



**FACULTAD  
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

# Estimación de la captura realizada en buques pesqueros mediante visión artificial

Autor:

Lic. Nicolás Eduardo Horro

Director:

Dr. Félix Ramón Rojo (INVAP S.E.)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 05 de marzo de 2021 y el 23 de abril de 2021.*

## Índice

Registros de cambios . . . . .	4
Acta de constitución del proyecto. . . . .	5
Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar . . . . .	5
3.1 Introducción general al tema . . . . .	6
3.2 Marco de la propuesta . . . . .	8
3.3 Descripción del proyecto . . . . .	9
Identificación y análisis de los interesados. . . . .	11
1. Propósito del proyecto . . . . .	11
2. Alcance del proyecto . . . . .	11
3. Supuestos del proyecto. . . . .	12
4. Requerimientos . . . . .	12
Historias de usuarios ( <i>Product backlog</i> ) . . . . .	14
9.1 Historia: definición de eventos . . . . .	15
9.2 Historia: consulta de datos . . . . .	15
9.3 Historia: automatización confiable . . . . .	16
9.4 Historia: mantenimiento del sistema . . . . .	16
9.5 Historia: operación del sistema a bordo . . . . .	17
9.6 Historia: desarrollo y mantenimiento del SW del sistema . . . . .	17
9.7 Historia: desarrollo y evolución del sistema . . . . .	17
5. Entregables principales del proyecto . . . . .	18
6. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	18
7. Diagrama de Activity On Node . . . . .	19
8. Diagrama de Gantt. . . . .	20
9. Matriz de uso de recursos de materiales . . . . .	21
10. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	23
11. Matriz de asignación de responsabilidades . . . . .	23
12. Gestión de riesgos . . . . .	24
13. Gestión de la calidad . . . . .	24
14. Comunicación del proyecto . . . . .	24
15. Gestión de compras . . . . .	24
16. Seguimiento y control. . . . .	24

<b>17. Procesos de cierre . . . . .</b>	<b>25</b>
---	-----------

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento.	05/03/2021
1.1	Correcciones de primera revisión. Historias de usuario.	28/03/2021
1.2	Diagramas AoN y Gantt. Matrices RUM y RAM. Presupuesto.	01/04/2021

## Acta de constitución del proyecto

San Carlos de Bariloche, 05 de marzo de 2021

Por medio de la presente se acuerda con el Lic. Lic. Nicolás Eduardo Horro que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Inteligencia Artificial se titulará “Estimación de la captura realizada en buques pesqueros mediante visión artificial”, consistirá esencialmente en el prototipo preliminar de un sistema para clasificación de capturas y descarte en buques pesqueros que utiliza técnicas de visión por computadora e inteligencia artificial, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo, con fecha de inicio 05 de marzo de 2021 y fecha de presentación pública 10 de diciembre de 2021.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Dr. Jorge Omar Lugo  
INVAP S.E.

Dr. Félix Ramón Rojo  
Director del Trabajo Final

## Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El presente proyecto consiste en un prototipo que extiende el Sistema de Monitoreo Electrónico (SME) que incluye sistemas de Circuitos Cerrados de Televisión (CCTV) a bordo de los buques pesqueros mediante el uso Inteligencia Artificial (IA). El objetivo es la automatización del proceso de clasificación y estimación de cantidad de piezas capturadas y descartadas, proceso que actualmente se realiza de manera manual y resulta costoso y propenso a errores. Esta tarea se realiza mediante inspección y es llevada a cabo por operadores humanos.

La figura 1 muestra un diagrama de lienzo (canvas) del modelo de negocio de la solución.

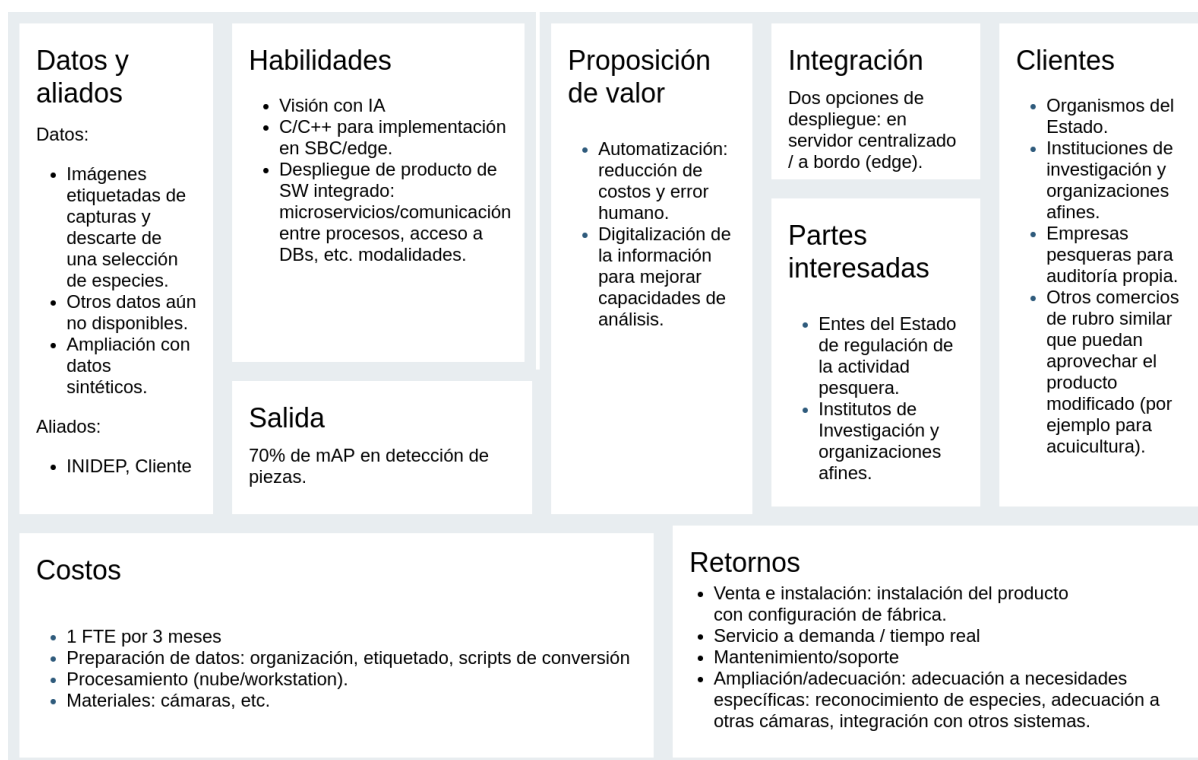


Figura 1. Diagrama de lienzo (canvas) del modelo de negocio de la solución

### 3.1. Introducción general al tema

La pesca industrial es un tipo de pesca que tiene como objetivo obtener un gran número de capturas. En Argentina el sector primario pesquero (aquel que se ocupa de la captura) se compone de una flota de buques fresqueros de altura, de costeros grandes y costeros chicos y una flota de buques procesadores. La flota fresquera de altura está conformada por barcos arrastreros con bodegas refrigeradas y cuentan con equipamiento de navegación y detección y utilizan redes de arrastre.

La figura 2 expone un diagrama simplificado de los tipos de embarcaciones y métodos de captura de acuerdo a la profundidad.

