

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**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**

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.

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

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.

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.

## **Agradecimientos**

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.

## 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 . . . . .	9
2.1.3 Subsistema de procesamiento de imágenes . . . . .	20
2.1.4 Subsistema de suministro de energía . . . . .	27
2.1.5 Subsistema de control e interacción con el usuario . . . . .	30
2.1.6 Subsistema de flotación . . . . .	34
2.1.7 Planos del sistema . . . . .	34

<i>III. — Pruebas y resultados</i> . . . . .	37
3.1 Algoritmos de conteo de truchas . . . . .	37
3.1.1 Criterios de evaluación . . . . .	37
3.1.2 Comparación . . . . .	38
3.1.3 Errores detectados en la simulación de conteo de truchas . . . . .	38
3.2 Simulación estructural . . . . .	38
3.3 Simulación dinámica del sistema . . . . .	39
<i>IV. — Estimación de costos</i> . . . . .	40
4.1 Costos de diseño . . . . .	40
4.2 Costos de manufactura . . . . .	40
4.3 Costos de componentes . . . . .	40
4.4 Costos de materiales . . . . .	41
4.5 Costos total del sistema . . . . .	41
<i>Conclusiones</i> . . . . .	42
<i>Recomendaciones</i> . . . . .	43
<i>Referencias</i> . . . . .	45

## 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 . . . . .	5
2.4	Cálculo de dimensiones y ángulo de la tolva . . . . .	10
2.5	Ángulo de tolva vs aceleración en la trucha . . . . .	11
2.6	Compuerta . . . . .	12
2.7	Velocidad de compuerta . . . . .	13
2.8	Mecanismo servomotor-compuerta . . . . .	14
2.9	Engranajes del mecanismo de compuertas . . . . .	15
2.10	Diseño de tuberías para el concepto óptimo . . . . .	16
2.11	Filtro único . . . . .	17
2.12	Ejemplo de tabla . . . . .	18
2.13	Diagrama de control de electrovalvulas . . . . .	19
2.14	Control PID de una electrovalvula . . . . .	19
2.15	Posicionamiento del sensor infrarrojo . . . . .	20
2.16	Ejemplo de tabla . . . . .	21
2.17	Pruebas de medición con distintas distancias al objeto. . . . .	22
2.18	Diagrama esquemático y dependencia de la distancia del objeto seguido por una cámara estéreo. . . . .	22
2.19	Ejemplo de tabla . . . . .	23
2.20	Opciones de posicionamiento de iluminación. . . . .	24
2.21	Ejemplo de tabla . . . . .	25
2.22	Ejemplo de tabla . . . . .	26
2.23	Ejemplo de tabla . . . . .	27

2.24 Aproximación lineal de la relación entre peso y la velocidad de nado de truchas arcoíris . . . . . 31

2.25 ... . . . . 35

2.26 ... . . . . 36



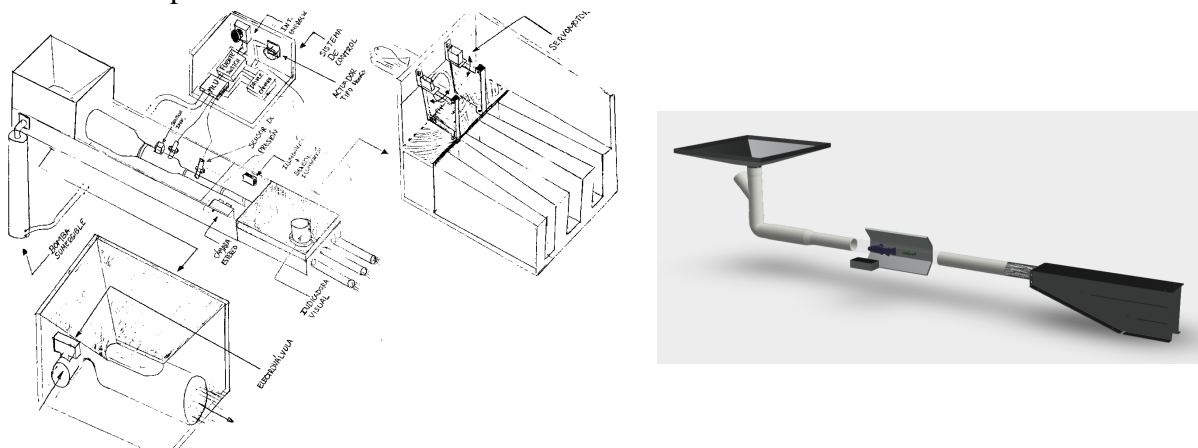
## Índice de tablas

2.1	Tabla comparativa de propiedades entre <i>Aluminio</i> vs <i>AceroInoxidable</i> . . . .	7
2.2	Tabla comparativa de propiedades entre <i>PMMA</i> vs <i>PVC – U</i> . . . . .	7
2.3	Tabla comparativa de propiedades entre <i>HDPE</i> vs <i>PVC – U</i> . . . . .	8
2.4	Materiales de fabricación por subsistema . . . . .	9

## 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" <sup>1</sup>. 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*<sup>2</sup>. Tanto los diseños como renders<sup>3</sup> pueden ser visualizados en su última versión de manera online gracias

<sup>1</sup>Díaz Vergara (2020)

<sup>2</sup>"Integrated CAD, CAM, CAE, and PCB software". Enlace:<https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview>

<sup>3</sup>Imágenes procesadas de un diseño para ser foto-realistas.

---

al software. En el presente trabajo se brindarán dichos enlaces a modo de pie de página.

## **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 un sistema clasificador y contador de truchas arcoíris de 15 a 20 centímetros a partir del diseño conceptual previo.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Recolectar imágenes para formar una base de datos de truchas.
- Desarrollar el procesamiento de imágenes para la detección y conteo de truchas arcoíris.
- Orientar el desarrollo del proyecto hacia una máquina de bajo costo y con durabilidad.
- Simular

## **1.3 Alcance**

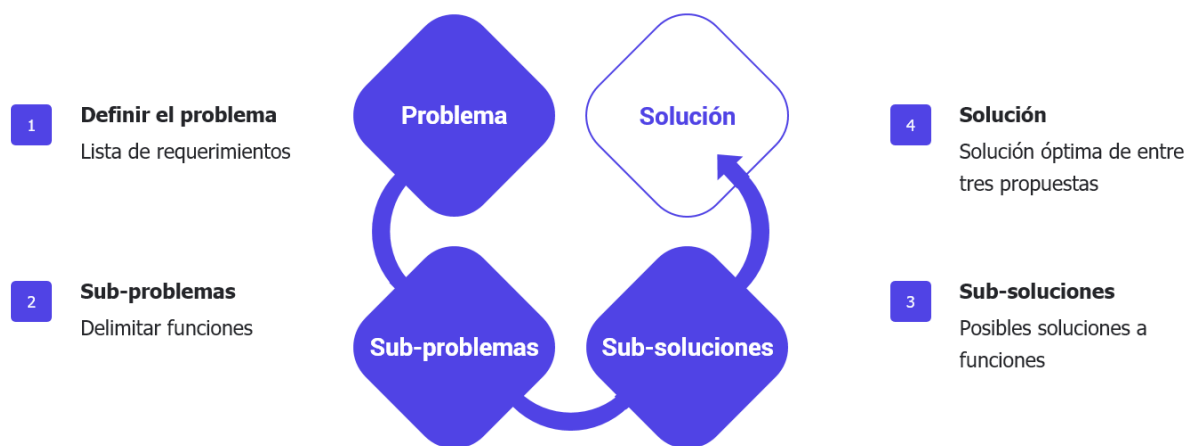
Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam.

