

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PUCP

Diseño integral de clasificadora y contadora de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de 10 a 20 centímetros para la crianza de truchas en la Laguna de Pauracocha

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN
DEL GRADO DE BACHILLER EN CIENCIAS CON
MENCIÓN EN INGENIERÍA MECATRÓNICA**

AUTOR

Pablo Remigio Díaz Vergara

ASESOR

Ing. Pedro Moises Crisóstomo Romero

Lima, setiembre, 2020

Resumen

[BORRADOR] Escribir resumen aquí. Pellentesque venenatis, nibh id viverra elementum, ligula nulla scelerisque quam, vel vehicula nisl elit ut lorem. Nullam mattis nunc libero, ac ornare tortor consequat nec. Suspendisse eleifend nibh id lorem consequat ornare. Nunc condimentum turpis nibh, sed ultrices massa consequat nec. Ut id magna risus. Morbi id dapibus nunc. Sed quis auctor nulla. Curabitur velit metus, aliquam sit amet velit ut, tincidunt consequat magna. [/BORRADOR]

Considera los siguientes puntos:

1. Desarrolle un único párrafo (200 a 300 palabras)
2. Escriba en tiempo verbal presente
3. El resumen debe contener información sobre:
 - - La justificación de la investigación
 - - Los objetivos o hipótesis
 - - La teoría o supuestos teóricos o metodológicos en la que se sustenta
 - - El método o procedimiento realizado (de ser necesario)
 - - Los resultados (de ser necesario)
 - - La conclusión principal

Introducción

[BORRADOR] Vulputate mi sit amet mauris commodo quis imperdiet. Dolor sit amet consectetur adipiscing. Viverra maecenas accumsan lacus vel facilisis volutpat est velit. Dictum fusce ut placerat orci nulla pellentesque dignissim. Habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada. Malesuada fames ac turpis egestas integer eget aliquet nibh. Lobortis feugiat vivamus at augue eget arcu. Vel quam elementum pulvinar etiam. Id diam vel quam elementum pulvinar. Malesuada fames ac turpis egestas. [/BORRADOR]

[BORRADOR] Sociis natoque penatibus et magnis. Ullamcorper eget nulla facilisi etiam dignissim diam quis enim lobortis. Pellentesque elit eget gravida cum sociis natoque penatibus. Tellus orci ac auctor augue mauris augue neque gravida. Hendrerit dolor magna eget est lorem ipsum dolor sit amet. Odio euismod lacinia at quis. Blandit cursus risus at ultrices. Varius morbi enim nunc faucibus a pellentesque sit. A cras semper auctor neque vitae. Ultrices sagittis orci a scelerisque purus semper eget. Habitant morbi tristique senectus et netus. Mauris pellentesque pulvinar pellentesque habitant. [/BORRADOR]

Agradecimientos

[BORRADOR] Vulputate mi sit amet mauris commodo quis imperdiet. Dolor sit amet consectetur adipiscing. Viverra maecenas accumsan lacus vel facilisis volutpat est velit. Dictum fusce ut placerat orci nulla pellentesque dignissim. Habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada. Malesuada fames ac turpis egestas integer eget aliquet nibh. Lobortis feugiat vivamus at augue eget arcu. Vel quam elementum pulvinar etiam. Id diam vel quam elementum pulvinar. Malesuada fames ac turpis egestas. [/BORRADOR]

Índice

<i>Resumen</i>	i
<i>Introducción</i>	ii
<i>Agradecimientos</i>	iii
<i>Índice</i>	iv
<i>Índice de figuras</i>	vi
<i>Índice de tablas</i>	viii
<i>I. — Antecedentes</i>	1
1.1 Descripción del sistema conceptual	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
<i>II. — Diseño mecatrónico integral</i>	3
2.1 Desarrollo de diseño mecatrónico integral	3
2.1.1 Descripción del sistema integral	4
2.1.2 Subsistema de recepción y traslado de truchas	10
2.1.3 Subsistema de procesamiento de imágenes	22
2.1.4 Subsistema de suministro de energía	35
2.1.5 Subsistema de control e interacción con el usuario	39
2.1.6 Subsistema de flotación	47
2.1.7 Planos del sistema	49

<i>III. — Pruebas y resultados</i>	51
3.1 Algoritmos de conteo de truchas	51
3.1.1 Criterios de evaluación	51
3.1.2 Comparación	52
3.1.3 Errores detectados en la simulación de conteo de truchas	52
3.2 Simulación estructural	53
3.3 Simulación dinámica del sistema	53
<i>IV. — Estimación de costos</i>	54
4.1 Costos de diseño	54
4.2 Costos de manufactura	54
4.3 Costos de componentes	54
4.4 Costos de materiales	55
4.5 Costos total del sistema	55
<i>Conclusiones</i>	56
<i>Recomendaciones</i>	57
<i>Referencias</i>	59

Índice de figuras

1.1	Dibujo del concepto óptimo	1
2.1	Estado de diseño mecatrónico: sub-soluciones	3
2.2	Fases de diseño según VDI 2221	4
2.3	Arquitectura de hardware del sistema	6
2.4	Cálculo de dimensiones y ángulo de la tolva	10
2.5	Ángulo de tolva vs aceleración en la trucha	12
2.6	Diseño de tuberías para el concepto óptimo	13
2.7	Filtro único	13
2.8	Diagrama de control de electrovalvulas	15
2.9	Control PID de una electrovalvula	16
2.10	Mecanismo de distribución de truchas	17
2.11	Conceptos de mecanismos de distribución de truchas	18
2.12	Mecanismo servomotor-compuerta	20
2.13	Engranajes del mecanismo de compuertas	20
2.14	Diagrama de cuerpo libre del mecanismo de la compuerta.	21
2.15	Posicionamiento del sensor infrarrojo	23
2.16	Ánalisis de posición de luz infrarroja	23
2.17	Cálculo de posición de luz infrarroja	24
2.18	Cálculo de distancia máxima de desviación de haz de luz en condiciones ideales.	24
2.19	Distancia entre juego de espejos y cámara estéreo	27
2.20	Cálculo de distancia apropiada para la cámara estéreo	27
2.21	Aproximación lineal de la relación entre peso y la velocidad de nado de truchas arcoíris	28
2.22	Diagrama esquemático y dependencia de la distancia del objeto seguido por una cámara estéreo.	29

2.23	Pruebas de medición con distintas distancias al objeto.	30
2.24	Opciones de posicionamiento de iluminación.	33
2.25	Diagrama esquemático del sistema	38
2.26	Potencia requerida por componente	44
2.27	Diagrama de flujo principal	45
2.28	Aplicación móvil: inicio de sesión	47
2.29	Fuerzas necesarias para mantener a flote el sistema	48
2.30	Fuerzas necesarias para mantener a flote el sistema	49

Índice de tablas

2.1	Tabla comparativa de propiedades entre <i>Aluminio vs Acero Inoxidable</i>	7
2.2	Tabla comparativa de propiedades entre <i>PMMA vs PVDF</i>	8
2.3	Tabla comparativa de propiedades entre <i>HDPE vs PVC – U</i>	9
2.4	Materiales de fabricación por subsistema	9
2.5	Tabla comparativa de electroválvulas	14
2.6	Tabla comparativa de bombas de agua sumergibles.	16
2.7	Tabla comparativa de conceptos de mecanismos.	19
2.8	Tabla comparativa de motores a pasos.	22
2.9	Tabla comparativa de sensores infrarrojos.	26
2.10	Tabla comparativa de cámaras estéreo.	31
2.11	Tabla comparativa de cámaras.	32
2.12	Tabla comparativa de leds de alta potencia.	34
2.13	Tabla comparativa de algoritmos.	34
2.14	Tabla comparativa de fuentes de alimentación.	35
2.15	Tabla comparativa de reguladores de voltaje de conmutación de X DC a Y DC.	36
2.16	Tabla comparativa de reguladores de voltaje de conmutación de X DC a Y DC.	36
2.17	Tabla comparativa de reguladores de voltaje de conmutación de X DC a Y DC.	37
2.18	Tabla comparativa de microprocesadores.	39
2.19	Tabla comparativa de indicadores visuales.	40
2.20	Tabla comparativa de bocinas	41
2.21	Tabla comparativa de interruptor de seguridad de apagado de emergencia.	42
2.22	Tabla comparativa de interruptor de interruptor tipo hongo.	43
2.23	Tabla comparativa de flotadores.	48
2.24	Lista de planos de ensamble.	50
2.25	Lista de planos de despiece	50

I Antecedentes

1.1 Descripción del sistema conceptual

El presente trabajo es la continuación del trabajo *Diseño conceptual de clasificadora y contadora de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de 10 a 20 centímetros para la crianza de truchas en la Laguna de Paucarcocha*¹. En la Figura 1.1 se muestra el bosquejo del concepto de solución óptimo como su virtualización.

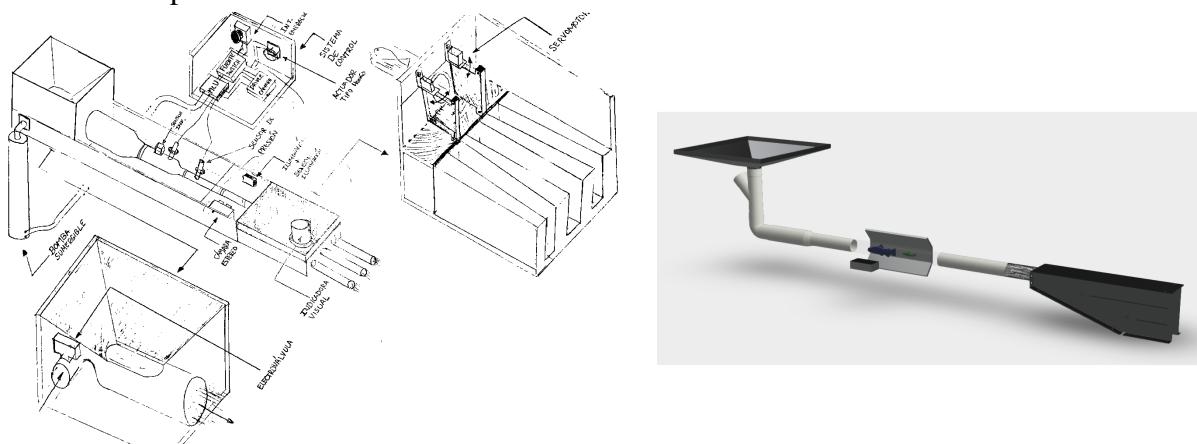


Fig. 1.1 – Dibujo del concepto óptimo

Fuente: Díaz Vergara (2020).

El desarrollo de ingeniería del concepto se realizó en el programa *Fusion 360*². Tanto los diseños como renders³ pueden ser visualizados online en la web. En la Sección 2.1 se explica a detalle el proceso de diseño y sus etapas.

1. Díaz Vergara (2020)
 2. "*Integrated CAD, CAM, CAE, and PCB software*". Enlace
 3. Imágenes procesadas de un diseño para ser foto-realistas.

1.2 Objetivos

Se presenta el objetivo general y los objetivos específicos del presente trabajo.

1.2.1 Objetivo general

Realizar el diseño integral (de ingeniería) de una máquina clasificadora y contadora de truchas arcoíris⁴ de 15 a 20 centímetros a partir del diseño conceptual previo⁵.

1.2.2 Objetivos específicos

- Recolectar imágenes para formar una base de datos para el algoritmo de detección de truchas.
- Desarrollar el procesamiento de imágenes para la detección y conteo de truchas arcoíris.
- Realizar pruebas de los algoritmos, análisis de falla mecánica y presentar resultados de los algoritmos de detección, conteo y control del sistema.
- Presentar una estimación de costos y comparar dicho monto con el estado del arte⁶.

1.3 Alcance

El presente estudio abarca el diseño integral de la CCT que resulta en una máquina de menor costo para disminuir la mortalidad en el proceso de clasificación y conteo de truchas en lagos o lagunas. Así mismo, unifica tecnologías de la última generación para automatizar el proceso mencionado. Además, pretende ser la base de un desarrollo mecatrónico en la industria truchicola, la cual tiene un potencial no explotado en el Perú.

4. CCT.

5. Díaz Vergara (2020)

6. Díaz Vergara (2020)

II Diseño mecatrónico integral

2.1 Desarrollo de diseño mecatrónico integral

En la sección llamada "*Desarrollo del diseño mecatrónico conceptual*"¹ se analizó el concepto de solución óptima. En la Figura 2.1 se muestra la etapa final de unir las sub-soluciones para desarrollar una forma viable de implementarlos de una forma integral.

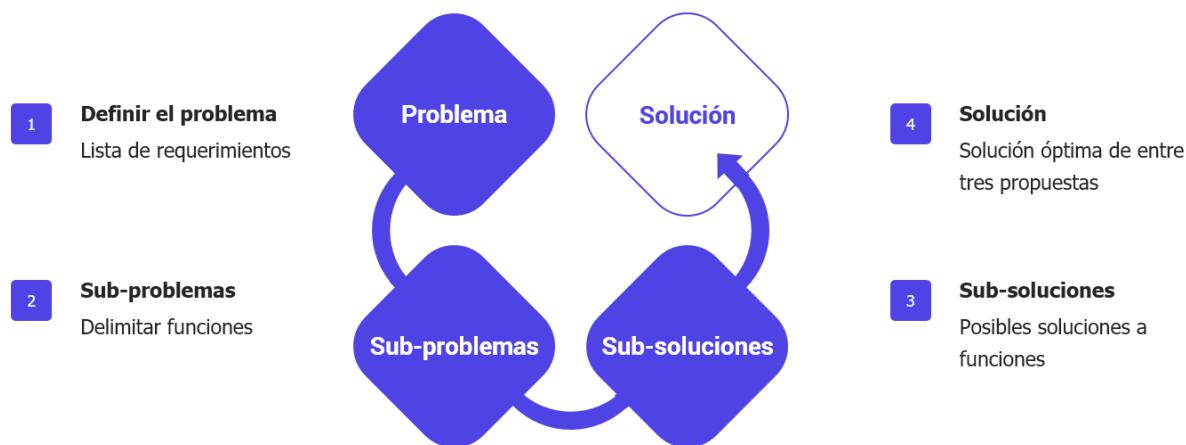


Fig. 2.1 – Estado de diseño mecatrónico: sub-soluciones

Fuente: Elaboración propia

Según el proceso de diseño indicado en la norma VDI 2221 que se muestra en la Figura 2.2 se parte del diseño conceptual propuesto (5) y se presenta el diseño integral (6)², también llamado diseño de ingeniería, que abarca diferentes puntos: dimensionamiento del sistema; cálculos; selección técnica de materiales entorno a su aplicación; selección técnica de sensores; actuadores y dispositivos de control; lógica del control del sistema y su estrategia;

-
1. Díaz Vergara (2020)
 2. Pahl et al. (2007)

planos mecánicos: ensamble y despiece; planos eléctricos y/o electrónicos; simulaciones de la máquina y una estimación de costos.

