

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**  
**ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTEO DE  
ALEVINOS CON SENSORES NO INVASIVOS, PARA UNA  
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ALEVINOS DEL DISTRITO DE  
ILAVE – EL COLLAO”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**HERMES MAMANI YAMPARA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PUNO – PERÚ**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,  
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

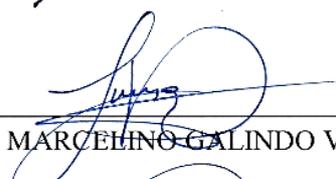
**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTEO DE ALEVINES  
CON SENSORES NO INVASIVOS, PARA UNA PLANTA DE  
PRODUCCIÓN DE ALEVINES DEL DISTRITO DE ILAVE – EL  
COLLAO.**

TESIS PRESENTADA POR:  
**HERMES MAMANI YAMPARA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO ELECTRÓNICO**



APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE	:	 <hr/> Dr. MARCO ANTONIO QUISPE BARRA
PRIMER MIEMBRO	:	 <hr/> Dr. PEDRO BEJAR MUÑOZ
SEGUNDO MIEMBRO	:	 <hr/> Ing. MARCELINE GALINDO VELASQUEZ
DIRECTOR DE TESIS	:	 <hr/> Mg. MARCO ANTONIO RAMOS GONZALEZ
ASESOR DE TESIS	:	 <hr/> Dr. IVAN DELGADO HUAYTA

TEMA: Análisis y diseño de un sistema de conteo de alevines  
AREA: Control e Instrumentación

FECHA DE SUSTENTACIÓN 27 DE ENERO DEL 2017

## DEDICATORIA

*La elaboración de esta investigación está dedicado a mis padres, quienes son pilares fundamentales en mi vida y que a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación.*

*Además, dedico este fruto del esfuerzo a mis familiares y a mi compañera de vida, quienes representan un gran esfuerzo y tesón en momentos de decline y cansancio, y a todos aquellos amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.*

*Por último, a todas aquellas personas que luchan y se esfuerzan por hacer sus sueños realidad.*

*Hermes Mamani Yampara*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco con todo el corazón a ese ser que todo lo sabe y todo lo puede, que está con todos y cada uno de nosotros, y que irradia amor y esperanza al mundo: DIOS.*

*Además, el agradecimiento está dirigido a mis docentes y asesores, por las buenas enseñanzas académicas que me compartieron día a día y por su paciencia que en cada momento me formaron como buen profesional que soy ahora; compañeros y personas abnegadas que participaron en el plasmado de este humilde trabajo.*

*Así mismo agradezco a la Universidad Nacional del Altiplano y la escuela profesional de Ingeniería Electrónica por ser la sede de todo el conocimiento adquirido en estos años.*

*Hermes Mamani Yampara*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN .....	14
CAPÍTULO I .....	16
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1.1. Problemas específicos.....	16
1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
1.3.1. Objetivo general.....	21
1.3.2. Objetivo específico .....	21
CAPÍTULO II .....	22
2.1 MARCO TEÓRICO.....	22
2.1.1. Técnicas de conteo de alevines .....	22
2.1.2. Biología de la trucha .....	25
2.1.2.1. Etapas de desarrollo de la truchas.....	26
2.1.2.2. La visión en alevines de trucha.....	27
2.1.3. El lago titicaca es un hábitat .....	28
2.1.4. Las aguas subterráneas.....	29
2.1.5. Calidad del agua.....	30
2.1.5.1. Oxígeno disuelto (O <sub>2</sub> ) .....	31
2.1.5.2. Temperatura (°C) .....	32
2.1.5.3. Potencial de hidrógeno (pH).....	33
2.1.6. Sensores de proximidad ópticos .....	34
2.1.6.1. Descripción del funcionamiento .....	35
2.1.6.2. Sensores ópticos de barrera.....	36
2.1.6.3. Características del sensor óptico.....	36
2.1.7. Estudio teórico del sensor de ultrasonido .....	37
2.1.7.1. Descripción del funcionamiento .....	38
2.1.7.2. Características.....	38
2.1.8. Sensores no invasivos .....	41

2.1.9. Arduino .....	42
2.1.9.1. Plataforma libre.....	43
2.1.9.2. Placa arduino uno y sus partes .....	43
2.1.10. Amplificador operacional .....	45
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	46
2.2.1. Sensor fotoeléctrico .....	46
2.2.2. Sensores .....	46
2.2.3. Transductor .....	47
2.2.4. Terminologías de funcionamiento del sensor .....	48
2.2.4.1. Exactitud.....	48
2.2.4.2. Precisión.....	48
2.2.4.3. Velocidad de respuesta .....	48
2.2.4.4. Fiabilidad .....	48
2.2.5. Elección de sensor .....	49
2.2.6. No invasivo .....	49
2.2.7. Análisis .....	50
2.2.8. Sistema.....	50
2.2.9. Producción .....	51
2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	51
2.3.1. Hipótesis general.....	51
2.3.2. Hipótesis específico .....	51
CAPÍTULO III.....	53
3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	53
3.1.1. Enfoque de investigación.....	53
3.1.2. Diseño de investigación .....	53
3.1.3. Población y muestra.....	53
3.1.3.1. Población .....	54
3.1.3.2. Muestra .....	54
3.1.4. Técnicas .....	55
3.1.5. Instrumentos.....	55
CAPÍTULO IV .....	56
4.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN .....	56

4.1.1. Ubicación geográfica .....	56
CAPÍTULO V .....	58
5.1 EXPOSICIÓN DE RESULTADOS .....	58
5.1.1. Infraestructura hidráulica existente.....	58
5.1.1.1. Bocatoma y canales .....	58
5.1.1.2. Desarenador y filtro .....	59
5.1.1.3. Estanques o artesas .....	60
5.1.2. Temperatura y ph del agua.....	61
5.1.3. Características físicas de alevines.....	61
5.1.4. Método de conteo manual.....	63
5.1.4.1. Tiempos de conteo manual .....	63
5.1.4.2. Conteo manual utilizando piedrecillas.....	64
5.1.4.3. Error de conteo manual.....	65
5.1.5. Diseño de sistema contador de alevines .....	66
5.1.5.1. Dispensador para alevines .....	66
5.1.5.2. Diseño de superficie de desplazamiento.....	66
5.1.5.3. Ubicación de sensores infrarrojo .....	67
5.1.5.4. Elección del sensor .....	68
5.1.5.5. Transmisión directa o barrera .....	68
5.1.5.6. Circuito electrónico para sensores .....	69
5.1.5.7. Amplificador operacional comparador .....	71
5.1.5.8. Programación con arduino .....	72
5.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	73
5.2.1. Tiempo de conteo automático.....	73
5.2.2. Error de conteo.....	74
5.2.3. Comparación de tiempos de conteo .....	74
5.2.4. Comparación de error de conteo .....	75
5.2.5. La mortalidad de alevines .....	76
CONCLUSIONES .....	77
RECOMENDACIONES.....	78
BIBLIOGRAFÍA .....	79
ANEXOS .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1:</b> Preproceso binario de la primera mitad de imagen.....	19
<b>Figura 1.2:</b> Contadora de alevines (fish and fry counters) .....	20
<b>Figura 1.3:</b> Contador de alevines tipo fc12 .....	21
<b>Figura 2.1:</b> Conteo individual de los alevines .....	22
<b>Figura 2.2:</b> Conteo de alevines por el método gravimétrico .....	23
<b>Figura 2.3:</b> Método de conteo por desplazamiento del agua .....	24
<b>Figura 2.4:</b> Conteo por el método de comparación visual.....	25
<b>Figura 2.5:</b> Ovas .....	26
<b>Figura 2.6:</b> Alevino.....	26
<b>Figura 2.7:</b> Trucha juvenil .....	27
<b>Figura 2.8:</b> Formación de aguas subterráneas .....	30
<b>Figura 2.9:</b> Sistema circulatorio de la trucha.....	32
<b>Figura 2.10:</b> Incidencia de temperatura en la trucha .....	33
<b>Figura 2.11:</b> Diagrama de bloques sensor óptico .....	35
<b>Figura 2.12:</b> Tipos de sensores ópticos.....	36
<b>Figura 2.13:</b> Funcionamiento de sensor de barrera.....	36
<b>Figura 2.14:</b> Diagrama de bloques del sensor ultrasónico.....	38
<b>Figura 2.15:</b> Tiempo de transmisión por pulso ultrasónico.....	39
<b>Figura 2.16:</b> Efecto de inclinación de objetos .....	41
<b>Figura 2.17:</b> Placa arduino uno y sus partes .....	44
<b>Figura 2.18:</b> Símbolo de amplificador operacional .....	45
<b>Figura 2.19:</b> Espectro electromagnético .....	49
<b>Figura 4.1:</b> Mapa político de la provincia de El Collao .....	57
<b>Figura 4.2:</b> Temperatura ambiente - llave .....	57
<b>Figura 5.1:</b> Bocatoma y canal de agua.....	59
<b>Figura 5.2:</b> Desarenador y filtro de agua .....	60
<b>Figura 5.3:</b> Estanques o artesas .....	61
<b>Figura 5.4:</b> Observando las características de los alevines.....	62
<b>Figura 5.5:</b> Colador para contar alevines de trucha.....	63
<b>Figura 5.6:</b> Piedrecillas para secuenciar las cuentas.....	65
<b>Figura 5.7:</b> Dispensador de alevines.....	66