---

## II Diseño mecatrónico integral

### 2.1 Desarrollo de diseño mecatrónico integral

En la sección llamada "*Desarrollo del diseño mecatrónico conceptual*"<sup>1</sup> se analizó el concepto de solución óptimo. 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

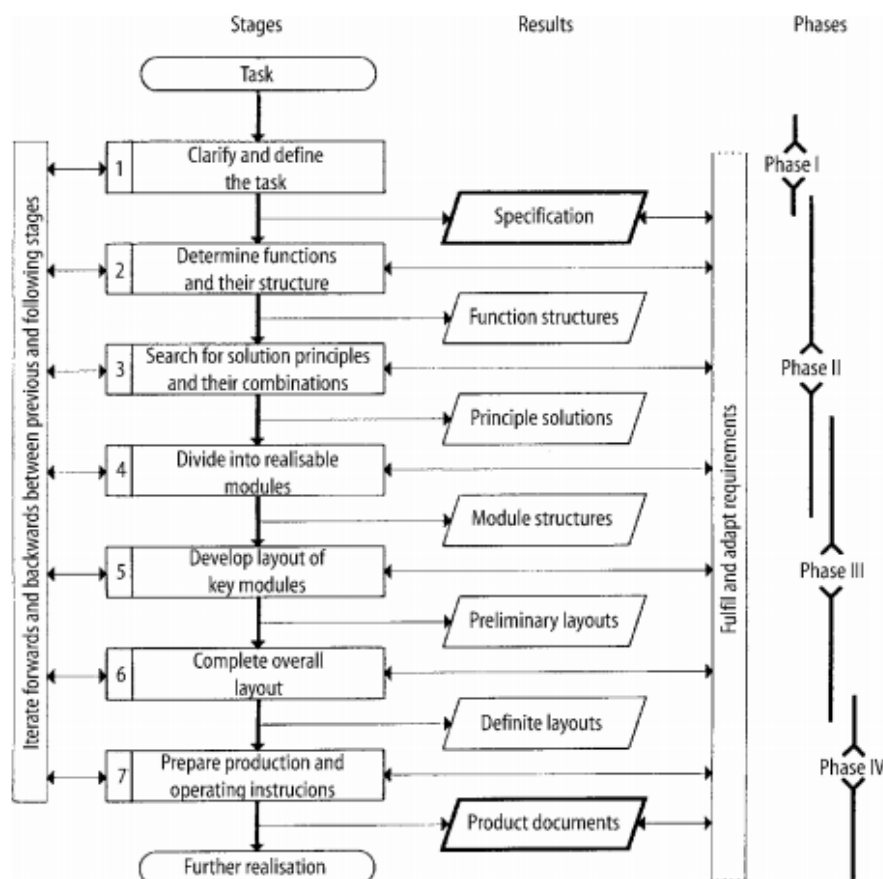
Según el proceso de diseño indicado en la norma VDI 2221 que se muestra en la Figura 2.2 se parte del diseño conceptual propuesto (5) y se presenta el diseño integral (6)<sup>2</sup>, también llamado diseño de ingeniería, que abarca diferentes puntos: dimensionamiento del sistema; cálculos; selección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

---

<sup>1</sup>Díaz Vergara (2020)

<sup>2</sup>Pahl et al. (2007)

sensores; actuadores y dispositivos de control; lógica del control del sistema y su estrategia; 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

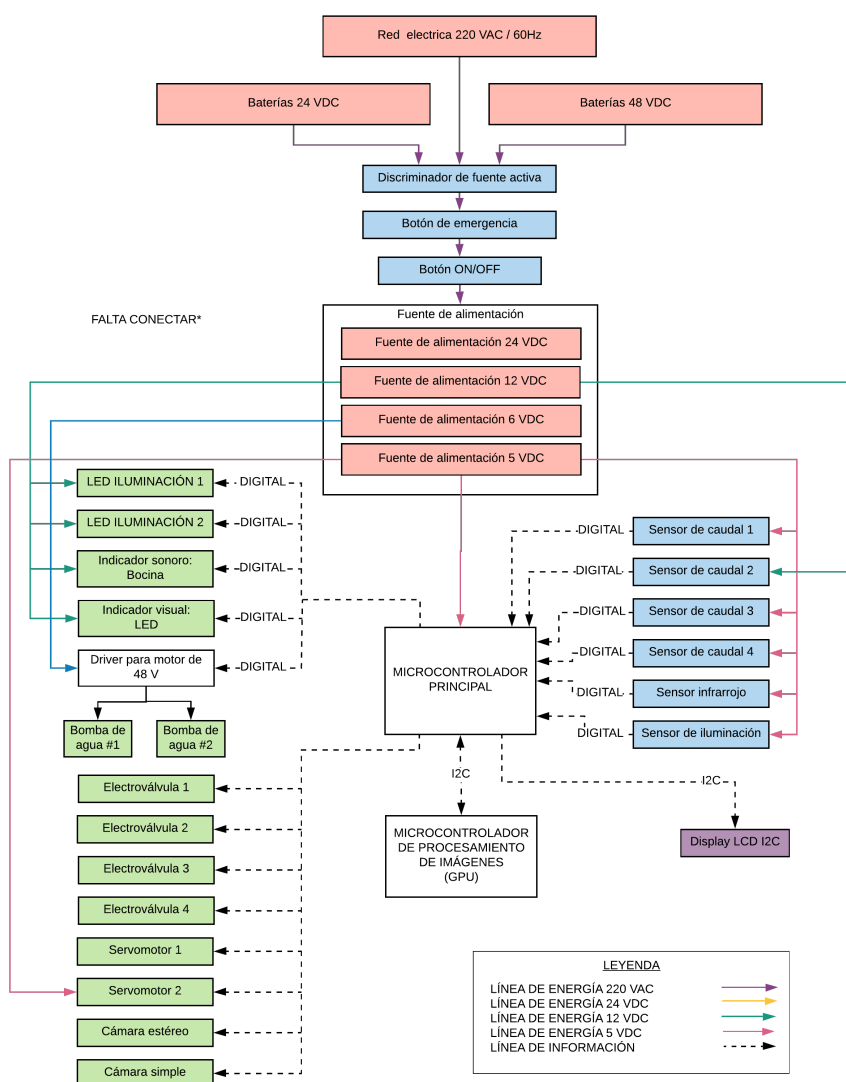
Fuente: Pahl et al. (2007)

### 2.1.1 Descripción del sistema integral

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.

## 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. El tipo de conexión se detalla en la leyenda.



**Fig. 2.3 – Arquitectura de hardware del sistema**

Fuente: Elaboración propia.

---

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.

### **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*"<sup>3</sup>. 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.

---

<sup>3</sup>Díaz Vergara (2020).

---

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

<b>Propiedad</b>	<b>Aluminio</b>	<b>Acero Inoxidable</b>
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 ( <i>C</i> )	650	1450
Conductividad térmica ( <i>W/m – K</i> )	170	16
Expansión térmica ( <i>μm/m – K</i> )	24	17
Conductividad eléctrica (%)	43	2.4
Densidad ( <i>g/cm<sup>3</sup></i> )	2.7	7.8

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

Se elige el material Aluminio 6061 por la alta durabilidad .... ..