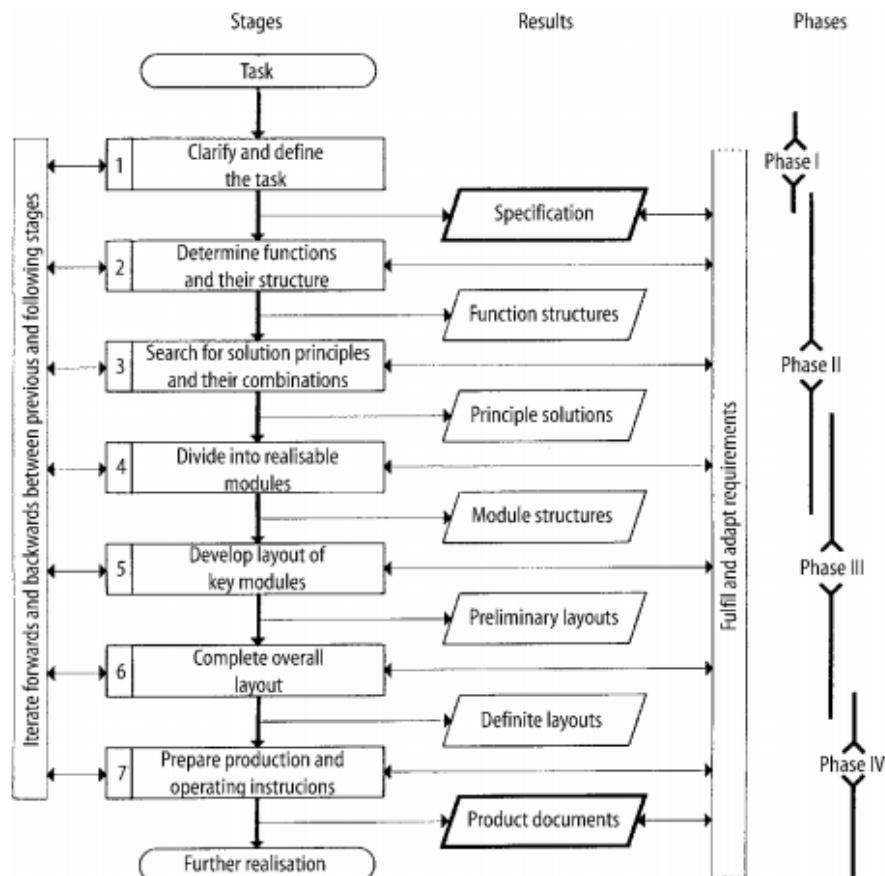


Fig. 2.2 – Fases de diseño según VDI 2221

Fuente: Pahl et al. (2007)

2.1.1 Descripción del sistema integral

La máquina clasificadora y contadora de truchas³, y su sistema respectivo tienen como función principal recepcionar truchas mediante una tolva, procesar la clasificación, conteo y distribución hacia tres jaulas flotantes en medio de la Laguna de Paucarcocha.⁴ La máquina se sitúa sobre el agua y es empleada por un operario, que se encarga de extraer truchas con una sacadera telescópica⁵.

- 3. CCT
- 4. Díaz Vergara (2020)
- 5. También llamada cal-cal.

[BORRADOR] Terminar de explicar la descripción [/BORRADOR]

En las siguientes páginas se analizan diversos puntos generales concernientes al sistema: arquitectura de hardware, la selección de materiales de fabricación, la selección de materiales de fabricación.

[BORRADOR] Explicar cambios importantes respecto a Diseño conceptual sustentando cálculos realizados o algoritmo. Cambios realizados: servomotor -> Leva + Motor a pasos; batería ya no es requerida, el operario se ocupa de suministrar batería; cámara simple agregada mediante stickers de puntos rojos, solo analizamos color rojo de compuertas y filtrar a la trucha. Ya no se realiza diagrama eléctrico, todo será manejo de DC. Potencia computacional requerida aumenta de microcontrolador a microporcesador [/BORRADOR]

Arquitectura de hardware

En la Figura 2.3 se muestra la propuesta de arquitectura de hardware. Esta arquitectura nos muestra las entradas de energía del sistema, su redistribución a cada componente, el control asociado a cada pieza mediante el subsistema de control y los protocolos o energía asociado a cada par de bloques. Además, el tipo de conexión se detalla en la leyenda.

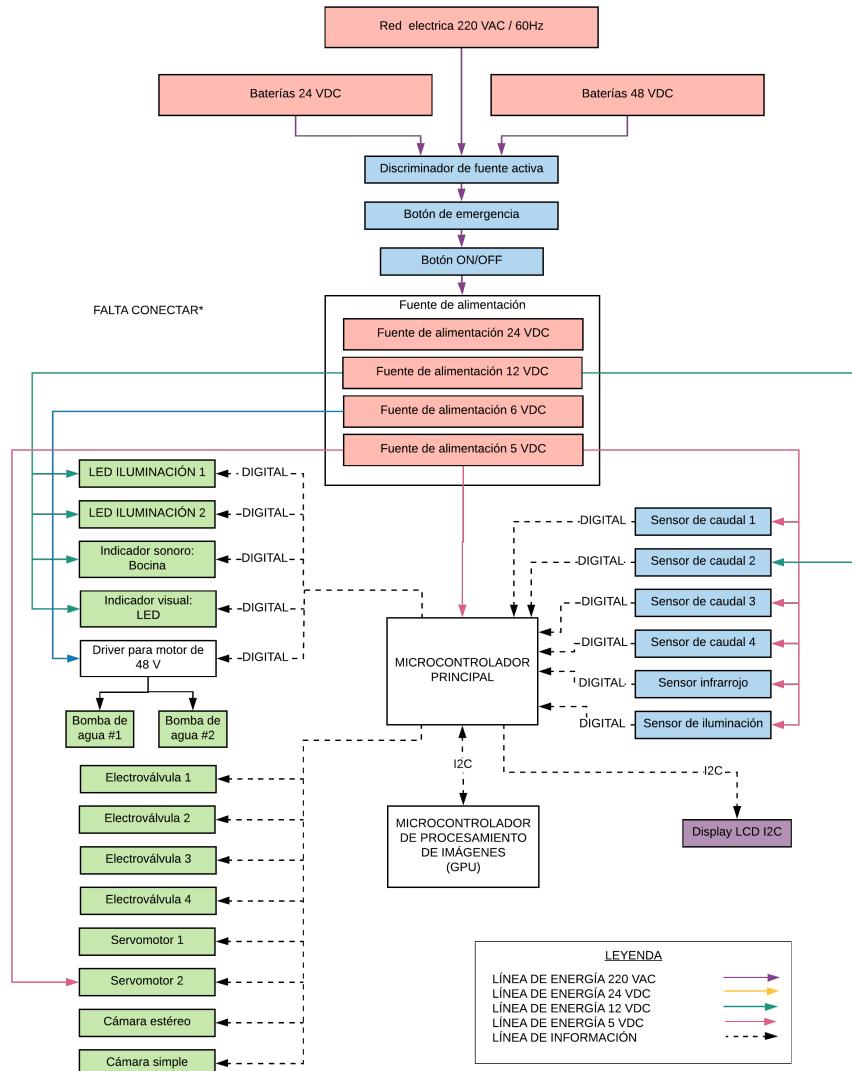


Fig. 2.3 – Arquitectura de hardware del sistema

Fuente: Elaboración propia.

[BORRADOR] Terminar de definir los voltajes que se utilizarán. [/BORRADOR]

Selección de materiales de fabricación

Cada subsistema posee mecanismos que se rigen por un material en general, esto incluye a las partes principales del subsistema. Sin embargo, no considera el material de tornillos, ajustes o dispositivos similares. Existen así mismos requisitos que se pueden generalizar para todos los subsistemas por el entorno de trabajo a la que estará sometida la máquina detallados

en la "*Lista de requerimientos*"⁶. Basado en dichas demandas, cada subsistema es analizado y presentado con dos alternativas posibles de materiales. Consecuentemente, se elige un material decisivo para ser empleado bajo el sustento técnico que se explicará en los siguientes párrafos.

- **Subsistema de recepción y traslado de truchas:** Cuenta con dos mecanismos; recepción de truchas y tuberías de traslado. El primero debe recepcionar a las truchas y dirigirlas al mecanismo de tuberías. El segundo debe trasladar a las truchas de un punto a otro de la máquina mediante las tuberías. En la Tabla 2.1 se comparan técnicamente las propiedades de dos materiales posibles.

Tab. 2.1 – Tabla comparativa de propiedades entre *Aluminio* vs *Acero Inoxidable*

Propiedad	Aluminio	Acero Inoxidable
Módulo de Young (<i>GPa</i>)	69	200
Esfuerzo de fatiga <i>Y</i> (<i>MPa</i>)	58-110	210-440
Resistencia a la tracción (<i>MPa</i>)	130-410	580-1180
Temperatura máxima mecánica ($^{\circ}\text{C}$)	650	1450
Conductividad térmica ($\text{W}/\text{m} - \text{K}$)	170	16
Expansión térmica ($\mu\text{m}/\text{m} - \text{K}$)	24	17
Conductividad eléctrica (%)	43	2.4
Densidad (g/cm^3)	2.7	7.8

*Terminología técnica de los materiales: Aluminio 6061, Acero Inoxidable ANSI 304.
Fuente: MakeItFrom (2020).

[BORRADOR] Se elige el material Aluminio 6061 por la alta durabilidad, ... EXPLICAR LA SELECCIÓN DE ALUMINIO [BORRADOR]

- **Subsistema de procesamiento de imágenes:** Cuenta con dos mecanismos; tuberías y juego de espejos. El primero debe brindar a la cámara suficiente transparencia para obtener una fotografía adecuada. El segundo debe brindar a la cámara más perfiles del cuerpo que es trasladado por la tubería. En la Tabla 2.2 se compara técnicamente las propiedades de dos materiales posibles.

6. Díaz Vergara (2020).

Tab. 2.2 – Tabla comparativa de propiedades entre *PMMA* vs *PVDF*

Propiedad	PMMA	PVDF
Resistencia al impacto: con muescas (<i>J/m</i>)	74	180
Expansión térmica ($\mu\text{m}/\text{m} - \text{K}$)	76	120
Densidad (g/cm^3)	1.2	1.8
Resistencia al peso	32	20
Alargamiento a la rotura (%)	4	49
Incidencia de luz trasmisida (%)	92	-
Índice de refracción	1.5	1.4

*Terminología técnica de los materiales: Polimetilmetacrilato (Acrílico)(PMMA), Fluoruro de polivinilideno (PVDF).

Fuente: Brydson (1999); Berins (1991); Harper (2000); MakeItFrom (2020).

[BORRADOR] Se elige el material ... por EXPLICAR LA SELECCIÓN [/BORRADOR] Comparar entre HDPE y otros termoplásticos.

- **Subsistema de procesamiento de suministro de energía:** Los materiales son propios de los dispositivos que serán adquiridos.
- **Subsistema de control e interacción con el usuario:** Los materiales son propios de los dispositivos que serán adquiridos.
- **Subsistema de flotación:** Cuenta con dos mecanismos; armadura y flotadores. El primero debe funcionar como esqueleto para los otros subsistemas y del mismo. El segundo debe mantener el sistema a flote.

[BORRADOR] Presentar la Tabla siguiente [/BORRADOR]

Tab. 2.3 – Tabla comparativa de propiedades entre HDPE vs PVC – U

Propiedad	HDPE	PVC-U
Densidad (g/cm^3)	1.0-1.3	1.4
Elongación a rotura (%)	2.5-100	58
Resistencia al impacto (J/m)	50-260	360
Resistencia al peso: Flexión	19-32	20
Resistencia a la tracción (MPa)	24-80	47

*Terminología técnica de los materiales: Polietileno de alta densidad (HDPE), Cloruro de polivinilo no plastificado (rígido) (uPVC, PVC-U)

Fuente: Brydson (1999); Berins (1991); Harper (2000); MakeItFrom (2020).

[BORRADOR] Se elige el material ... por EXPLICAR LA SELECCIÓN [/BORRADOR] Comparar entre HDPE y otros termoplásticos.

En las Tablas 2.1, 2.2 y 2.3 se comparan diversos materiales para el correspondiente subsistema. Los materiales de fabricación finales para cada subsistema se muestran en la Tabla 2.4, fueron seleccionados por su superioridad en las propiedades técnicas que son valoradas en este proyecto.

Tab. 2.4 – Materiales de fabricación por subsistema

Subsistema	Mecanismo	Material
Recepción y traslado de truchas	Recepción de truchas	Acero Inoxidable
Recepción y traslado de truchas	Tuberías de traslado	PVC-U
Procesamiento de imágenes	Tubería	PMMA
Procesamiento de imágenes	Juego de espejos	PMMA
Suministro de energía	-	-
Control e interacción con el usuario	-	-
Flotación	Armadura	Aluminio o Acero Inoxidable
Flotación	Flotadores	HDPE

*Terminología técnica de los materiales: Cloruro de polivinilo no plastificado (Rígido) (uPVC, PVC-U), Polimetilmacrilato ISO 24026-1:2020⁷ (Acrílico) (PMMA), Polietileno de alta densidad (HDPE), Acero Inoxidable 304, Aluminio 6061 (AL), Fluoruro de polivinilideno (PVDF).

Fuente: Elaboración propia.

7. Estándar ISO detallado. Antecesor: 8257-1:1998. Estándar ASTM: D788-96

2.1.2 Subsistema de recepción y traslado de truchas

Este subsistema consiste en encapsular los mecanismos físicos que están en el ciclo que sigue una trucha dentro de la máquina: tolva, tuberías, bomba de agua, distribución física por mecanismos, caudales apropiados y el control respectivo. Los puntos mencionados se detallan en las siguientes páginas.

Diseño de tolva de recepción de truchas

El diseño implica un análisis sobre las situaciones que suceden cuando se realiza el proceso de depositar las truchas. En la Figura 2.4 se analiza dicha situación con la finalidad de escoger un ángulo de elevación de la tolva (β) adecuado. Respecto a la tolva, se designan los siguientes valores iniciales: $A_{min}, B_{min} = 200mm.; \beta \in [0;45]^\circ; tolva = 150mm..$ Además, debe cumplirse que $A_{max} > B_{max}$ orientado hacia el operario que depositará la trucha.

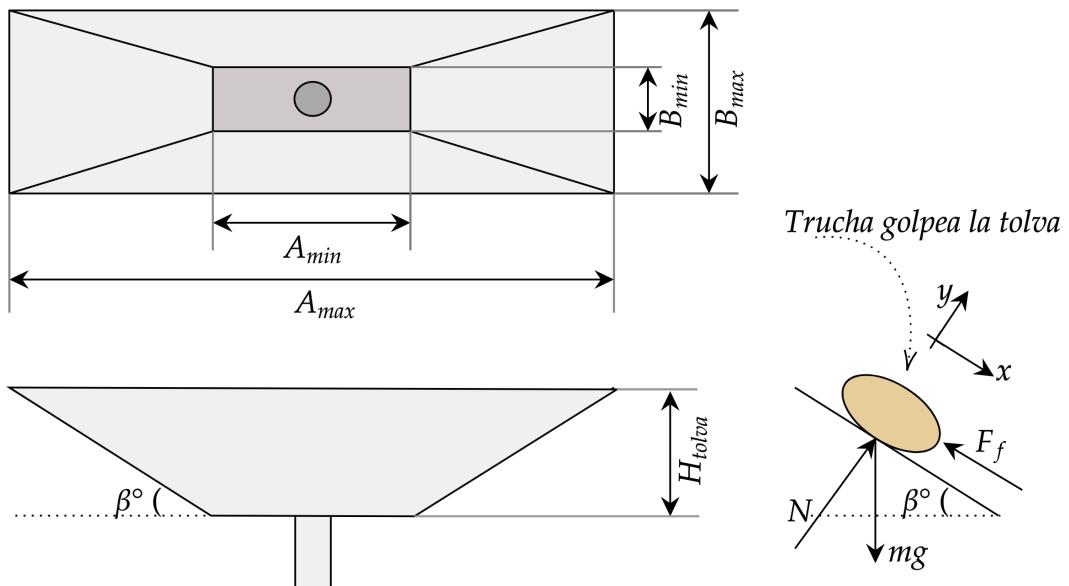


Fig. 2.4 – Cálculo de dimensiones y ángulo de la tolva

Fuente: Elaboración propia.