A fin de garantizar que la pesca a esta escala sea sostenible, el Consejo Federal Pesquero tiene como funciones el establecimiento de la política pesquera y de la política de investigación pesquera nacional, la planificación del desarrollo pesquero nacional, el establecimiento de la Captura Máxima Permisible (CMP) por especie y las cuotas de captura, así como aprobar los permisos de pesca comercial y experimental y fijar los cánones por el ejercicio de la pesca, entre otros. Dado que una pesquería es un sistema complejo de factores interdependientes entre los que se cuentan el estado del recurso biológico, limitaciones sociales e institucionales, condiciones económicas y convicciones culturales, etc., es importante generar información estadística e indicadores que permitan el análisis de la actividad de las pesquerías para poder establecer de manera precisa su marco regulatorio. El monitoreo y la vigilancia deben permitir conocer las características del esfuerzo en la actividad pesquera y asegurar que las capturas se realicen

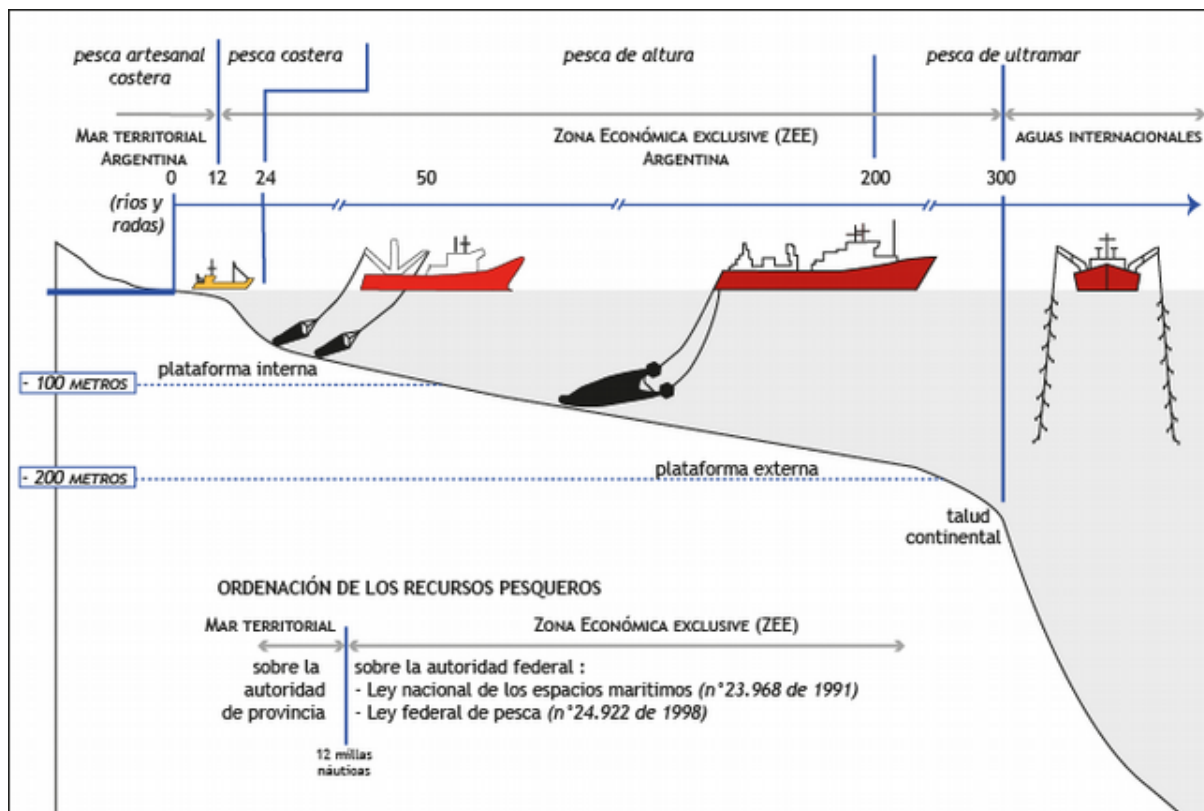


Figura 2. Tipos de embarcaciones según el tipo de pesca

dentro de los cánones admitidos. Existen también regulaciones que establecen el modo en que debe emplearse la técnica, por ejemplo, exigiendo una permanencia mínima de las redes en el fondo para disminuir la captura incidental de mamíferos marinos.

Tradicionalmente, la principal manera de recopilar información independiente acerca de las actividades y la captura de los buques ha sido mediante observadores a bordo, pero existe una creciente tendencia a la utilización de sistemas electrónicos y un mayor grado de automatización. El Seguimiento Electrónico (EM) se presenta como una alternativa eficiente y rentable. Si bien el registro y monitoreo digital de las actividades a bordo representa un avance respecto a la elaboración de reportes manuscritos, el análisis de la cantidad de datos generados, la manipulación de sus medios de almacenamiento y la dependencia de observadores calificados para su análisis, no deja de ser una alternativa costosa y también propensa a otro tipo de errores.

Las nuevas técnicas en las áreas de Visión por Computadora e Inteligencia Artificial hallan un posible campo de aplicación en la optimización de estas tareas de análisis, como lo demuestran algunos trabajos con resultados alentadores \*. Por otra parte, el conocido sitio de competencias de aprendizaje automático Kaggle realizó una competencia de clasificación de capturas en buques pesqueros también con el tema de combatir la sobreexplotación del recurso.

El presente proyecto se destaca especialmente por incorporar estas técnicas para lograr un mayor grado de automatismo. Esto lo diferencia de otros sistemas similares en los que se requiere de mayor participación de personal calificado.

\* *The use of computer vision technologies in aquaculture - A review.* Boaz Zion. Institute of Agricultural Engineering, Agricultural Research Organization, The Volcani Center, Bet Dagan 50250, Israel.

La figura 3 muestra un esquema de un sistema de seguimiento electrónico típico y algunos ejemplos de sus usos.

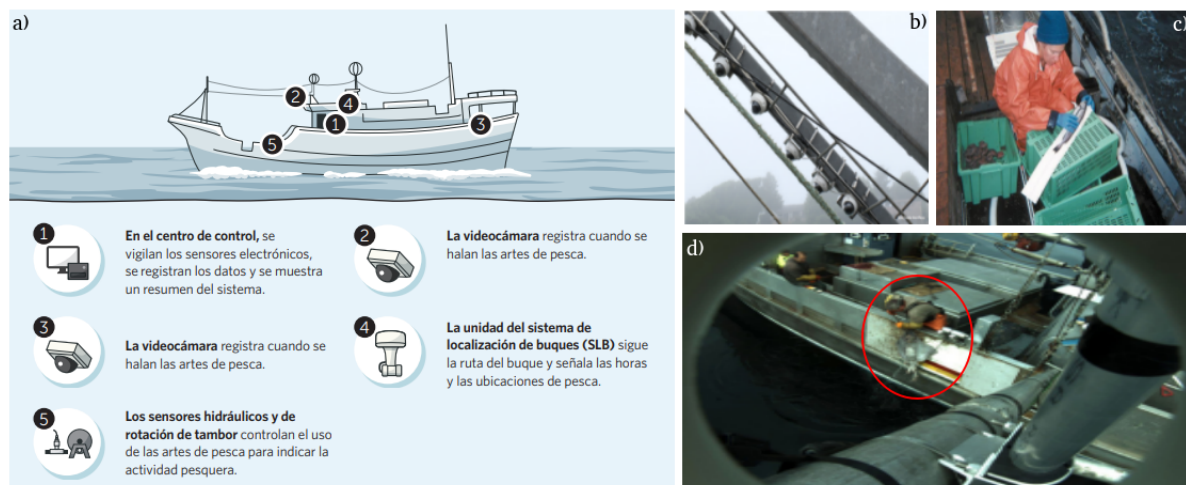


Figura 3. a) Sistema de Seguimiento Electrónico. b) Sistema de CCTV que apunta a redes de arrastre. c) Registro de especímenes por observadores calificados. d) Cámara captando descarte de especie protegida, probablemente no declarada.