- **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.

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

<b>Propiedad</b>	<b>Acrílico</b>	<b>PVC</b>
Resistencia al impacto: con muescas ( <i>J/m</i> )	74	360
Expansión térmica ( <i>μm/m – K</i> )	76	61
Densidad ( <i>g/cm<sup>3</sup></i> )	1.2	1.4
Resistencia al peso	32	20
Alargamiento a la rotura (%)	4	58

\*Terminología técnica de los materiales: Cloruro de polivinilo no plastificado (rígido) (uPVC, PVC-U), Polimetilmetacrilato (Acrílico)(PMMA).  
Fuente: MakeItFrom (2020).

Se elige el material Aluminio 6061 por la alta durabilidad .... ..



- 
- **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.

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

<b>Propiedad</b>	<b>HDPE</b>	<b>PVC-U</b>
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: MakeItFrom (2020).

Los materiales de fabricación finales se muestran en la Tabla 2.4 y fueron seleccionados por su superioridad en las propiedades que son valoradas en este proyecto. Las Tablas

---

**Tab. 2.4 – Materiales de fabricación por subsistema**

<b>Subsistema</b>	<b>Mecanismo</b>	<b>Material</b>
Recepción y traslado de truchas	Recepción de truchas	Acero Inoxidable
Recepción y traslado de truchas	Tuberías de traslado	PVC
Procesamiento de imágenes	Tubería	Acrílico
Procesamiento de imágenes	Juego de espejos	Cristal Acrílico
Suministro de energía	-	-
Control e interacción con el usuario	-	-
Flotación	Armadura	Aluminio o Acero Inoxidable
Flotación	Flotadores	HDP

\*Terminología técnica de los materiales: Cloruro de polivinilo no plastificado (rígido) (uPVC, PVC-U), Polimetilmetacrilato (Acrílico)(PMMA), Polietileno de alta densidad (HDPE), Acero Inoxidable 304, Aluminio 6061 (AL)

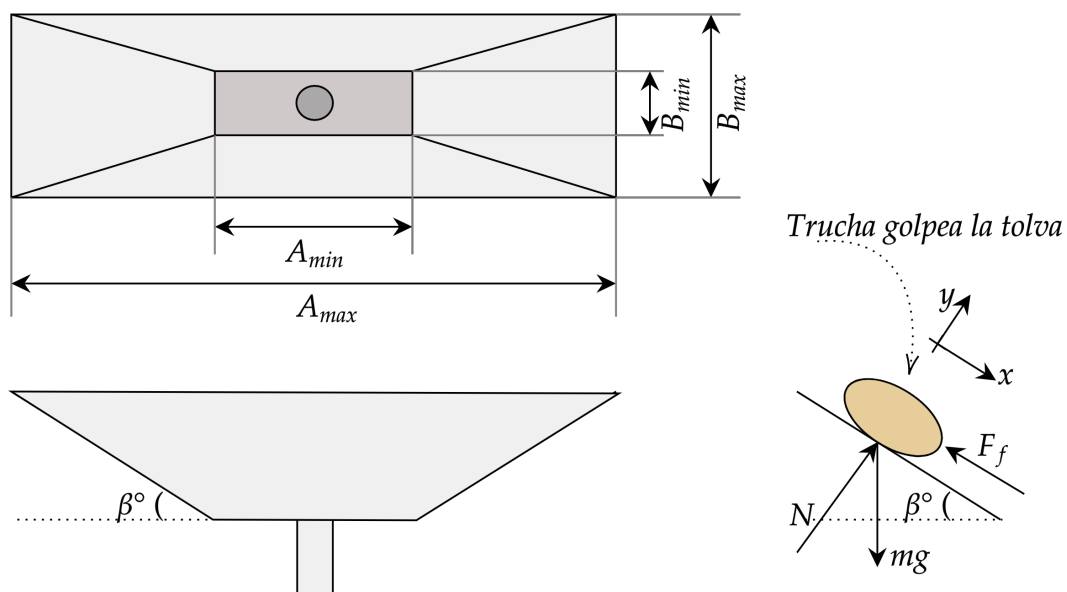
Fuente: Elaboración propia.

### **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.

#### **Diseño de tolva de recepción de truchas**

El diseño implica un análisis ....



**Fig. 2.4** – Cálculo de dimensiones y angulo de la tolva

Fuente: Elaboración propia.

Las leyes de Newton se muestran en la Ecuación 2.1

$$F_R = m * a$$

$$\sum_0^n F_{x,y,z} = 0 \quad (2.1)$$

En la Figura 2.4 se 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

$$F_f = \mu * N$$

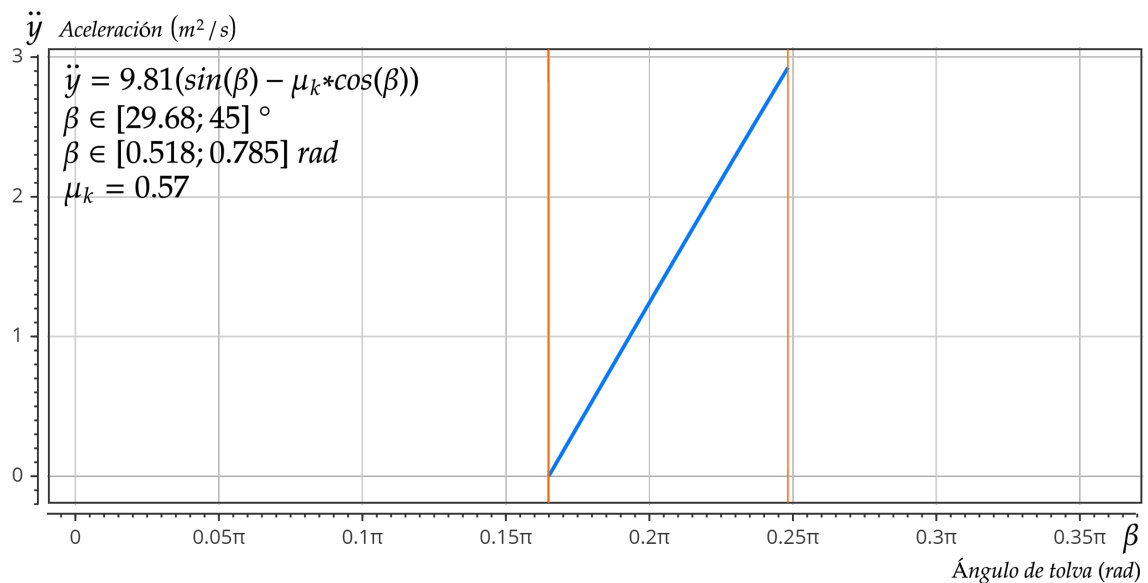
$$\sum F_y = N - mg * \cos(\beta) = 0 \quad (2.2)$$

$$mg * \sin(\beta) - F_f = m * \ddot{x}$$

$$mg * \sin(\beta) - \mu_k * mg * \cos(\beta) = m * \ddot{x} \quad (2.3)$$

$$g * \sin(\beta) - g * \mu_k * \cos(\beta) = \ddot{x}$$

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 ( $\beta = 30$ ) 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.