<b>Figura 5.8:</b> Estructura de desplazamiento de alevines.....	67
<b>Figura 5.9:</b> Ubicación de sensores en estructura .....	67
<b>Figura 5.10:</b> Modo de detección directa .....	69
<b>Figura 5.11:</b> Configuración de emisor IR.....	69
<b>Figura 5.12:</b> Configuración de fototransistor .....	70
<b>Figura 5.13:</b> Circuito amplificador operacional .....	71
<b>Figura 5.14:</b> Simulación de circuito de adquisición de datos.....	72
<b>Figura 5.15:</b> Sistema contador de alevines con arduino .....	73

**INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 2.1:</b> Niveles de O <sub>2</sub> del agua para la trucha.....	31
<b>Tabla 2.2:</b> Nivel de temperatura para la trucha.....	33
<b>Tabla 2.3:</b> Nivel de ph para la trucha.....	34
<b>Tabla 2.4:</b> Descripción de partes de arduino uno .....	44
<b>Tabla 4.1:</b> Distribución territorial de la provincia de el collao.....	56
<b>Tabla 5.1:</b> Dimensión de artesas existentes .....	60
<b>Tabla 5.2:</b> Características físicas de alevines .....	62
<b>Tabla 5.3:</b> Tiempo de estimación por conteo manual.....	64
<b>Tabla 5.4:</b> Error promedio de conteo manual .....	65
<b>Tabla 5.5:</b> Cuadro comparativo de sensores .....	68
<b>Tabla 5.6:</b> Estimaciones por conteo automático .....	73
<b>Tabla 5.7:</b> Error promedio de conteo automático .....	74
<b>Tabla 5.8:</b> Optimización de tiempos.....	75
<b>Tabla 5.9:</b> El sistema electrónico reduce el error de conteo .....	75
<b>Tabla 5.10:</b> Muerte de alevines por manipuleo.....	76

## INDICE DE ACRÓNIMOS

- CAD : Computer-Aided Design
- CDI : Conteo Directo Individual
- CCD : Charged Coupled device
- IR : Infrarrojo
- LED : Light Emisor Diode
- PWM : Pulse-Width Modulation
- PC : Personal Computer
- PVC : Polyvinyl Chloride
- pH : Potencial de Hidrógeno
- °C : Grados Centígrados

## RESUMEN

Las prácticas de conteo de alevines desde tiempos pasados se realizan de forma manual utilizando redes de mano (Colador), donde las estimaciones de cantidad son laboriosas y los registros son poco fiables, puesto que el criadero de alevines del distrito de Ilave alberga alrededor de 20000 alevines. Por lo cual se planteó recurrir a soluciones tecnológicas utilizando sistemas electrónicos que permitieron realizar los procesos de conteo de alevines de forma automática y teniendo como objetivo de cuantificar, optimizar los tiempos de conteo y reducir daños y estrés en los alevines de trucha, utilizando el diseño cuasi experimental que permitió realizar el análisis, diseño e implementación del prototipo de pruebas del sistema contador de alevines que dispone de una estructura de trasvase en forma de "V" y contiene un sistema que utiliza emisores de luz infrarroja, sensores infrarrojo, amplificadores operacionales y dispositivos electrónicos (Arduino) que permitieron desarrollar la tarea de manera automática, donde los alevines son trasladados con el flujo de agua y son contados por sensores infrarrojo (IR) utilizados en el trayecto de la estructura, de esta manera se obtuvo resultados de conteo que muestran mejoras al 27.7% de tiempos y con una confiabilidad del sistema al 99.0%, estos resultados son alentadores puesto que inciden positivamente en la planta de producción de alevines.

**Palabras Clave:** Diseño, sensores no invasivos, alevines, conteo, fiabilidad, tiempos.

## ABSTRACT

Counting practices of fry from past times are done manually using hand nets (Colander), where quantity estimates are laborious and records are unreliable, since the Ilave district fry hatchery holds about 20,000 fry. Therefore, technological solutions were considered using electronic systems that allowed the processes of counting the fry to be carried out automatically and with the objective of quantifying, optimizing counting times and reducing damage and stress in the trout fry, using the quasi-experimental design that allowed the analysis to be carried out, design and implementation of the prototype test of the fry counting system that has a transfer structure in the form of "V" and contains a system that uses infrared light emitters, infrared sensors, operational amplifiers and electronic devices (Arduino) that allowed to develop the task automatically, where the fry are transferred with the water flow and are counted by infrared (IR) sensors used in the path of the structure, in this way we obtained counting results that show improvements to 27.7% of times and with a system reliability of 99.0%, these results are encouraging since they have a positive impact on the fry production plant.

**Keywords:** Design, non-invasive sensors, fry, counting, reliability, times.

## INTRODUCCIÓN

EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTEO DE ALEVINES CON SENSORES NO INVASIVOS, PARA UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ALEVINES DEL DISTRITO DE ILAVE – EL COLLAO se realiza debido a que esta tarea no ha sido simple para el hombre desde tiempos pasados y aún no se ha resuelto completamente hasta la actualidad, en las empresas y plantas de producción de alevines de trucha tanto en nuestra región de Puno como en distintos lugares del país y del mundo. La creciente demanda de trucha en la región promovió a desarrollar técnicas de conteo para tener registros de producción y ampliar su volumen productivo en diferentes zonas de la región puneña.

Debido a esta demanda y necesidad de tener registros fiables, las empresas internacionales dedicados a la industria del manejo y conteo de peces han diseñado y construido sistemas contadores de alevines a escalas industriales tales como el proyecto "Operatividad de embarcaciones tipo Wellboat" en el país de Chile, Fish and Fry Counters desarrollados por las empresas Impexagency y apollo en Europa y la empresa Calitry Technology en Bélgica entre otros que también vienen desarrollando sistemas de conteo de alevines.

Con la investigación se pretende mejorar los tiempos, errores en conteo (fiabilidad) y evaluar el riesgo de daño o muerte en los alevines de trucha, para lo cual se diseña un sistema electrónico que tenga la capacidad de realizar procesos de conteo de alevines de trucha de forma automática y de ésta manera los registros pueden ser remitidos a las plantas de proceso para facilitar estadísticas posteriores.