Parte de la Figura 2.4 muestra el diagrama de cuerpo libre del cual se extrae la fuerza de fricción (F_f) y la fuerza normal (N) que se muestran en la Ecuación 2.2. Las leyes de Newton

se muestran en la Ecuación 2.1.

$$\begin{aligned} F_R &= m * a \\ \sum_0^n F_{x,y,z} &= 0 \end{aligned} \tag{2.1}$$

$$\begin{aligned} F_f &= \mu * N \\ \sum F_y &= N - mg * \cos(\beta) = 0 \end{aligned} \tag{2.2}$$

Luego, se reemplazan la Ecuación 2.2 en la Ecuación 2.1 y se obtiene la Ecuación 2.3. La variable a despejar es la aceleración en el eje x (\ddot{x}).

$$\begin{aligned} mg * \sin(\beta) - F_f &= m * \ddot{x} \\ mg * \sin(\beta) - \mu_k * mg * \cos(\beta) &= m * \ddot{x} \\ g * \sin(\beta) - g * \mu_k * \cos(\beta) &= \ddot{x} \end{aligned} \tag{2.3}$$

Para disminuir el impacto de la trucha sobre la tolva o sobre las tuberías interiores se debe disminuir la aceleración de la trucha al ser depositada en la tolva. La Figura 2.5 muestra la ecuación que relaciona la aceleración con el ángulo de elevación de la pared de la tolva. Consecuentemente, se escoge un ángulo ($\beta = 30^\circ$) para tener una aceleración aproximadamente nula ($\ddot{x} \approx 0$). Se considera $\mu_k = 0.57$ para el material escogido en la sección 2.1.1. Consecuentemente, se calculan los valores de $A_{max} \approx 900mm.$ y $B_{max} \approx 700mm.$, respectivamente.

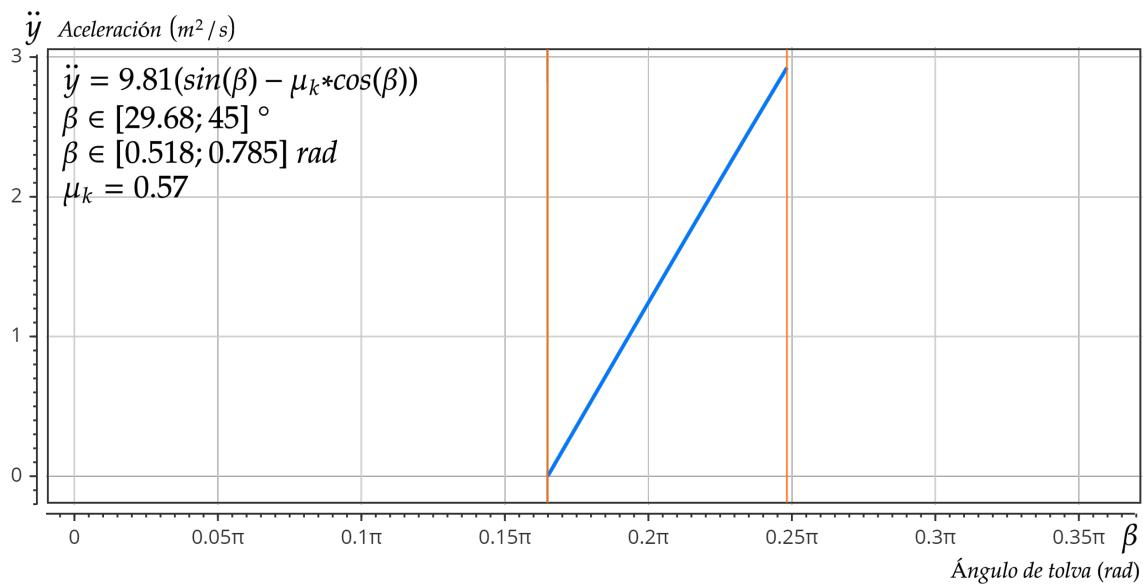


Fig. 2.5 – Ángulo de tolva vs aceleración en la trucha

Fuente: Elaboración propia.

Selección de reja accionada por motor

Esta compuerta puede ser reemplazada por una tapa para la tolva de recepción de truchas.

En el presente trabajo se decide optar por eliminar este componente.

[BORRADOR] ¿Se puede eliminar este inciso en caso no lo use? [/BORRADOR]

Diseño de subsistema de tuberías

Las tuberías del sistema tienen como propósito abastecer de un caudal a la máquina.

[BORRADOR] Explicar en subsistema de tuberías luego de definir los componentes como bombas de agua o electrovalvulas [/BORRADOR]

- **Diseño de tuberías**

[BORRADOR] Explicar características y requerimientos técnicos que se necesitarán en las tuberías [/BORRADOR]

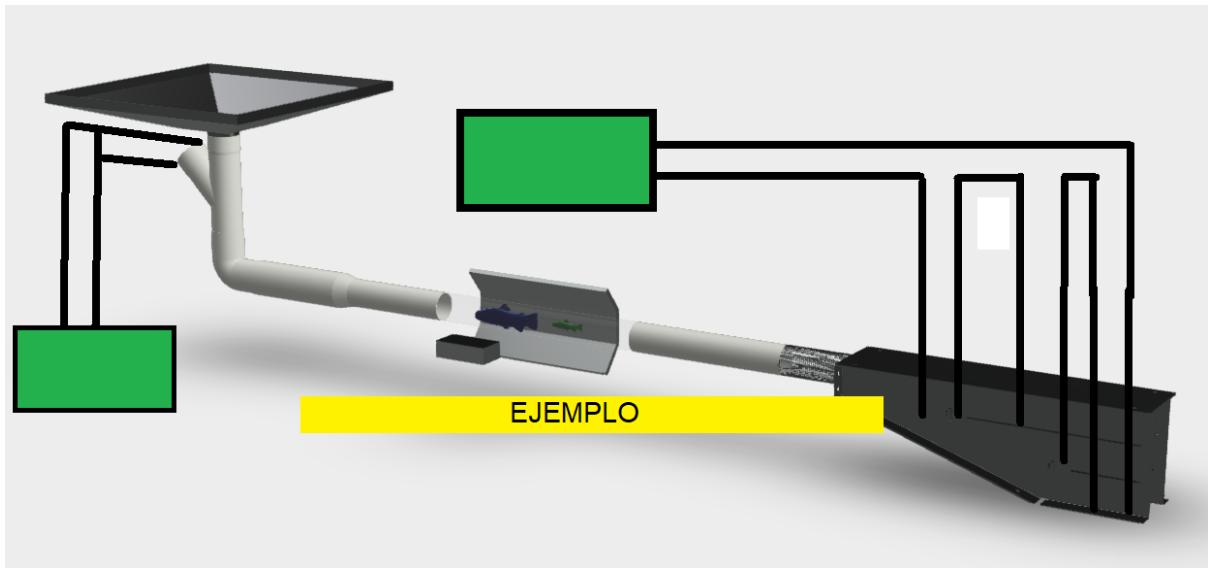


Fig. 2.6 – Diseño de tuberías para el concepto óptimo

Fuente: Elaboración propia.

- **Diseño de filtro único incluido**

[BORRADOR] Explicar características y requerimientos técnicos que se necesita para que pase una trucha por vez [/BORRADOR]

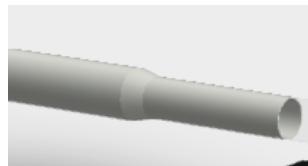


Fig. 2.7 – Filtro único

Fuente: Elaboración propia.

- **Selección de caudales apropiados**

En la Sección 2.1.5 se calcula la velocidad máxima, aproximada, de nado de las truchas arcoíris: $16(cm/s)$. La Ecuación 2.4 toma el valor de $v_{max} = 16(cm/s)$ y el [BORRADOR] Terminar de redactar [/BORRADOR]

$$Q_{max} = v_{max} * A$$

$$Q_{max} = 16 * \frac{\pi}{4} * (r_{int})^2$$

$$Q_{max} = 16 * \frac{\pi}{4} * (9.1)^2$$
(2.4)

$$Q_{max} = 1040.62$$

Donde: $Q_{max}(cm^3/s)$ es el caudal máximo, $v_{max}(cm/s)$ es la velocidad máxima del agua, $r_{int}(cm)$.

[BORRADOR] Explicar los caudales apropiados para cada salida, son 4 salidas para dos bombas de agua distintas [/BORRADOR]

- **Selección de las electroválvulas**

Los valores límites que se tendrían que controlar mediante las electroválvulas pertenecen al rango $[0; 12345](m^3/s)$. En la Tabla 2.5 se muestran algunos modelos comerciales que cumplen con estos requerimientos. [BORRADOR] Terminar de calcular caudal adecuado, luego se podrá seleccionar electroválvula [/BORRADOR]

Tab. 2.5 – Tabla comparativa de electroválvulas

Requisitos mínimos	1	2	3	
Figura	-	 EJEMPLO	 EJEMPLO	 EJEMPLO
Fabricante	8	9	10	
A	12	13	14	
B	16	17	18	
C	20	21	22	
D	24	25	26	
E	32	33	34	
			11	
			15	
			19	
			23	
			27	
			35	

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia.

[BORRADOR] Escoger una electroválvula y argumentar la decisión [/BORRADOR]

- Control de los caudales de agua

Los caudales que generan las bombas de agua sirven para impulsar a las truchas por el interior de la máquina. [BORRADOR] Dar más detalle en este punto [/BORRADOR]

[BORRADOR] Explicar el diagrama de actuadores, sensores,... [/BORRADOR]

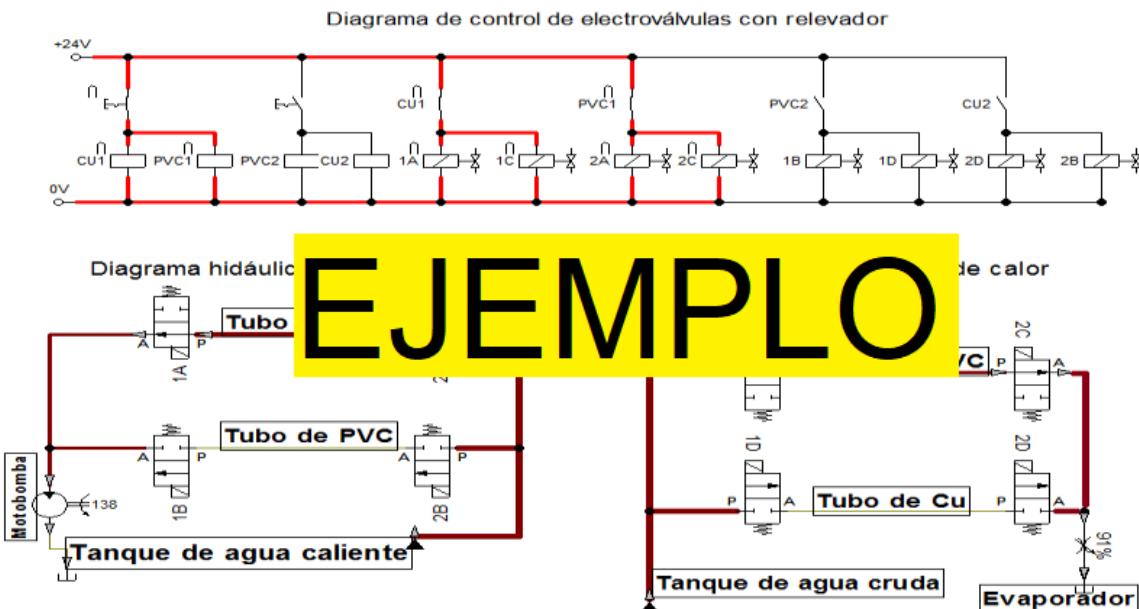


Fig. 2.8 – Diagrama de control de electrovalvulas

Fuente: Elaboración propia.

[BORRADOR] Explicar el control escogido, quizás PID para las electroválvulas [/BORRADOR]

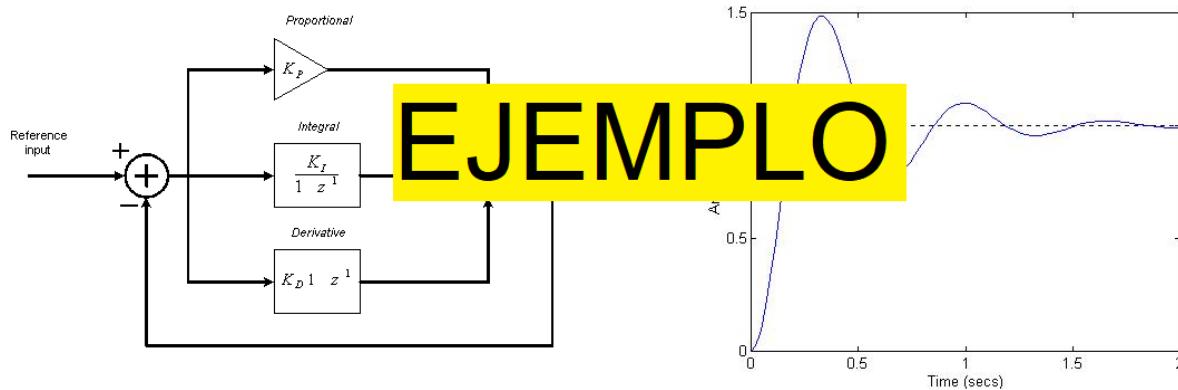


Fig. 2.9 – Control PID de una electrovalvula

Fuente: Elaboración propia.

[BORRADOR] Calcular los valores PID [/BORRADOR]

[BORRADOR] Explicar qué dispositivo llevará el control PID: MCU, board especial, etc?? [/BORRADOR]

Selección de bomba de agua sumergible

En la subsección anterior "*Diseño de subsistema de tuberías*" se calcularon los caudales apropiados para el sistema. La bomba de agua sumergible se selecciona de acuerdo a características técnicas como potencia, consumo de energía, horas de uso continuo, entre otras que se exponen en la Tabla 2.6.

Tab. 2.6 – Tabla comparativa de bombas de agua sumergibles.

Requisitos mínimos	1	2	3
Figura	-		
Fabricante	8	9	10
A	12	13	14
B	16	17	18
C	20	21	22
D	24	25	26
E	32	33	34

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia.

[BORRADOR] Explicar la elección [/BORRADOR]

Diseño de subsistema de distribución de truchas

Luego del proceso de procesamiento de imágenes el sistema mediante el algoritmo de clasificación indica al sistema la trayectoria que debe seguir la trucha en tránsito y es accionado por el mecanismo de distribución, mostrado en la Figura 2.10. Dicho mecanismo recibe a la trucha por una única entrada y redirige mediante un juego de compuertas a tres salidas. Finalmente, las truchas son impulsadas al ingresar a tuberías con caudal de agua constante que las transporta hasta las jaulas flotantes correspondientes.