**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.

### Selección de bomba sumergible

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.

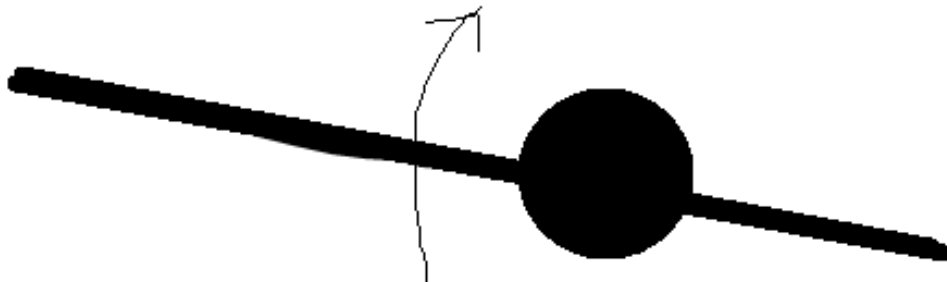
---

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.

### **Diseño de subsistema de distribución de truchas**

Luego del proceso de procesamiento de imágenes el sistema mediante el algoritmo de clasificación dirige a la trucha en tránsito a la salida correspondiente en el mecanismo de distribución de truchas. Dicho mecanismo recibe a la trucha y debe redirigir mediante un juego de compuertas a tres salidas que a su vez se impulsan mediante un caudal a sus respectivas jaulas flotantes.

- **Cálculo de fuerza y velocidad de compuertas** 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.

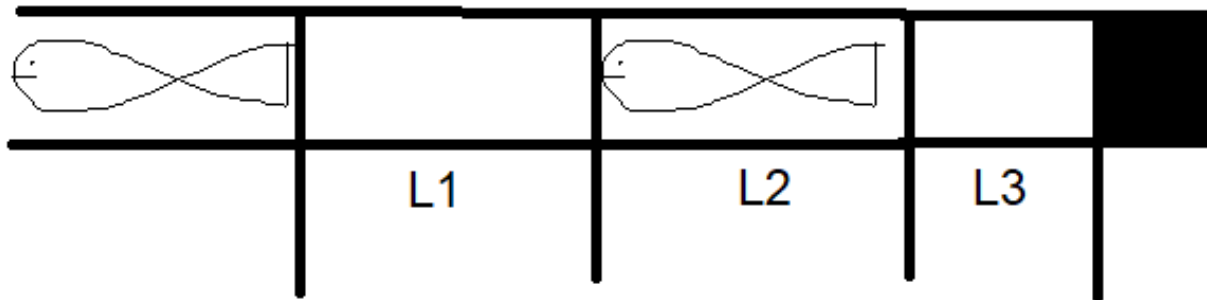


**Fig. 2.6** – Compuerta

Fuente: Elaboración propia.

---

La velocidad de compuertas debe ir acorde a la distancia entre una trucha y la siguiente a esta.



**Fig. 2.7** – Velocidad de compuerta

Fuente: Elaboración propia.

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

$$L_1 + L_2 + L_3 = t * v \quad (2.4)$$

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

- **Selección de servomotores**

Calcular:

- Torque necesario
- Condiciones de uso (estará en agua)
- Tiempo de uso

---

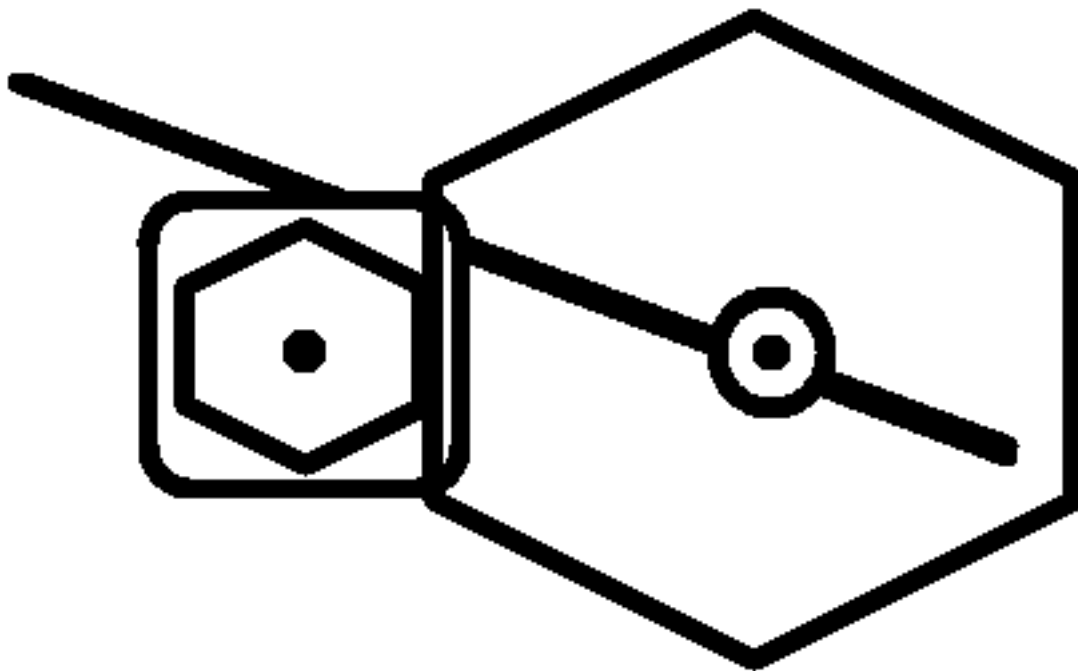
La selección de los servomotores depende del propósito en la función que se encuentre.....

– **Servomotor de compuerta**

Este servomotor acciona la compuerta presentada en la Figura 2.6. El torque necesario del eje es  $T_{max} = X(M * mm)$  y gracias al mecanismo de engranajes puede reducirse a  $T_{max_2} = Y(M * mm)$  En la Tabla XXX se muestra una comparación técnica entre tres servomotores que cumplen los requerimientos técnicos y conceptuales.