En el capítulo I se enfoca al planteamiento del problema objeto de estudio, como también los antecedentes y objetivos de la investigación que motivaron desarrollar este trabajo teniendo en cuenta las carencias tecnológicas en los criaderos de alevines de trucha dentro de la región Puno.

En el capítulo II se establece definiciones y conceptos dentro del marco teórico, marco conceptual y la hipótesis de la investigación, en donde se apoya y realimenta de estudios realizados, definiciones y conceptos desarrollados por investigadores que se orientan en temas de manejo, producción y distribución de alevines de trucha.

En el capítulo III se expone el método de investigación que apoya a tomar muestras y abordar el diseño del sistema contador de alevines con una metodología aplicada a desarrollar el proyecto.

En el capítulo IV se muestra la caracterización del área de investigación, donde se expone las características geográficas y ambientales de la planta de producción de alevines de trucha en el distrito de Ilave.

En el capítulo V se desarrolla la exposición y análisis de resultados obtenidos del análisis y diseño del sistema contador de alevines que previamente se ajustó a las condiciones ambientales así como factores hidrológicos que pueden afectar en la obtención de resultados. Se realizó las pruebas respectivas con recojo de resultados que exponen los beneficios y aporte que realiza a la planta de producción de alevines, y finalmente se hace alcance de las conclusiones y recomendaciones que surgen de la investigación.

## CAPÍTULO I

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el criadero de alevines de trucha del distrito de Ilave, provincia de El Collao, la producción y crianza de alevines de trucha viene incrementándose paulatinamente por la demanda social y aprovechando el potencial hídrico de agua dulce que proviene de manantiales y el propio "Lago Titicaca", por tal motivo surge la necesidad de llevar registros de control e inventariado de los alevines de trucha.

Se puede manifestar que las labores o procesos de cuantificación de alevines en el criadero de alevines del distrito de Ilave no son ajeno a dicha realidad y existe la necesidad de contar con herramientas que permitan llevar procesos de administración, control de inventario, tratamiento y cuidado de los alevines utilizando nuevas tecnologías que mejoren las condiciones de manejo y conteo de alevines que están inmersos a diversos factores o riesgos que intervienen negativamente en la producción de alevines.

Por lo anterior se plantea la siguiente pregunta:

**¿Es posible cuantificar los alevines de trucha en el criadero de Alevines del Distrito de Ilave utilizando nuevas tecnologías?**

#### 1.1.1. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

**¿Es posible cuantificar los alevines de trucha de manera no invasiva en la planta de producción de alevines del distrito de Ilave?**

Los alevines en la Planta de Producción se estiman utilizando métodos manuales como contar con una red de mano (*colador*) realizando el trasvase entre recipientes, muchas veces no ofrecen la estadística de una cifra que precise la cantidad de alevines que habitan en el criadero, contrastado con el control de inventario que administra el personal encargado. Si bien las causas pueden ser diversas, por ejemplo: Problemas de estimación de cantidad al ingreso, falta de supervisión, robo, etc.

**¿De qué manera se puede reducir los tiempos de conteo de alevines en la planta de producción de alevines del distrito de Ilave?**

Existiendo compromisos comerciales adquiridos en la planta de producción de alevines del distrito de Ilave, se busca mantener una eficiencia en la producción, es necesario mantener ciertos parámetros de control para determinar los volúmenes de producción comprometidos. Por ende es de importancia mejorar un tiempo de estimación prudente que pueda ayudar a conocer cifras de alevines, ya sea con fines comerciales o fines de control de inventariado.

**¿Es posible disminuir el riesgo de muerte en el manejo de alevines en la planta de producción de alevines del distrito de Ilave?**

En el proceso de conteo de alevines en la planta de producción de alevines del distrito de Ilave, existen factores que ocasionan pérdidas dentro de la producción así como; prácticas inadecuadas de manejo, tipos de cuidado, ausencia de tecnologías, y la calidad de agua en la que habitan los alevines, así como también el cuidado que se tiene al momento de ser separados de sus jaulas para ser comercializados.

## 1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la truchicultura en el Perú, tiene su inicio en 1928, en el que unas 50,000 ovas, procedentes de los EE.UU. eclosionaron en un criadero particular a orillas del río Mantaro (Oroya) de donde se efectuaron los primeros sembríos en aguas andinas. En 1934, Juan Morales Vivanco, instaló una pequeña piscigranja en Quichuay, posteriormente en Ingenio pasando este último al estado a partir de 1950.

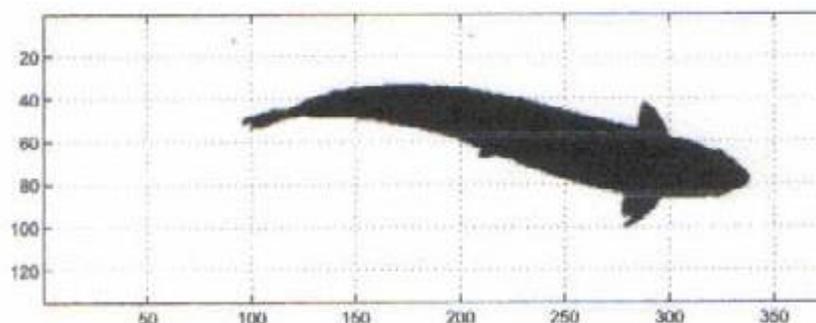
Entre 1939 – 1940 se crea la estación pesquera de Puno en Chucuito como resultado de los gobiernos del Perú y Bolivia para poblar truchas en el lago Titicaca (Manual de capacitación comunitaria, S.F.)

- a. **Chile**, en la ciudad de Valdivia en el año 2006 se implementó una máquina contadora de peces como parte del proyecto “OPERATIVIDAD DE EMBARCACIONES TIPO WELLBOAT” utilizando un sistema estándar de CCD (Charged Coupled device / Dispositivo de cargas eléctricas interconectadas), en combinación con un hardware “PC” estándar, para proveer la estimación en tiempo real.

El sistema se enfocó en mantener la exactitud de su estimación, incluso a grandes capacidades de carga. Bajo condiciones de carga y descarga muchos de los peces suelen traslaparse unos con otros. Este traslape de peces podría hacer que el sistema desestimara la cantidad de peces presentes. Es decir, éste fenómeno hacía difícil obtener una buena estimación de peso promedio. Se resolvió éste problema aplicando “*estimación robusta*”, análisis de formas y simulación de procesos.

Estas estimaciones están dadas con una exactitud de  $\pm 3\%$ . La exactitud y tolerancia en capacidad de carga de este sistema excede a otros sistemas desarrolladas para el mismo propósito. (Vizcaíno Restrepo, 2006)

**Figura 1.1:** Preproceso binario de la primera mitad de imagen



**Fuente:** (Vizcaíno Restrepo, 2006)

- b. Europa**, en la ciudad de Dinamarca en el año 1995, uno de los contadores de peces denominados *Fish and Fry Counters* desarrollados por la empresa IMPEXAGENCY y APOLLO, llevan más de 20 años en el mercado, y han demostrado su gran utilidad para los piscicultores de todo el mundo.

Los contadores de peces TPS han sido desarrollados con vistas al crecimiento de los peces y funcionan según el llamado principio "nadar libre", es decir que los peces todo el tiempo están en su elemento natural e instintivamente atraviesan el contador. Mínimo estrés en el conteo debido a que el pez nada instintivamente hacia la salida de la máquina donde se encuentra la célula fotoeléctrica. Los contadores disponen de boquillas patentadas que separan los peces por medio de agua para que pasen por la célula fotoeléctrica de uno en uno. (Impexagency, 2010)

**Características del contador Modelo TPS Micro:**

- Tamaño peces : 0.5 - 9gr. (trucha y salmón)
- Capacidad : 30.000 - 35.000 peces/hora
- Fiabilidad : 98 - 100%

**Figura 1.2:** Contadora de Alevines (Fish and Fry Counters)

**Fuente:** (Impexagency, 2010)

- c. **En Bélgica** en el año 1990, la empresa CALITRI quienes son especializados en la detección y conteo de peces, quienes diseñan y fabrican equipos para la acuicultura. CALITRY TECHNOLOGY exporta su conocimiento en todo el mundo durante más de 30 años. El sistema que usan para la detección es por infrarrojo y tiene las siguientes características. (Calitri-Technology, s.f.)

