sports, no. 1. ISBN 9780810867758.

MAGILL, Richard A., 2004. *Motor learning and control: concepts and applications*. 7. ed., internat. ed. Boston, Mass. : McGraw-Hill. McGraw-Hill higher education. ISBN 9780072557220.

MAGLISCHO, Ernest W., 2003. *Swimming fastest*. Champaign, Ill.: Human Kinetics. ISBN 0736031804, 9780736031806.

MINISTERIO DE TURISMO Y DEPORTES DE LA NACIÓN. *Encuesta Nacional de Actividad Física y Deporte* [en línea]. 2023. [Consulta: 28 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/turismoydeportes/observatorio-social-del-deporte/encuesta-nacional-de-actividad-fisica-y-deporte-0>

MÖDINGER, Moritz, WOLL, Alexander y WAGNER, Ingo, 2022. Video-based visual feedback to enhance motor learning in physical education—a systematic review. *German Journal of Exercise and Sport Research*. Vol. 52, n.o 3, pp. 447-460. DOI 10.1007/s12662-021-00782-y.

MOONEY, Robert et al., 2015. Inertial Sensor Technology for Elite Swimming Performance Analysis: A Systematic Review. *Sensors*. Vol. 16, no. 1, p. 18. DOI 10.3390/s16010018.

MUNDT, Marion et al., 2022. Estimating Ground Reaction Forces from Two-Dimensional Pose Data: A Biomechanics-Based Comparison of AlphaPose, BlazePose, and OpenPose. *Sensors*. Vol. 23, no. 1, p. 78. DOI 10.3390/s23010078.

NILSSON, Nils J., 2010. *The Quest for Artificial Intelligence: A History of Ideas and Achievements*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 978-0521122931.

OGARRIO PERKINS, Carlos Ernesto, 2023. *Fundamentos y bases de la enseñanza en la técnica de natación*. Hermosillo: Universidad de Sonora. ISBN 9786075185125. DOI: 10.47807/UNISON.257

OSTERWALDER, Alexander y PIGNEUR, Yves, 2013. *Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers*. New York : Wiley&Sons. ISBN 9780470876411.

OTTOBRINI, SARA, 2018. Two-dimensional video analysis in swimming: a tool for scientific purposes and coaching practicest. DOI 10.15167/OTTOBRINI-SARA_PHD2018-05-17.

POLLEN, Travis R. et al., 2023. Is Real-Time Poolside Assessment of Upper Limb Errors in Front Crawl Swimming Technique Reliable and Equivalent to Video Analysis? *Journal of Sport Rehabilitation*. Vol. 32, n.o 2, pp. 183-189. DOI 10.1123/jsr.2021-0435.

PORTER, Michael E., 1998. *Competitive strategy: techniques for analyzing industries and competitors: with a new introduction*. New York : Free Press. ISBN 9780684841489.

- REICHMUTH, Daniela, OLSTAD, Bjørn Harald y BORN, Dennis-Peter, 2021. Key Performance Indicators Related to Strength, Endurance, Flexibility, Anthropometrics, and Swimming Performance for Competitive Aquatic Lifesaving. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 18, n.º 7, p. 3454. DOI 10.3390/ijerph18073454.
- ROGERS, Everett M., 2003. *Diffusion of innovations*. Fifth edition. New York London Toronto Sydney : Free Press. ISBN 9780743258234.
- RUSSELL, Stuart J. y NORVIG, Peter, 2021. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 4th ed. Hoboken: Pearson. ISBN 978-0134610993.
- SALUNKE, Sanket Vilas y OUDA, Abdelkader, 2024. A Performance Benchmark for the PostgreSQL and MySQL Databases. *Future Internet*. Vol. 16, n.º 10, p. 382. DOI 10.3390/fi16100382.
- SCHMIDT, Richard A. and WRISBERG, Craig A., 2008. *Motor learning and performance: a situation-based learning approach*. 4th ed. Champaign, IL: Human Kinetics. ISBN 9780736069649.
- SEIFERT, Ludovic, CHOLLET, Didier y ROUARD, Annie, 2007. Swimming constraints and arm coordination. *Human Movement Science*. Vol. 26, n.o 1, pp. 68-86. DOI 10.1016/j.humov.2006.09.003.
- SKORULSKI, Maciej et al., 2025. Accelerometric assessment of fatigue-induced changes in swimming technique in high performance adolescent athletes. *Scientific Reports*. Vol. 15, n.o 1, p. 2409. DOI 10.1038/s41598-024-83310-w.
- SOMALO, Ignacio, 2020. *Modelos de negocio digitales: cómo y por qué las startups baten a las empresas tradicionales*. Barcelona : Deusto. Social Business (Ediciones Anaya Multimedia). ISBN 9788423431359.
- SOMMERVILLE, Ian, 2011. *Software engineering*. 9th ed. Boston : Pearson. ISBN 9780137035151.
- SUITO, Hiroshi, NUNOME, Hiroyuki y IKEGAMI, Yasuo, 2017. A quantitative evaluation of the high elbow technique in front crawl. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 35, n.o 13, pp. 1264-1269. DOI 10.1080/02640414.2016.1221517.
- SWIMPRO. *SwimPro: Underwater Cameras for Swimmers* [en línea]. 2025. [Consulta: 28 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://swimpro.com/>

SWIMXYZ. *SwimXYZ: a large-scale dataset of synthetic swimming motions and videos* [en línea]. 2023 [Consulta: 28 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://g-fiche.github.io/research-pages/swimxyz>

SZELISKI, Richard, 2022. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. 2nd ed. Cham: Springer. ISBN 978-3-031-05658-4.

TEECE, David J., 2010. Business Models, Business Strategy and Innovation. *Long Range Planning*. Vol. 43, n.º 2-3, pp. 172-194. DOI 10.1016/j.lrp.2009.07.003.

TOUSSAINT, Huub M. y BEEK, Peter J., 1992. Biomechanics of Competitive Front Crawl Swimming: *Sports Medicine*. Vol. 13, n.o 1, pp. 8-24. DOI 10.2165/00007256-199213010-00002.

TOUSSAINT, Huub y TRUIJENS, Martin, 2005. Biomechanical aspects of peak performance in human swimming. *Animal Biology*. Vol. 55, n.o 1, pp. 17-40. DOI 10.1163/1570756053276907.

TRITONWEAR. *TritonWear – Performance Monitoring for Swimmers* [en línea]. 2025. [Consulta: 28 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://www.tritonwear.com/>

U.S. DEPARTMENT OF THE TREASURY. *Daily Treasury Yield Curve Rates*. Washington D.C.: U.S. Government, 2025 [en línea]. [Consulta: 28 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://home.treasury.gov/>

VANGAVOLU, Sai Vinod, 2025. The Latest Trends and Development in Node.js. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*. DOI 10.56726/IRJMETS70150.

VIRAG, Bonnie et al., 2014. Prevalence of Freestyle Biomechanical Errors in Elite Competitive Swimmers. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*. Vol. 6, n.o 3, pp. 218-224. DOI 10.1177/1941738114527056.

WORLD AQUATICS, 2023. *How OMEGA keeps advancing timekeeping in swimming* [en línea]. 2023. [Consulta: 28 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://www.worldaquatics.com/news/3251540/how-omega-keeps-advancing-timekeeping-in-swimming-a-partnership-celebrated>

WORLD AQUATICS, 2024 *World Swimming Championship (25m) Sports Results Report* [en línea]. 2024. [Consulta: 28 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://www.worldaquatics.com/news/4238580/swimming-2024-world-championship-25-m-sports-results-report-athlete-performance-progression>

Anexo A: Entrevista a Juan

Entrevistado: Juan Juarez

Entrevistador: Lucas Lopez Vazquez

Edad: 55 años

Fecha: 28/05/2025

Lugar: Club de natación “Aguas Abiertas” – Monte Grande, Buenos Aires

Modalidad: Presencial

Duración: 22 minutos

Entrevistador: Arrancamos con las primeras preguntas como una especie de perfil institucional, como para dar un contexto del club en general. La primera pregunta es: ¿hace cuánto tiempo están a cargo de la concesión de la pileta dentro del club?

Juan: Desde 2007. Aguas Abiertas firma un contrato en el 2007 con Club Atlético Monte Grande. Y bueno, desde ese entonces hicimos un contrato primero de 8 años, y el segundo contrato que hicimos, lo hicimos por 20 años. El primero fue un éxito, fue Deportivo Social, una idea abierta como el nombre Aguas Abiertas, un éxito.