### 3.2. Marco de la propuesta

INVAP S.E. es una empresa del Gobierno de Río Negro dedicada al diseño y construcción de sistemas tecnológicos complejos, con una trayectoria de cuatro décadas en el mercado nacional y tres en la escena internacional. La empresa define como su misión el desarrollo de tecnología de avanzada en diferentes campos de la industria, la ciencia y la investigación aplicada, creando “paquetes tecnológicos” de alto valor agregado tanto para satisfacer necesidades nacionales como para insertarse en mercados externos a través de la exportación. Dentro del contexto de la búsqueda de nuevos negocios e incorporación de nuevas tecnologías, se realizan trabajos de investigación y prototipos, a menudo mediante convenios con universidades y otras organizaciones, ya sea en calidad de pasantías, prácticas profesionales, trabajos de carreras de grado y posgrado, u otros. Estos trabajos pueden eventualmente evolucionar y aprovecharse en un proyecto de mayor envergadura. El proyecto que se describe es uno de estos casos y se integra en un desarrollo de mayor alcance: un sistema de monitoreo electrónico que utiliza cámaras de video y computadoras o dispositivos auxiliares para el control de la pesca.

Existe un plan de incorporar gradualmente mayores niveles de automatismo y capacidades de reporte en tiempo real a este sistema. El principal cliente interesado es el Estado Argentino, y en particular la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura perteneciente a la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Si bien no son clientes directos, es también importante mencionar la participación del Consejo Federal Pesquero (<https://cfp.gob.ar/>) y de INIDEP (<https://www.argentina.gob.ar/inidep>), organismos involucrados en el seguimiento y regulación de la explotación del recurso y promotores de la modernización de los sistemas de monitoreo y seguimiento. También pueden



ser potenciales usuarios centros de investigación o entes privados que lo utilicen para registro propio. El desarrollo y vinculación con instituciones se realiza por medio de INVAP S.E.

Como se mencionó, este trabajo es un subproducto de un proyecto de mayor envergadura. El desarrollo actual de INVAP S.E. tiene como objetivos posibilitar el registro de video y de la información de otros dispositivos (por ejemplo motores de las redes de arrastre) para su posterior análisis en tierra (dependiendo del caso puede ser hasta luego de 30 días en el mar). La segunda etapa del desarrollo es el procesamiento y envío del parte de pesca en tiempo real, y por último la automatización de algunas tareas de análisis. Este trabajo es un prototipo para esta última etapa.

### 3.3. Descripción del proyecto

La distorsión de lente de pez que suelen tener las cámaras de vigilancia, las condiciones de iluminación variables (zonas de escaso contraste por la fuerte saturación de luces fluorescentes y otras casi sin iluminar) y la dificultad para detectar una estructura por la forma y disposición de las presas hacen que resulte difícil garantizar una correcta detección por un método automático.

La figura 4 muestra ejemplos de los tipos de escenas en las cuales se apunta a realizar la detección.

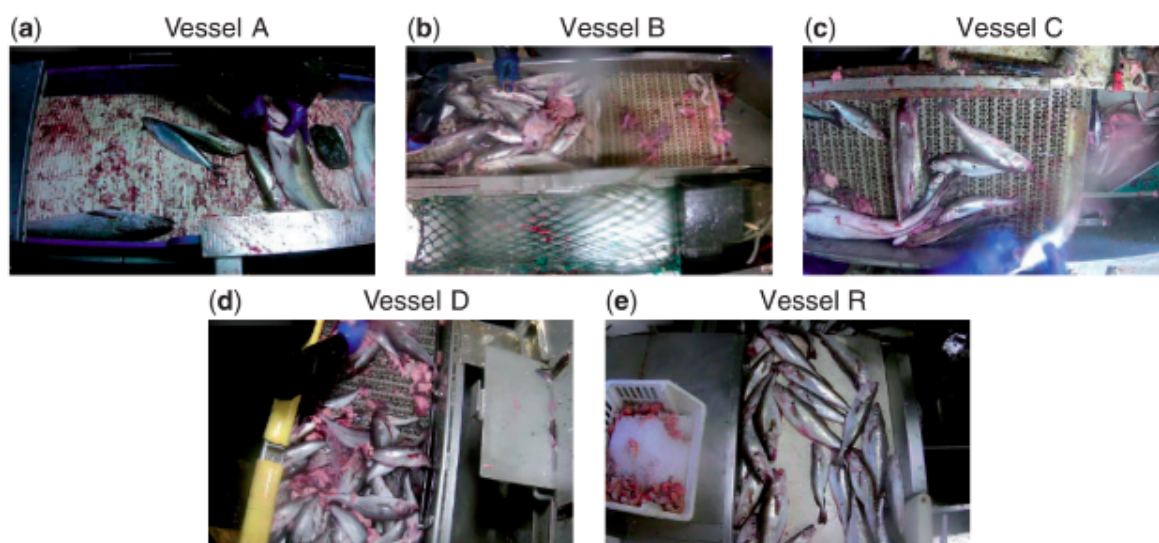


Figura 4. Comparación de imágenes de cámaras en distintos buques. La orientación aleatoria de las presas y su mutua oclusión, y la difícil estructura de la escena presentan un desafío para los algoritmos de detección

Aún así, la literatura consultada muestra que se pueden obtener resultados aceptables utilizando alguna variante de red convolucional (CNN, por sus siglas en inglés *Convolutional Neural Network*). Si bien no existe una restricción en la cantidad de neuronas mínima que deba tener una CNN, dado que existe una relación entre la cantidad de neuronas o "profundidad" de una red y su capacidad de reconocimiento de patrones en escenas complejas, es usual que las CNN utilizadas para este tipo de tareas cuenten con múltiples capas, cada una destinada a extraer patrones de un nivel de abstracción creciente. El inconveniente de las redes neuronales profundas es que requieren una gran cantidad de datos de entrenamiento, que en este caso (a diferencia de como ocurre en otros dominios, como el reconocimiento de personas, caras, vehículos, carteles, etc.) es difícil (o costoso) obtener.

La innovación de esta propuesta reside en la aplicación del estado del arte de estas técnicas a un dominio para el cuál no existen productos o soluciones en el mercado.

La solución propuesta se compone de los siguientes bloques:

- **Ingesta de Video:** obtiene los cuadros de una cámara o un archivo de video y aplica una corrección de imagen para reducir las diferencias entre cámaras. Esta corrección puede incluir: contrarrestar distorsión de lente de pez, aplicar transformaciones de coordenadas cromáticas, ecualizar la imagen, entre otras.
- **Detección:** este bloque recibe los cuadros de video procesados de la etapa anterior y por cada cuadro extrae las regiones de interés y la probabilidad de que exista alguna de las clases detectadas. Se utilizará el algoritmo YOLOv4 o variantes del mismo, dado que representa el estado del arte y es apto para procesamiento en tiempo real si se dispone del HW apropiado. A menudo la capacidad de detección de un objeto puede depender de su orientación, condiciones de oclusión, iluminación, etc. Es posible que un objeto que no sea fácilmente identificable en un cuadro de video, sí lo sea en otros cuadros de ese mismo video. Para este trabajo se propone usar un algoritmo de seguimiento que también representa el estado del arte, denominado DeepSORT. La salida de este algoritmo es una trayectoria de un objeto. Como etapa final, se propone un filtro para decidir si rechazar o no la detección y asociar un evento a esa trayectoria (por ejemplo, incrementar un contador de capturas, reportar un descarte, etc.).
- **Información de contexto (opcional):** se puede utilizar información de localización del buque, fecha y hora, actividad de sistemas mecánicos y otros datos tanto para acompañar la salida del clasificador como para mejorarla, dado que hay especies que habitan determinados sectores o se capturan a determinada profundidad intervienen sistemas de captura específicos para un tipo de objetivo.
- **Registro y Generación de Reportes:** la salida de la etapa anterior es registrada en una base de datos, para obtener trazabilidad de las capturas y descartes (horarios, tipos de capturas, cantidad de descartes, etc.). Para facilitar el consumo de esta información y permitir combinarla con otros servicios, se utilizará una base de datos con interfaz REST (por ejemplo InfluxDB).