**Características del contador de alevines:**

- Tamaño de conteo : De 1gr. A 15gr.
- Capacidad de conteo : 125000 alevines/hora
- Número de canales : 12
- Anchura de canales : 30mm
- Diámetro de entrada : 160mm
- Precisión : 97 %

**Figura 1.3:** Contador de Alevines Tipo FC12

**Fuente:** (Calitri-Technology, s.f.)

### 1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar y diseñar un sistema de conteo de alevines para la planta de producción de alevines del distrito de Ilave – El Collao

#### 1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Evaluar el conteo manual y diseñar un sistema automático no invasivo para el conteo de alevines.
- Comparar el tiempo demandado para estimar la cantidad de alevines entre el método manual y el sistema contador de alevines.
- Evaluar el riesgo de muerte de alevines al realizar el conteo utilizando el sistema contador de alevines.

## CAPÍTULO II

### 2.1 MARCO TEÓRICO

#### 2.1.1. TÉCNICAS DE CONTEO DE ALEVINES

Según (Meyer, 2007) hay unas cuatro técnicas utilizadas comúnmente para contar los peces, larvas o alevines, los cuales son detallados a continuación.

- **Técnica del conteo individual.** Utilizando pequeñas redes de mano o cucharas de plástico, se procede a contar los pececillos uno por uno mientras son pasados de un recipiente a otro (Figura 2.1). Es una técnica precisa y útil para enumerar pequeños lotes de peces, pero es demasiado tedioso y consume mucho tiempo para contar varios miles de alevines. (Meyer, 2007)

**Figura 2.1:** Conteo individual de los alevines



**Fuente:** (Meyer, 2007)

- **Técnica por gravimetría.** Se determina el peso promedio de los peces en seco, luego los peces restantes son pesados en lotes para cuantificarlos (Figura 2.2). Los peces son pesados en un recipiente de peso conocido, como un colador de plástico, y luego se cuentan los peces uno por uno para estimar su promedio. Ya sabiendo el peso de un lote y el peso promedio de cada pez, se proceda a pesar más peces de similar tamaño para estimar su número. Para esta técnica es indispensable contar con una balanza de precisión y peces uniformes en su tamaño y peso. (Meyer, 2007)

**Figura 2.2:** Conteo de alevines por el método gravimétrico



**Fuente:** (Meyer, 2007)

- **Técnica por desplazamiento del agua o por volumen.** Se determina el número de peces depositados en un volumen conocido de agua para luego contarlos. (Figura 2.3) Se comienza el proceso por agregar agua a un recipiente calibrado o probeta. Se registra el volumen inicial de agua en la probeta. Los peces contados uno por uno pasan a la probeta para observar el incremento en el volumen. La diferencia es dividido por los peces agregados a la probeta para calcular el promedio.

Por ejemplo, se agregan 300 pececillos y el incremento observado en el volumen del agua en la probeta es de 50 ml. Así cada pez desplaza aproximadamente 0.17 ml de agua (igual 50 ml/300alevines). De allí en adelante se adicionan los alevines a contar a la probeta para estimar su número por el volumen de agua desplazado. (Meyer, 2007)

**Figura 2.3:** Método de conteo por desplazamiento del agua



**Fuente:** (Meyer, 2007)

- **Comparación visual de poblaciones.** Para esta técnica se necesita tener varios recipientes o pailas idénticas y conteniendo la misma cantidad o volumen de agua. Se recomienda usar pailas o platos con color claro y uniforme conteniendo unos 2L de agua transparente (Figura 2.4). Se pasan al primer recipiente con agua unos 500 peces contados individualmente. Luego se agregan peces al segundo recipiente hasta obtener una población similar, evaluada por comparación visual. Con una persona experimentada la estimación del número de alevines es rápida y relativamente precisa ( $\pm 5\%$ ). (Meyer, 2007)

**Figura 2.4:** Conteo por el método de comparación visual**Fuente:** (Meyer, 2007)

### 2.1.2. BIOLOGÍA DE LA TRUCHA

Esta especie se caracteriza por tener el cuerpo cubierto con finas escamas y de forma fusiforme (forma de huso), la coloración de la trucha varía de acuerdo al ambiente en que vive, edad, estado de maduración sexual y otros factores, como por ejemplo la influencia del ambiente en riachuelos sombreados presentan color plomo oscuro mientras que en un estanque bien expuesto a los rayos del sol ofrece una tonalidad mucho más clara, verde oliva en su parte superior luego una franja rojiza para finalizar con el abdomen blanco; además posee gran número de máculas negras en la piel, a manera de lunares, por lo que en otros lugares se le llama también trucha pecosa. La denominación de trucha arco iris se debe a la presencia de una franja de colores de diferentes tonalidades, con predominio de una franja rojiza sobre la línea lateral en ambos lados del cuerpo. (Campo Díaz, 2013)

### 2.1.2.1. ETAPAS DE DESARROLLO DE LA TRUCHAS

El desarrollo biológico de la trucha comprende 4 etapas: (Campo Díaz, 2013)

- **Ovas.** Son los huevos fecundados que después de un promedio aproximado de 30 días de incubación, eclosionan para convertirse en larva.

**Figura 2.5:** Ovas



**Fuente:** (Campo Díaz, 2013)

- **Alevino.** Son peces pequeños que miden de 3 cm. A 10 cm. Con un peso que oscila entre 1.5 gr. A 20 gr.

**Figura 2.6:** Alevino



**Fuente:** (Campo Díaz, 2013)

- **Juvenil.** Son peces que miden de 10 cm. A 15 cm. cuyo peso es generalmente de 20 gr. A 100 gr.

**Figura 2.7:** Trucha Juvenil

**Fuente:** (Campo Díaz, 2013)

- **Comercial.** Es la etapa especial, donde los peces han recibido el proceso de engorde para ser comercializados, estos miden 15 cm. A 22 cm. Con un peso de 100 a 200 gr.

#### 2.1.2.2. LA VISIÓN EN ALEVINES DE TRUCHA

La visión no es otra cosa que la percepción de la luz del ambiente que nos rodea. Debido a que los peces viven en el medio acuático, la luz se extingue rápidamente. Además, debido a que viven en hábitats diferentes. (Zielinski Toshiaki, Octubre de 2006)

Otra curiosidad del sistema óptico es que, en muchos peces, el iris no puede contraerse, de manera que no pueden cerrar la pupila si aumenta la intensidad de luz. Para evitar la sobreexposición, los conos y bastones (las células fotorreceptoras; las primeras detectan los colores y las segundas no) cambian de forma y los melanosomas (orgánulos con pigmento) se disponen de manera que hagan “sombra”. Ocurre el proceso opuesto cuando la luz escasea. (Zielinski Toshiaki, Octubre de 2006)

Los peces pueden tener hasta 4 tipos de conos diferentes, uno de los cuales detecta luz ultravioleta que sirven para detectar el plancton, aunque no todos los tienen. Algunos sólo los tienen cuando son larvas y otros sólo durante ciertas etapas de la vida adulta. Por ejemplo, la trucha arcoíris sólo los tiene cuando vive en el río. (Zielinski Toshiaki, Octubre de 2006)

### **2.1.3. EL LAGO TITICACA ES UN HÁBITAT**

Este lago es un ejemplo de una gran masa de agua situada en una altitud elevada y con pesquerías de agua fría. La pesca es una ocupación tradicional de la población asentada junto a sus orillas. Inicialmente, se basaba en especies autóctonas y más tarde en una variedad de peces autóctonos e introducidos como la trucha.