Y el segundo fue Salud y Deporte que, también, muy acertado, porque fue como ver la necesidad del lugar donde nosotros estamos, ¿no? O sea, nos fue hablando el lugar, ¿viste? Nos fue pidiendo cosas. En un momento fue deporte, fue apertura social, becas, equipos de capacidad diferente, promocionales, federados, máster. Y después lo de Salud tuvo que ver netamente con todo lo que venían pidiendo las cosas, ¿viste? Por ejemplo, rehabilitar una rodilla, una columna, un ACV, diabetes, estrés. Entonces, Salud y Deporte fue una necesidad que nos pedía nuestra gente.

Entrevistador: Está bien. Bueno, un poco me lo dijiste, pero la otra pregunta es: ¿qué servicios ofrece actualmente Aguas Abiertas? No te quiero sesgar la pregunta, pero quizás un poco más orientado a: clase de aquagym, por ejemplo.

Juan: Los servicios que ofrece son: aprender a nadar, gimnasia en el agua... un deporte, tanto para chicos como para adultos, y un lugar. Muchísima gente nos dice que esta es su segunda casa. Así que ofrece un lugar donde uno encuentra pertenencia. Ese es el servicio que ofrece.

Entrevistador: Es más que una simple actividad.

Juan: Sí... Vos lo sabés.

Entrevistador: Después de tantos años...

Juan: Pero es verdad, ¿no? Yo creo que no miento ahí cuando digo eso.

Entrevistador: Sí, sí.

Juan: Ya respondí. ¡Jaja!

Entrevistador: Bueno, ahora pasando un poco más a lo que son los chicos del equipo, la pregunta es: ¿cuál es el perfil de los nadadores que forman parte del equipo? Edades, niveles...

Juan: Cuando yo dije, el primer proyecto que armamos, que fue Deportivo Social, nunca pensamos que íbamos a llegar tan alto. Creo que la pertenencia, el afán de aprender, nos llevó a que cuando salimos a mostrar nuestro trabajo, no era tan malo y nos permitió crecer. Fue como un primer peldaño donde, cuando salimos a mostrar nuestro trabajo, hay laburos muy buenos en el país en agua y nosotros no desentonábamos. Sí nos tuvimos que poner a la altura de la competencia, pero nos fue muy bien. Hemos aprendido lo que hoy nos da un orgullo, que es tener un oficio. Para nosotros el agua es un oficio y lo hemos aprendido en la parte deportiva, que es tiempo y marca. Eso es a lo que nosotros nos dedicamos. Nos dedicamos a preparar a una persona para tiempo y marca.

Entrevistador: ¿Y el perfil demográfico de los chicos que conforman el equipo de natación? ¿En cuanto a edades?

Juan: Bueno, lo que pasa es que el equipo tiene como tres etapas. Tiene un equipo pre-infantil, que sería el semillero. Tiene un equipo infantil y menores, que serían los promocionales. Y tiene un equipo pasado de cadetes a juveniles federados. Es como que van pasando por distintas instancias que van dando a su evolución de años y de antigüedad en el deporte. Las dos van de la mano. Vos necesitás tener evolución física, hormonal y necesitás tener antigüedad para poder manejar el agua de la manera que hay que manejarla para este deporte de tiempo y marca.

Entrevistador: Jerónimo hablaba de volumen de nado, o sea, cantidad de metros nadados.

Juan: Bueno, lo que sucede es que la receta del armado de un nadador federado se da, yo creo que se da, el armado de algo armonioso en la cadencia, en lo sensor y motriz, en el volumen. Si fuera estudio sería, horas silla sentado estudiando. Si fuera natación, kilómetros. Por eso

tiempo y marca. El tiempo muchísimas veces tiene que ver no solo con la tabulación de una distancia, sino de horas. Lo podríamos pasar a segundos, pero por semana lo podríamos pasar a kilómetros, que de hecho se hace.

Entrevistador: ¿Cuántos kilómetros se nadan en la semana?

Juan: Depende en el semestre dónde te agarre, porque te puede agarrar en una etapa de cantidad y te puede agarrar una capa de calidad, que sería intensidad para nosotros. Capacidad e intensidad son dos variables que se van modulando, depende del semestre.

Entrevistador: ¿Un promedio de un semestre enfocado en cantidad? En una semana.

Juan: Va de 44 kilómetros semanales. Nosotros siempre armamos la semana. La semana hemos tenido promedios de 45 kilómetros a 90 kilómetros en la semana.

Entrevistador: ¿A 90 kilómetros?

Juan: Sí, con nadadores juveniles o mayores. Habría que entender que hay doble turno, habría que sacar una cuenta gruesa, porque esto siempre es variable, pero si vos ves que un nadador juvenil, hasta cadete mismo, muy bueno, está nadando a la mañana 6000 metros y a la tarde nada otros 6000 metros, son 12000 metros al día, 12 kilómetros al día. ¿Se entiende? Y que ese tipo el miércoles por ahí va a hacer un turno simple para tener descanso a la tarde, pero que nada lunes, martes, miércoles turno simple, jueves, viernes y sábado y el domingo compite por ahí o hace otra actividad que sea para descargar lo específico y mantener ese hábito al movimiento o a la capacidad coordinativa o a la capacidad fuerza que puede ser preparación física.

Entrevistador: Sí, el gimnasio también.

Juan: Claro, van muy de la mano. Hoy en día, no la natación, sino todos los deportes. El deportista de un deporte se podría decir que es un atleta. Tiene que tener fuerza. Tiene que tener coordinación. Tiene que conocer otros deportes porque a nosotros nos enseñó que saber una sola disciplina es no poder ir a disfrutar de otra actividad que te oxigene, que te divierta, que te saque de la presión. Podría haber sido tenis, a pelotear, a divertimos en un día domingo, ¿no? Pedalear.

Entrevistador: Correr.

Juan: Claro, ¿por qué no?

Entrevistador: Bueno, ahora preguntando un poco sobre tu rol como coordinador general de la pileta, ¿cuáles son tus responsabilidades principales como coordinador, tanto del equipo de natación como de la pileta?

Juan: Hoy me siento muy orgulloso. En un momento me costó mucho pegar un paso al costado porque yo fui el primer entrenador de esta pileta y era como entregarle el tridente o el poder a otro, y me costó mucho delegar el poder. Hoy me siento orgulloso de ser una persona que trabaja de costado y que algunos preguntan, ¿quién es ese? Yo tengo un rol de... soy coordinador general de esta pileta, me considero manager del equipo, me considero un control de calidad, me considero... a veces lo digo así, soy como una térmica o un disyuntor que salta cuando de costado ve algo que está mal y opino porque me siento adentro de cualquier actividad que sea dentro de este club, me siento parte. Y bueno, y me siento orgulloso de poder haber aprendido a trabajar de costado, que me costó mucho en los últimos años. Ser coordinador es, ser un enlace con cualquier actividad del club y poder dar soluciones, porque las intervenciones, hablando de un disyuntor, una térmica que salta, es cuando hay un problema e identificar dónde es, de qué se trata y cómo se puede solucionar. Todo el tiempo estoy tratando de armar lazos con mi gente para poder ayudarlos.

Entrevistador: Está bien, ok. Bueno, pasando a un tema más del equipo, volviendo a la parte del equipo, la pregunta es: ¿cómo evalúa la pileta o cómo evaluás vos el desempeño y la evolución técnica de los nadadores del equipo?

Juan: Nosotros tenemos varios controles de calidad. Yo dije, yo soy un control de calidad. El mío es más hacia lo masivo, hacia lo macro. Los entrenadores son más micro, o sea, persona por persona. Yo, equipo entero, padres. ¿Cómo se evalúa? En las primeras etapas son sensorio-motrices. Es cómo el nadador percibe el agua y cómo la toma, con qué naturalidad. A nosotros nos pasó que acá hubo chicos que, en forma empírica, han tomado el agua de una manera que nosotros, que tenemos experiencia, sabemos que ese chico tiene una facilidad. Y después lo único que hacemos con el talento es guiarlo.

El talento nace para hacerlo ya. La virtud que tenemos es el oficio, entonces aprendimos a mirar y a corregir sobre alguien que ya hace las cosas bien por naturaleza. Así que somos un soporte de un talento. Y bueno, la natación es muy de promedio, muy de estadística, usamos

mucha estadística, usamos gráficos. Bueno, se está usando muchísimo lo visual. Porque desde mirar carreras o desde mirar campeones, se aprende. Y desde mirar lo que está mal, se aprende tanto como mirando lo que está bien.

Entrevistador: Pasando a un lado más del tipo tecnológico, la pregunta es si se implementaron con anterioridad tecnologías, que es un poco lo que vos dijiste recién, para mejorar el entrenamiento en el club.