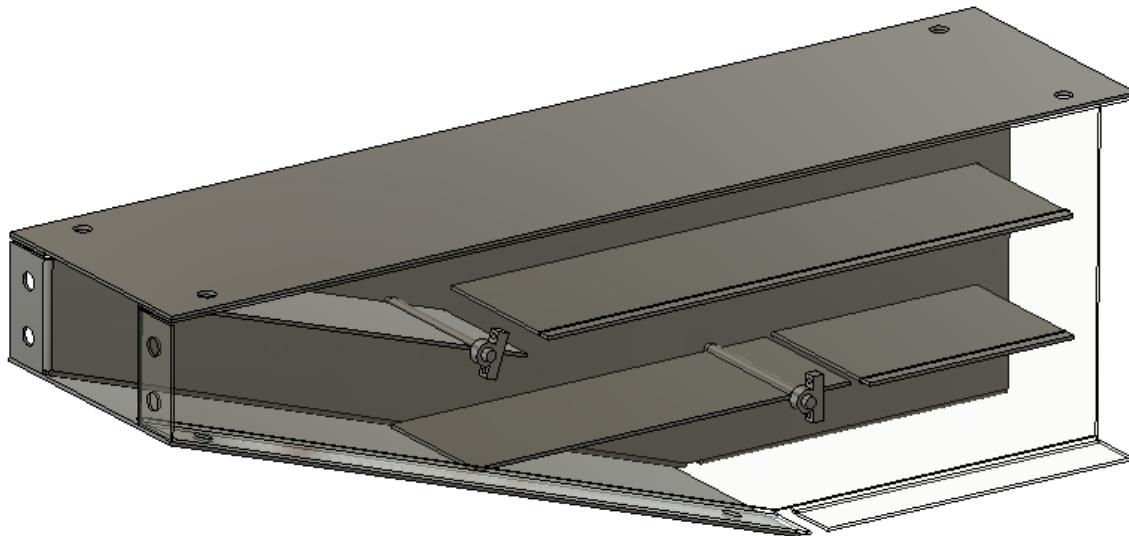


Fig. 2.10 – Mecanismo de distribución de truchas

Fuente: Elaboración propia.

• Selección de mecanismo que acciona la compuerta

La selección del mecanismo que activa la compuerta tiene requisitos técnicos que son muy importantes, de no funcionar puede parar completamente el proceso general, por lo que se realiza una comparación de los posibles mecanismos a utilizar para hacer girar la compuerta de manera cíclica ordenado por el subsistema de control. La compara-

ción conceptual se muestra en la Tabla 2.7 y los conceptos de mecanismos analizados se muestran en la Figura 2.11.

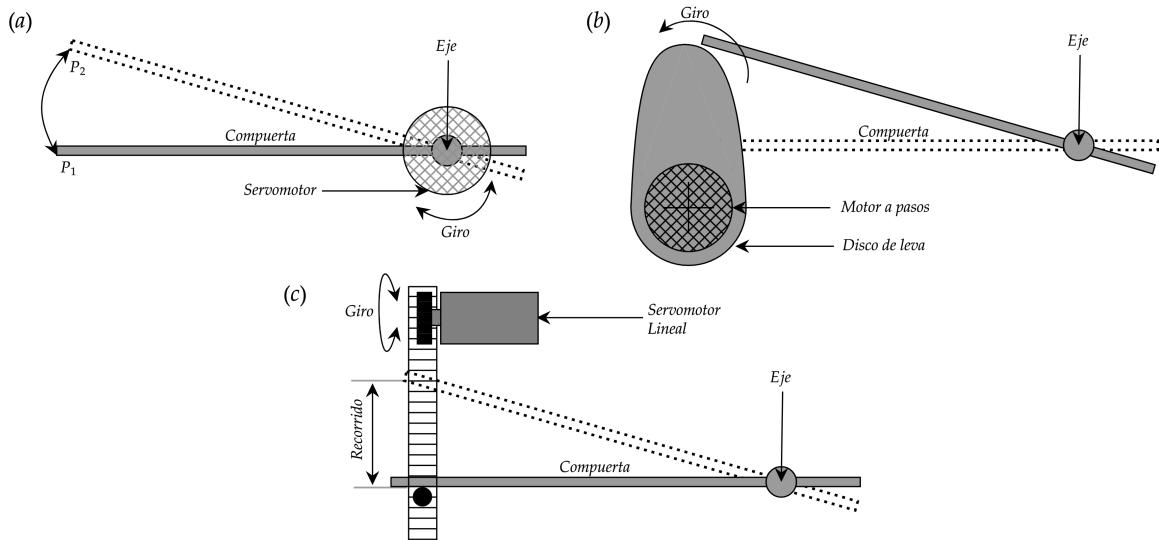


Fig. 2.11 – (a) Mecanismo de eje servomotor. **(b)** Mecanismo de tolva y seguidor. **(c)** Mecanismo de servomotor lineal.

Fuente: Elaboración propia.

El mecanismo inicialmente propuesto (Figura 2.11-a) corresponde a un servomotor conectado al eje de la compuerta del sistema de distribución, los apoyos no son representados en las figuras. El sistema, al efectuar cierta cantidad de giros en un periodo largo⁸ presenta un deterioro considerable en el eje del servomotor, por lo que se analiza un mecanismo de leva-seguidor (Figura 2.11-b) que traslada el giro fuera del eje, en un solo sentido y se aplica el giro sobre un extremo de la compuerta, el disco de leva está posicionado para brindar un movimiento armónico al extremo de la compuerta. Así también, se considera un mecanismo de servomotor lineal que mediante una traba en la cremallera desplaza la compuerta hasta la posición requerida mediante giros en los dos sentidos.

8. Una jornada diaria de clasificación puede someter al mecanismo a abrir/cerrar la compuerta en $t_{compuerta} \approx 1\text{s}$. durante $t_{jornadaxdia} = 6\text{h}$.

Tab. 2.7 – Tabla comparativa de conceptos de mecanismos.

	Requisitos mínimos	Servomotor de rotación posicional	Leva y seguidor	Servomotor lineal
Figura	-	Figura 2.11-a	Figura 2.11-b	Figura 2.11-c
Cantidad de sentidos de giro	-	2	1	2
Complejidad mecánica⁹	-	Baja	Alta	Media
Disponibilidad en el mercado¹⁰	-	Nacional	Internacional	Nacional
Torque máximo¹¹ (τ_{max})	-	$\approx m * g * d_{eje}$	$\approx m * g * d_{leva}/2$	$\approx m * g * d_{ser}/4$
Desgaste¹²	-	Alto	Bajo	Medio
Acoplamiento al sistema¹³	-	Bajo	Medio	Medio
Ruido generado¹⁴	-	Medio	Bajo	Medio

Fuente: Elaboración propia.

El mecanismo escogido es el leva y seguidor ya que solo es necesario su giro en un sentido, lo cual disminuye el desgaste, se acopla al sistema sin implementar más soportes que los otros mecanismos, no genera ruido y su fabricación, en caso no se encuentre en el mercado peruano, se puede realizar en un taller nacional.

- **Diseño de mecanismo que acciona la compuerta**

En la sección anterior se eligió el mecanismo a emplear. El diseño del mecanismo va [BORRADOR] Agregar descripción. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo dui ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. [/BORRADOR]

-
9. Basado en análisis de falla. Calificación cualitativa: baja, media o alta.
 10. Basado en el componente más "difícil" de conseguir. Calificación cualitativa: nacional o internacional
 11. Basado en situación crítica encontrada derivando la ecuación de torque respectivo. Dónde: d_{eje} es la distancia del centro de gravedad de la compuerta al eje, d_{leva} es la distancia del centro del disco de leva hasta la parte más alejada de este y d_{ser} es diámetro del engranaje en el mecanismo piñón-cremallera del servomotor lineal. ($d_{ser} < d_{leva} < d_{eje}$)
 12. Calificación cualitativa: bajo, medio o alto.
 13. Basado en cantidad de componentes adicionales necesarios para implementar. Calificación cualitativa: bajo, medio o alto.
 14. Basado en mecanismo mecánico empleado. Calificación cualitativa: bajo, medio, alto.

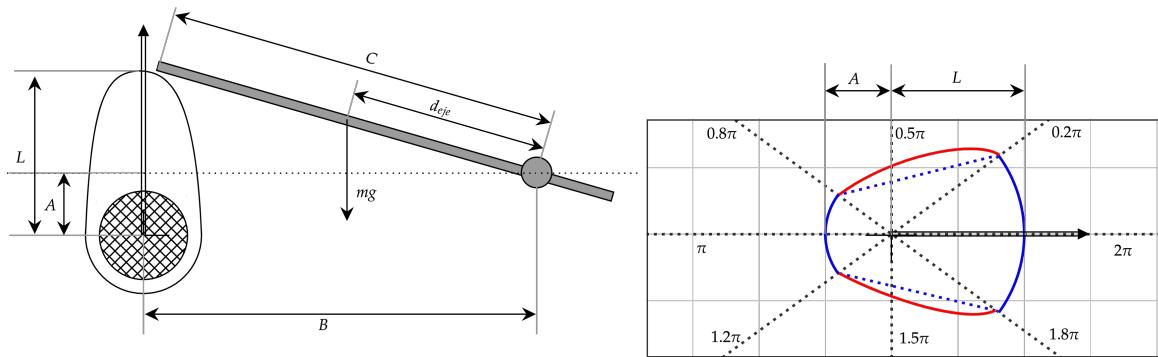


Fig. 2.12 – Mecanismo servomotor-compuerta

Fuente: Elaboración propia.

[BORRADOR] Agregar descripción. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. [/BORRADOR]

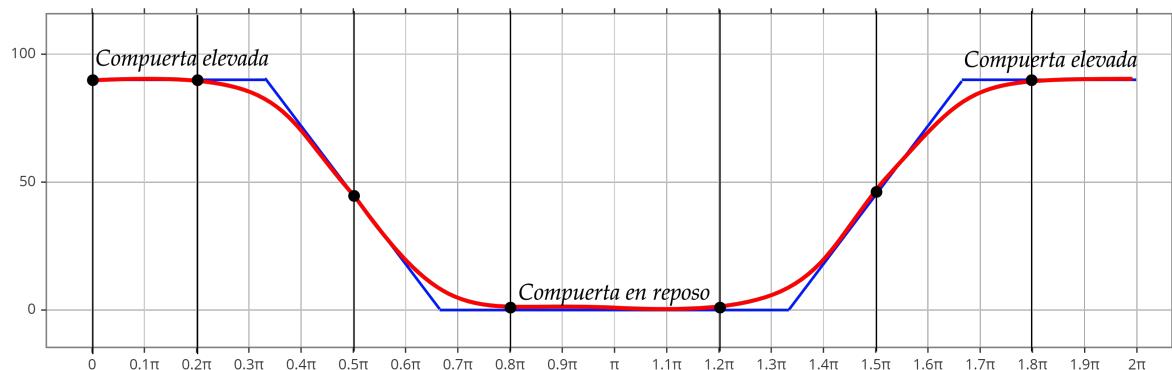


Fig. 2.13 – Engranajes del mecanismo de compuertas

Fuente: Elaboración propia.

[BORRADOR] Agregar descripción. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. [/BORRADOR]

- **Cálculo de torque y velocidad de giro de compuerta**

La fuerza necesaria es simplemente el giro de la compuerta que está unida a un eje y a su vez al mecanismo de engranajes con el servomotor. [BORRADOR] Explicar selección entre otras cosas Además, citar a Chinchay De La Cruz (2010) en análisis de falla de levas [/BORRADOR]

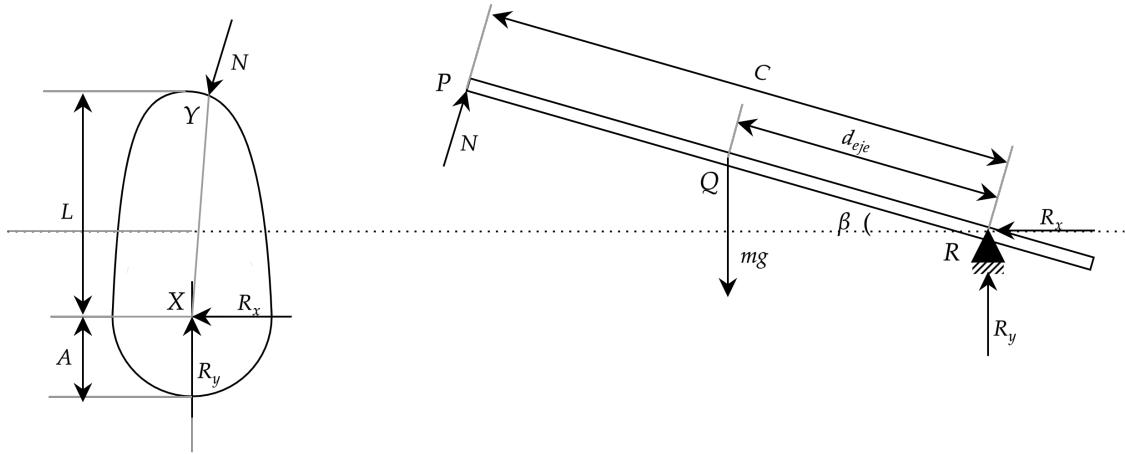


Fig. 2.14 – Diagrama de cuerpo libre del mecanismo de la compuerta.

Fuente: Elaboración propia.

[BORRADOR] Explicar las Ecuaciones a continuación [/BORRADOR]

$$\sum M_R = m_{compuerta} * g * \cos(\beta) * d_{eje} - 2 * N * d_{eje} = 0 \quad (2.5)$$

$$N = \frac{m * g * \cos(\beta)}{2}$$

$$\begin{aligned} \vec{T}_X &= N * \sin(\beta) * L \\ \vec{T}_X &= \frac{m * g * \cos(\beta)}{2} * \sin(\beta) * L \\ \vec{T}_X &= m * g * L * \frac{\sin(2\beta)}{2} \\ \overrightarrow{T_{X_{max}}} &= \frac{m * g * L}{2} \quad (\beta = 45^\circ) \end{aligned} \quad (2.6)$$

La velocidad de compuertas debe ir acorde a la distancia entre una trucha y la siguiente a esta. [BORRADOR] Explicar velocidad RPM necesarias y explicar las ecuaciones siguientes [/BORRADOR]

Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

• Selección de motores a paso

En la Tabla 2.8 se muestra una comparación técnica entre tres motores a pasos que cumplen los requisitos mínimos.

Tab. 2.8 – Tabla comparativa de motores a pasos.

Requisitos mínimos	1	2	3	
Figura	-	 EJEMPLO	 EJEMPLO	 EJEMPLO
Fabricante	8	9	10	11
A	12	13	14	15
B	16	17	18	19
C	20	21	22	23
D	24	25	26	27
E	32	33	34	35

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia.

[BORRADOR] Seleccionar uno y explicar la selección [/BORRADOR]

2.1.3 Subsistema de procesamiento de imágenes

Este subsistema consiste obtener una serie de imágenes de una trucha en tránsito e indicar al sistema a dónde debería dirigirse una trucha determinada. El subsistema debe clasificar y contar truchas, con dicha finalidad necesita de la selección de una cámara y generar el ambiente adecuado para obtener las imágenes. Explicado los objetivos del subsistema, en las siguientes líneas se detalla: la selección del sensor infrarrojo, la selección de cámara estéreo, la selección de iluminación adecuada y la selección de algoritmos.

Selección del sensor infrarrojo

El sensor infrarrojo tiene como objetivo activar el algoritmo de detección y conteo de truchas por un determinado periodo de tiempo con la finalidad de evitar un sobre uso de los

recursos computacionales. El sensor infrarrojo está unos centímetros antes de la parte que la cámara captura y su posición es como se muestra en las Figura 2.15.