La figura 5 muestra un diagrama de bloques de la solución propuesta.

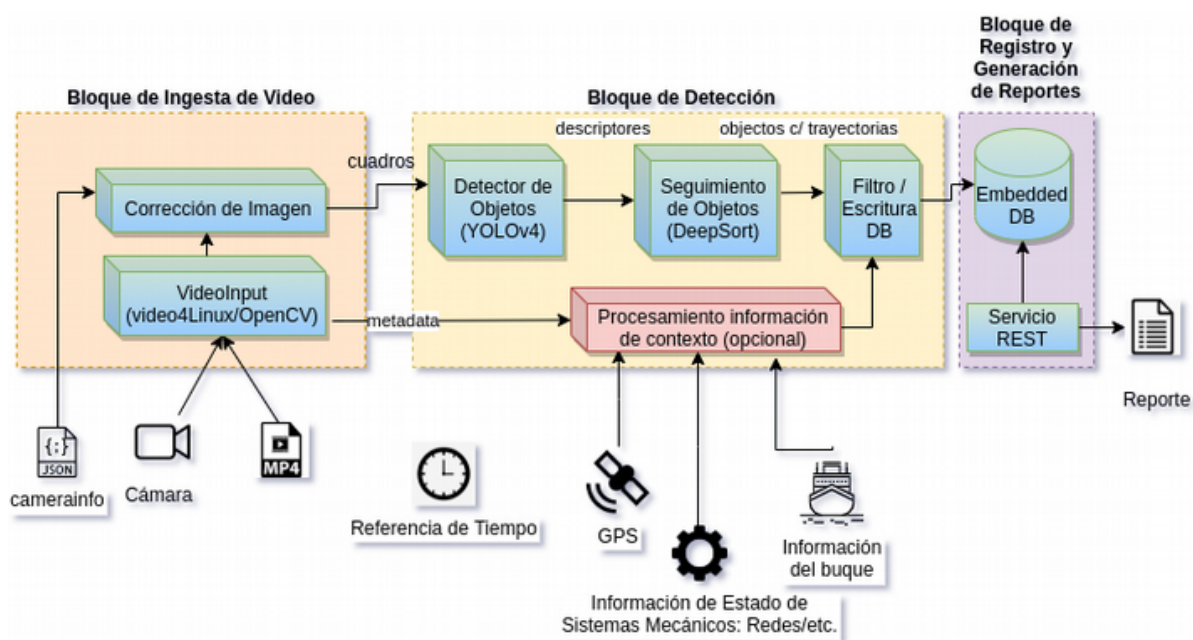


Figura 5. Diagrama en bloques del sistema

## Identificación y análisis de los interesados

Dado que este proyecto es un subproducto de un desarrollo más completo de INVAP S.E. para el Estado, se considera como cliente a INVAP S.E.

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Dr. Jorge Omar Lugo	INVAP S.E.	A confirmar
Responsable	Lic. Nicolás Eduardo Horro	FIUBA	Alumno
Orientador	Dr. Félix Ramón Rojo	INVAP S.E.	Director Trabajo final

- Usuario final: serán quienes actualmente realizan esta tarea de forma manual o nuevos operadores, pero aún no están designados.

## 1. Propósito del proyecto

En línea con una estrategia de continua mejora e innovación, el propósito de este trabajo es incorporar al proyecto del sistema de seguimiento de pesca que está siendo actualmente desarrollado por INVAP S.E. un componente adicional para la automatización de las tareas de registro e inspección.

## 2. Alcance del proyecto

El presente proyecto contempla todo el software a desarrollar para el ciclo completo que se expuso en la figura 5, desde la adquisición de una imagen (utilizando los drivers o formato de publicación de las cámaras) hasta el reporte almacenado en las bases de datos. Hay una parte

del hardware que ya está definida / o fuera del alcance (por ejemplo cámaras y algunas de las computadoras). También es parte de la solución recomendar un ambiente de ejecución.

Dado que el objetivo de este proyecto es estudiar la viabilidad técnica, dependiendo de los datos que puedan obtenerse de buques operativos o datos históricos, se seleccionará un subconjunto de especies a clasificar del total de las reportadas por INIDEP.

Como cada especie tiene características especiales que permiten distinguirla, se realizará un estudio e ingeniería de características sobre esta selección para tratar de aprovecharlas en el algoritmo clasificador, incluyendo el arte de pesca y zonas de captura para obtenerlas - que determina el tipo de buque-, horario y temporada, parámetros operativos de los sistemas mecánicos de redes de arrastre (en caso que apliquen) y otros. Se utilizará como principal fuente de información la aportada por el cliente y será complementada con reportes e informes de INIDEP.

### 3. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se contará con los datos necesarios. Se recomienda un mínimo de 2000 ejemplos por cada clase de objeto a detectar. Si no pudiera alcanzarse este número, existen técnicas para compensar la falta de datos, pero puede verse penalizado el desempeño final del algoritmo y su capacidad de generalizar, siendo necesario un trabajo de ingeniería de *features* dependiendo de las características de las escenas en los que se utilizará.
- Contando con datos de cantidad y calidad suficiente, los algoritmos de la familia YOLOv4 y DeepSORT serán aptos para resolver esta tarea con un desempeño igual o ligeramente superior al de un operador humano o de un mAP de 70 %.
- Se contará con el HW disponible para desarrollo y ejecución del proyecto.
- La ubicación y orientación de las cámaras puede variar dependiendo de la embarcación, pero una vez instaladas no serán modificadas. El proceso de configuración del SW se realiza sobre la configuración final de las cámaras.

### 4. Requerimientos

#### 1. Requerimientos generales

- 1.1. El sistema debe complementar una solución existente de hasta 4 cámaras de video para automatizar operaciones de conteo actualmente realizadas por operadores humanos.

#### 2. Requerimientos funcionales

- 2.1. El sistema debe poder procesar video almacenado y en vivo en formato de color RGB y a resoluciones entre los 360p y 1080p.
- 2.2. El sistema debe detectar regiones de la imagen que contengan presas (pescados) en una escena con un porcentaje de confianza. El tipo de presas a detectar depende de cómo se haya configurado y entrenado el detector en cada caso.

- 2.3. El sistema debe poder computar la trayectoria de un objeto detectado, con el propósito de asociar estas trayectorias a eventos. Por ejemplo, incrementar contadores, o indicar que una captura o descarte ingresó a una zona de la imagen.
- 2.4. El sistema debe registrar todos los eventos de interés en una base de datos para su posterior utilización con fines estadísticos. Estos eventos se definen mediante la detección de un tipo de pieza en escena y que la misma ingrese, transite, o egrese de una región de la imagen previamente establecida (las cámaras siempre estarán en una posición fija). De este modo pueden definirse eventos como:
  - Si una pieza está presente en una cinta transportadora.
  - Si una pieza es arrojada por un lado del barco (indicando un descarte).
  - El tiempo que permanece una pieza en un recipiente de la embarcación.