Juan: Sí, bueno, sí porque acá Pablo, que fue un entrenador que en este momento está en SAGVB y está en la Selección Infantil de Natación de la República Argentina, era un chico que usaba mucho filmaciones, o sea, sentaba mucho a sus nadadores a ver natación técnica a través de lo visual y charlar cómo se nada pecho, cómo lo nada este campeón, cómo lo nada este. Porque, por ejemplo, pecho es un estilo que se puede nadar muy bien de distintas formas. No hay una sola técnica de pecho. Y después, tanto crol como mariposa y espalda, se usó mucho. Y después lo que se usó mucho es filmarlos a ellos en partidas, virajes, subacuáticos y corregir. O sea que se usó la filmación, pero nosotros acá no tenemos un programa biomecánico. Tiene mucho que ver con... nosotros le llamamos la retina gorda. Tenemos mucha experiencia visual. Estamos acostumbrados a ver muy buenos tiempos y una cadencia, yo lo había hablado anteriormente, de la cadencia. La natación mantiene una cadencia cuando está bien hecho que es exacta. Siempre es igual, siempre es igual. Entonces el nadador aprendió a hacer movimientos simétricos o asimétricos, pero a través de una cadencia que se repite y siempre es igual. Bueno, eso es nadar bien.

Entrevistador: ¿Vos creés o sabés si otras piletas están utilizando algún tipo de tecnología en particular?

Juan: Para mí no. Lo que sí sucede es que los equipos que se van formando desde infantiles a mayores a nivel nacional, sí, se ha comprado un programa, creo que es chino, donde el programa es biomecánico y está al servicio de los nadadores de la selección nacional desde infantiles a mayores.

Entrevistador: ¿No te acordás el nombre del programa?

Juan: Sabés que no, lo podríamos averiguar, pero sé que CADDA, el representante de la natación a nivel nacional, lo compró, lo tiene y lo manejan los entrenadores de la selección nacional.

Entrevistador: Ok, interesante esa información. Bueno, ahora preguntando más un poco sobre la aplicación en sí, antes en el contexto del club. La pregunta es si te parecería útil una aplicación que detecte errores técnicos a partir de videos.

Juan: Nuestro nombre nos enorgullece a nosotros, es Aguas Abiertas. Nosotros siempre creímos que trabajar solo termina siendo un impedimento personal o de grupo, como vos quieras. El trabajo interdisciplinario es lo que siempre quisimos. Anhelamos ser una fábrica de la natación que produzca, y cualquiera que venga a aportarnos algo, que nos haga ser mejor, para nosotros es una suerte. Nosotros no creemos que solos seamos capaces de crear un campeón, nosotros anhelamos a la medicina, anhelamos a la biomecánica, y cuando vos hablaste de la natación periférica a nivel provincia, nosotros a nivel amateur tenemos la mala suerte de no tener sponsors que banquen médicos, biomecánicos, medicina del deporte. Y la anhelamos, porque sabemos que la diferencia que nosotros tenemos con el primer mundo no es de talento, sino de estructura.

Entrevistador: Ok, vos decís médicos que se especialicen en ayudar a los nadadores.

Juan: Claro, antiguamente cuando la natación comienza, todo se regía a través de los planes de entrenamiento, entonces las mejoras de los campeones se daban a través del entrenamiento, entrenar más, hacer más volumen, andar más rápido, y en la nueva era el cambio lo hizo la medicina del deporte, y en la era que estamos viviendo y la que vamos a vivir, lo hace la imagen, lo hace la biomecánica, la tecnología. La tecnología creo que es lo último que se metió en el deporte y que no todo el mundo la tiene. Pero bueno, entre esos dos últimos componentes, medicina del deporte y tecnología, está lo que nosotros, cualquiera que nos venga a brindar eso, tendríamos que decirle siempre gracias, gracias y gracias. No tendríamos otras palabras para enriquecer lo que nosotros mismos hacemos, pero que sabemos que solo no podemos.

Entrevistador: Ok. Bueno. La otra pregunta es si visualizás oportunidades de mejora en el club, internamente, al incorporar este tipo de tecnologías.

Juan: Sí, desde ya sí porque, si bien las de tecnología las habíamos puesto, sabemos por intermedio de cursos que hemos hecho. El año pasado estuvimos haciendo un curso de distintos

entrenadores que tienen nadadores medallistas a niveles olímpicos. Y cuando vimos sus trabajos, entendemos que el éxito tiene que ver con el talento de sus nadadores, pero tiene que ver con todo esto que venimos hablando: tecnología, medicina, política deportiva, que no la nombramos y es súper importante. A nosotros hay tres cosas que en el deporte amateur de la natación nos está faltando: tecnología, medicina y política deportiva.

Entrevistador: Buena frase para terminar esa pregunta, me pareció bien. Bueno, llegando ya un poco al final de las preguntas, quería preguntar qué sugerencias o recomendaciones te gustaría hacer con respecto a esta aplicación de la que estamos hablando, de mejora en la técnica.

Juan: Bueno, creo que el nadador usa principios biomecánicos que son dados por la física. A nosotros lo que más nos cuesta es que el nadador pueda traccionar más tiempo, que pueda batir sus piernas y crear propulsión tanto en descendente como ascendente, y sabemos hoy en día que una muy buena técnica te hace propulsar más a través de mejores apoyos en el agua. Cuando hablamos de la parte sensorial motriz que se da en pre-infantil e infantil, que es sentir el agua en tus manos, en tus pies. Llevado al otro extremo, es estar más tiempo agarrando agua para propulsar. Eso es lo que nos podría estar ayudando, un programa biomecánico, un programa que al nadador lo haga nadar mejor, corregir una dirección del apoyo, un ángulo, porque hay veces que sucede eso: la mano entra mal y el ángulo de ataque es erróneo y entonces la propulsión se divide, que sería propulsarse menos.

Entrevistador: Ok. Bueno, la última pregunta es si te interesaría probar una aplicación como esta cuando esté lista.

Juan: Sí, me interesaría probarlo porque, bueno, volviendo a lo que dije, no creemos que nosotros solos podamos ser suficientes para crear lo que anhelamos siempre, que es tener un campeón. Si bien lo hemos tenido, hemos tenido campeón sudamericano, hemos tenido campeones argentinos, hemos tenido chicos de selección nacional, el sueño para un técnico siempre es tener un campeón y solos sabemos que no podemos. Así que sí, ¿queremos una aplicación que nos ayude? Sí, sí, siempre.

Entrevistador: ¿Pero un campeón a qué nivel entonces?

Juan: Bueno, nosotros siempre fabulamos o soñamos tener... a ver, son escalas. Tuvimos un campeón metropolitano, tuvimos un campeón nacional en distintas pruebas y estilos, tuvimos

un campeón sudamericano, no tuvimos un panamericano, no tuvimos una persona que haya entrado en la Olimpiada y sabemos que no es imposible, pero que es muy difícil. Y bueno, como soñar no cuesta nada, es nuestro sueño.

Anexo B: Entrevista a Jerónimo

Entrevistado: Jerónimo Balaguer

Entrevistador: Lucas Lopez Vazquez

Edad: 25 años

Fecha: 27/05/2025

Lugar: Club de natación “Aguas Abiertas” – Monte Grande, Buenos Aires-

Modalidad: Presencial

Duración: 15 minutos

Entrevistador: Bueno, arrancamos entonces. Las primeras preguntas son sobre tu perfil como entrenador, como para dar un contexto. La primera pregunta es, ¿hace cuánto tiempo entrenás a los nadadores y cómo arrancaste en ese rol?

Jerónimo: Claro, empecé entrenando porque me llamó el entrenador de la pileta cuando estaba dando una clase de adultos iniciales y bueno, le gustó la actitud, la energía, que es muy importante a la hora de entrenar. Me llamó y me dijo: “che, me gustaría que participes”, y con él me estuve capacitando, Pablo Malvasio.

Entrevistador: O sea, vos eras entrenador de los adultos, digamos, que nadan casualmente, y ahí Pablo te llamó para ser entrenador del equipo de natación.

Jerónimo: Sí, así es. Exactamente.

Entrevistador: ¿Y eso hace cuánto fue?

Jerónimo: Hace dos años y medio. Estuve medio año, unos cuatro meses en el verano, aproximadamente desde septiembre hasta enero, viendo ahí, aprendiendo con él al lado y después me mandó solo todo el año 2024 y ahora todo este año 2025. 2 años, ponele, en total.

Entrevistador: La siguiente pregunta es: ¿Qué niveles o categorías entrenás actualmente?