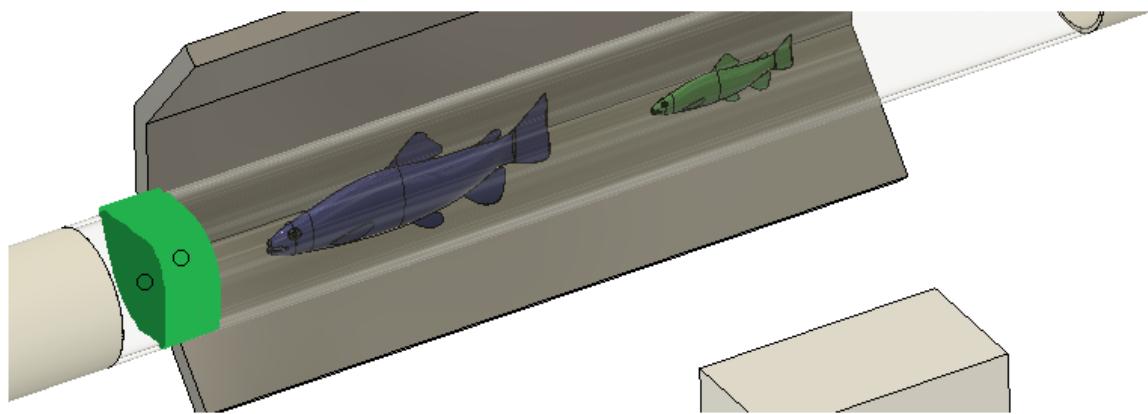
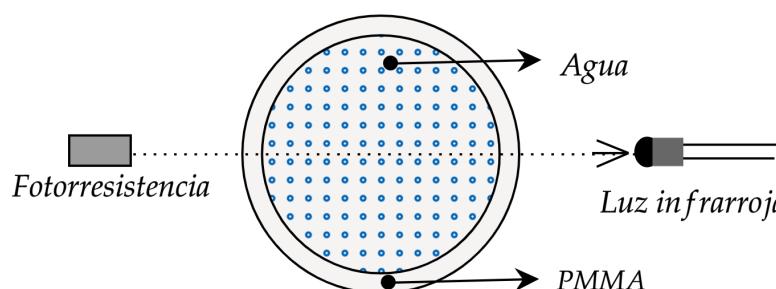


Fig. 2.15 – Posicionamiento del sensor infrarrojo

Fuente: Elaboración propia.

Ya que los haces de luz cambian de dirección debido a la refracción¹⁵, cuando varía de un medio a otro, se calcula esta desviación para la adecuada detección de objetos que pasen por la tubería. La representación gráfica de la situación se expone en la Figura 2.16.



*Otros medios: aire

Fig. 2.16 – Análisis de posición de luz infrarroja

Fuente: Elaboración propia.

El problema se muestra en la Figura 2.17. Cabe mencionar que se conocen los siguientes valores $n_{PMMA} = 1.5$ ¹⁶, $n_{aire} \approx 1$, $n_{agua} = 1.33$ ¹⁷, $d_1 = d_2 = 10\text{mm.}$, $e = 3\text{mm.}$ y $d_{int} = 85\text{mm.}$

- 15. Hecht (2017).
- 16. Propiedades ópticas mostradas en la Tabla 2.2. Berins (1991)
- 17. Índices de refracción: Hecht (2017).

, y se asume, para simplificar el problema, la emisión de la luz como proveniente de un punto único (S).

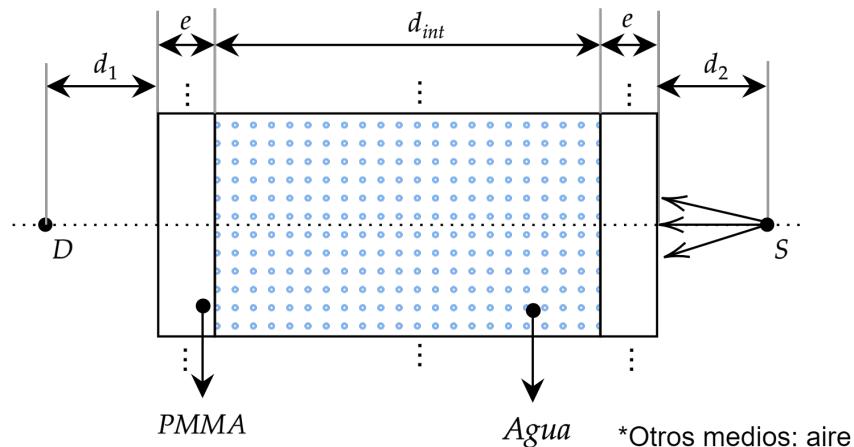


Fig. 2.17 – Cálculo de posición de luz infrarroja

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de desviación de los haces de luz se emplea la ley de refracción, matemáticamente mostrada en la Ecuación 2.7. Donde: θ_i es el ángulo de incidencia respecto a la normal del primer medio, θ_t es el ángulo de refracción respecto a la normal.

$$n_i * \sin(\theta_i) = n_t * \sin(\theta_t) \quad (2.7)$$

En la Figura 2.18 se analiza el caso crítico cuando $\theta_1 \approx 5^\circ$. Con la Ecuación 2.7 se puede calcular las distancias de desviación por refracción. Por ejemplo, En la Ecuación 2.8 el valor de h_x es la distancia proyectada: $h_x = d_x * \tan(\theta_x)$.

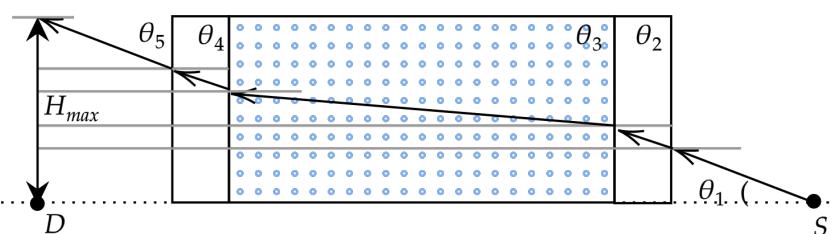


Fig. 2.18 – Cálculo de distancia máxima de desviación de haz de luz en condiciones ideales.

Fuente: Elaboración propia.

$$H_{max} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5$$

$$H_{max} = 10 * \tan(\theta_1) + 3 * \tan(\theta_2) + 85 * \tan(\theta_3) + 3 * \tan(\theta_4) + 10 * \tan(\theta_5) \quad (2.8)$$

$$H_{max} = 10 * \tan(5^\circ) + 3 * \tan(3.33^\circ) + 85 * \tan(3.76^\circ) + 3 * \tan(3.33^\circ) + 10 * \tan(5^\circ)$$

$$H_{max} = 7.685 \text{ mm.}$$

Para una óptima recepción se propone llegar como mínimo 75% de haces de luz. Esto quiere decir que del diámetro ideal del dispositivo receptor debe ser de 15.4 mm y el óptimo 13.33 mm.¹⁸ Finalmente, los requerimientos mínimos que debe tener el sensor infrarrojo óptimo y comparaciones técnicas de los dispositivos comerciales que cumplen con los requerimientos se muestran en la Tabla 2.9.

18. $d_{ideal-receptor} = 2 * H_{max} = 15.4 \text{ mm.}$ y $d_{75\%-receptor} = \sqrt{0.75 * 15.4^2} = 13.33 \text{ mm.}$

Tab. 2.9 – Tabla comparativa de sensores infrarrojos.

	Requisitos mínimos	HD-DS25 CM-3MM	QT50CM	GP2Y0A 21YK0F
Figura	-			
Fabricante	-	Adafruit	Adafruit	SHARP
Tipo de comunicación	Digital	[0;VCC]	[0;VCC]	Analógico
Área mínima circular de receptor (mm^2)	15.4	28.27	78.54	162.86
Ángulo de visión/recepción ($^\circ$)	5	10	10	-
Distancia de detección (mm.)	170	[0;250]	[0;500]	[100;800]
Longitud de onda infrarroja recomendada (nm)	850	-	-	870 ± 70
Voltaje operativo VCC (V)	5	[3.0;5.5]	[3.0;5.5]	[4.5;5.5]
Consumo de corriente (mA)	-	100	100	30
Temperatura operativa ($^\circ C$)	[-10;60]	[-25;60]	[-25;60]	[-10;60]
Precio (\$/)	-	7.00	23.32	53.68

Fuente: Marktech Optoelectronics y elaboración propia. Hoja de datos técnico (*Datasheet*) en el Anexo.

Tasa de cambio de USD a PEN: S/ 3.59.

[BORRADOR] Seleccionar uno y explicar la selección [/BORRADOR]

Selección de cámaras

En el sistema se emplea dos cámaras con distintos requerimientos técnicos. Por un lado, una cámara estéreo se encarga de capturar imágenes que van a ser procesadas por algoritmos de detección y conteo de truchas. Por otro lado, una cámara normal registra la trayectoria de las truchas que en la distribución de estas a los canales de salida definidos por los algoritmos.

- Cálculo de distancias apropiadas de las cámaras**

El área que se debe captar sobre el proceso, sin las tuberías transparentes, se representan

en una vista frontal y de perfil en la Figura 2.19. Donde: d es la distancia entre el juego de espejos y la cámara, α es el HDFV¹⁹, β es el VDFV²⁰, A es la altura del área proyectada y L es la largo del área proyectada del juego de espejos.

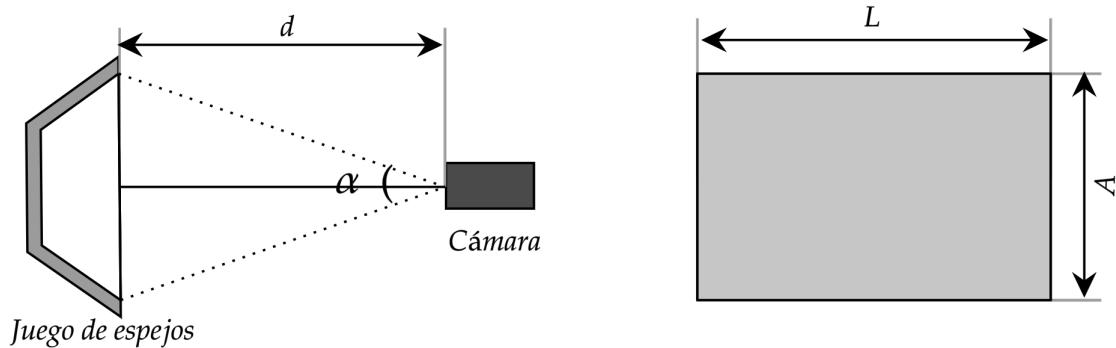


Fig. 2.19 – Distancia entre juego de espejos y cámara estéreo

Fuente: Elaboración propia.

De la geometría se obtiene los valores de α y β , que dependen de las otras variables. El posicionamiento de la cámara (d) estéreo estará sujeto a sus valores de HDFV y VDFV como se muestra en la Ecuación 2.10 y 2.9, respectivamente.

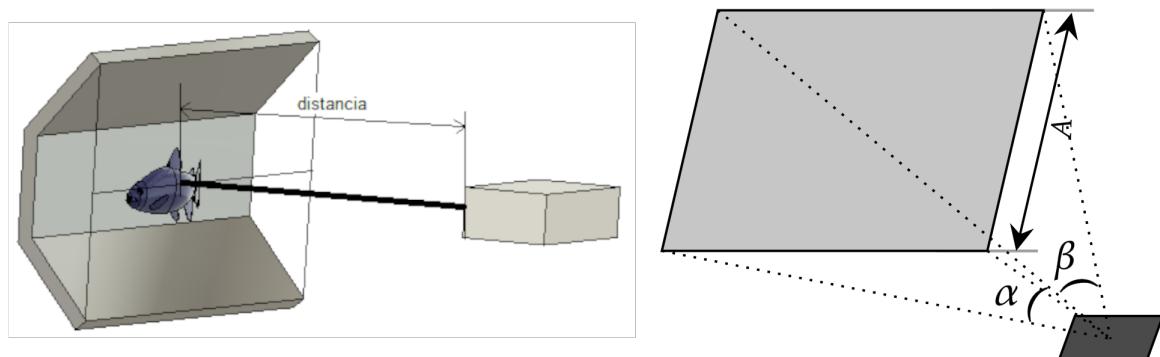


Fig. 2.20 – Cálculo de distancia apropiada para la cámara estéreo

Fuente: Elaboración propia.

$$\begin{aligned} \tan(\alpha_{min}/2) &= \frac{A/2}{d} \\ \alpha_{min} &= 2 * \arctan\left(\frac{A}{2 * d}\right) \end{aligned} \quad (2.9)$$

19. Campo de visión horizontal.
20. Campo de visión vertical.

$$\tan(\beta_{min}/2) = \frac{L/2}{d}$$

$$\beta_{min} = 2 * \arctan\left(\frac{L}{2*d}\right)$$
(2.10)

- **Cálculo de cuadros por segundo (fps) necesarios para la cámara estéreo**

[BORRADOR] Agregar descripción [/BORRADOR]

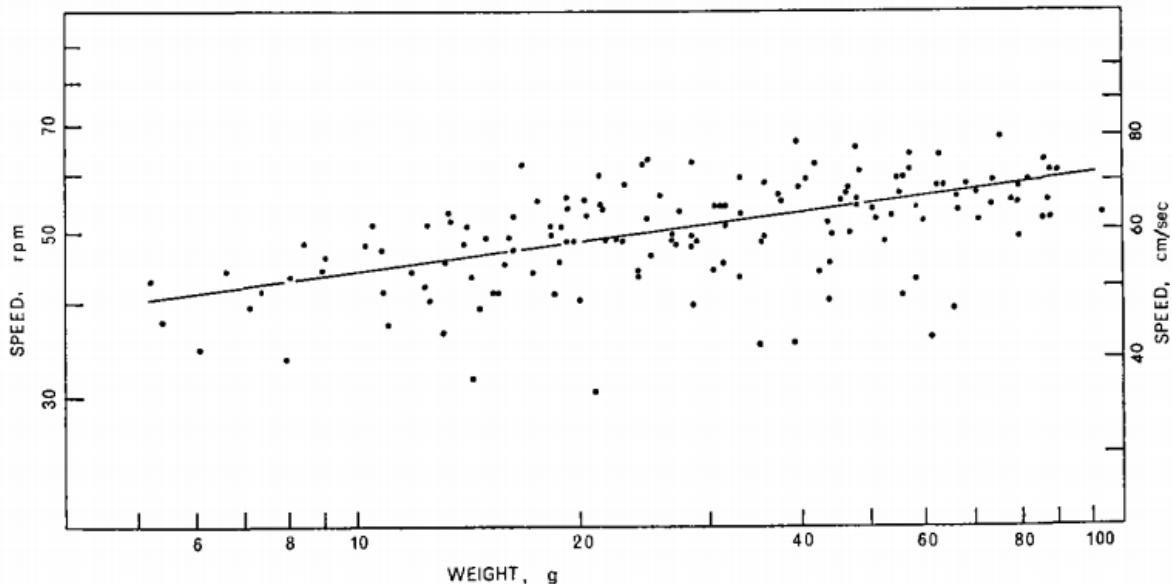


Fig. 2.21 – Aproximación lineal de la relación entre peso y la velocidad de nado de truchas arcoíris

Fuente: Fry & Cox (1970)

En la Ecuación 2.11 se muestra la relación entre X : *peso de la trucha (g)* e Y : *velocidad de nado (cm/s)* con un error $Z = \pm 0.033$.

$$Y = -3.965 + 2.908(Z)X$$
(2.11)

En el caso de este trabajo, la dimensión máxima y mínima de las truchas arcoíris son de 20 cm y 15 cm, respectivamente. De la Tabla *Clasificación de truchas por etapas de producción*²¹ podemos obtener los gramos mediante interpolación lineal para cada límite: valores mínimo-máximo son 153 y 199 g, respectivamente. Utilizando los valores antes indicados y empleando la Ecuación 2.11 obtenemos los valores límites dentro del rango

21. Díaz Vergara (2020)

[10.71; 15.13](cm/s). Luego de escoger la máxima velocidad con redondeo hacia arriba $v_{max} = 16\text{cm/s}$), [BORRADOR] Falta explicación [/BORRADOR]

- **Selección de cámara estéreo**

El objetivo de la cámara estéreo es la de obtener fotos por determinado periodo de tiempo designado por los algoritmos de procesamiento de imágenes. Con el fin de cumplir el objetivo mencionado deben cumplirse requerimientos técnicos: fotografiar a la trucha con un enfoque aceptable que permita distinguir a la trucha adecuadamente, ángulo de visión horizontal y vertical, resolución, entre otros. En la Figura 2.22 se visualiza un diagrama referencial de una cámara estéreo, con la cuál podemos obtener distancias a partir de dos imágenes.