El lago Titicaca, cuenca lacustre septentrional del Altiplano, planicie endorreica peruano boliviana de altura elevada, es la superficie navegable más alta del mundo ubicado a 3.809 metros sobre el nivel del mar. En este apartado han sido considerados sólo los datos más recientes, teniendo como referencia principal el trabajo de BOULANGE y AQUIZE JAEN (1981) y utilizando como fondos cartográficos los 5 mapas al 1/100.000 editados en 1978 por los Servicios Hidrológicos del Perú y de Bolivia, establecidos a partir de 7.000 puntos de sondeo expresados en metros y decímetros sobre la base del promedio de las medidas correspondientes a 41 años de observaciones. De esta manera según el cálculo directo a partir de los datos cartográficos, la superficie total del lago es de 8.562 km<sup>2</sup> para

un volumen de agua de 903 km<sup>3</sup>, la superficie de las islas siendo insignificante (1.3% del total). (Cusirramos Cárdenas, 2013)

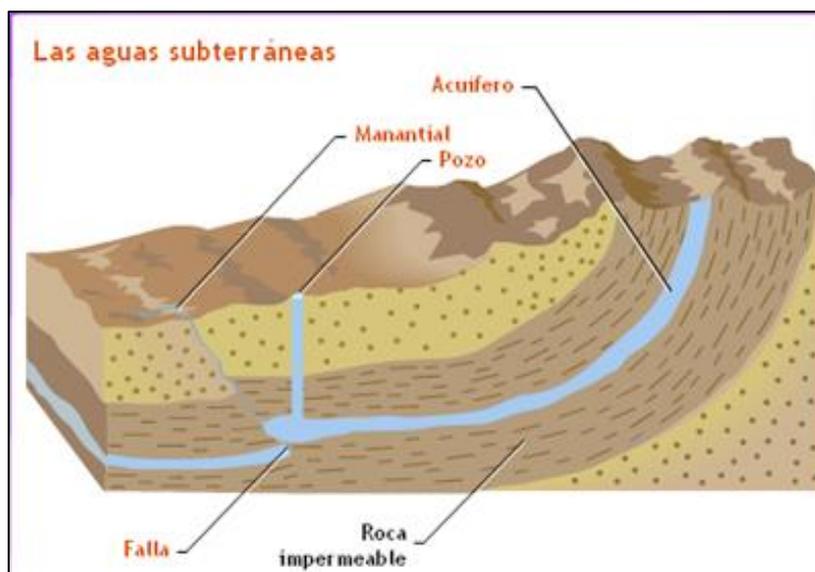
#### 2.1.4. LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Es el agua existente bajo la superficie del terreno, es aquella situada bajo el nivel freático y que está saturando completamente los poros y fisuras del terreno. Este agua fluye a la superficie de forma natural a través de manantiales, áreas de rezume, cauces fluviales, o bien directamente al mar. Puede también dirigirse artificialmente a pozos, galerías y otros tipos de captaciones. Se renueva de modo constante por la Naturaleza, merced a la recarga. Esta recarga procede principalmente de las precipitaciones, pero también puede producirse a partir de escorrentía superficial y cursos superficiales de agua (sobre todo en climas áridos), de acuíferos próximos o de retornos de ciertos usos (destacan los retornos de los regadíos).

El agua subterránea se desplaza muy lentamente por los acuíferos. Su velocidad media normal puede variar entre unos pocos decímetros, a algunos centenares de metros al cabo del año; sólo en el caso de acuíferos kársticos y rocas muy fracturadas, pueden existir conductos preferentes, por los que el agua puede circular a velocidades similares a la de las corrientes superficiales. Así, una gota de agua que cayera en una divisoria hidrográfica situada a 200 km de la costa y se incorporara a la corriente de un río, tardaría pocos días en alcanzar el mar; sin embargo, si esa misma gota se desplazara a través del subsuelo (en un acuífero detrítico), tardaría siglos e incluso miles de años en llegar al mar. La lentitud de movimiento

del agua a través de la zona no saturada y saturada, ayuda tanto a la gestión como al aprovechamiento de las aguas subterráneas y a su protección. En este último caso, esa peculiaridad permite actuar antes de que un posible contaminante se extienda por todo el acuífero. (Custodio, 2009)

**Figura 2.8:** Formación de aguas subterráneas



**Fuente:** (Custodio, 2009)

### 2.1.5. CALIDAD DEL AGUA

La cantidad y calidad del agua determinan el éxito o fracaso de la actividad. En cuanto a calidad del agua, ésta se cuantifica a partir de la determinación de los factores físico-químicos, los mismos que hacen favorables o desfavorables desde el punto de vista técnico – económico el crecimiento de la trucha, esta cuantificación tendrá que ser determinada por empresas o laboratorios de prestigio y especialistas en el tema que avalen su resultados, a continuación detallamos los parámetros más importantes: (Ayala, 2014)

### 2.1.5.1. Oxígeno disuelto ( $O_2$ )

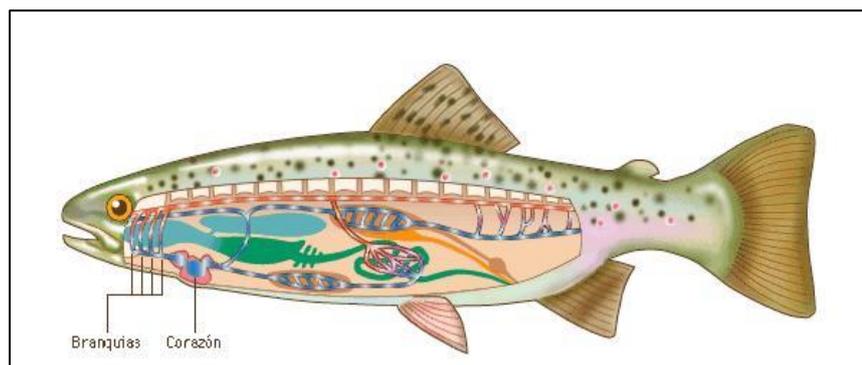
Los peces como todo ser viviente necesitan del oxígeno para vivir, estos captan el oxígeno disuelto en el agua mediante las branquias, el mismo que es transferido a la sangre, luego llega al corazón y este lo bombea al torrente sanguíneo, como la crianza se realiza a grandes densidades es recomendable que la cantidad de oxígeno no sea menor a 5.5 mg/l. (60% de saturación de oxígeno) en los momentos de máximo consumo en el cultivo, ya que de lo contrario los peces van a presentar signos de asfixia.

Es importante mencionar que la cantidad de oxígeno disuelto captado por el pez en el agua está influenciado por la fluctuación de la temperatura del agua, presión atmosférica y sales disueltas que contenga el agua (a mayor temperatura menos cantidad de oxígeno, a menor presión atmosférica menor cantidad de oxígeno). (Ayala, 2014)

**Tabla 2.1:** Niveles de  $O_2$  del agua para la trucha

$O_2$ mg/l	0 - 3.0	3.1 - 4.5	4.6 - 5.9	6.0 -8.5
Condición	Muere	Sufre grave estrés	Poco estrés Crecimiento lento	Óptimo desarrollo

**Fuente:** (Ayala, 2014)

**Figura 2.9:** Sistema circulatorio de la trucha

**Fuente:** (Ayala, 2014)

### 2.1.5.2. Temperatura (°C)

Es el parámetro físico del agua más importante para fines truchícolas, a partir de la cual se condiciona el efecto del crecimiento y el desarrollo normal de las truchas con fines comerciales. El rango permisible de la temperatura del agua para el engorde de truchas fluctúa entre 11 a 16 °C, teniendo el óptimo en las temperaturas superiores del rango (15 a 16°C), a temperaturas menores del rango se prolonga el periodo de crecimiento, y a temperaturas mayores del rango existe riesgo de propagación de enfermedades. Para el caso de incubación de ovas embrionadas, el rango recomendable es de 9 a 11 °C, teniendo un óptimo entre 8°C y 10°C.