Jerónimo: Ahora yo me dedico a pre-equipo. Estoy con mi colega Nicolás Corbijn, que es el que está en el equipo principal con los nadadores de selección y yo soy del pre-equipo, que es iniciación al medio y aprender. Me dedico a enseñarle la técnica a niños de 6 a 12 años, a veces a algunos más grandes, pero suele ser en ese rango de edad. Les enseño a nadar los cuatro estilos, el fundamento del subacuático, partidas, vueltas y de ahí cuando ya está desarrollado como nadador, ya como un buen nadador, con buenos tiempos, hacemos una evaluación y pasa al

equipo principal. Aún así, equipo y pre-equipo entrenan a veces juntos y compiten juntos. O sea, es un equipo sólido.

Entrevistador: O sea, el pre-equipo también compite, solamente que no a tan alto nivel. ¿Y el equipo significa que están federados?

Jerónimo: No. Federado es un nivel más. Para estar federado tenés que tener ciertos tiempos y se paga. Primero tenés que ser de un club, un club con cierta reputación que tenga la espalda para respaldarte todo lo que se requiere. Yo no trabajo con federados. Este año se van a federar algunos, pero son nadadores de Nico, son nadadores más avanzados.

Entrevistador: Que están en el equipo, no en el pre-equipo.

Jerónimo: Exactamente.

Entrevistador: Ok. ¿Cuántos nadadores, en número, entrenás y con qué frecuencia?

Jerónimo: Y, son entre 15 y 20 chicos las clases. Bueno, hoy que llovió vinieron poquitos, pero entre 15 y 20. Y nadan todos los días una hora y media, porque necesitan desarrollar un estado aeróbico que con una hora de entrenamiento o con pocos días a la semana no se llega al nivel que nosotros buscamos. Se necesita entrenar.

Entrevistador: Está bien. Bueno, vamos a pasar a hablar un poco sobre la técnica en general. Pregunta un poco polémica. ¿Cuál considerás que es el estilo más importante en la natación? ¿Y por qué?

Jerónimo: Como importante, todos, pero el fundamental es crol, porque la mayoría de los entrenamientos se hacen en crol. Si uno quiere entrenar volumen, excepto que ya estés especializado. Esto es así: a una cierta edad, de entre 15 y 16 años, chicos que nadan muy bien, empiezan a entrenar un estilo específico. Pero previo a eso, tienen que ganar mucho volumen. Los chicos chiquititos, de 6 a 12 años, tienen que cargar mucho volumen a sus espaldas a lo largo de todos esos años.

Entrevistador: Volumen te referís a metros de nado.

Jerónimo: Sí, y la mayor cantidad de volumen se nada en crol. Como importancia de la técnica de crol, muy importante, porque la mayor parte del tiempo van a estar nadando crol. Una vez que ya llegan a un cierto nivel, de nuevo muy elevado, se capacitan capaz para un estilo y empiezan a nadar más metros, tanto en técnica como en nado de estilo. Pero como fundamental,

crol. Aún así, todos los estilos son importantes. Cuanto más completo el nadador, mejor. Cuanto más estilos tiene, mejor.

Entrevistador: Bueno, en el caso del estilo crol, ¿cuáles son los errores técnicos más comunes que vos observás en los chicos?

Jerónimo: La patada de rodilla, que es cuando se patear con una flexión excesiva de rodilla.

Entrevistador: Tipo bicicleta.

Jerónimo: Tipo bicicleta, exactamente. Y bueno, eso causa el frenado, que eso después seguramente lo hablemos... con un video, es excelente. Después, una respiración tardía, que tarden mucho en respirar, lo que arruina la frecuencia y la fluidez de la brazada. Una brazada corta, que no extiendan el brazo cuando empujan. Y un nado abierto o cruzado, que no estén alineados, que no estiren adelante del hombro.

Entrevistador: Ah, cuando estirás el brazo para empezar la brazada.

Jerónimo: Exactamente, que esa extensión y ese apoyo del brazo delantero se centre en la línea del hombro.

Entrevistador: Está bien. Bueno, ¿actualmente cómo haces para detectar y corregir errores técnicos en los nadadores?

Jerónimo: Actualmente a ojo. Sí, todo a ojo. A veces hacemos videos, por ejemplo, en las partidas, desde el partidador, la entrada en el agua, por la posición del cuerpo. Algo que puedan ver los nadadores rápidamente, que puedan apreciar cómo está su cuerpo. Porque la noción del cuerpo que uno tiene es diferente a la que siente muchas veces. Entonces con un video eso te permite ver más. Y lo hemos utilizado en partidas y en vueltas. En técnica de estilo a ojo y se corrige en el momento.

Entrevistador: Pero en general los videos no lo hacen con tanta frecuencia.

Jerónimo: No. La idea es hacerlo. Conseguir una GoPro y... ya empezamos a tener una base sólida del equipo, porque este año cambió la directiva. Entonces ya hemos agarrado, reclutado chicos, ya construimos una base sólida de técnica y ahora lo que estamos buscando es potenciar eso. Por eso, a medida que vamos potenciando, vamos agregando diferentes elementos. Como va a ser a futuro una cámara y videos, grabación.

Entrevistador: Ok, está bien. Bueno, la otra pregunta es si te parecería útil una aplicación para detectar los errores técnicos.

Jerónimo: Sí, porque he utilizado cuando hicimos el curso. Yo me egresé en el ISDE, en el Instituto Superior Deportivo, allá en Capital. Y veíamos análisis de videos. Y lo que tiene la natación es que tiene mucho de ángulos. De ángulos, de posición y es importantísimo. Desde el plano lateral, el plano frontal, siempre la alineación y la angulación del cuerpo. Es muy importante. Sí, súper necesario.

Entrevistador: ¿Qué información consideras que debería mostrar esa aplicación? ¿De qué forma y de qué forma se presentaría esa información?

Jerónimo: Bien, desde allá, orientado a los diferentes planos del nadador. Lo que sería el plano lateral, el plano frontal, visto bien de frente, de la sien, y un plano aéreo. Esos creo que son los tres planos más importantes.

Entrevistador: Diagonal sería el aéreo.

Jerónimo: Visto de arriba y el nadador debajo, como si fuese con un dron.

Entrevistador: ¿Directamente desde arriba?

Jerónimo: Sí. Aún así eso se puede suplantar desde el plano frontal que hablábamos antes. ¿Por qué? Por el movimiento... ¿Cómo era la pregunta? ¿Qué planos utilizaría y por qué, verdad?

Entrevistador: ¿Qué información debería mostrar la aplicación y cómo se presentaría?

Jerónimo: Ángulos y posiciones. Ángulo de la patada, de la amplitud de la patada, desde la cadera pasando por la rodilla y de la rodilla hasta el pie.

Entrevistador: Como si fuera un triángulo.

Jerónimo: Exactamente. Y el ángulo de la remada, del agarre, la toma y el agarre del abrazado.

Entrevistador: La del codo alto.

Jerónimo: Exactamente. Qué ángulo ofrece.

Entrevistador: Ya sea frontal, porque tenés un ángulo, como lateral, que es cuando se ve de costado, si tenés bien el codo, o lo tenés caído.

Jerónimo: Exactamente. En el frontal te va a ayudar mucho a la alineación del cuerpo y el ángulo de los hombros, estos dos puntos. Los puntos de los hombros que siempre van a ir

rotando, con la rotación del cuerpo en espalda y en crol, y la elevación en pecho. Porque, por ejemplo, el pecho visto de forma lateral, uno eleva los hombros y el ángulo de la parte de atrás de la cabeza con la espalda tiene que ser una línea recta, cuando el nadador sale a respirar. Y es muy importante la espalda, la línea de la espalda y la línea de la cabeza.

Entrevistador: Ok, todo eso que dijiste de los ángulos que son importantes.

Jerónimo: Sí. Sí. Mismo, en internet, si ves un análisis se ven los ángulos.

Entrevistador: Ok, está bien... ¿Cómo serías vos, en tu trabajo como entrenador, una aplicación de este estilo?

Jerónimo: Y con una cámara, una GoPro.

Entrevistador: ¿Se lo mostrarías a los chicos mientras están entrenando? ¿Lo grabarías?

Jerónimo: Sí, obvio. Y corregiría, por ejemplo, la falta de angulación o la angulación excesiva, según lo que sea necesario. Se los grabaría, iría a mi casa, haría todo el análisis en mi casa. Y vendría en la semana, cuando se trabaje el mismo estilo, a trabajar los puntos débiles. Se lo mostraría, dejaría que entren en calor, le mostraría cómo está nadando y cómo debería nadar. Le comparo, le hago la comparativa. De ahí marco el error. ¿Con qué se trabaja? Con técnica. Todo se trabaja con técnica, ya sea sensibilidad de palma y antebrazo y técnica de drills.