• **Diseño de mecanismo servomotor-compuerta**

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

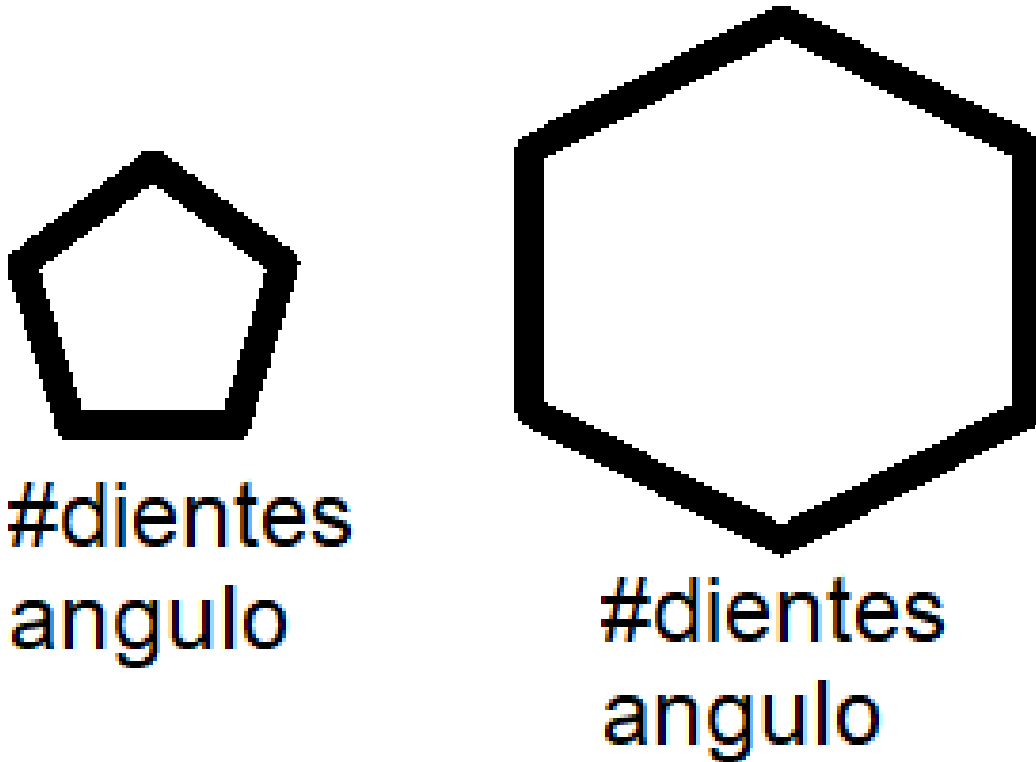


**Fig. 2.8** – Mecanismo servomotor-compuerta

Fuente: Elaboración propia.

---

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



**Fig. 2.9** – Engranajes del mecanismo de compuertas

Fuente: Elaboración propia.

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

- **Diseño de juego de compuertas programables**

Descripción.

### **Diseño de subsistema de tuberías**

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

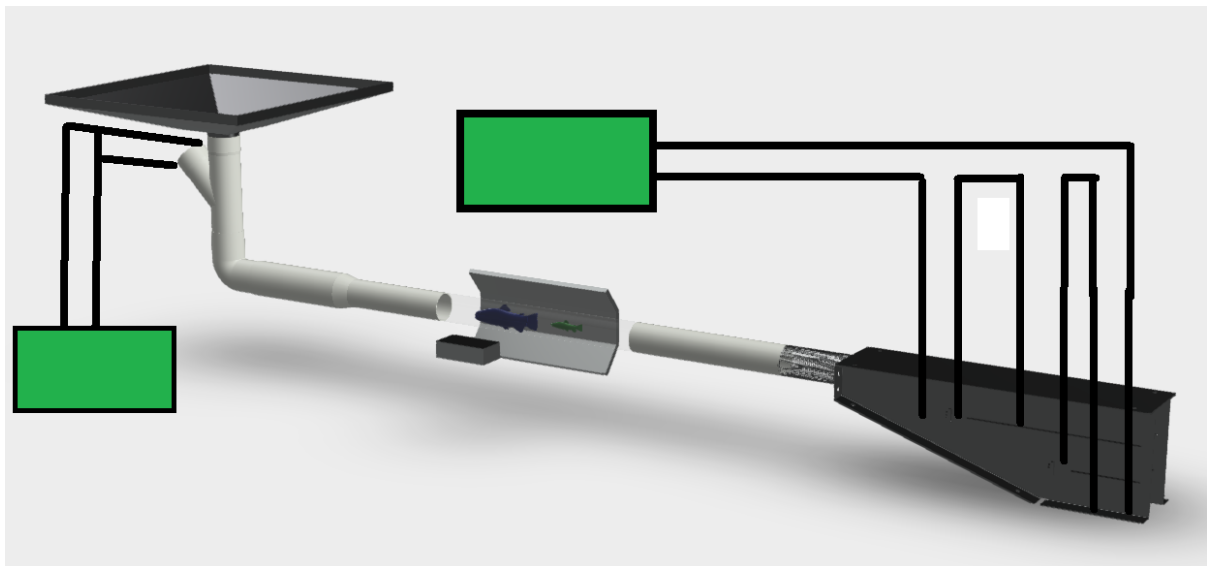


---

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.

- **Diseño de tuberías**

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.



**Fig. 2.10** – Diseño de tuberías para el concepto óptimo

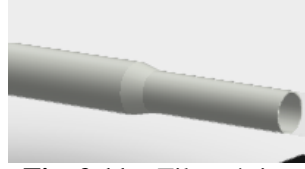
Fuente: Elaboración propia.

Diseño de filtro único incluido

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.



**Fig. 2.11** – Filtro único

Fuente: Elaboración propia.

- **Selección de caudales apropiados**

En la Sección 2.1.5 se calculó la velocidad máxima, aproximada, de nado de las truchas arcoíris:  $16(cm/s)$ . La Ecuación 2.5 toma el valor de  $v_{max} = 16(cm/s)$  y el

$$\begin{aligned}
 Q_{max} &= v_{max} * A \\
 Q_{max} &= 16 * \frac{\pi}{4} * (r_{int})^2 \\
 Q_{max} &= 16 * \frac{\pi}{4} * (9.1)^2 \\
 Q_{max} &= 1040.62
 \end{aligned}
 \tag{2.5}$$

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

- **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 XXX se muestran algunas marcas que cumplen con estos requerimientos.

Categoría	Pardox Insight	Visonic G 10	Securitas Essence	Rsi Videofied	Risco Agility 3
Audio	SI	SI	NO	NO	NO
Imagen (alarma)	640X360 HD 1280X 720	JPEG/QVGA 320X240	JPEG GA/QVGA 640X480	QVGA 20X240 VGA 640X480	JPEG QVGA 320X240VGA 640X480
Demanda deVideo	VISUALIZACION ILIMITADA	VIDEO JPEG	VIDEO JPEG	VIDEO JPEG INSTANTANEA	VIDEO JPEG
Visión Nocturna	INFRARROJOS	INFRARROJOS	INFRARROJOS	LED VISIBLE	LED FLASH
Alcance de la cámara	12 METROS	12 METROS	12 METROS	12 METROS	10 METROS
Angulo de Visión	100°	90°	67°	110°	85°
Velocidad	10FPS	2 FPS	5 FPS O 15 FPS CALIDAD LIMITADA	5 FPS	3 -7 CONFIGURABLE
Sensor	QUAD	DUAL	DUAL	DUAL	DUAL