Se debe llevar un registro de temperatura en forma diaria, estadísticamente con un mínimo de tres (03) registros, las mismas que se puedan programar de la siguiente manera: la primera en horas de la mañana, luego al medio día y al final de la tarde, con la

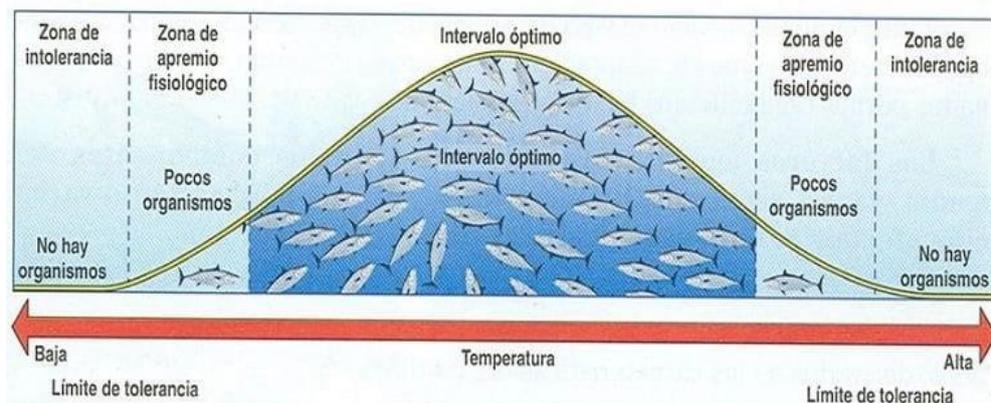
finalidad que el promedio, represente el comportamiento de la temperatura del día. (Ayala, 2014)

**Tabla 2.2:** Nivel de temperatura para la trucha

Tem. °C	1 - 3	4 - 8	9 - 14	15-17	18-20
Consecuencia	Muere	Crecimiento lento	Crecimiento óptimo Buena incubación y reproducción	Velocidad de crecimiento disminuye	Estrés, bajo contenido de O2

**Fuente:** (Ayala, 2014)

**Figura 2.10:** Incidencia de temperatura en la trucha



**Fuente:** (Ayala, 2014)

### 2.1.5.3. Potencial de hidrógeno (pH)

Está referido al carácter de acidez o basicidad del agua, es importante porque actúa como regulador de la actividad metabólica. Las aguas cuyo pH se muestra ligeramente alcalino son más convenientes para la crianza y desarrollo de la trucha, entre 7 y 8 este el óptimo, cuando el pH del agua es mayor de 9 se debe descartar para la truchicultura, no es compatible con la vida

de los peces, igualmente las aguas acidas con pH inferior a 6.0 deben evitarse.

Es importante mencionar que la excesiva variación de este parámetro en el agua sería muy perjudicial en el cultivo, por ejemplo con niveles inferiores a 6.5 pueden producir hemorragias en las branquias de las truchas y causar mortalidades elevadas. (Ayala, 2014)

**Tabla 2.3:** Nivel de pH para la trucha

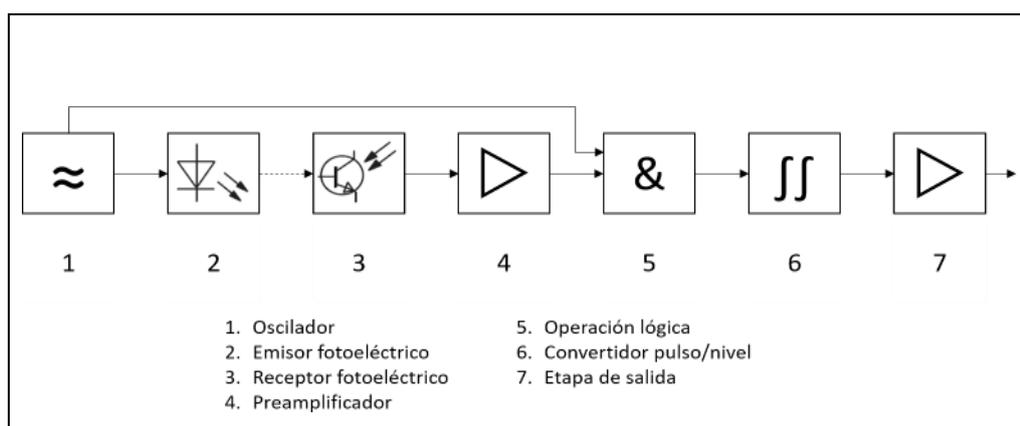
pH	4.0 - 5.0	5.1 - 6.5	6.6 - 7.9	8.0 - 10.0
<b>Condición</b>	Mucho estrés Crecimiento lento	Estrés Crecimiento lento	Óptimo desarrollo	Crecimiento lento Muere

**Fuente:** (Ayala, 2014)

### 2.1.6. SENSORES DE PROXIMIDAD ÓPTICOS

Los sensores de proximidad ópticos utilizan medios ópticos y electrónicos para la detección de objetos. Estos utilizan luz roja o infrarroja. Los diodos semiconductores emisores de luz (LEDs) son la fuente de luz más utilizada en este tipo de sensores, estos son pequeños y robustos, tienen una larga vida útil y pueden modularse fácilmente. Los fotodiodos y fototransistores se utilizan como elementos receptores de la señal óptica.

La luz infrarroja es invisible y se utiliza en ocasiones en las que se requieren mayores prestaciones, por ejemplo, para cubrir mayores distancias. La luz infrarroja es menos susceptible a las interferencias de la luz ambiente. (Barbera, 2018)

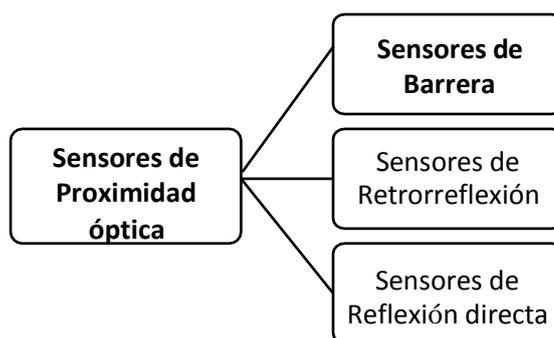
**Figura 2.11:** Diagrama de bloques sensor óptico

**Fuente:** (Barbera, 2018)

### 2.1.6.1. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

Los sensores de proximidad ópticos consisten básicamente en dos elementos principales: el emisor y el receptor. Dependiendo del tipo y de la aplicación, se requieren complementos a estos como pueden ser los reflectores y cables de fibra óptica. El emisor y el receptor se pueden encontrar instalados en un único dispositivo (sensores de reflexión directa y de retrorreflexión), o en dispositivos separados (sensores de barrera).