Entrevistador: Ok, está bien. Bueno, ya cerrando las últimas preguntas, ¿qué otras funcionalidades o ideas te gustaría que se incluyan en alguna aplicación como esta? Si tenés alguna para agregar.

Jerónimo: Y, sabés que como no utilizo, no suelo utilizar, nunca me puse a pensar en eso.

Entrevistador: Está bien, es una respuesta válida también, en que no sepas por qué es algo justamente que no estás utilizando. No tenés por qué saberlo de antemano.

Jerónimo: Acá entrenamos como Rocky, ¿viste?

Entrevistador: Está bien, sí. Ok. Y bueno, la última pregunta es si te interesaría probar una aplicación como esta cuando esté lista.

Jerónimo: Sí, obvio. Más que encantado de hacer el testeo. Porque ahí te digo, mirá, estaría bueno que esté la comparativa de las dos imágenes, que se pueda trabajar con dos cosas al mismo tiempo para que esté esa dualidad de lo que estamos haciendo mal y lo que queremos hacer bien. Que por eso te digo, no sé si lo tienen estas aplicaciones. Sí, el contraste, la dualidad.

Anexo C: Entrevista a Valentin

Entrevistado: Valentín Traver

Entrevistador: Lucas Lopez Vazquez

Edad: 17 años

Fecha: 26/05/2025

Lugar: Club de natación “Aguas Abiertas” – Monte Grande, Buenos Aires-

Modalidad: Presencial

Duración: 10 minutos

Entrevistador: Bueno, a ver, la primera pregunta es sobre el perfil del nadador. ¿Cuánto hace que nadás y cómo arrancaste, cómo empezaste?

Valentin: Nado desde chiquito. Empecé porque mi mamá, cuando era bebé, me empezó a llevar a un club de natación, y empecé con ella de bebé. Íbamos los dos juntos, y empecé, empecé, hasta que me empezó a gustar y empecé a competir. Hace bastantes años.

Entrevistador: ¿Vos cuántos años tenés?

Valentin: Yo tengo 17.

Entrevistador: O sea que nadás hace más de 15 años.

Valentin: Sí, hace un montón. Pero competir hace 3, 4 años.

Entrevistador: Bueno, la otra pregunta es: ¿con qué frecuencia entrenás por semana y cuántas horas o turnos?

Valentin: Entreno todos los días 2 horas. Antes, en su momento, llegaba a entrenar a la madrugada también, otras 2 horas más, a las 5 de la mañana, pero eso era antes, cuando estaba otro entrenador.

Entrevistador: Ok, o sea que ahora entrenás todos los días, 2 horas.

Valentin: Sí. Y gimnasio también.

Entrevistador: ¿1 hora?

Valentin: No, 2, 3 horas.

Entrevistador: ¿Todos los días?

Valentin: No, martes, jueves, sábados.

Entrevistador: Ah, está bien. O sea que horas totales de la semana son cerca de 20.

Valentin: Sí.

Entrevistador: Ok. ¿Competís actualmente?

Valentin: Actualmente sí, estoy compitiendo. Tenemos ahora, a principio del mes que viene, una competencia.

Entrevistador: ¿Representás al club? ¿Sos federado?

Valentin: Yo represento al club, acá a Aguas Abiertas, en Monte Grande.

Entrevistador: ¿Y vos estás federado?

Valentin: No, todavía no.

Entrevistador: ¿Cuál es tu principal objetivo como nadador en este momento?

Valentin: Me parece que hoy es más que nada bajar las marcas, no llegar a tal lado, sino entrenar lo mayor que pueda y bajar marcas.

Entrevistador: Ok, bueno, eso viene ligado a la otra pregunta, que es si te especializás en algún estilo en particular.

Valentin: Sí, mariposa. Siento que es mi estilo, que me gusta nadarlo, y por más que sea el que más cansa, es el que más me gusta.

Entrevistador: Ok, ¿y considerás que el nado de crol también es importante para tu performance general como nadador?

Valentin: Sí, para poder nadar otros estilos, primero tenés que saber nadar bien crol, porque es la base de la natación, es el estilo que todos tienen que saber nadar bien.

Entrevistador: Bueno, ahora pasando a temas más de errores técnicos y eso: ¿cómo te das cuenta si estás cometiendo algún error técnico al nadar? ¿Te lo dice un profe?

Valentin: Sí, o te lo puede decir un profesor, o si no, para darte cuenta solo, es que te cansás mucho y no avanzás. La técnica, para mí, lo más importante que podés llegar a tener es mantenerla cuando vas rápido. Porque muchos tienen buena técnica, pero cuando meten velocidad, la técnica desaparece. Y para mí la técnica es lo más importante porque es cómo administrás tu energía para poder avanzar efectivamente gastando menos energía. Porque si hacés mala técnica, tenés que gastar más energía y avanzás menos.

Entrevistador: Ok, o sea que si te sentís muy cansado, demasiado rápido, es probablemente porque estés teniendo algún problema con la técnica.

Valentin: Sí.

Entrevistador: Ok, está bien. La próxima pregunta es si tu entrenador te da devoluciones técnicas frecuentes y si lo hace, ¿cómo?

Valentin: Sí, Pablo, nuestro entrenador, nos decía todo, nos sacaba de la pileta, nos explicaba todo, te retaba, te explicaba cómo era la técnica, te hacía hacer drills técnicos para que practiques la técnica y después sí, meter la velocidad, como dije antes.

Entrevistador: Ok. Como él lo hacía: te lo decía, te sacaba del agua y te decía cuáles eran los errores.

Valentin: Sí, a veces, muy pocas veces, pero ha hecho de mirar videos, videos de técnicas.

Entrevistador: Bueno, esa era la otra pregunta, que es si alguna vez te grabaron nadando para analizar tu técnica y si te sirvió.

Valentin: Sí, la verdad que sí, porque ves dónde está el error, que capaz nadando no lo encontrás porque estás concentrado en otra cosa y no ves el error. En cambio, si te grabaron afuera, mucho mejor.

Entrevistador: Pero no es tan común que te graben nadando.

Valentin: No, no, no.

Entrevistador: No lo suelen hacer.

Valentin: No.

Entrevistador: Pero la vez que lo hicieron te resultó útil.

Valentin: Sí, sí, la verdad que sí.

Entrevistador: Ok. Bueno, respecto a los errores en sí, ¿cuáles considerás que son los errores más frecuentes que podés tener vos o que pueden tener tus compañeros? En cuanto a la técnica del nado, de crol particularmente.

Valentin: Para mí crol puede ser mucho subacuático, porque hay muchos que se olvidan del subacuático. Y la verdad que el subacuático es muy importante porque vas más rápido por abajo del agua que para arriba, porque no cortás el agua. Y la verdad que en una carrera, un buen subacuático puede llegar a remontar una carrera. Y eso es lo importante, que capaz no se da mucho enfoque en esos entrenamientos. Capaz uno sí, pero no en todos los entrenamientos. Y

después también, bueno, salir a respirar tenés que controlarlo bien, porque si no, te cansás muy rápido.

Entrevistador: ¿La frecuencia con la respiración?

Valentin: Sí.

Entrevistador: ¿O la técnica de cuando sacás a respirar?

Valentin: No, la técnica de eso, bueno, la tenés que aprender, pero saber cada cuánta frecuencia, el patrón para salir a respirar, es muy importante.

Entrevistador: Ok, está bien. Bueno, la otra pregunta es si usás alguna aplicación o tecnología en general para mejorar tu rendimiento.

Valentin: No, aplicación no uso, capaz en Instagram viendo un video me puede aparecer una técnica, después lo pruebo, pero no significa que vaya a hacer lo que me dice el video. Solo para probar.

Entrevistador: Sí, si te aparece en redes sociales.

Valentin: Lo típico.

Entrevistador: Sí, sí, sí... Ok, ¿te gustaría tener alguna herramienta que muestre los errores técnicos en base a un video?

Valentin: Y sí, la verdad que sí, estaría interesante para poder ver cuál es el error y poder corregirlo en los entrenamientos, lo más rápido posible.

Entrevistador: Ok, está bien. ¿Cómo te gustaría visualmente, dentro de la aplicación que se supone que te mejora, te da como feedback de la técnica, cómo te gustaría que sea ese feedback, si se te ocurre alguna idea?

Valentin: Por ejemplo, puede ser, no sé, secciones primero por estilo y después qué querés mejorar en cada estilo. Por ejemplo, no sé, tocás pecho y querés mejorar la patada de pecho, bueno, después me aparecen videos de técnicas de patada de pecho, ejercicios para hacer, de entrenamiento, drills, lo que sea que aparezca, que sirva para poder mejorar.