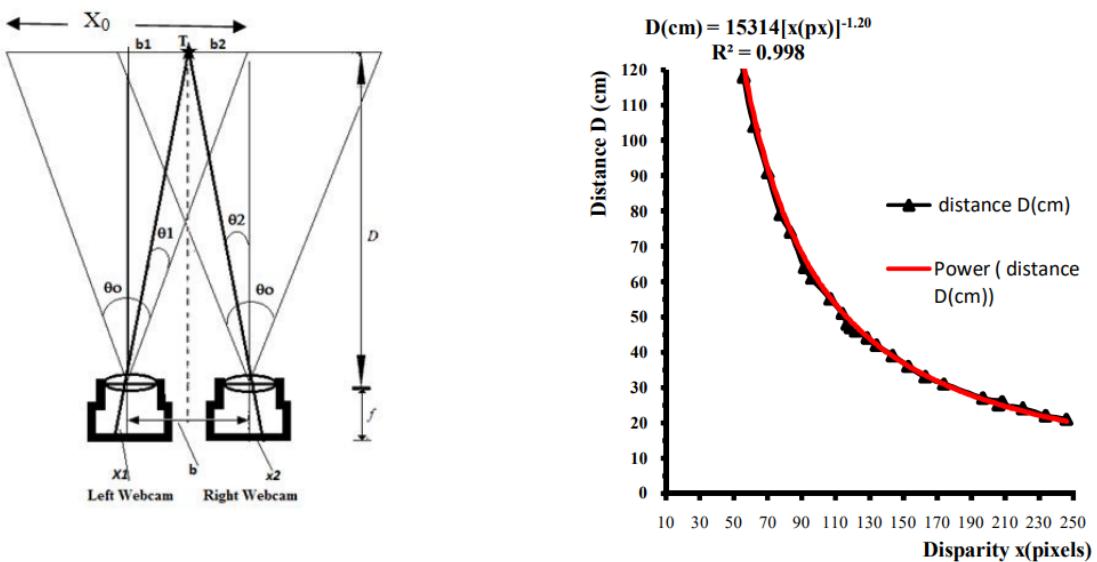


Fig. 2.22 –(Izq.) Diagrama esquemático de un objeto representado por dos cámaras alineadas horizontalmente separadas por una pequeña distancia. (Der.) Dependencia de la distancia del objeto en la disparidad.

Fuente: Mahammed et al. (2013)

[BORRADOR] Falta explicación [/BORRADOR]

Por ejemplo, el error realizado en pruebas con vehículos autónomos brindado en Zaarane et al. (2020) se muestra en la Figura 2.23.

Table 1
The measured distance in various base length.

Base Vehicles	Measured distance (m)								Real distance (m)
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
1	7,90	7,94	8,27	8,22	8,16	8,10	8,08	8,13	8,10
2	9,32	9,30	9,27	9,10	9,22	9,18	9,18	9,21	9,15
3	18,20	18,41	18,37	18,40	18,32	18,32	18,29	18,27	18,34
4	12,30	12,28	12,34	12,33	12,35	12,39	12,38	12,37	12,38
5	5,15	5,11	5,32	5,28	5,14	5,22	5,23	5,23	5,20
6	22,96	22,56	22,66	22,81	22,78	22,73	22,73	22,66	22,70
7	13,89	13,93	14,09	14,06	13,96	13,98	14,03	14,04	14
8	15,21	15,20	15,26	15,24	15,33	15,28	15,31	15,30	15,30
9	17,16	16,96	17,11	17,11	16,99	17,06	17,03	17,02	17,05

Fig. 2.23 – Pruebas de medición con distintas distancias al objeto.

Fuente: Zaarane et al. (2020)

En la Tabla 2.10 se muestra tanto los requerimientos mínimos como las cámaras estéreo candidatas para el sistema. El cálculo mencionado en la sección anterior se calcula luego de escoger una de entre las tres opciones mostradas.

Tab. 2.10 – Tabla comparativa de cámaras estéreo.

	Requisitos mínimos	OAK-D	B0263	B0204
Figura	-			
Fabricante	-	OpenCV	ArduCam	ArduCam
Sensor óptico	-	OV9282	OV9281	OV2311
Tipo de obturador	Global sincronizado	Global sincronizado	Global sincronizado	Global dual
Escala de colores	-	RGB	B/N	B/N
Resolución	0.5MP	1MP (1280x800 px/3μm)	1MP (1280x800 px/3μm)	2MP (1600x1300 px/3μm)
Frames por segundo (FPS)	60	120	60	60
Tamaño de lente (")	Independiente	1/2.3	1/4	1/2.9
Enfoque (mm.)	-	[196;∞]	[30;∞]	[30;∞]
Campo de visión ° (HFDV,VFDV,DFDV)²²	Adaptable	71.8, -, 81.0	70, 52.1 , -	100, 68.2, -
Procesamiento gráfico	-	MA2085 VPU ²³	Jetson Nano o Xavier NX	Raspberry Pi 3
Temperatura operativa	[-10;50]	[-30;60]	[-30;85]	[-30;85]
Soporte IA²⁴	-	Sí	Sí	No
Consumo de energía (W)	<10	≈ 6	-	-
Precio (S/)	<1000	475.41	358.97	717.28

Fuente: OpenCV, ArduCam y elaboración propia. Hoja de datos técnico (*Datasheet*) en el Anexo.

Tasa de cambio de USD a PEN: S/ 3.59.

[BORRADOR] Decisión de qué actuador será escogido y por qué en base a las características mencionadas [/BORRADOR]

• Selección de cámara simple

La cámara simple tiene como función verificar la correcta trayectoria de las truchas en el mecanismo de distribución hacia las respectivas jaulas flotantes. Los requerimientos

22. HFDV: Campo de visión horizontal. VFDV: Campo de visión vertical. DFDV: Campo de visión diagonal

23. Movidius™ Myriad™ VPU. Enlace a unidad de procesamiento de visión.

24. Chips diseñados y optimizados para procesar detección de objetos mediante redes neuronales.

técnicos se presentan en la Tabla 2.11 así como las principales características de cada una.

Tab. 2.11 – Tabla comparativa de cámaras.

	Requisitos mínimos	B0249	Alvium 1800 U-500m	CMT-8MP-IMX219M366
Figura	-			
Fabricante	-	ArduCam	Allied Vision	ArduCam
Sensor óptico	-	IMX477	ON Semi AR0521SR	IMX219
Tipo de obturador	-	Global	Rolling	Rolling
Escala de colores	-	RGB	B/N	RGB
Resolución	0.5MP	12.3MP (4056x 3040 px/1.55μm)	5MP (2592x 1944 px/2.2μm)	8MP (3280x 2464 px/1.12μm)
Frames por segundo (FPS)	40	60	67	720p60
Tamaño de lente (")	Independiente	1/2.3	1/2.5	1/4
Campo de visión ° (HFDV,VFDV,DFDV)²⁵	Adaptable	65.0, -, -	-	70, 70, -
Procesamiento gráfico	-	Jetson Nano o Xavier NX	Jetson Nano o Xavier NX	Raspberry Pi
Temperatura operativa	[-10;50]	[-20;60]	[5;80]	[-20;70]
Consumo de energía (W)	<5	-	[≈2.2;≈2.4]	-
Precio (S/)	<500	196.81	595.7	717.28

Fuente: Allied Vision, ArduCam y elaboración propia. Hoja de datos técnico (*Datasheet*) en el Anexo.

Tasa de cambio de USD a PEN: S/ 3.59.

[BORRADOR] Decisión de qué cámara será escogida y por qué, en base a las características mencionadas [/BORRADOR]

Selección de iluminación adecuada

[BORRADOR] Explicar. [/BORRADOR]

25. HFDV: Campo de visión horizontal. VFDV: Campo de visión vertical. DFDV: Campo de visión diagonal

Selección de led de alta potencia

El propósito de los leds de alta potencia es iluminar la zona en la que se realiza la captura de imágenes para detectar truchas y procesarlas. El uso de una led adecuado puede mejorar el rendimiento de la cámara. En la Figura 2.24 se muestra las opciones de iluminación que se consideraron, resultando el uso de dos tiras de leds adecuadas para el sistema.

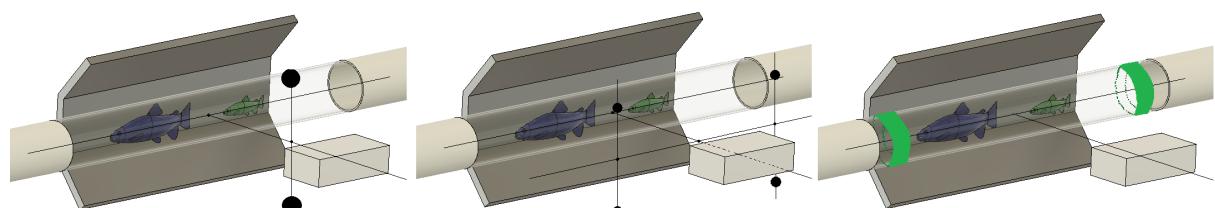


Fig. 2.24 – (Izq.) Iluminación con dos leds frente al sistema. (Cen.) Iluminación con cuatro leds frente al sistema. (Der.) Iluminación con dos tiras leds.

Fuente: Elaboración propia.

La selección de una iluminación adecuada es tan importante como la selección de los otros componentes del subsistema: la ausencia de una iluminación adecuada puede degradar el rendimiento de los algoritmos, así como los de obtención de fotografías en la cámara estéreo debido al tiempo de exposición necesario por fotografía.

$$Iluminacion_{necesaria} = 1000 \quad (2.12)$$

[BORRADOR] Encontrar referencias bibliográficas de valores de iluminación adecuadas para este propósito. [/BORRADOR]

En la Tabla 2.12 se muestra una tabla técnica comparativa. [BORRADOR] Introducción para la tabla [/BORRADOR]

Tab. 2.12 – Tabla comparativa de leds de alta potencia.

	Requisitos mínimos	T1	T2	T3
Figura	-	Three red, green, and blue LEDs.	Three red, green, and blue LEDs.	Three red, green, and blue LEDs.
Fabricante	-	12SAF4	AFAS222	ASFASF
ABC	-	1	2	3

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia. Hoja de datos técnico (*Datasheet*) en el Anexo.

Tasa de cambio de USD a PEN: S/ 3.59.

[BORRADOR] Decisión de qué LED será escogido y por qué, en base a las características mencionadas [/BORRADOR]

Selección de algoritmo de clasificación y conteo

Los algoritmos tienen como objetivo contar y clasificar truchas. [BORRADOR] Explicar la necesidad de algoritmos. Explicar por qué algoritmos de detección CNN. [/BORRADOR]

Los algoritmos de detección son evaluados en la Tabla 2.13 mediante una comparación técnica en cuanto a diversos puntos: [BORRADOR] tiempo de respuesta, costo de hardware requerido, consumo eléctrico del hardware, etc. [/BORRADOR]

Tab. 2.13 – Tabla comparativa de algoritmos.

	Requisitos mínimos	1	2	3	1	2	3
Figura	-	5	6	7	5	6	7
Fabricante	8	9	10	11	9	10	11
A	12	13	14	15	13	14	15
B	16	17	18	19	17	18	19
C	20	21	22	23	21	22	23
D	24	25	26	27	25	26	27
E	32	33	34	35	33	34	35

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia.
Tasa de cambio de USD a PEN: S/ 3.59.

[BORRADOR] Redes analizadas: YOLO, YOLOv2, YOLOv3, YOLOv4, YOLOv5. CNN

- Fish segmentation. Falta: Segmentación por características, otros.

Referenciar a todas las versiones de YOLO. YOLO J. S. D. R. G. A. F. Redmon (2016), YOLO v2.0 J. Redmon & Farhadi (2017), YOLO v3.0 J. Redmon & Farhadi (2018), YOLO v4.0 Solawetz (2020), YOLO v5.0 Bochkovskiy et al. (2020). [/BORRADOR]

2.1.4 Subsistema de suministro de energía

El sistema debe suministrar energía a los diversos mecanismos electrónicos, sistemas de control y actuadores necesarios para que la máquina funcione de manera apropiada. Este subsistema debe cumplir diversos requerimientos: estar herméticamente aislado a la entrada de agua,

En los siguientes párrafos se analizaran a detalle: la selección de la batería, la selección de la fuente de alimentación, la selección de transformadores, la selección de fuentes switching, el diagrama esquemático y el diagrama eléctrico.

Selección de fuente de alimentación

La fuente de alimentación permite convertir la energía suministrada en corriente alterna a corriente continua mediante el uso de rectificadores de alta eficiencia. En la Tabla 2.14 se visualizan los requerimientos técnicos mínimos que deben tener los dispositivos, además se presentan tres alternativas de las cuales una es seleccionada para ser empleada en el sistema.

Tab. 2.14 – Tabla comparativa de fuentes de alimentación.

	Requisitos mínimos	T1	T2	T3
Figura	-			
Fabricante	-	12SAF4	AFAS222	ASFASF
ABC	-	1	2	3

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia. Hoja de datos técnico (*Datasheet*) en el Anexo.

Tasa de cambio de USD a PEN: S/ 3.59.

[BORRADOR] Explicar la selección [BORRADOR]

Selección de reguladores de voltaje de conmutación

Los reguladores de voltaje de conmutación permiten dividir la tensión eléctrica continua de manera más eficiente comparado con otros métodos. En las Tablas 2.15, 2.16 y 2.17 se muestran los requerimientos mínimos para cada regulador dependiendo del voltaje de entrada y salida. La comparación de entre tres modelos permite una selección básica del componente óptimo.

Tab. 2.15 – Tabla comparativa de reguladores de voltaje de conmutación de X DC a Y DC.

	Requisitos mínimos	T1	T2	T3
Figura	-			
Fabricante	-	12SAF4	AFAS222	ASFASF
ABC	-	1	2	3

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia. Hoja de datos técnico (*Datasheet*) en el Anexo.

Tasa de cambio de USD a PEN: S/ 3.59.

[BORRADOR] Explicar la selección [/BORRADOR]

Tab. 2.16 – Tabla comparativa de reguladores de voltaje de conmutación de X DC a Y DC.

	Requisitos mínimos	T1	T2	T3
Figura	-			
Fabricante	-	12SAF4	AFAS222	ASFASF
ABC	-	1	2	3

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia. Hoja de datos técnico (*Datasheet*) en el Anexo.

Tasa de cambio de USD a PEN: S/ 3.59.