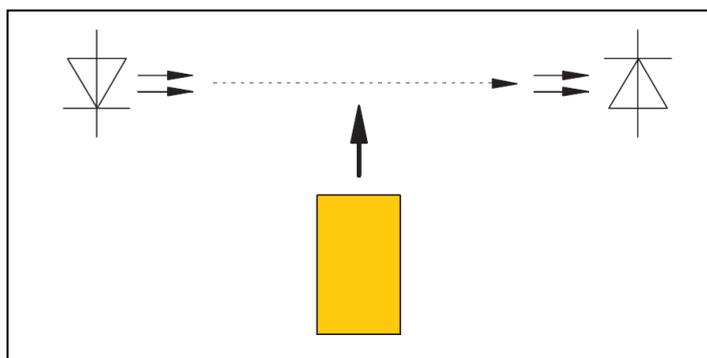
El emisor emite luz roja o infrarroja, la cual, se propaga en línea recta y puede ser desviada, enfocada, interrumpida, reflejada y dirigida. Esta luz es recibida por el receptor, separada de la luz externa, y evaluada electrónicamente. A continuación se va a describir el funcionamiento de unas variantes de sensores de proximidad ópticos: (Barbera, 2018)

**Figura 2.12:** Tipos de sensores ópticos

Fuente: (Barbera, 2018)

### 2.1.6.2. SENSORES ÓPTICOS DE BARRERA

Los sensores de barrera constan de dos componentes, emisor y receptor, montados en dos dispositivos separados, con los cuales pueden obtenerse amplios rangos de detección. (Barbera, 2018)

**Figura 2.13:** Funcionamiento de sensor de barrera

Fuente: (Barbera, 2018)

### 2.1.6.3. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR ÓPTICO

Hay que tener en cuenta las siguientes características en los sensores ópticos de barrera:

- **El alcance** de este tipo de sensores puede llegar hasta 100m, teniendo en cuenta que se necesita visión directa. La distancia

máxima también depende de la calidad de los equipos de emisión y recepción que utilicemos. Otro factor a tener en cuenta que puede afectar es la calidad del aire.

- **Material del objeto a detectar**, puede detectar todo tipo de objetos siempre y cuando no sea muy transparente, ya que este permite que pase la luz por él y no corta el haz.
- **Interferencias**, este tipo de sensores es sensible a la suciedad, pero no lo es a las interferencias electromagnéticas.
- **Vida útil**, esta depende de la vida útil del emisor y del receptor pero suele ser bastante larga, aproximadamente 100.000 horas.
- **Velocidad de conmutación**, la respuesta del sensor es elevada, la frecuencia de conmutación varía entre 20 y 10000Hz (50 y 0.1 ms). Hay que tener en cuenta que esta aplicación aumenta la fiabilidad del sistema como consecuencia de la presencia permanente de luz durante el estado de reposo, es decir, un fallo de emisión se evalúa como un objeto presente. (Barbera, 2018)

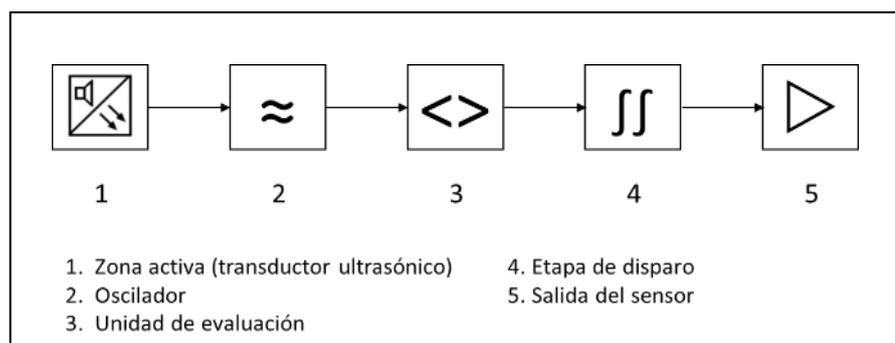
### 2.1.7. ESTUDIO TEÓRICO DEL SENSOR DE ULTRASONIDO

El principio de funcionamiento de un sensor de proximidad ultrasónico está basado en la emisión y reflexión de ondas acústicas que emite el emisor, rebotan en el objeto y llegan hasta el receptor. Se mide y se evalúa el tiempo que tarda en desplazarse el sonido. (Barbera, 2018)

### 2.1.7.1. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

El sensor de proximidad ultrasónico puede dividirse en tres módulos principales, el transductor ultrasónico, la unidad de evaluación y la etapa de salida. Un pulso corto dispara brevemente el transmisor ultrasónico. (Barbera, 2018)

**Figura 2.14:** Diagrama de bloques del sensor ultrasónico



**Fuente:** (Barbera, 2018)

El transmisor ultrasónico emite ondas sónicas en el rango inaudible normalmente entre 30 y 300 kHz. Los filtros dentro del sensor de proximidad ultrasónico, comprueban si el sonido recibido es realmente el eco de las ondas sónicas emitidas. (Barbera, 2018)

### 2.1.7.2. CARACTERÍSTICAS

Hay que tener en cuenta las siguientes características en los sensores ultrasónicos: (Barbera, 2018)

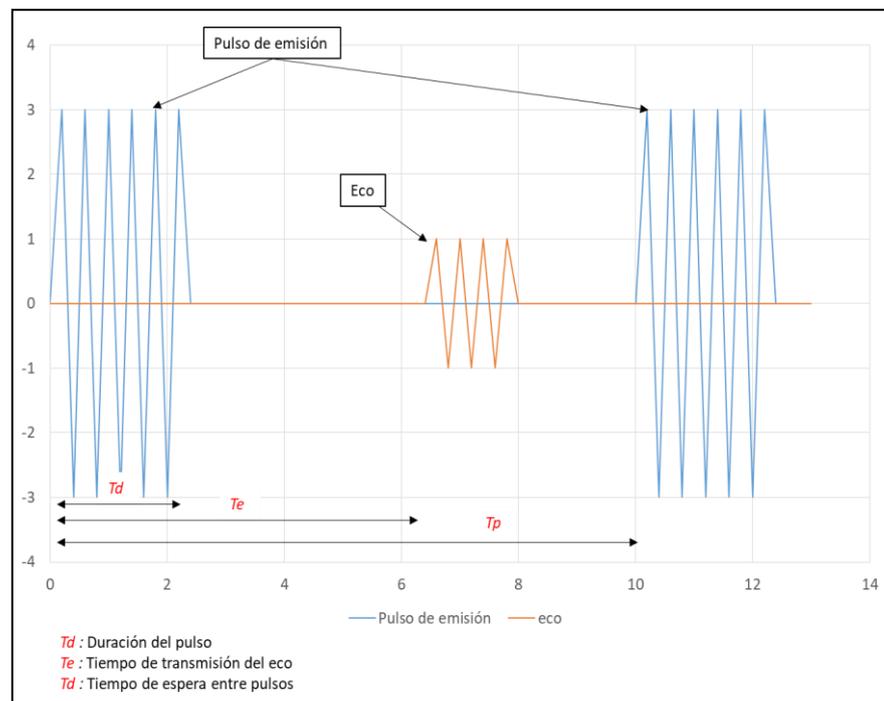
- **El alcance** del sensor tiene que ver con la duración del pulso emitido, este tiene que ser lo más corto posible pero con una energía suficiente para que llegue a los objetos más alejados.

El pulso debe ser corto para poder diferenciar objetos cercanos ya que si es muy largo y el eco llega cuando aún está

emitiendo el pulso no podrá diferenciar que está llegando el eco (señal que rebota en el objeto). De este principio se extrae la distancia mínima del sensor suele ser de 50 mm.

Se necesita que el pulso sea largo para poder identificar objetos a una larga distancia, ya que cuando más largo sea el pulso más energía emite y supera mejor la atenuación de la señal por el aire, la distancia máxima la limitará hasta donde es capaz de llegar la señal y la diferencia entre dos pulsos emitidos, es decir, si llega un eco de un objeto muy lejano cuando ya se ha emitido otro pulso el sistema podría entender que este eco es del segundo pulso y no identificar el objeto correctamente. La distancia máxima suele estar cercana a los 10m.

**Figura 2.15:** Tiempo de transmisión por pulso ultrasónico



**Fuente:** (Barbera, 2018)

- **Material del objeto a detectar**, pueden detectar una amplia gama de diferentes materiales. La detección es independiente de la forma, color y material, además el material puede ser sólido, fluido o en forma de polvo. Sin embargo los objetos que no son adecuados para los sensores ultrasónicos, son los materiales que absorben el sonido, tales como las telas gruesas, lana, algodón, gomaespuma. Por otro lado, es posible detectar estos materiales por medio de barreras ultrasónicas, poniendo un emisor a un lado y receptor al otro lado del emisor y si no pasa el sonido es que hay un objeto absorbente en el medio.