Entrevistador: Ok, vos decís agregar videos donde esté la técnica correcta como para que uno pueda guiarse.

Valentin: Claro, pero bien verificado el video, que no lo haga cualquiera y lo haga mal, un video que sea correcto.

Entrevistador: Ok, y además el concepto de grabarse a uno mismo y que la aplicación te diga cuáles son los errores técnicos.

Valentin: Eso sí, sería muy útil.

Entrevistador: ¿Eso te parece útil? Ok. Porque eso sería más o menos el eje central si hacemos la aplicación. Está bien, pero bueno, visualmente sería que se vea tu propio video y ahí, abajo o en otro lado, te muestre cuáles son las mejoras.

Valentin: Claro, cuál es el error que estás cometiendo y cuál es lo que tenés que mejorar.

Entrevistador: Ok, está bien. Bueno, las últimas dos preguntas, ya llegando al final. ¿Qué otras cosas te gustaría que tuviese la aplicación? Un poco me lo comentaste recién.

Valentin: También podría haber una mini dieta adecuada, porque cada cosa es... cada deporte es distinto. Para más o menos si querés mantenerte bien, tampoco una dieta bien específica, pero más o menos qué comer, qué no. Eso sirve un montón. Porque capaz no vas al nutricionista, pero te guiás, hacés una mini dieta y mejorás.

Entrevistador: Está bien, sí, aparte es fácil de hacer y aporta mucho.

Valentin: Sí, es muy importante, la alimentación es muy importante. No solo es entrenar, venir todos los días; si no tenés buena alimentación, no sos nadie.

Entrevistador: Está bien. Bueno, la última pregunta es si te interesaría probar una aplicación como esta cuando esté lista.

Valentin: Sí, estaría bueno probarla para mejorar, para ver qué onda y poder bajar las marcas.

Entrevistador: Está bien. Bueno, esas eran todas las preguntas.

Anexo D: Entrevista a Facundo

Entrevistado: Facundo Niikado

Entrevistador: Lucas Lopez Vazquez

Edad: 34 años

Fecha: 28/05/2025

Lugar: Club de natación “Aguas Abiertas” – Monte Grande, Buenos Aires-

Modalidad: Presencial

Duración: 25 minutos

Entrevistador: Bueno, nosotros las otras entrevistas que hicimos, fueron con preguntas pactadas, como una especie de pregunta-respuesta, pero para esta entrevista con vos nos pareció mejor hacer más una especie de charla.

Facundo: Ok, sin problemas. Yo le había preguntado a Valen, porque justo salió como la conversación de si te entrevistó...

Entrevistador: Sisi, porque aparte ustedes dos son como del mismo perfil, eran los dos como nadadores bien entrenados y competitivos, y no queríamos que sea lo mismo, no sé qué te dijo él.

Facundo: No... yo le pregunté a él: “¿che más o menos qué te preguntó?”, me dijo: “hace cuánto nada, más preguntas-respuestas, más específico.”

Entrevistador: Sí, sí, sí, y con vos dijimos: “no, mejor no hacerlo tan parecido”, como para que sea un poco más...

Facundo: ¿Para sacar algo más de info, o algo así?

Entrevistador: Si, más dinámica la conversación. Bueno, en cualquier caso, si querés contar un poco, ¿Hace cuánto tiempo nadás?

Facundo: Bueno, yo aprendí a nadar a los 5 ó 6 años, como la mayoría de gente en el colegio. Y yo lo tomo como un caso particular porque en el colegio mismo, por ejemplo, todo se dividía por niveles solamente, y yo me acuerdo que siempre estaba como en el nivel inicial o en el intermedio. Pasa como en la niñez, yo me cambio de colegio, estaba en una escuela privada, pasé a una escuela pública, ahí fue como tuve un parate en lo que fue el deporte, y después mi tío me dijo, ahora que no estás más en este colegio que hacías natación...

Entrevistador: ¿Vos nadabas en el colegio privado?

Facundo: Sí, sí, teníamos, ponele, una vez cada 15 días, íbamos al club y nadabamos, no sé si formaba parte de educación física o algo, pero nos enseñaban a nadar.

Entrevistador: Está bueno eso.

Facundo: Creo que igual algunos colegios lo siguen haciendo. Bueno, empecé a ir al club otra vez, pero esta vez como forma extracurricular, o sea, fuera del colegio, y empecé cerca de casa en el club de barrio, el club Almagro, porque en ese momento yo estaba en Capital, y fui progresando bastante rápido, empecé con el equipo promocional como están ahora Joni y todos los chicos.

Entrevistador: ¿Qué edad tenías ahí?

Facundo: En esa época yo ya tenía 11, 12 años. A los 12 años entro en el equipo del club, que era todo a pulmón.

Entrevistador: ¿De Almagro?

Facundo: De Almagro, sí. Empezamos a nadar como invitados a la Federación del Norte, porque no estábamos metidos en ninguna federación. Era como todo muy fresco, muy crudo, o sea, muy nuevo tanto para la entrenadora como para nosotros.

Facundo: Y después a los 12, 13, en esa época, ahí nos federamos, porque teníamos tiempos para estar compitiendo a ese nivel. Y de ahí fue como un viaje de ida. Desde los 13 que estoy federado hasta prácticamente los 23, que fue entrenar sin parate. El único parate eran las vacaciones, sea de invierno o sea de verano, o las vacaciones deportivas que me diga, me haya dado mi entrenador. Si no, era todos los días, menos los domingos, de lunes a sábado, una hora, dos horas de agua. Eso combinado con, por lo menos, dos días de gimnasio. A veces antes, a veces después. Y eso lo iba mechando con el colegio.

Entrevistador: Estuviste 10 años como federado de corrido.

Facundo: De corrido sin parar, sí.

Entrevistador: Un montón de tiempo...

Facundo: En el último tiempo, a los 22, 23, porque fueron dos años, empecé a hacer el curso de entrenador, porque en esa época ya no iba a la secundaria. Tema aparte, cuando yo terminé la secundaria, tuve, hice como un parate del estudio como para ver... Estoy en medio, en la mitad, entre que estoy llegando como para una final nacional y en el pelotón. Entonces dije,

bueno, voy a ver estos dos años, un año y medio, a ver qué onda. Si no estudio y me enfoco como... full al entrenamiento.

Entrevistador: O sea, vos estabas como para dedicarte 100% a la natación.

Facundo: Lo probé, lo intenté, mis viejos me dejaron, no había problema. Me fue bien, me pudo haber ido mejor, obviamente con otros recursos, con más tiempo de entrenamiento y demás, que no los tuve. Y tampoco me quejo de que no los tuve, porque fue un proceso lindo.

Facundo: Y después de eso, de los 22 y los 23, hice el curso de entrenador en el CeNARD. Y a los 24 arranque a laburar. Entonces ya para esa época, como empecé a laburar...

Entrevistador: ¿De entrenador?

Facundo: De entrenador, sí.

Entrevistador: ¿De natación?

Facundo: Sí. Justo cuando terminé, me escribió el entrenador, el ex, bueno ahora es el ex entrenador, pero en esos momento era el entrenador de Suterh. Suterh es el sindicato encargado de edificios, que tiene sede en San Telmo, y tenía equipo ahí, siempre tuvo equipo. De hecho en una época, como en mi época como nadador, casi me voy a entrenar ahí, pero bueno, seguí en Almagro. Y justo yo dije que sí, porque no estaba trabajando de nada. Terminé el curso y empecé a laburar como ayudante del entrenador y yo estando a cargo del pre-equipo de natación.

Facundo: Empecé a laburar como entrenador y todo, y a los 6 meses digo, bueno, estoy parado, tengo la pileta ahí a mano, y empecé de a poquito a nadar otra vez. Y ahí fue cuando, ponele desde los 24 y medio, como así decirte, fue a entrenar mucho menos volumen de lo que entrenaba antes, antes en un promedio de 6 días 2 horas. Empecé con 3 veces por semana 1 hora, como para poder aclimatarme y acomodarme en los ritmos, qué sé yo. Y ya después seguía manteniendo esas 3 veces, o por ahí sumaba una cuarta vez, ya tratando de empezar a meter ritmo. Y así estuve hasta la pandemia, que fue en 2020.

Entrevistador: ¿Hasta ahí fuiste aumentando? ¿Habías dejado de estar federado?

Facundo: Sí, había dejado de estar federado, empecé a nadar lo que es categoría máster. O sea, una cosa es nadar primera y otra es nadar máster. Empecé a nadar máster porque me daba la edad.

Entrevistador: Competitividad, pero no a nivel federado.