### 3. Requerimientos de desempeño

- 3.1. El procesamiento de video no puede estar por debajo de 1 cuadro procesado por segundo.
- 3.2. El desempeño del detector debe ser equivalente o superior al de un operador humano medio, o en su defecto la detección debe cumplir como mínimo con un 70 % de mAP sobre un conjunto de datos de evaluación \*\*.

### 4. Requerimientos de interfaz

- 4.1. El sistema debe soportar por lo menos uno de los formatos de video estándar del mercado: RMTP, Video4Linux, etc.
- 4.2. No se requiere una interfaz gráfica, pero sí la adhesión a protocolos estandar para poder acceder a la información. Ejemplos: REST,XML,JSON-RPC.
- 4.3. El sistema debe permitir indicar las regiones para cada cámara operativa en un archivo de configuración.
- 4.4. Se debe proveer una guía de configuración y operación.

### 5. Requerimientos de ambiente

- 5.1. Los componentes de procesamiento deberán ser servicios o microservicios y deben poder ejecutarse en un entorno Linux.
- 5.2. La solución debe poder ejecutarse en una estación de trabajo, y con modificaciones menores poder correr, aunque sea con un desempeño degradado, en una plataforma embebida o *edge* (por ejemplo, la familia NVIDIA Xavier).
- 5.3. La especificación exacta de la estación del trabajo es parte del trabajo a realizar (se proveerán tres recomendaciones de configuraciones de acuerdo a los productos disponibles en el mercado) pero debe contar con CPU, GPU, memoria RAM y almacenamiento acordes para la tarea. Una configuración posible es:
  - CPU: Intel Xeon 2.60 GHz.
  - RAM: 128GB DDR4-2933.
  - GPU: NVIDIA GeForce RTX 3090
  - HD1: SSD 1TB
  - HD2: SATA 10TB

---

\*\* Si bien es reconocible la diferencia entre las piezas de captura y de descarte reflejadas en los partes de pesca y las que se estiman de acuerdo a otros estudios de INIDEP, no se dispone en este momento de una métrica que cuantifique el error entre la captura real y reportada por un operador.

- 5.4. Para simplificar el despliegue, es deseable pero no mandatorio el uso de docker u otra herramienta similar.
6. Restricciones de diseño/implementación
  - 6.1. El diseño debe ser modular y los componentes deben estar desacoplados, para poder realizar variaciones sobre la configuración según cada escenario.
  - 6.2. El código a desarrollar debe ser en Python o C/C++.

## Historias de usuarios (*Product backlog*)

Se identifican los siguientes roles:

- Experto/analista: conoce el dominio del problema y como mínimo cuenta con un manejo básico de herramientas de análisis de datos. Su función es confeccionar reportes a partir de los datos recopilados que alimentan decisiones estratégicas, como por ejemplo establecer cuotas de captura o reasignar zonas permitidas de explotación del recurso. Puede ser un científico del INIDEP.
- Administrador del Sistema (*SysAdmin*): es la persona que se responsabiliza de la instalación y configuración del SW y HW (no necesariamente desarrollador). Tiene conocimientos avanzados de redes, sistemas operativos (en especial Linux), administración de bases de datos, despliegue de aplicaciones basadas en contenedores o servicios, asignación de carga a procesadores, y otras habilidades afines. No necesariamente está familiarizado con el dominio del problema. Contando con la documentación adecuada realiza y mantiene instalaciones de SW en sistemas complejos como por ejemplo centros de operación de radares, del sector aeroespacial o nuclear. Es una persona de INVAP S.E. y conoce los procesos de desarrollo y normativas de calidad.
- Operador a bordo: es la persona que opera el sistema a bordo del buque, pero sin ser ésta su función principal. En este caso su responsabilidad consiste en verificar que el sistema se encuentra en estado nominal mediante algún indicador en pantalla o comando de consola y tomar alguna acción ante un problema: reiniciar un servicio de SW o aparato o modificar una configuración.
- Desarrollador de SW con perfil IA: realiza cambios en el SW para extender su funcionalidad. Propone estrategias para modificar algoritmos existentes e incorporar nuevos y los implementa y pone a prueba. Sus tareas pueden incluir: reentrenar modelos para incorporar más objetivos a la clasificación, modificar y agregar componentes en las cadenas de procesamiento o diagnosticar fallas en un algoritmo. Tiene conocimientos de C/C++ y python y conoce el proceso de desarrollo de SW de la empresa.

Para estimar el puntaje de cada historia de usuario se consideran tres aspectos que caracterizan las tareas involucradas en alcanzar cada objetivo:

- Esfuerzo o tiempo requerido.
- Complejidad.
- Riesgo.



A cada ítem se asigna un puntaje de 1 (bajo) a 5 (alto). El puntaje final es el número de Fibonacci más próximo a la suma de los puntajes parciales.

Es importante distinguir entre esfuerzo y complejidad. Por ejemplo, para asegurar un buen desempeño del algoritmo de detección es fundamental contar con datos de entrada de calidad, pero también con un modelo que haya sido configurado con los parámetros óptimos para esos datos de entrada.

La recopilación, preprocesamiento, etiquetado y corrección manual de los datos es una tarea repetitiva, que insume tiempo, pero relativamente sencilla y de bajo riesgo.

En cambio, el diagnóstico y selección de parámetros de un modelo de red neuronal requiere un conocimiento profundo de la arquitectura y comportamiento de las unidades internas. Se nutre de ensayos cuya implementación es de pocas líneas de código, pero que deben diseñarse para evidenciar comportamientos de la red en escenarios específicos. Es una tarea compleja.

Para este proyecto se considera como máximo riesgo no poder cumplir con un desempeño mínimo en la tarea de detección, ya sea porque los datos son insuficientes, porque se excede la capacidad de cómputo estimada, o porque directamente no se puede dar con una configuración apta para resolver el problema.

Se considera a las tareas de preprocesamiento, organización e integración de componentes y documentación, extensivas en tiempo pero de bajo riesgo y complejidad. Esto es porque en INVAP S.E. se cuenta con experiencia en el desarrollo de sistemas de SW complejos con arquitecturas distribuidas.

### **9.1. Historia: definición de eventos**

Como *experto/analista*, y habiendo participado de la ubicación y orientación de las cámaras a bordo, deseo poder definir regiones de la imagen para cada una de las cámaras y habilitar el registro de las piezas que ingresan a una región, las que salen de una región, y el tiempo que permanece una pieza en una región.

- Esfuerzo: bajo. Peso 2
- Complejidad: baja. Peso 2
- Riesgo: bajo. Peso 1
- Total: 5.
- Puntaje: 5.

### **9.2. Historia: consulta de datos**

Como *experto/analista* deseo poder consultar todos los eventos registrados durante un intervalo de tiempo y obtener los resultados en un formato estándar como XML, CSV, JSON, API REST, u otro para que puedan ser tratados con otra herramienta específica, como por ejemplo python, R o Matlab. Estos resultados deben discriminar, como mínimo, fecha y hora y tipo de evento, para luego poder confeccionar estadísticas de actividad por momentos del día, total de capturas

por tipo de pieza, total de descartes, cumplimiento de normas (permanencia máxima de una pieza en una cinta transportadora o recipiente), y otros.

- Esfuerzo: bajo. Peso 1
- Complejidad: baja. Peso 1
- Riesgo: bajo. Peso 1
- Total: 3.
- Puntaje: 3.

### **9.3. Historia: automatización confiable**

Como *experto/analista* deseo contar con información de alta confiabilidad, similar a la que brindaría un experto a bordo, pero libre de sesgos por otros intereses. Es decir, la cantidad de eventos que hayan ocurrido y no hayan sido detectados y registrados debe ser muy baja, y las piezas deben estar identificadas correctamente, o indicando una confianza baja si se trata de situaciones que también puedan ser difíciles de distinguir para un operador humano.