[BORRADOR] Explicar la selección [/BORRADOR]

Tab. 2.17 – Tabla comparativa de reguladores de voltaje de conmutación de X DC a Y DC.

	Requisitos mínimos	T1	T2	T3
Figura	-			
Fabricante	-	12SAF4	AFAS222	ASFASF
ABC	-	1	2	3

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia. Hoja de datos técnico (*Datasheet*) en el Anexo.

Tasa de cambio de USD a PEN: S/ 3.59.

[BORRADOR] Explicar la selección [BORRADOR]

Diagrama esquemático

[BORRADOR] Explicar el diagrama esquemático [BORRADOR]

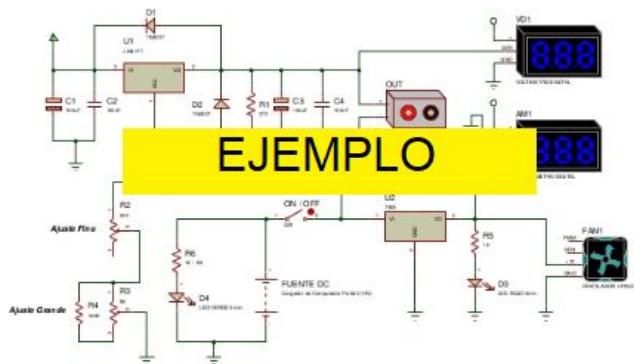


Fig. 2.25 – Diagrama esquemático del sistema

Fuente: Elaboración propia. Hoja de datos técnico (*Datasheet*) en el Anexo.

2.1.5 Subsistema de control e interacción con el usuario

[BORRADOR] Describir el subsistema de control [/BORRADOR]

Selección de microporcesador

El microporcesador se encarga de recibir los datos que le envía el módulo de procesamiento de imágenes tanto de la cámara estéreo como de la cámara simple. Si bien el procesamiento de imágenes se realiza en los módulos mencionados, la decisión de abrir/cerrar compuertas, control PID de las electroválvulas y conexión con el subsistema de interacción con el usuario se realizan en el microporcesador. En la Tabla 2.18 se muestran los requerimientos mínimos y tres alternativas para escoger el microporcesador óptimo.

Tab. 2.18 – Tabla comparativa de microporcesadores.

	Requisitos mínimos	111111	222222	333333
Figura	-			
Fabricante	-	AAAAA	AAAAA	AAAAAA
Tipo de obturador	ASFASFSAF	WERWRWER	ASFASF	AAAAAA

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia. Hoja de datos técnico (*Datasheet*) en el Anexo.

Tasa de cambio de USD a PEN: S/ 3.59.

[BORRADOR] Seleccionar y explicar selección... [/BORRADOR]

Selección de indicadores

Los indicadores ya sean visuales o sonoros son parte fundamental de una máquina y se usan los dos tipos de indicadores para redundar el sistema de alertas de la CCT²⁶. En el caso de la CCT el sistema debe indicar al operario diversos estados o funciones: al detectar una trucha, al contar una trucha, al encender y al apagar.

26. Máquina Contadora y Clasificadora de Truchas.

- **Indicador visual:** Los indicadores visuales indican al usuario diversos estados de la máquina: prendido, procesando, apagado y error general. Por lo que el indicador visual, además de ser visible bajo la luz del día, brinda una gama de colores superior a 4 fácilmente diferenciables. Los indicadores visuales LED son ideales para esta situación. En la Tabla 2.19 se comparan tres dispositivos que cumplen con los requerimientos mínimos.

Tab. 2.19 – Tabla comparativa de indicadores visuales.

	Requisitos mínimos	111111	222222	333333
Figura	-			
Fabricante	-	AAAAA	AAAAA	AAAAAAA
Tipo de obturador	ASFASFSAF	WERWRWER	ASFASF	AAAAAA

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia. Hoja de datos técnico (*Datasheet*) en el Anexo.

Tasa de cambio de USD a PEN: S/ 3.59.

[BORRADOR] Seleccionar y explicar [/BORRADOR]

- **Indicador sonoro:** Similar a un indicador visual, una bocina indica al operario el estado de la máquina. Sin embargo, los indicadores sonoros son perfectos para alertar al operario de algún mal funcionamiento de la máquina. En la Tabla 2.20 se compara características técnicas entre algunas bocinas candidatas para el sistema.

Tab. 2.20 – Tabla comparativa de bocinas

	Requisitos mínimos	SE-B40	KH	TS-G1010F
Figura	-			
Fabricante	-			
Dimensión (cm.)	-			
Frecuencia de trabajo (Hz)	-			
Voltaje de alimentación (V)	-	12 VDC	12 VDC	12 VDC
RMS (W)	-	80	25	30
Precio (S/)	-	105	105	79
Disponibilidad	Inmediata	A pedido	A pedido	A pedido

Fuente: Imágenes de dominio público, y elaboración propia.

[\[BORRADOR\] Seleccionar y explicar \[/BORRADOR\]](#)

Selección de interruptor de seguridad de apagado de emergencia

La implementación de un interruptor de seguridad es muy importante en el diseño de máquinas ya que es el mecanismo físico por el cual podemos parar la máquina quitando el suministro eléctrico a todos los componentes. En la Tabla 2.21 se compara características técnicas entre interruptor de seguridad candidatos para el sistema.

Tab. 2.21 – Tabla comparativa de interruptor de seguridad de apagado de emergencia.

	Requisitos mínimos	1	2	3
Figura	-			
Fabricante	-	9	10	11
Nivel de protección	12	13	14	15
Máximo voltaje admisible (V)	16	17	18	19
Diámetro del botón (mm.)	20	21	22	23
Precio (S/)	24	25	26	27
Disponibilidad	32	33	34	35

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia.

[BORRADOR] Seleccionar y explicar [/BORRADOR]

Selección de interruptor de interruptor tipo hongo

El encendido o apagado de la máquina es realizado por este interruptor, es decir, el control del suministro de energía del sistema depende de dicho dispositivo. En la Tabla 2.22 se compara características técnicas entre interruptores tipo hongo candidatos para el sistema.

Tab. 2.22 – Tabla comparativa de interruptor de interruptor tipo hongo.

	Requisitos mínimos	1	2	3
Figura	-			
Fabricante	-	9	10	11
Nivel de protección	12	13	14	15
Máximo voltaje admisible (V)	16	17	18	19
Diámetro del botón (mm.)	20	21	22	23
Precio (S/)	24	25	26	27
Disponibilidad	32	33	34	35

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia.

[BORRADOR] Seleccionar y explicar [/BORRADOR]

Cálculo del consumo de energía del sistema

El cálculo del consumo de energía del sistema es la suma de potencia requerida por cada componente. Dicha información se presenta en la Tabla 2.26, además se muestra el modelo, la potencia máxima, voltaje de cada componente. Se considera, también, la cantidad de cada modelo de componente electrónico usado en el sistema.

	Modelo(Data sheet)	I máx (mA)	V (Volts)	P Unitaria (mW)	Cant. (unid.)	Ptot (W)
Sensor ultrasonido	HC-SR04	15	5	75	1	0,1
Sensor capacitivo	LJC24A3-10-Z/BY	300	5	1500	1	1,5
Actuador lineal eléctrico	LV-1	2700	12	32400	1	32,4
Servomotor	SG90	500	5	2500	1	2,5
Encoder	FC-03	20	5	100	2	0,2
Sensor infrarrojo	FC-51	43	5	215	1	0,2
Sensor capacitivo	LJC24A3-10-Z/BY	300	5	1500	1	1,5
Motor 6 VDC	MOT-DC-6WH	150	5	750	4	3,0
Motor 12 VDC	MDC-N20-100	300	12	3600	3	10,8

EJEMPLO

Relé para Actuador eléctrico		1000	12	12000	1	12,0
Actuador lineal eléctrico	LV-1	2700	12	32400	1	32,4
Servomotor	SG90	500	5	2500	2	5,0
Motor PAP		1680	2,8	4704	2	9,4
Driver de Motor PAP	DRV-A4988	2000	5	10000	2	20,0
Driver Motor DC	DRV-L298N	3000	5	15000	4	60,0
Teclado Matricial	KEYP44	5	24	120	4	0,5
Controlador	Arduino MEGA 2560 R3	500	5	2500	1	2,5
Pantalla LCD	1602A-1	1,1	24	26,4	1	0,0
Botón	HBGQ12SF-10WE/J/S	50	12	600	4	2,4
LED's	MQ06F	20	24	480	3	1,4
Bocina	KL-166	-	-	-	1	0,0
Lector Micro SD	WTV020-SD Module	5	3	15	1	0,0
Convertidor Step Up	CVOLT-UP-6A	2000	12	-	2	0,0
Convertidor Step Down	MP1584EN	3000	12	-	2	0,0
Fuente Switching	PWR-FC-12V-20A	20000	12	-	1	0,0
				Total	200,4	

Fig. 2.26 – Potencia requerida por componente

Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de flujo

El diagrama de flujo principal, expuesto en la Figura 2.27 describe los pasos necesarios para el control del sistema. [BORRADOR] Explicar diagrama de flujo [BORRADOR]

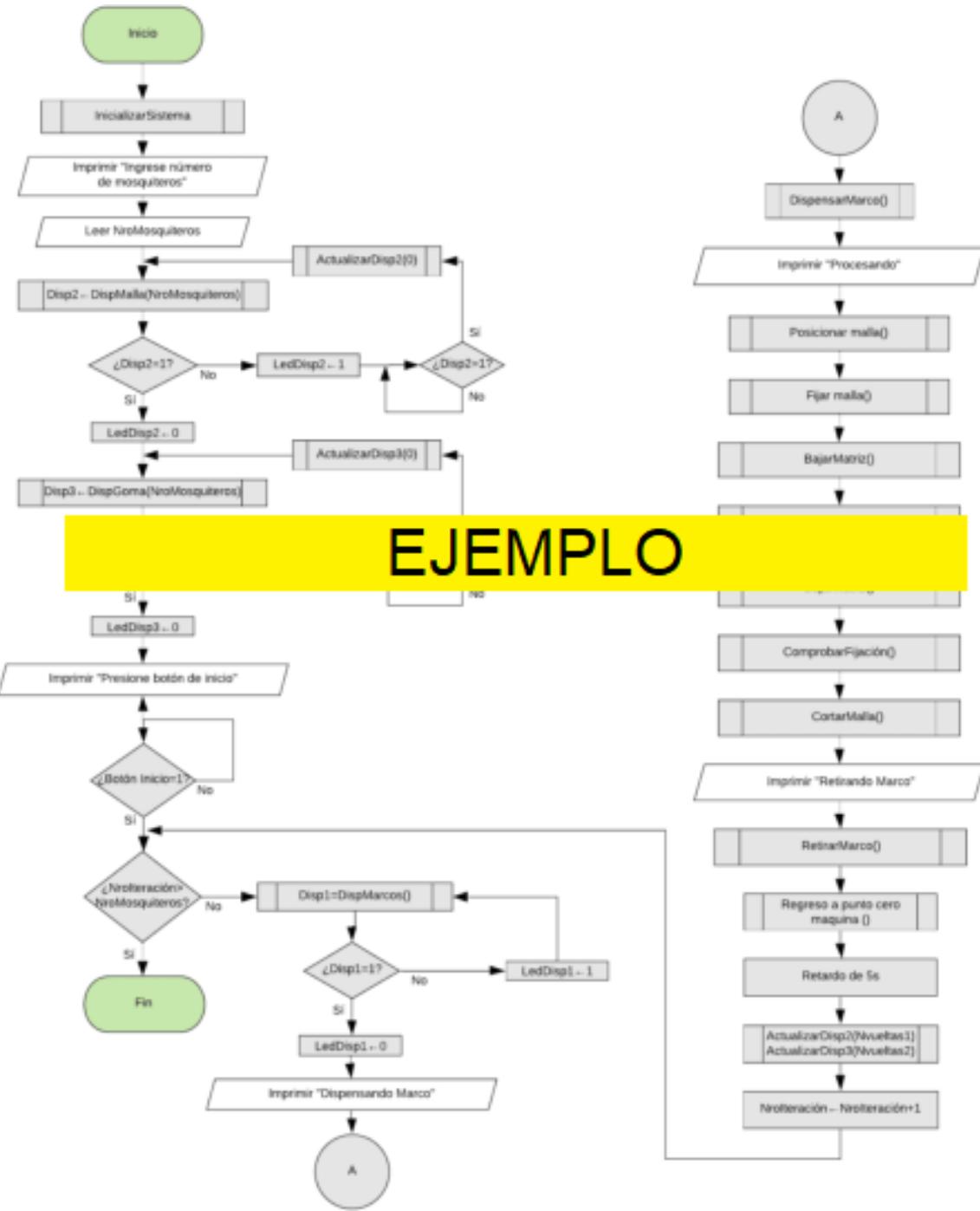


Fig. 2.27 – Diagrama de flujo principal

Fuente: Elaboración propia.

Diseño frontend de la aplicación móvil

La aplicación móvil permitirá a un operario visualizar los estados de la máquina, así como tener un registro de la clasificación y conteo de truchas, es decir, extraer los datos luego de ser procesados por la máquina CCT de manera inalámbrica al terminar el proceso. Además, posterior a este trabajo, podría agregarse más características al aplicativo móvil. El framework de desarrollo del aplicativo, que no se desarrollará en el presente trabajo, escogido es Flutter por su paradigma multiplataforma, es decir, escribir un programa que se vea igual en los sistemas operativos Android y iOS Simone (2020). El diseño frontend escogido para el proyecto y su desarrollo sencillo

[BORRADOR] Bibliografía:

Designing the obvious Joekman (2010)

Google Flutter Mobile Development Quick Start Guide Prajyot Mainkar (2019)

Mobile Learning Design: Theories and Application Churchill et al. (2016)

Mobile Design Pattern Gallery: UI Patterns for Mobile Applications Neil (2012) [/BORRADOR]

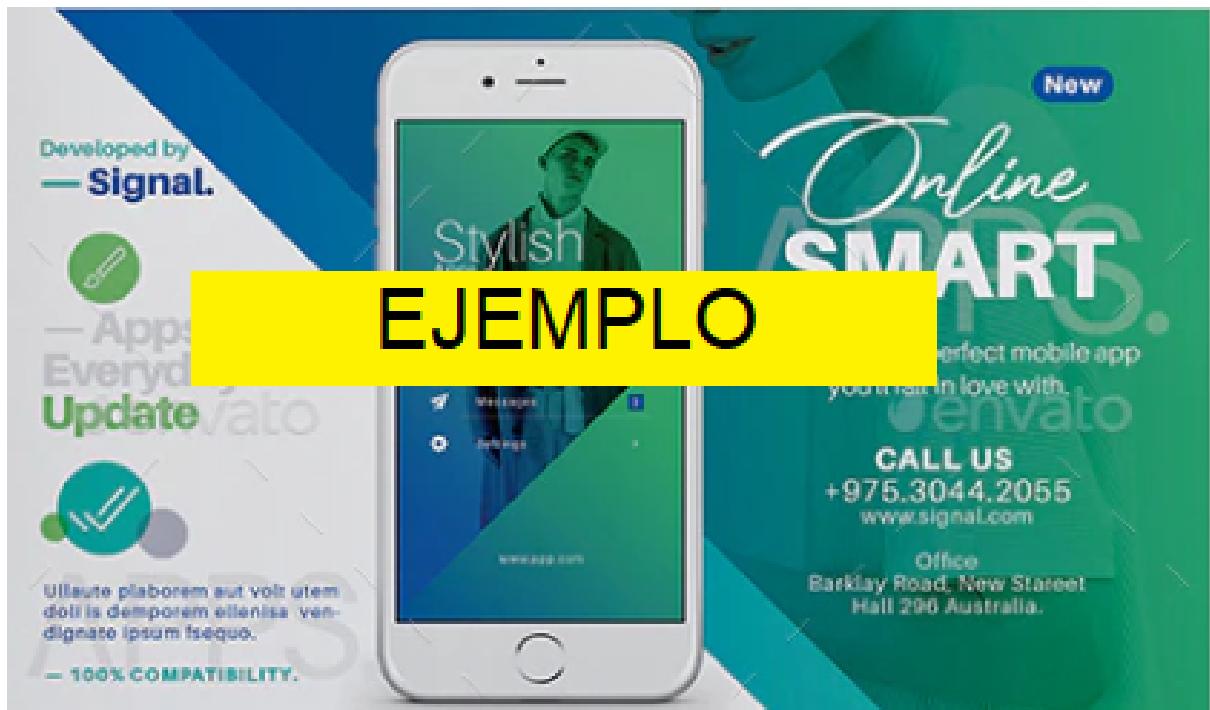


Fig. 2.28 – Aplicación móvil: inicio de sesión

Fuente: Elaboración propia.