Facundo: Exactamente. Sí, están los másteres federados y los másteres promocionales, en realidad. Sería como una especie de escalón un poquito más tranquilo de lo que sería primera categoría. La concepción del nadador máster va más por un lado social y de pasar el momento y a su vez competir que el federado de primera que entrena para campeonato nacional, un selectivo.

Entrevistador: O sea, vos 10 años.

Facundo: Exactamente. Entonces yo como estaba ya con una mente más de trabajar y quería complementar el trabajo. O sea, en el entrenamiento pasaba a segundo plano, básicamente. Para hacerlo un poquito más divertido, me federé como máster y empecé a competir como máster. A su vez iba a los torneos de primera, pero como entrenador. O sea, una cosa era trabajar y otra cosa era competir.

Entrevistador: Eso fue después de los 25. O sea, estabas federado como máster.

Facundo: Exactamente.

Entrevistador: Hasta la pandemia.

Facundo: Hasta la pandemia, que bueno, estuvo el parate de dos años. Que todos ya sabemos cómo fue... Y cuando se levantó la restricción de las piletas, estuve un tiempo más como entrenador. Y después, hablando con mi ex-entrenador, que me entrenó hasta los 23, surgió como la oportunidad de cambiar de rubro laboral, que era lo que más o menos venía comentando hace unos días. Obviamente con la tranquilidad y sabiendo que iba a trabajar con él y de que él me iba a capacitar y de que la empresa sabía que él iba a meter a alguien que no sabía nada del tema, en base de datos hablamos, y de que estaban dispuestos a capacitarme.

Facundo: Entonces yo, teniendo toda la confianza que tenía con él, después de tantos años de entrenamiento, que casi era como un segundo padre, dije bueno, vamos para adelante. Yo sabiendo que quería buscar algo que me pudiera mantener si llegase a haber otro encierro, otra pandemia, otro aislamiento. Entonces empecé a trabajar como DBA, pero a su vez me pude acomodar y pude no parar de entrenar, porque pude seguir con la parte deportiva. Y esto fue en el 2021. Yo arranqué a trabajar en sistemas en el 2021 y creo que desde el 2021, desde la pandemia, no tuve un parate. El segundo parate, entre comillas, fue la pandemia.

Entrevistador: Ok, o sea que vos estás en la actualidad, federado.

Facundo: En máster.

Entrevistador: Y trabajando en sistemas.

Facundo: Trabajando en sistemas, no viviendo de la natación.

Entrevistador: Pero compitiendo activamente.

Facundo: Sí, hoy en día estoy representando al Sport Club Congreso como nadador, no como entrenador, sino como un deportista.

Entrevistador: Y competís cada cierto tiempo.

Facundo: En lo que es el circuito máster, es una fecha por mes, que va de marzo a noviembre. Por lo general se divide mitad de año en pileta corta, mitad de año en pileta de 50. Y así mismo, lo que es todo pileta de 25, se compiten la mayoría de las pruebas, lo único que queda exento son 800 metros, 1500, por una cuestión de tiempo. Porque los máster, a diferencia de los nadadores de primera, las categorías que son cada 2 años, en máster es cada 5 años. Entonces podés tener gente de 80 años nadando, que está en todo su derecho a nadar, y que por ahí si ponen pruebas de 1500, la jornada está desde las 3 de la tarde que arranca hasta las 11 de la noche.

Entrevistador: ¿Y los estilos que se nadan en el máster?

Facundo: En el máster se nadan los 4 estilos, están las pruebas condicionales que se nadan en lo que es categoría de primera. Y como te dije, lo único que no se nada en el metropolitano es 800 libres, 1500 libres, y para los promocionales, porque mezclan los promocionales con los federados en lo que es el metropolitano máster, los promocionales no nadan 200 mariposa, y creo que 400 combinados tampoco nadan.

Entrevistador: ¿Por la intensidad?

Facundo: Debe ser por la intensidad y la dificultad de la prueba.

Entrevistador: Y más allá de que se naden todos los estilos, ¿en el máster vos considerás que hay alguno que... no sé si decir más importante, pero como que destaca más que el resto?

Facundo: ¿En cuestión de estilos decís?

Entrevistador: En cuestión de estilos, sí. ¿Hay algún estilo que vos destaque?

Facundo: Sí, porque tanto en primera, y en máster también se ve por lo general el estilo que más convoca es crol. Libre, estilo libre. Se hace 50 libre, 100 libre, y hasta por ahí los 200 metros libres. Ya los 400 no mucho, salvo la gente que le gusta nadar fondo, que hay gente que solo nada fondo porque le gusta nadar aguas abiertas, y se meten a nadar máster, nadan 400 libre,

y 200. Pero 50 y 100, y un mix en el 200 libre, es como lo que más convoca. Después le sigue, creo que podría seguirle espalda, en 50 y en 100, ya 200 de espalda, no muchos te lo nadan, y mariposa, 50 metros, pero 100 baja bastante la cantidad de convocatoria.

Entrevistador: ¿Porque es más complejo?

Facundo: Porque es más complejo el estilo, no muchos te lo nadan, y después en lo que es la etapa del año que es nadar 25 metros, lo que tiene mucha convocatoria es 25 combinado, que en pileta de 50 claramente no se puede competir porque son las piletas de 50.

Facundo: En la primera etapa del año, ser pileta corta, poder nadar 25 de cada estilo. Y ese al ser 25, mucha gente lo termina nadando porque es el típico pensamiento, son 25 metros de cada estilo, a lo sumo mariposa lo empiezo despacio, y después sigo los otros 3. Pero yo muy seguro, en convocatoria, 50, 100 libre, 200 libre, después 50, 100 espalda, 50 mariposa. 50 pecho, por ahí 50 pecho más que 100 mariposa. Y de los 100, el que menos convocaría, 100 mariposa, por una cuestión de dificultad.

Entrevistador: Yendo al apartado técnico, ¿vos qué tanto creés que influye la técnica de nado?

Facundo: Y para mí es mucho más importante la técnica en los 4 estilos, y también en las partidas de las vueltas obviamente, que la velocidad. O sea, yo siempre, en mi época de entrenador, si bien yo ya tenía un equipo federado a cargo, primero tuve el pre-equipo, que eran los infantiles, los más chiquitos, y después pasé a tener los juveniles. Si bien ya tenía que darles entrenamientos para velocidad, y para que lleguen a los tiempos que ellos querían hacer, siempre les recalaba, y les ponía mucho énfasis a la parte técnica, porque si no tenían el gesto técnico memorizado, podían ir muy rápido, sí, pero con ciertos errores que, corrigiéndolos, teniendo la parte técnica memorizada...

Entrevistador: ¿Podían ir más rápido todavía?

Facundo: Podían ir más rápido todavía. Entonces yo siempre les decía, primero aprendan el gesto técnico, naden lento, para memorizar el gesto técnico bien, y después eso lo pasan a la velocidad. Al principio les va a costar, claramente, uno va a volver a los errores de antes, pero a medida que lo va trabajando, esto es como por repetición, es como escribir, ¿no? A medida que uno va escribiendo mejor, después por ahí puede escribir lindo, entre comillas, y rápido.

Facundo: La natación por ahí puede ser un poco similar. Primero aprendés el gesto técnico bien, hacer la pasada bien, coordinar bien, y después eso lo pasás a la velocidad. Porque si primero querés ir rápido, vas a arrastrar muchos errores, que después te va a costar más corregir. A mí me pasó mucho, cuando era chico, como no teníamos mucho tiempo, en la época de Almagro, por ejemplo, entrenábamos mucha velocidad. Entrenábamos mucha velocidad, velocidad, velocidad, y el gesto técnico iba medio por ahí, medio atado con alambres, y cuando cambié de entrenador, fue como un volver para atrás, hacer mucha etapa de técnica, y después hacer etapa de volumen aeróbico, que tampoco hacíamos, porque hacíamos puro piques, pero afianzando la técnica. Entonces fue como hacer un rollback, rebobinar todo lo que había hecho antes, de matarme haciendo velocidad, para volver a hacer técnica, y después de nuevo empezar a hacer velocidad. Y los resultados llegaron muy rápido, obviamente.

Entrevistador: O sea, vos coincidís que la técnica es lo más importante.

Facundo: En todos los estilos.

Entrevistador: En todos los estilos.

Facundo: Sí. Más que nada en pecho, siendo yo pechista, es un estilo que los movimientos no son, más que nada los de las piernas, no son muy naturales. Por ejemplo, en crol, patear se lo puede asimilar como caminar, viéndolo a groso modo. Es como caminar, te acostás y pateás. En cambio, en pecho, al tener una dorsiflexión de la rodilla hacia afuera, es completamente antinatural. Entonces tenés que tener mucha técnica, sacando el tema de la flexibilidad, obviamente, tenés un gesto técnico tan preciso, que si no lo trabajás, podés ir rápido, pero te va a limitar un montón. En cambio, si tenés ese trabajo técnico previo, la velocidad por ahí va a estar condicionada, obviamente, de nuevo a la coordinación. Porque pecho es muy coordinativo. A pesar de ser técnico, es muy coordinativo.