**Fig. 2.12** – Ejemplo de tabla

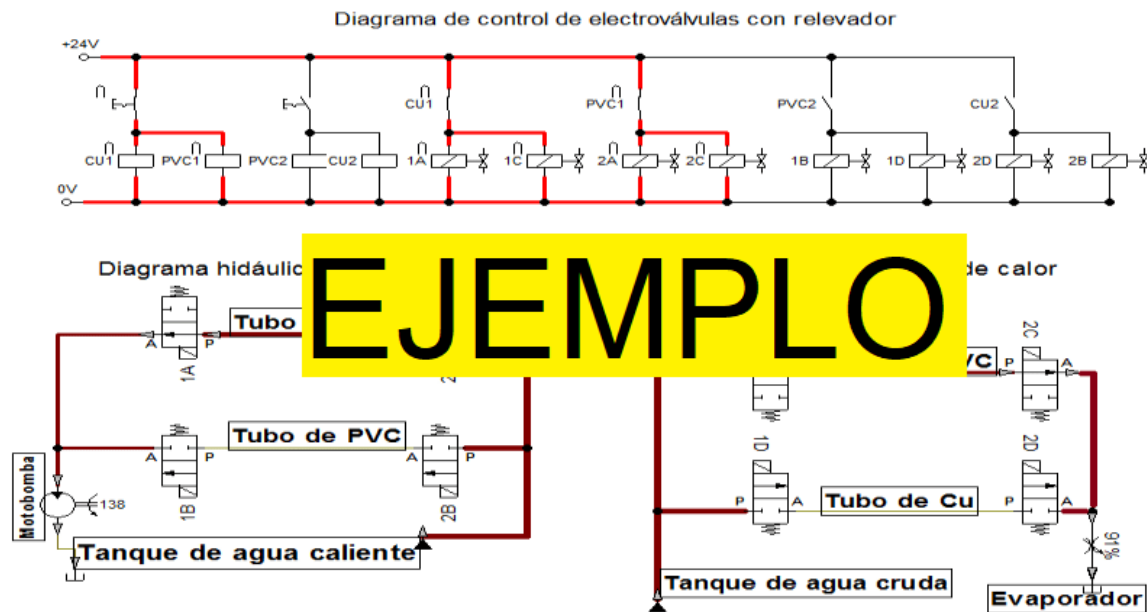
Fuente: Elaboración propia.

Las características técnicas que se muestran en la Tabla XXX muestran que .....

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.

### • Control de los caudales de agua

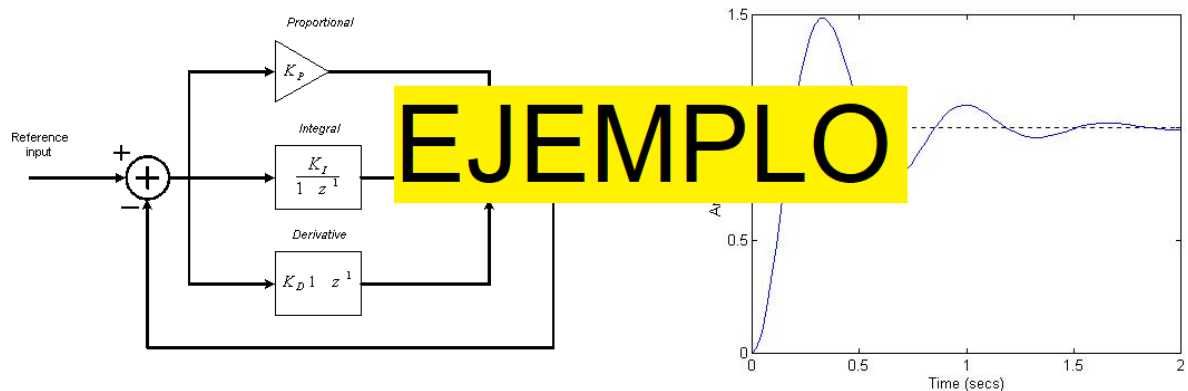
Los caudales que generan las bombas de agua sirven para impulsar a las truchas por el interior de la máquina.



**Fig. 2.13** – Diagrama de control de electroválvulas

Fuente: Elaboración propia.

Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo dui ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.



**Fig. 2.14** – Control PID de una electroválvula

Fuente: Elaboración propia.

Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo dui ut diam. Dolor sit amet con-

---

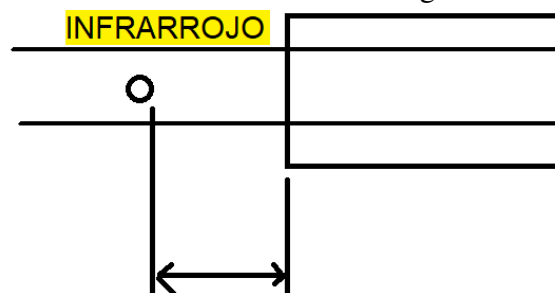
sectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

### 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.

Entonces, el sensor infrarrojo debe tener un tiempo de respuesta ..... Las comparaciones técnicas de los dispositivos comerciales que cumplen este requerimiento se muestran en la Tabla XXX.

Categoría	Pardox Insight	Visonic G 10	Securitas Essence	Rsi Videofied	Risco Agility 3
Audio	SI	SI	NO	NO	NO
Imagen (alarma)	640X360 HD 1280X 720	JPEG/QVGA 320X240	JPEG GA/QVGA 640X480	QVGA 20X240 VGA 640X480	JPEG QVGA 320X240VGA 640X480
Demanda deVideo	VISUALIZACION ILIMITADA	VIDEO JPEG	VIDEO JPEG	VIDEO JPEG INSTANTANEA	VIDEO JPEG
Visión Nocturna	INFRARROJOS	INFRARROJOS	INFRARROJOS	LED VISIBLE	LED FLASH
Alcance de la cámara	12 METROS	12 METROS	12 METROS	12 METROS	10 METROS
Angulo de Visión	100°	90°	67°	110°	85°
Velocidad	10FPS	2 FPS	5 FPS O 15 FPS CALIDAD LIMITADA	5 FPS	3 -7 CONFIGURABLE
Sensor	QUAD	DUAL	DUAL	DUAL	DUAL

**Fig. 2.16** – Ejemplo de tabla

Fuente: Elaboración propia.

## Selección de cámaras

Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin.

- **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: fotografiar a la trucha con un enfoque aceptable que permita distinguir a la trucha adecuadamente.

Cómo mide la cámara estéreo

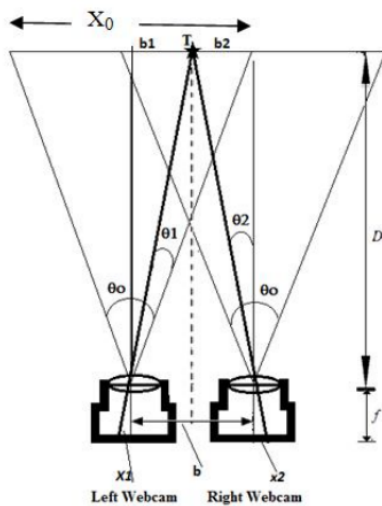
El error realizado en pruebas con vehículos autónomos brindado en Zaarane et al. (2020) se muestra en la Figura 2.17

**Table 1**  
The measured distance in various base length.

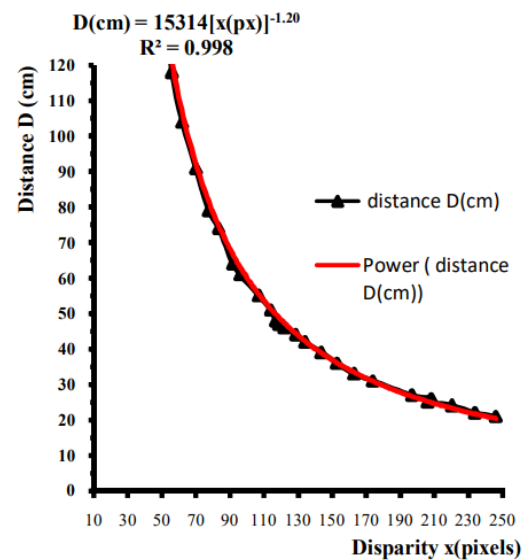
Base Vehicles	Measured distance (m)								Real distance (m)
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
1	7,90	7,94	8,27	8,22	8,16	<b>8,10</b>	8,08	8,13	8,10
2	9,32	9,30	9,27	9,10	9,22	<b>9,18</b>	<b>9,18</b>	9,21	9,15
3	18,20	18,41	18,37	18,40	<b>18,32</b>	<b>18,32</b>	18,29	18,27	18,34
4	12,30	12,28	12,34	12,33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

**Fig. 2.17** – Pruebas de medición con distintas distancias al objeto.

Fuente: Zaarane et al. (2020)



**Fig. (1):**Schematic diagram of an object pictured by two horizontally aligned cameras separated by small distance.



**Fig.(2):**Dependence of object distance on disparity

**Fig. 2.18** – (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)

Tener en cuenta:

- Tamaño de píxeles requerido

- Cantidad de frames (80 fps con 3-4L/s) (Falta calcular con lo que hemos calculado 16 cm/s)
- La inclinación hace que el pez no tenga velocidad hacia arriba
- Cámara estereo o simple??
- Necesita GPU?