2.1.6 Subsistema de flotación

Luego de definir en las Secciones 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4, y 2.1.5, la selección de los dispositivos y su interacción el sistema permiten calcular las dimensiones de la máquina para analizar la flotabilidad y seleccionar flotadores adecuados. En las siguientes subsecciones se analizan los cálculos, selección y diseño del sistema de flotación.

Cálculo de fuerzas necesarias para mantener a flote el sistema

[BORRADOR] Explicar subsección e importancia [/BORRADOR]



Fig. 2.29 – Fuerzas necesarias para mantener a flote el sistema

Fuente: Elaboración propia.

[BORRADOR] Ecuaciones y resultados [/BORRADOR]

Selección de flotadores

[BORRADOR] Introducción [/BORRADOR]

Tab. 2.23 – Tabla comparativa de flotadores.

Requisitos mínimos	1	2	3	
Figura	-	EJEMPLO	EJEMPLO	EJEMPLO
Concepto	-	9	10	11
Concepto	-	9	10	11

Fuente: Elaboración propia.

[BORRADOR] Explicar selección [/BORRADOR]

Diseño de sistema de flotación

[BORRADOR] Introducción [/BORRADOR]

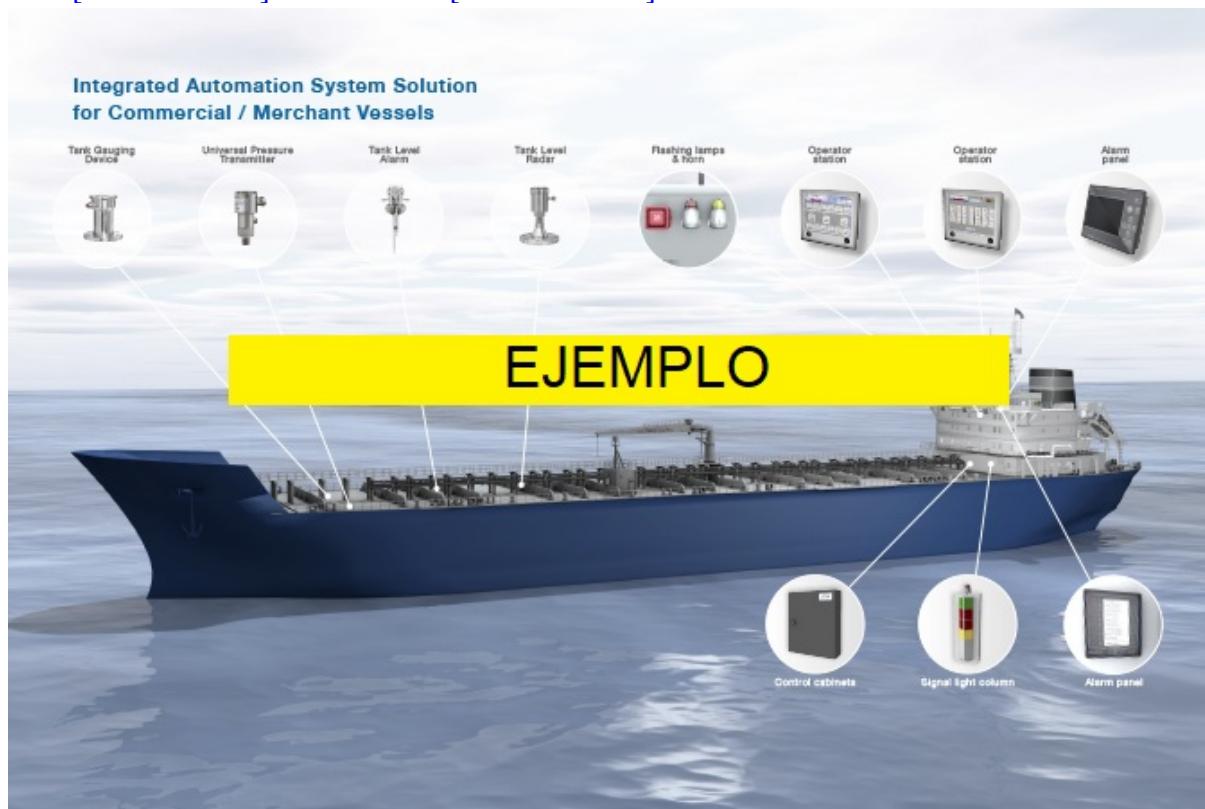


Fig. 2.30 – Fuerzas necesarias para mantener a flote el sistema

Fuente: Elaboración propia.

[BORRADOR] Comentario [/BORRADOR]

2.1.7 Planos del sistema

Los planos permiten visualizar el sistema de una forma en particular dependiendo del tipo de plano. En el presente trabajo optaremos por incluir dos tipos: planos de ensamble y planos de despiece.

Lista de planos de ensamble

El plano de ensamble presenta una visión de los diferentes componentes, cómo son las juntas, incluye un listado de componentes y se proporcionan características técnicas como el

tipo de material y cantidad de componentes similares.²⁷ En la Tabla 2.24 se muestra una lista de planos de ensamble.

Tab. 2.24 – Lista de planos de ensamble.

Nº Lámina	Plano	Tamaño de pieza
L1	1	2
L2	3	4
L3	5	6
L4	7	8
L5	9	10
L6	11	12
L7	13	14

Fuente: Elaboración propia.

Plano de despiece

El plano de despiece presenta las características técnicas de cada pieza. Muestra dimensiones para poder fabricar la pieza. En la Tabla 2.25 se muestra una lista de planos de despiece de cada pieza.

Tab. 2.25 – Lista de planos de despiece

Nº	Nombre de pieza	Tamaño de página
1	1	2
2	3	4
3	5	6
4	7	8
5	9	10
6	11	12
7	13	14

Fuente: Elaboración propia.

27. Goetsch et al. (2010)

III Pruebas y resultados

[BORRADOR] Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. [/BORRADOR]

3.1 Algoritmos de conteo de truchas

[BORRADOR] Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. [/BORRADOR]

3.1.1 Criterios de evaluación

[BORRADOR] Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam. Varius morbi enim nunc faucibus. Sit amet purus gravida quis blandit turpis cursus in hac.

[/BORRADOR]

3.1.2 Comparación

[BORRADOR] Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam. Varius morbi enim nunc faucibus. Sit amet purus gravida quis blandit turpis cursus in hac.

[/BORRADOR]

3.1.3 Errores detectados en la simulación de conteo de truchas

[BORRADOR] Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam. Varius morbi enim nunc faucibus. Sit amet purus gravida quis blandit turpis cursus in hac.

[/BORRADOR]

3.2 Simulación estructural

[BORRADOR] Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam. Varius morbi enim nunc faucibus. Sit amet purus gravida quis blandit turpis cursus in hac.

[/BORRADOR]

3.3 Simulación dinámica del sistema

[BORRADOR] Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam. Varius morbi enim nunc faucibus. Sit amet purus gravida quis blandit turpis cursus in hac.

[/BORRADOR]

IV Estimación de costos

4.1 Costos de diseño

[BORRADOR] Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. [/BORRADOR]

4.2 Costos de manufactura

[BORRADOR] Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. [/BORRADOR]

4.3 Costos de componentes

[BORRADOR] Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. [/BORRADOR]

4.4 Costos de materiales

[BORRADOR] Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. [/BORRADOR]

4.5 Costos total del sistema

[BORRADOR] Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. [/BORRADOR]

Conclusiones

[BORRADOR] Se detectaron procesos críticos en la crianza de truchas y se seleccionó el proceso manual que disminuía la producción final generando pérdidas económicas: clasificación y conteo de truchas en la etapa de engorde (15 a 20 centímetros). [/BORRADOR]

[BORRADOR] Se elaboró la lista de requerimientos según una entrevista con personas dedicadas al cultivo de truchas. Se propuso tres conceptos de solución y se escogió uno de estos bajo un análisis técnico-económico. El concepto de solución óptimo cumple con todos los puntos de la lista de requerimientos. Además, se realizó el diagrama de operaciones necesario para mostrar el funcionamiento de la máquina. [/BORRADOR]

[BORRADOR] Para el análisis de estabilidad y flotabilidad sobre el agua del concepto de solución óptimo será necesario realizar cálculos y mediciones [/BORRADOR]

[BORRADOR] Una estimación simple sin detalle del concepto de solución óptimo muestra un costo menor comparado con el costo de una máquina que se comercializa internacionalmente. Además, el costo de operación disminuye debido a que se reduce el número de operarios de cuatro a solo uno. [/BORRADOR]

[BORRADOR] El trabajo presentado puede ser extrapolado para obtener conceptos de solución diseñados para otras tallas de truchas. [/BORRADOR]

Recomendaciones

[BORRADOR] Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam. Varius morbi enim nunc faucibus. Sit amet purus gravida quis blandit turpis cursus in hac. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam. Varius morbi enim nunc faucibus. Sit amet purus gravida quis blandit turpis cursus in hac. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet

bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam. Varius morbi enim nunc faucibus. Sit amet purus gravida quis blandit turpis cursus in hac. [/BORRADOR]

Referencias

- Berins, M. L. (1991). *SPI Plastics Engineering Handbook of the Society of the Plastics Industry, Inc.* Springer. Retrieved from <https://www.springer.com/gp/book/9781461576068>
- Bochkovskiy, A., Wang, C.-Y., & Liao, H.-Y. M. (2020). *YOLO v4.0: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection*. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2004.10934>
- Brydson, J. A. (1999). *Plastics Materials* (7th ed.). Butterworth Heinemann.
- Callister, W. D., Callister Jr., W. D., & Rethwisch, D. G. (2014). *Materials Science and Engineering* (9th ed.). Willey. Retrieved from <https://www.wiley.com/en-gb/Materials+Science+and+Engineering%2C+9th+Edition+SI+Version-p-9781118319222>
- Chinchay De La Cruz, C. E. (2010). *Estudio del mecanismo de falla de una leva de disco con seguidor de rodillo - ElectroPerú-S.A.* (Analysis, Universidad de Piura). Retrieved from https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1280/IME_144.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Churchill, D., Jie, L., Thomas K.F., C., & Bob, F. (2016). *Mobile Learning Design: Theories and Application* (1st ed.; D. Churchill, L. Jie, C. Thomas K.F., & F. Bob, Eds.). Springer. Retrieved from <https://www.springer.com/gp/book/9789811000256> doi: 978-981-10-0025-6
- Díaz Vergara, P. (2020). *Diseño conceptual de clasificadora y contadora de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de 10 a 20 centímetros para la crianza de truchas en la Laguna de Paucarcocha* (Unpublished doctoral dissertation). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Díaz Vergara, P., Balvín, J., Vargas, J., Leiva, M., & Jara, J. (2019). *Diseño de una enmalladora automática para mosquiteros cuadrados con perfil de aluminio 25x25 cm.* (Tech. Rep.). Lima: Pontifia Universidad Católica del Perú. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/341600246_DISEÑO_DE_UNA_ENMALLADORA_AUTOMATICA_PARA_MOSQUITEROS_CUADRADOS_CON_PERFIL_DE_ALUMINIO_25X25_CM
- Fry, F. E. J., & Cox, E. T. (1970). A Relation of Size to Swimming Speed in Rainbow Trout. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. doi: 10.1139/f70-111
- Goetsch, D. E., S. Chalk, W., L. Rickman, R., & Nelson, J. (2010). *Technical Drawing and Engineering Communication* (6th ed.). Retrieved from <https://www.cengage.co.uk/books/9781428335837/>
- Harper, C. A. (2000). *Modern plastic handbook* (1st ed.). McGraw-Hill.
- Hecht, E. (2017). *Optics: A Contemporary Approach to Optics with Practical Applications and New Focused Pedagogy, Global edition* (5th ed.). Pearson Higher Education. Retrieved from <https://www.pearson.com/uk/educators/higher-education-educators/program/Hecht-Optics-Global-Edition-5th-Edition/PGM1095066.html>
- Joekman, R. J. (2010). *Designing the obvious* (2nd ed.; W. Sharp, Ed.). New Riders Press.

-
- Mahammed, M. A., Melhum, A. I., & Kochery, F. A. (2013). Object Distance Measurement by Stereo VISION. *2013 International Journal of Science and Applied Information Technology (IJSAIT)*.
- MakeItFrom. (2020). *Material Properties Database*. Retrieved 2020-09-22, from <https://www.makeitfrom.com/>
- Neil, T. (2012). *Mobile Design Pattern Gallery: UI Patterns for Mobile Applications* (1st ed.). O'Reilly.
- Oates, David W., Krings, Lisa M., Ditz, K. L. (1993). Field Manual for the Identification of Selected North American Freshwater Fish by Fillets and Scales. *Other Publications in Wildlife Management. Paper 13..*
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K.-H. (2007). *Engineering Design* (3rd ed.). London: Springer London. Retrieved from <http://link.springer.com/10.1007/978-1-84628-319-2> doi: 10.1007/978-1-84628-319-2
- Prajyot Mainkar, S. G. (2019). *Google Flutter Mobile Development Quick Start Guide* (1st ed.).
- Redmon, J., & Farhadi, A. (2017). YOLO v2.0: YOLO9000 - Better, Faster, Stronger. *CVPR 2017*, 9. Retrieved from <https://pjreddie.com/media/files/papers/YOLO9000.pdf> doi: 10.1142/9789812771728_0012
- Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). YOLO v3.0: An Incremental Improvement. *Tech report*.
- Redmon, J. S. D. R. G. A. F. (2016). YOLO: You Only Look Once - Unified, Real-Time Object Detection. *CVPR 2016*. doi: 10.1109/CVPR.2016.91
- Simone, A. (2020). *Flutter Projects: A practical, project-based guide to building real-world crossplatform mobile applications and games* (1st ed.; M. Yusuf Imaratwale, Ed.). Packt Publishing. Retrieved from <https://www.packtpub.com/product/flutter-projects/9781838647773>
- Solawetz, J. (2020). *YOLO v5.0: How to Train A Custom Object Detection Model*. Retrieved from <https://towardsdatascience.com/how-to-train-a-custom-object-detection-model-with-yolo-v5-917e9ce13208>
- Zaarane, A., Slimani, I., Al Okaishi, W., Atouf, I., & Hamdoun, A. (2020). Distance measurement system for autonomous vehicles using stereo camera. *Array*. doi: 10.1016/j.array.2020.100016