Entrevistador: Ok. Yendo a crol, que es como el estilo...

Facundo: Que es más común.

Entrevistador: Más común. ¿Algún error general que vos notes, tanto en vos como en los demás, que sea muy frecuente?

Facundo: Y, por ejemplo, hoy que me quedé nadando con los chicos, lo que suelo ver, por ahí no tanto en Joni ni en Valen, porque esos ya vienen como una base técnica, pero por ahí sí

gente grande, veo mucho cabeza arriba, cabeza arriba no, afuera del agua, cabeza levantada, mirada hacia adelante, poca rotación del cuerpo, y...

Entrevistador: La posición, ¿no?

Facundo: Sí, sí, mucha posición del cuerpo y coordinación de los brazos, muy como si fuese estilo molino, molinete, que una mano no espera a la otra, y demás. Que para velocidad por ahí sirve, pero ya si uno quiere nadar distancias más largas, no.

Entrevistador: ¿Porque ahí se nota más?

Facundo: Se nota más, la gente se cansa y se empieza como a desesperar, entre comillas, y empieza a meter más brazada, pero se da cuenta que hace más brazada y no avanza, porque la coordinación no está bien ejecutada. Por ejemplo, hoy mismo, no sé qué es lo que le corrigió el profesor a un compañero, del tema de la cabeza. No sé si él le corrigió el tema de la posición de la cabeza para hacer una brazada en espera mejor. Entonces, justo yo estaba parado, él llegó de practicar eso, y yo le dije, el tema de la cabeza baja no es para que vos mires el piso, sino para que el cuerpo esté más libre, el cuello esté más relajado, y así el cuerpo pueda rotar más y pueda pasar el agua mejor. Y lo mismo para tu brazo, para que tu brazo se pueda levantar mejor y pueda llegar más adelante, puedas hacer una brazada en espera mejor.

Entrevistador: Ok. ¿Y grabar videos, por ejemplo?

Facundo: Sirve mucho, sirve mucho porque una cosa es entender y hacer el gesto, y otra cosa es, obviamente, entenderlo, hacerlo, y después mirarse, que alguien te filme y te lo mire.

Entrevistador: ¿Vos lo hacés eso?

Facundo: Ya no, porque obviamente no tengo a nadie que me filme, pero en su momento, con mi compañero de laburo lo hacíamos, él llevaba una cámara que era sumergible, hacíamos pasadas, no llegamos a hacer pasadas fuertes, pero sí hacíamos pasadas técnicas para ver si era técnica desde afuera y desde adentro, desde adelante, desde atrás, y si podíamos, obviamente, desde arriba. Y eso te da mucha noción de lo que pensás, lo que sentís que estás haciendo, y lo que se termina viendo de afuera. Y te ayuda mucho a corregir eso.

Entrevistador: ¿Vos sentís que se hace lo suficiente de usar videos, o la tecnología en general, para mejorar el nado?

Facundo: No. El tema es que uno lo quiere usar obviamente, depende también al nivel al que quieras llegar.

Entrevistador: ¿Llegando a algo más competitivo?

Facundo: Competitivo, sí. Hoy en día, en Argentina, yo veo, por ejemplo, de entrenador a nivel nacional, de entrenador de selección, que ya usan temas videos, temas de biomecánica, controlan mucho el tema del pulso, de la concentración de oxígeno, eso se ve.

Entrevistador: El VO2 Max...

Facundo: Sí, el VO2 Max y la tolerancia al lactato y demás. Pero específicamente, tema video, visual, sí veo que lo utilizan, más que nada para análisis de biomecánica, como para después trabajar sobre la técnica y sobre los movimientos que tendrían que hacer correctamente.

Entrevistador: ¿Vos lo ves en los...?

Facundo: En los técnicos a nivel nacional. Por ejemplo, acá, yendo al cercano caso con el Nico y Jero, yo no veo que hagan video. Yo, por ejemplo, en mi caso, si bien no tenía una cámara subacuática, pero sí pedía que un chico que no competía filme al compañero para que yo verlo, para tomar los tiempos, por ejemplo. Y lo podía ver, pero una cosa es verlo en vivo y otra cosa es verlo después en video. Y también para que el chico que se tiró a nadar también se vea y se dé cuenta qué es lo que yo intento corregir. O sea, sirve mucho el video.

Entrevistador: Sí, vos marcás la importancia tanto de la técnica como del uso de los videos para mejorar. La idea nuestra es hacer una aplicación en la cual vos grabes a la persona y te dé mejoras en la técnica. Analice el video y te diga si hay algún error, alguna cosa a mejorar. Habría que decirle a la aplicación específicamente cuáles son los errores más comunes para que se entrene en la aplicación y pueda corregir. Y la idea es enfocarlo a los nadadores que buscan competir activamente. Como el caso de los chicos que entrenan en el equipo, básicamente. La idea es esa y también la idea es ver si existe esa necesidad de utilizar la tecnología...

Facundo: Y mirá, hoy en día la tecnología está involucrada en todo. De hecho, en el deporte yo veo, o vi, específicamente en Argentina y en la natación en sí la tecnología llegó como no sé si tarde pero empezaron a utilizar como un poquito más digamos los datos a diferencia de otros países, por ejemplo, no sé,

Entrevistador: ¿Estados Unidos?

Facundo: Brasil, por ejemplo. Sin ir más lejos. Más allá de que haya una mentalidad deportiva diferente y un gobierno que lo permita también, obviamente, a nivel tecnológico como que arrancaron un cachito más tarde. Y obviamente al usarlo un poco más tarde los resultados se están viendo recién ahora. Que hay chicos, hay promesas que les están yendo bien y por lo que veo de los entrenadores de ellos que están usando mucha tecnología dentro de sus posibilidades, y dentro de lo que la institución les deje usar. Creo que lo están usando bien.

Entrevistador: ¿Usarías una aplicación?

Facundo: Yo si pudiera, si tuviese el espacio obviamente sí. Le pediría a alguien si tiene dos minutos para filmarme un 25 a velocidad y que después la aplicación vea qué es lo que puede llegar a corregir y qué no, y mismo si puede llegar a dar algún ejercicio correctivo para un error que haya encontrado la misma aplicación, bienvenido. En mi caso yo tengo una batería de ejercicios que si por ejemplo, la aplicación me dice tenés que corregir la brazada de pecho porque es muy abierta, bueno, yo ya tengo, yo porque yo sé por mis años de experiencia pero por ahí a algún deportista que no fue entrenador o no tiene tanta batería de ejercicios, le viene bien.

Entrevistador: Ok, vos consideras que debería marcar el error y dar alguna sugerencia.

Facundo: Y dar una sugerencia de ejercicios, o dos o tres, lo que sea, por lo menos uno estaría bueno. Por ahí no sé si te hace un poco más pesada la app por el tema de que tenés que meter algunos videos correctivos.

Entrevistador: Vos pasame las ideas que consideres, que es válido y bueno, uno evalúa después si se puede llevar a cabo o no.

Facundo: Estaría bueno ya que te marca el error, tenes un ejemplo para poder corregirlo, por ahí no sé, te da un ejercicio, vos lo podés aplicar vos como nadador obviamente y le pedís a otra persona obviamente que te filme haciéndolo, o ahí ya claro, ya va el tema de no sé si por ahí firmar haciendo el ejercicio no sé si también podría subirlo a la app y decirte la app si lo estás ejecutando bien o no.

Entrevistador: El drill decís. El ejercicio técnico.

Facundo: Exacto, sí, sí, sí, el ejercicio de corrección. Ahí no sé si ya tenés otro paso.

Entrevistador: Podría ser. Podría complicarse un poco, pero podría ser también.

Facundo: Te estoy cargando de... Obviamente más completo, más cosas, ¿no? Para empezar el ejercicio técnico

Entrevistador: Se puede planear para futuros lanzamientos de la aplicación y lo vas mejorando.

Facundo: Claro, pero como para una primera parte tener unos errores comunes y que te los pueda detectar, eso estaría joya. Y para una segunda etapa meter algún ejercicio que corrija eso y después nada, hay un montón de cosas como para poder agregar a esa aplicación.

Entrevistador: ¿Vos considerás que es suficiente?

Facundo: Sí, yo creo que sí como para poder empezar.

Entrevistador: Bueno, creo que estamos.