- Esfuerzo: medio. Peso 3
- Complejidad: alta. Peso 5
- Riesgo: alto. Peso 5
- Total: 13.
- Puntaje: 13.

### **9.4. Historia: mantenimiento del sistema**

Como *administrador del sistema*, deseo que el sistema sea desplegado en forma de servicios o contenedores (docker) para poder monitorearlos y asignarles los recursos correspondientes (procesador, RAM, cuota de disco). Además, deben poder ser configurables por medio de un archivo o línea de comando. Deben generar un log estándar para poder integrarse a un sistema de monitoreo.

- Esfuerzo: alto. Peso 4
- Complejidad: baja. Peso 1
- Riesgo: bajo. Peso 1
- Total: 6.
- Puntaje: 5.



### 9.5. Historia: operación del sistema a bordo

Como *operador a bordo* deseo contar con un instructivo breve y conciso para iniciar el sistema, saber si está operativo, y realizar las tareas de mantenimiento (cambios de disco, verificación de conexiones, u otros.

- Esfuerzo: bajo. Peso 1
- Complejidad: baja. Peso 1
- Riesgo: bajo. Peso 1
- Total: 3.
- Puntaje: 3.

### 9.6. Historia: desarrollo y mantenimiento del SW del sistema

Como *desarrollador de SW con perfil IA*, deseo contar con un ambiente de desarrollo y la documentación del código y los modelos implementados, así como la justificación para los parámetros elegidos.

- Esfuerzo: alto. Peso 4
- Complejidad: baja. Peso 2
- Riesgo: bajo. Peso 1
- Total: 7.
- Puntaje: 8.

### 9.7. Historia: desarrollo y evolución del sistema

Como *desarrollador de SW con perfil IA*, deseo que la solución esté implementado de manera modular, con componentes que cumplan funciones específicas y puedan recombinarse para formar otras cadenas de procesamiento para ensayar modos de operación con funcionalidades alternativas.

- Esfuerzo: alto. Peso 4
- Complejidad: baja. Peso 2
- Riesgo: bajo. Peso 1
- Total: 7.
- Puntaje: 8.

## 5. Entregables principales del proyecto

- Documento de diseño.
- Manual de usuario.
- Código fuente.
- Informe final.

## 6. Desglose del trabajo en tareas

1. Relevamiento y capacitación
  - 1.1. Lectura y relevamiento. Capacitación general. (40 hs)
2. Bloque de recepción de video.
  - 2.1. Codificación (40 hs)
  - 2.2. Calibración y corrección (60 hs)
3. Bloque de detección
  - 3.1. Desarrollo/entrenamiento de modelos (60 hs)
  - 3.2. Integración con DeepSORT (60 hs)
  - 3.3. Filtro final. (40 hs)
4. Bloque de registro y generación de reportes
  - 4.1. Implementación (60hs)
5. Iteraciones de desarrollo y mejora de modelos / selección de HPs
  - 5.1. Scripts de conversión de formatos (20 hs)
  - 5.2. Scripts de transformación de datos (20 hs)
  - 5.3. Gestión, organización y etiquetado de dataset (20 hs)
  - 5.4. Preparación de dataset (20 hs)
  - 5.5. Scripts de procesamiento de salidas/evaluación (30 hs)
  - 5.6. Scripts de particionamiento de datos (30 hs)
6. Integración
  - 6.1. Despliegue en PC (30 hs)
  - 6.2. Despliegue en Edge/NVIDIA Jetson/Xavier/similar (30 hs)
7. Documentación
  - 7.1. Documentación del producto (30 hs)
  - 7.2. Memorias (30 hs)

Cantidad total de horas: 620hs.

## 7. Diagrama de Activity On Node

En la figura 6, se muestra el diagrama de *Activity On Node* con los tiempos indicados en horas. Se indica el camino crítico que comienza con la implementación del bloque de recepción de video (ID01).

La capacidad de procesar video de entrada y una corrección básica de la imagen (aún cuando no se soporten todos los formatos o se haya integrado con la cámara final) permite iniciar la implementación y primeros ensayos con el detector de objetos (ID04), para el cuál se puede también avanzar con datos provisorios hasta disponer de los datos finales.

Es suficiente contar con una implementación mínima que permita la adquisición de video y cuente con un bloque detector para comenzar a trabajar en el problema de seguimiento (ID05). Nuevamente, no es necesario disponer de los datos finales, de hecho hasta puede ser conveniente implementar el bloque de seguimiento con datos de un problema conocido, como por ejemplo el seguimiento de personas, para luego reentrenarlo con los datos del dominio de este problema.

Si bien es recomendable implementar los bloques de salida de la cadena de procesamiento (ID06) y de generación de reportes (ID07) una vez establecidas las interfaces de los bloques antecesores, es posible también avanzar con estas tareas, por ejemplo en la selección de la base de datos y comunicación entre servicios. Se pueden utilizar datos de prueba en reemplazo de los reales para proceder con la integración (ID14).

Dada la menor disponibilidad del setup edge y las dificultades adicionales de depuración en un ambiente embebido/edge (ID15), es recomendable primero contar con el modelo final implementado en PC. No obstante, si esto no fuera posible, también se puede avanzar con esta tarea si se dispone del HW e implementaciones de los bloques de la cadena con algún grado de madurez.

Se espera incorporar datos durante todo el desarrollo del proyecto, conforme se conozca en mayor detalle la disposición y orientación de las cámaras, características de la instalación (iluminación, disposición de redes, cinta transportadora y otros dispositivos) así como del tipo de presas y movimientos asociados a su tratamiento. Es parte de la estrategia el mostrar prototipos funcionales para incentivar la colaboración para obtener estos datos, sujeta al interés en el proyecto por parte del cliente y los colaboradores.

Los datos obtenidos pueden ser de distintos proveedores y por lo tanto es factible que tengan algún grado de heterogeneidad en su formato y organización por sido adquiridos en circunstancias distintas a las de la solución final. Antes de su utilización posiblemente se requieran tareas de preprocesamiento y reorganización. Algunas pueden ser relativamente sencillas -como ajustar cantidad de cuadros por segundo, resolución, ecualización de la imagen- y otras más complejas como aplicar correcciones de perspectiva, seleccionar datos de interés de grandes volúmenes sin clasificar, o hasta tener que realizar algún tipo de extracción/etiquetado cuya automatización no sea totalmente inmediata (o en el peor caso, inviable).

Estas tareas de preparación son parte de la naturaleza del desarrollo de los modelos de aprendizaje automático. Es un proceso caracterizado por ser de tipo iterativo, en el que se repite un ciclo en el que se preparan entradas para versiones preliminares de los modelos y a partir del análisis de las salidas obtenidas se decide una estrategia que puede incluir modificar el preprocesamiento de los datos de entrada, los parámetros de entrenamiento o realizar cambios en la arquitectura de los modelos.

Cada iteración permite profundizar en la interpretación del modelo y especificar mejor los datos de entrada requeridos. Las tareas ID08 a ID13 representan estas actividades.

Por ser un proyecto principalmente de SW con un único desarrollador, no existe ninguna tarea o componente en el que no pueda avanzarse aunque sea parcialmente, ni recurso cuya demora en estar disponible sea completamente bloqueante.