En la Tabla XX se muestra una tabla técnica comparativa.

Categoría	Pardox Insight	Visonic G 10	Securitas Essence	Rsi Videofied	Risco Agility 3
Audio	SI	SI	NO	NO	NO
Imagen (alarma)	640X360 HD 1280X 720	JPEG/QVGA 320X240	JPEG GA/QVGA 640X480	QVGA 20X240 VGA 640X480	JPEG QVGA 320X240VGA 640X480
Demanda deVideo	VISUALIZACION ILIMITADA	VIDEO JPEG	VIDEO JPEG	VIDEO JPEG INSTANTANEA	VIDEO JPEG
Visión Nocturna	INFRARROJOS	INFRARROJOS	INFRARROJOS	LED VISIBLE	LED FLASH
Alcance de la cámara	12 METROS	12 METROS	12 METROS	12 METROS	10 METROS
Angulo de Visión	100°	90°	67°	110°	85°
Velocidad	10FPS	2 FPS	5 FPS O 15 FPS CALIDAD LIMITADA	5 FPS	3 -7 CONFIGURABLE
Sensor	QUAD	DUAL	DUAL	DUAL	DUAL

**Fig. 2.19** – Ejemplo de tabla

Fuente: Elaboración propia.

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.

- **Cámara simple**



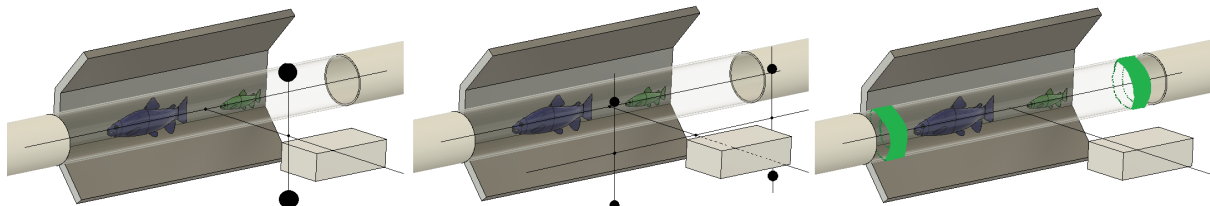
---

## Selección de iluminación adecuada

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.

## 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 2.20 se muestra las opciones de iluminación que se consideraron, resultando el uso de dos tiras de leds adecuadas para el sistema.



**Fig. 2.20** – (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.

$$Iluminacin_{necesaria} = 1000 \quad (2.6)$$

En la Tabla XX se muestra una tabla técnica comparativa.

Categoría	Pardox Insight	Visonic G 10	Securitas Essence	Rsi Videofied	Risco Agility 3
Audio	SI	SI	NO	NO	NO
Imagen (alarma)	640X360 HD 1280X 720	JPEG/QVGA 320X240	JPEG GA/QVGA 640X480	QVGA 20X240 VGA 640X480	JPEG QVGA 320X240VGA 640X480
Demanda deVideo	VISUALIZACION ILIMITADA	VIDEO JPEG	VIDEO JPEG	VIDEO JPEG INSTANTANEA	VIDEO JPEG
Visión Nocturna	INFRARROJOS	INFRARROJOS	INFRARROJOS	LED VISIBLE	LED FLASH
Alcance de la cámara	12 METROS	12 METROS	12 METROS	12 METROS	10 METROS
Angulo de Visión	100°	90°	67°	110°	85°
Velocidad	10FPS	2 FPS	5 FPS O 15 FPS CALIDAD LIMITADA	5 FPS	3 -7 CONFIGURABLE
Sensor	QUAD	DUAL	DUAL	DUAL	DUAL

**Fig. 2.21** – Ejemplo de tabla

Fuente: Elaboración propia.

## Selección de algoritmos

Los algoritmos tienen como objetivo contar y clasificar truchas. Dichos algoritmos son evaluados en la Tabla XXX mediante una comparación técnica en cuanto a diversos puntos: tiempo de respuesta, costo de hardware requerido, consumo eléctrico del hardware, .....

- NN: YOLO, YOLOv2, YOLOv3, YOLOv4, YOLOv5
- NN: CNN - Fish segmentation
- Segmentación por características

Referencia 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).

- **Selección de algoritmo contador de truchas**

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.

Categoría	Pardox Insight	Visonic G 10	Securitas Essence	Rsi Videofied	Risco Agility 3
Audio	SI	SI	NO	NO	NO
Imagen (alarma)	640X360 HD 1280X 720	JPEG/QVGA 320X240	JPEG GA/QVGA 640X480	QVGA 20X240 VGA 640X480	JPEG QVGA 320X240VGA 640X480
Demanda deVideo	VISUALIZACION ILIMITADA	VIDEO JPEG	VIDEO JPEG	VIDEO JPEG INSTANTANEA	VIDEO JPEG
Visión Nocturna	INFRARROJOS	INFRARROJOS	INFRARROJOS	LED VISIBLE	LED FLASH
Alcance de la cámara	12 METROS	12 METROS	12 METROS	12 METROS	10 METROS
Angulo de Visión	100°	90°	67°	110°	85°
Velocidad	10FPS	2 FPS	5 FPS O 15 FPS CALIDAD LIMITADA	5 FPS	3 -7 CONFIGURABLE
Sensor	QUAD	DUAL	DUAL	DUAL	DUAL

**Fig. 2.22** – Ejemplo de tabla

Fuente: Elaboración propia.

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.

- **Selección de algoritmo clasificador de truchas**

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.

Categoría	Pardox Insight	Visonic G 10	Securitas Essence	Rsi Videofied	Risco Agility 3
Audio	SI	SI	NO	NO	NO
Imagen (alarma)	640X360 HD 1280X 720	JPEG/QVGA 320X240	JPEG GA/QVGA 640X480	QVGA 20X240 VGA 640X480	JPEG QVGA 320X240VGA 640X480
Demanda deVideo	VISUALIZACION ILIMITADA	VIDEO JPEG	VIDEO JPEG	VIDEO JPEG INSTANTANEA	VIDEO JPEG
Visión Nocturna	INFRARROJOS	INFRARROJOS	LED VISIBLE	LED VISIBLE	LED FLASH
Alcance de la cámara	12 METROS	12 METROS	12 METROS	12 METROS	10 METROS
Angulo de Visión	100°	90°	67°	110°	85°
Velocidad	10FPS	2 FPS	5 FPS O 15 FPS CALIDAD LIMITADA	5 FPS	3 -7 CONFIGURABLE
Sensor	QUAD	DUAL	DUAL	DUAL	DUAL

**Fig. 2.23** – Ejemplo de tabla

Fuente: Elaboración propia.