Además del producto a desarrollar es de interés la documentación del proceso, pues existen otros campos en los que la empresa puede aplicar la misma solución técnica. Por este motivo cada tarea es acompañada de actividades de documentación semiformal (en formato de cuadernos Jupyter o instructivos que acompañan al código. Es habitual hacer disponible esta información en servidores internos de la empresa como *gitlab* o documentación *wiki* de la red interna.

Parte de esta información será modificada para incorporarse en la documentación formal y en las memorias (ID16 e ID17), y es también por ello que estas actividades se planifican luego de haber finalizado la implementación.

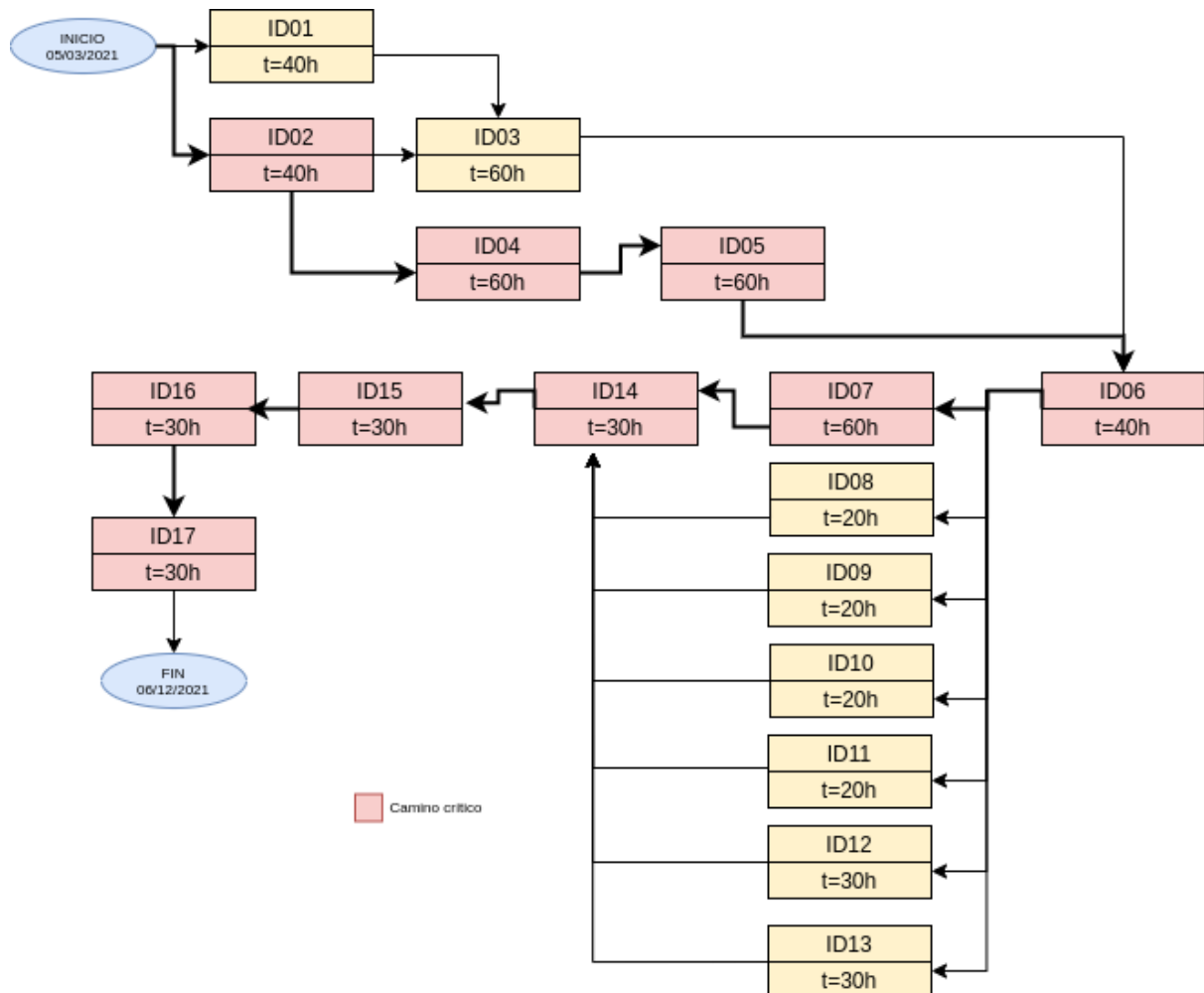


Figura 6. Diagrama de *Activity On Node*

## 8. Diagrama de Gantt

En la figura 7, se muestra el diagrama de Gantt para la propuesta de trabajo.

Por los motivos mencionados en el apartado anterior, se ha planificado la ejecución en paralelo de las tareas que pueden ejecutarse de manera concurrente y resulta difícil presuponer una secuencia con la información de que se dispone actualmente.

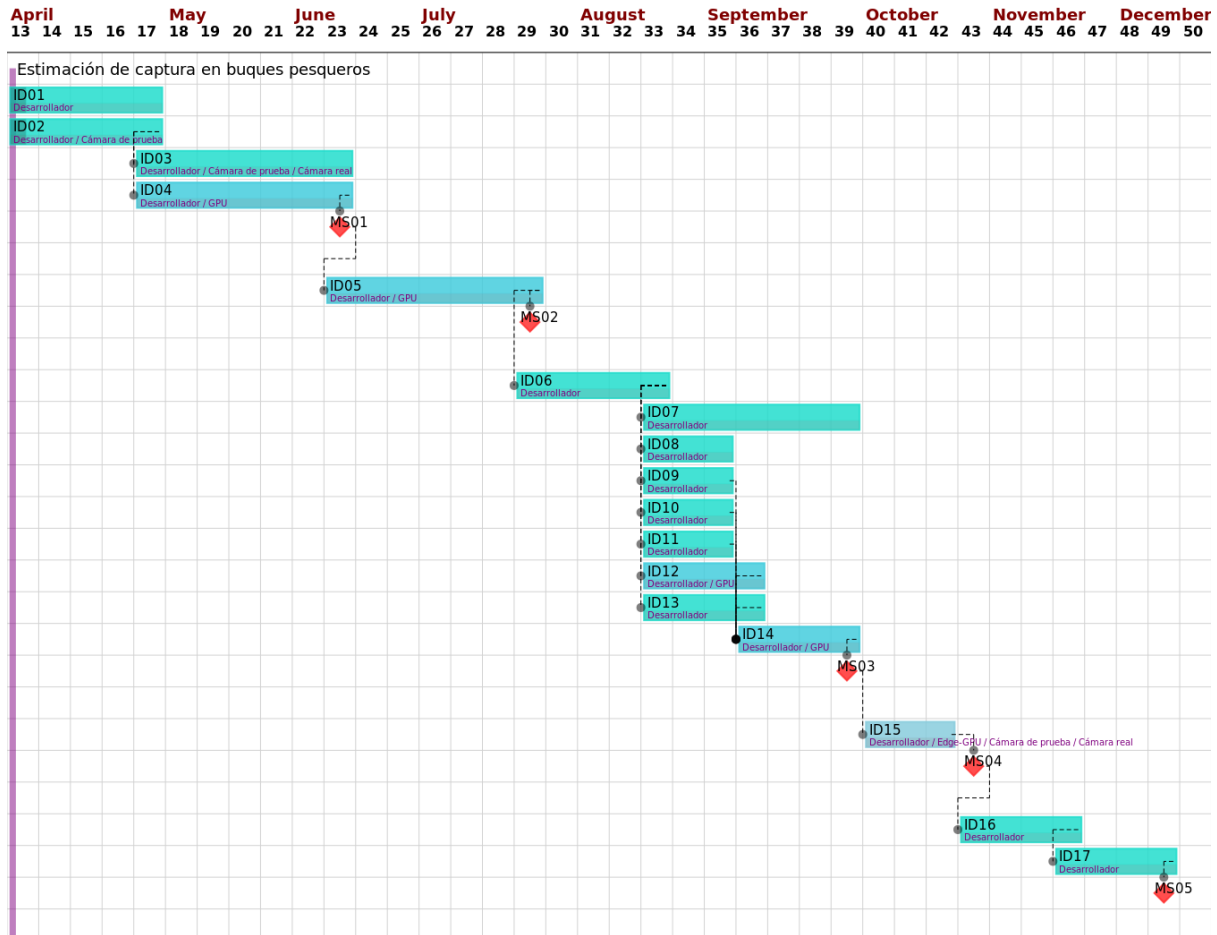


Figura 7. Diagrama de *Gantt*

## 9. Matriz de uso de recursos de materiales

Serán requeridos los siguientes materiales:

- Cámara para pruebas: los ensayos con el algoritmo de seguimiento y bloque de adquisición y procesamiento de video pueden realizarse con una cámara económica de menores prestaciones a la de la instalación final. Puede ser una cámara HD tipo webcam con una tasa de 25 o más cuadros por segundo o similar. Es requisito que tenga soporte para Video4Linux y se integre sin mayores dificultades con OpenCV.
- Cámara final: modelo utilizado en la instalación final (o perteneciente a la misma familia). Será requerida para la calibración y selección de parámetros de corrección de imagen en la implementación que se instalará al cliente. En caso de no tener acceso a la cámara, se pueden usar filmaciones para la parte de calibración y corrección.
- Ambiente de entrenamiento con GPU: el HW del que se dispone (de uso hogareño) resulta insuficiente para el entrenamiento de modelos de aprendizaje automático basados en redes

Código WBS	Nombre tarea	Recursos requeridos (horas)			
		Cámara para pruebas	GPU	Cámara real	Setup EDGE
ID02	Bloque de recepción de video. Codificación	40	0	0	0
ID03	Bloque de recepción de video. Calibración y corrección.	60	0	60	0
ID04	Bloque de detección. Desarrollo y entrenamiento.	0	60	0	0
ID05	Bloque de detección. Integración con <i>DeepSORT</i> .	0	60	0	0
ID12	Iteraciones de desarrollo y mejora de modelos.	0	30	0	0
ID14	Integración. Despliegue en PC.	0	30	0	0
ID15	Integración. Despliegue en <i>edge</i> .	30	0	30	30

profundas, por lo que esta tarea será ejecutada en un servidor dedicado que cuenta con mayores capacidades de cómputo y una o más GPUs dedicadas. Este servidor es compartido por otros usuarios y se accede por SSH, por lo que se utilizará únicamente para entrenar y evaluar modelos y no para desarrollo. La preparación de scripts se hará en otras PCs.

- Ambiente de ejecución con GPU: como el alcance del proyecto es de tipo prototipo, en caso de no disponer de otro ambiente de ejecución, se puede utilizar el mismo ambiente que para entrenamiento.
- Ambiente de ejecución *edge*: *Single Board Computer* (SBC) de la familia NVIDIA Jetson/Xavier o producto similar de otro fabricante. Se requiere para la versión del prototipo que realiza el procesamiento a bordo.

## 10. Presupuesto detallado del proyecto

Se presenta un presupuesto para el desarrollo de un prototipo y suponiendo que el proyecto no se ejecuta en el contexto actual de relación dependencia de INVAP S.E. Esto se hace principalmente a modo de ejercicio teórico.

Se consideran como costos directos los materiales mínimos para tener un prototipo operativo en su versión *Edge* y las horas de ingeniería y desarrollo.

Se consideran como costos indirectos la contratación de un espacio de trabajo y de horas de cómputo, tomando como referencia una experiencia personal de entrenamiento en Google Cloud de un modelo sencillo de detección de objetos incluyendo el almacenamiento de los datos, con un costo de U\$S 67. Se considera un promedio de U\$S 250 por contratación de servicios en la nube para preparación de datos y entrenamiento. Se ha asignado un monto menor del presupuesto para insumos y asesoramiento legal.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
NVIDIA Jetson AGX Xavier Developer Kit (32GB)	1	164,840.64	164,840.64
HIKVISION 4MPX PoE Outdoor Camera	1	22,920.00	22,920.00
Desarrollo/ingeniería (HH)	620	3,000.00	1,860,000.00
Varios. Chasis, fichas, conectores, etc.	1	30,000.00	30,000.00
SUBTOTAL			2,057,760.64
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Alquiler oficina c/ servicios (mensual)	8	45,000.0	360,000.0
Servicio de cómputo (mensual)	8	64,176.0.0	513,408.0
Insumos	8	5,000.0	24,000.0
Consultoría legal	2	14,000.0	28,000.0
SUBTOTAL			925,408.0
TOTAL			3,003,168.64

## 11. Matriz de asignación de responsabilidades

Código WBS	Nombre de la tarea	Roles del proyecto		
		Responsable	Orientador	Cliente
		Lic. Nicolás Eduardo Horro	Dr. Félix Ramón Rojo	Dr. Jorge Omar Lugo
ID01	Lectura y relevamiento. Capacitación general.	P	C	-
ID02	Bloque de recepción de video. Codificación.	P	C	-
ID03	Bloque de recepción de video. Calibración y corrección.	P	C	-
ID04	Bloque de detección. Desarrollo/entrenamiento.	P	C/A	-
ID05	Bloque de detección. Integración con DeepSORT.	P	C/A	-
ID06	Bloque de detección. Filtro final.	P	C/A	-
ID07	Bloque de registro y generación de reportes.	P	C/A	I
ID08	Iteraciones de desarrollo y mejora de modelos. Scripts de conversión de formatos.	P	C/A	-
ID09	Iteraciones de desarrollo y mejora de modelos. Scripts de transformación de datos.	P	C/A	-
ID10	Iteraciones de desarrollo y mejora de modelos. Gestión, organización y etiquetado de dataset.	P	C/A	S
ID11	Iteraciones de desarrollo y mejora de modelos. Preparación de dataset.	P	C	S
ID12	Iteraciones de desarrollo y mejora de modelos. Scripts de procesamiento de salidas/evaluación.	P	C/A	-
ID13	Iteraciones de desarrollo y mejora de modelos. Scripts de particionamiento de datos.	P	C/A	-
ID14	Integración. Despliegue en PC.	P	C	A
ID15	Integración. Despliegue en Edge.	P	C	A
ID16	Documentación del producto.	P	C/A	A
ID17	Documentación. Memorias.	P	C/A	-

Referencias:

- P = Responsabilidad Primaria

- S = Responsabilidad Secundaria
- A = Aprobación
- I = Informado
- C = Consultado

## 12. Gestión de riesgos

## 13. Gestión de la calidad

## 14. Comunicación del proyecto

El plan de comunicación del proyecto es el siguiente:

PLAN DE COMUNICACIÓN DEL PROYECTO					
¿Qué comunicar?	Audiencia	Propósito	Frecuencia	Método de comunicac.	Responsable

## 15. Gestión de compras

## 16. Seguimiento y control

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.
1.1	Fecha de inicio	Única vez al comienzo	Lic. Nicolás Eduardo Horro	Dr. Jorge Omar Lugo, Dr. Félix Ramón Rojo	email
2.1	Avance de las sub tareas	Mensual mientras dure la tarea	Lic. Nicolás Eduardo Horro	Dr. Jorge Omar Lugo, Dr. Félix Ramón Rojo	email



SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.

## 17. Procesos de cierre