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.

## 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 analizarán 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 la batería**

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

### **Selección de fuente de alimentación**

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.

### **Selección de transformadores rectificadores**

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.

### **Selección de fuentes switching**

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.

### **Diagrama esquemático**

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

### **Diagrama eléctrico**

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

---

### 2.1.5 Subsistema de control e interacción con el usuario

Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. . Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam.

#### Selección de microcontrolador

- Necesitamos: 80 fps
- Tamaño máximo: 15 cm
- Tamaño mínimo: 20 cm
- Velocidad estándar: 2 - 3 L/s (Longitud/segundos)
- Velocidad máxima: 3 - 4 L/s (Longitud/segundos)
- Debe poder:
  - procesar imágenes de forma rápida.
  -

En caso de usar NN

- 2 x Jetson Nano + Gumstix Jetson Nano Snapshot Board
- 1 x ESP32

En caso de no usar NN

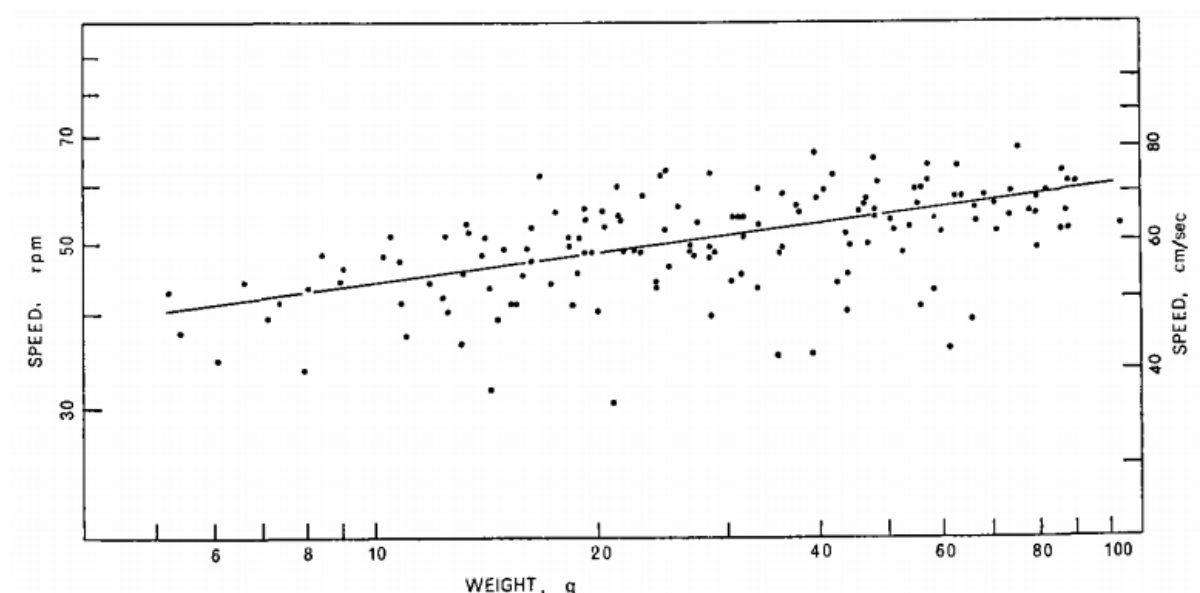
- ESP32 o Raspberry Pi 4B
- 1 x Jetson Nano

En la Sección ?? se analiza los posibles algoritmos que pueden ser aplicados para la detección de truchas mediante visión por computadora.

---

Otros:

- Intel NSC2



**Fig. 2.24** – Aproximación lineal de la relación entre peso y la velocidad de nado de truchas arcoíris

Fuente: Fry & Cox (1970)

En la Ecuación 2.7 se muestra la relación entre *X*: *peso de la trucha (g)* e *Y*: *velocidad de nado (cm/s)* con un error  $Z = \pm 0.033$ .

$$Y = -3.965 + 2.908(Z)X \quad (2.7)$$

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 ?? 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 2.7 obtenemos los valores límites dentro del rango  $[10.71; 15.13](cm/s)$ . Luego de escoger la máxima velocidad con redondeo hacia arriba (16 cm/s), ...



---

## Selección de indicadores

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.

- **Indicador visual:** 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. Vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum.
- **Indicador sonoro:** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tDolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum.

## Selección de interruptor de seguridad de apagado de emergencia

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.

---

### **Selección de interruptor de interruptor tipo hongo**

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.

### **Cálculo del consumo de energía del sistema**

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

### **Diagrama de flujo**

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.

### **Diseño frontend de la aplicación móvil**

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.

#### **2.1.6 Subsistema de flotación**

Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

#### **Cálculo de sistema flotador**

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.

#### **Selección de flotadores**

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.

#### **Diseño de sistema de flotación**

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.

#### **2.1.7 Planos del sistema**

Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

---

## Lista de planos de ensamble

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.

Nro. de Lámina	Nombre de plano	Tamaño
L1	Compartimiento principal	A2
	Subsistema de orientación	
L3	Subsistema de control	A4
L4	Subsistema de protección	A2
L5	Compartimiento secundario	A2

**Fig. 2.25 – ...**

Fuente: ...

## Plano de despiece

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.

---

Posición	Pieza
1	Soporte de cámara
2	Brazo de servo 1
3	Brazo de servo 2
4	Soporte de servo 1
<b>EJEMPLO</b>	
6	Unión servo-controlador
7	Soporte de controlador
8	Estructura externa
9	Aislamiento
10	Unión estructura - abrazadera
11	Domo transparente 5"

**Fig. 2.26 – ...**

Fuente: ...

---

### **III Pruebas y resultados**

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.

#### **3.1 Algoritmos de conteo de truchas**

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.

##### **3.1.1 Criterios de evaluación**

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.

---

### **3.1.2 Comparación**

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.

### **3.1.3 Errores detectados en la simulación de conteo de truchas**

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.

## **3.2 Simulación estructural**

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.

### **3.3 Simulación dinámica del sistema**

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.



---

## **IV Estimación de costos**

### **4.1 Costos de diseño**

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.

### **4.2 Costos de manufactura**

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.

### **4.3 Costos de componentes**

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. 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.

---

#### **4.4 Costos de materiales**

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. 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.

#### **4.5 Costos total del sistema**

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. 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.

---

## **Conclusiones**

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).

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.

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

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.

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

---

## Recomendaciones

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.

---

## 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>
- Callister, W. D., Callister Jr., W. D., & Rethwisch, D. G. (2014). *Materials Science and Engineering* (9th ed.). Wiley. Retrieved from <https://www.wiley.com/en-gb/Materials+Science+and+Engineering%2C+9th+Edition+SI+Version-p-9781118319222>
- 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.
- 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
- Harper, C. A. (2000). *Modern plastic handbook* (1st ed.). McGraw-Hill.
- 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/>
- 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
- 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 Detecion. *CVPR 2016*. doi: 10.1109/CVPR.2016.91

- 
- 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