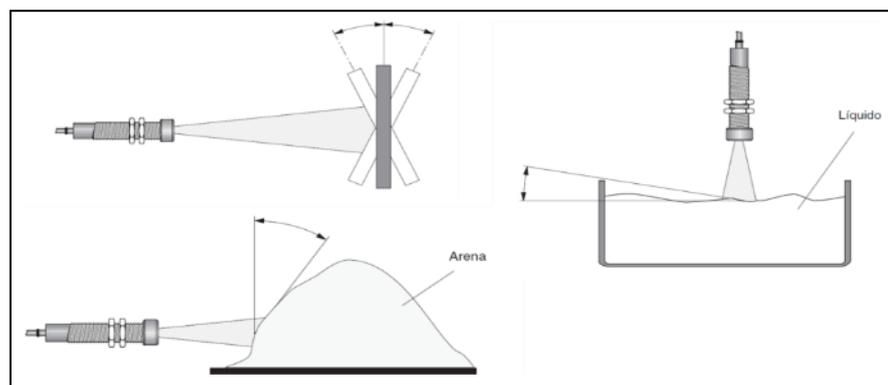
- **Interferencias**, como en la mayoría de los sensores hay que tener en cuidado si ponemos dos sensores ultrasónicos cercanos, ya que estos podría interferir uno con el otro.

El sonido ambiente no suele afectar a este tipo de sensores por el rango de frecuencias que utilizan. Pueden producirse pequeños cambios en la medida ocasionados por cambios bruscos en la temperatura y la humedad. En principio la suciedad no afecta.

- **Vida útil**, este sensor no tienen sensores que se puedan desgastar por el tiempo, entonces se prevé que la vida útil de este sea muy larga.

- **Velocidad de conmutación**, la respuesta de este tipo de sensores es relativamente lenta, la frecuencia de conmutación varía entre 1 y 125Hz (1s y 8 ms)
- **Inclinación del objeto**, En caso de que la superficie esta inclinada, el sensor ultrasónico no recibiría el eco de la señal. Los objetos con superficies lisas y regulares, no se podrán detectar si las desviaciones son de más de  $\pm 5^\circ$  de la perpendicular al sensor de proximidad

**Figura 2.16:** Efecto de inclinación de objetos



**Fuente:** (Barbera, 2018)

### 2.1.8. SENSORES NO INVASIVOS

El concepto de sensores próximos engloba toda tecnología que implique la obtención de información de un objeto cuando la distancia entre el sensor y el objeto es comparable o inferior a alguna de las dimensiones del sensor. Cuando esta monitorización no altera la integridad del objeto medido, se denomina también no-invasiva. En los últimos años se han desarrollado varios sensores próximos no-invasivos para la caracterización de parámetros biofísicos y fisiológicos de las plantas (TELEVITIS, S.F.)

### 2.1.9. ARDUINO

Arduino es una plataforma de hardware de código abierto, basada en una sencilla placa con entradas y salidas analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación Processing. Es un dispositivo que conecta el mundo físico con el mundo virtual, o el mundo analógico con el digital.

Sus creadores son el zaragozano David Cuartielles, ingeniero electrónico y docente de la Universidad de Mälmo, Suecia, y Massimo Banzi, italiano, diseñador y desarrollador web. El proyecto fue concebido en Italia en el año 2005.

Arduino puede tomar información del entorno físico a través de sus puertos de entrada; para ello, toda una gama de sensores se pueden usar para el control de luces, motores, pantallas y otros actuadores, creando una interfaz de comunicación de un sistema a otro. El microcontrolador en la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing).

Los proyectos realizados con Arduino pueden ejecutarse sin necesidad de conectarlo a un ordenador, si bien tienen la posibilidad de hacerlo y comunicar con diferentes tipos de software (Flash, Processing, MaxMSP).

Las placas pueden ser construidas a mano o comprarse montadas de fábrica; el software se puede descargar de forma gratuita. Los ficheros de diseño de referencia (CAD) están disponibles bajo una licencia abierta; así pues, eres libre de adaptarlos a tus necesidades. (Jiménez, 2016)

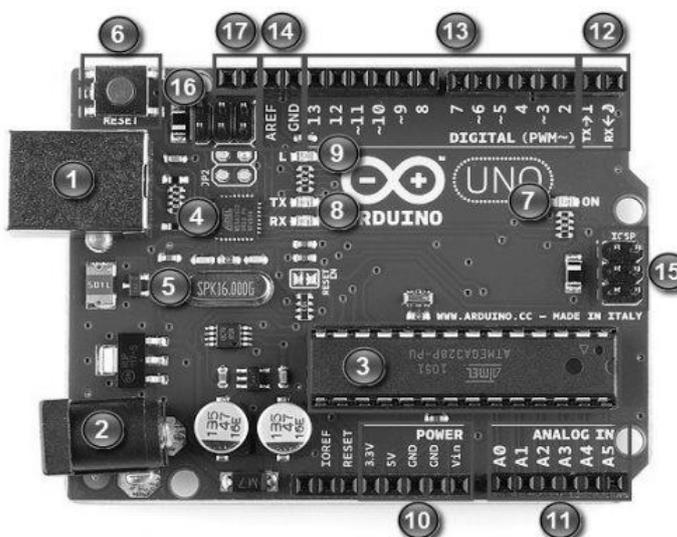
### 2.1.9.1. PLATAFORMA LIBRE

- **Hardware libre.** Se llama hardware libre, electrónica libre o máquinas libres a aquellos dispositivos de hardware cuyas especificaciones y diagramas esquemáticos son de acceso público, ya sea bajo algún tipo de pago o de forma gratuita. La filosofía del software libre es aplicable a la del hardware libre y por eso forma parte de la cultura libre. (Jiménez, 2016)
- **Software libre.** (También llamado Free Software) Es la denominación del software que respeta la libertad de todos los usuarios que adquirieron el producto y, por tanto, una vez obtenido el mismo, puede ser usado, copiado, estudiado, modificado y redistribuido libremente de varias formas. Según Free Software Foundation, el software libre se refiere a la seguridad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir y estudiar el software, e incluso modificarlo y distribuirlo. (Jiménez, 2016)

### 2.1.9.2. PLACA ARDUINO UNO Y SUS PARTES

Arduino UNO es una placa electrónica basada en el ATmega328P. Cuenta con 14 puertos digitales de entrada/salida (de los cuales 6 se pueden utilizar como puertos de salida PWM), 6 entradas analógicas, un resonador de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para desarrollar una infinidad de proyectos prácticos de electrónica. (Jiménez, 2016)

**Figura 2.17:** Placa arduino UNO y sus partes



**Fuente:** (Jiménez, 2016)

**Tabla 2.4:** Descripción de partes de arduino UNO

Nro.	Descripción de partes del arduino UNO
1	USB para el cable tipo AB
2	Conector de voltaje de 9 a 12 voltios
3	Microcontrolador ATmega328P, cerebro de Arduino
4	ATmega16U2 encargado de la comunicación USB con el PC
5	Cristal de cuarzo de 16 Mhz
6	Pulsador de Reset
7	LED verde de placa encendida
8	LED TX (Transmisor) y LED RX (Receptor) de comunicación serial
9	LED naranja conectado al pin 13
10	Puertos de voltaje 5 voltios, 3,3 voltios y tierra
11	Entradas analógicas
12	Puertos de recepción (RX→0) y transmisión (TX→1) serial
13	Puertos de E/S digitales y PWM
14	Puertos de referencia analógica y tierra
15	Puertos ICSP para programación serial
16	Puertos ICSP para interfaz USB
17	Puertos I2C (SDA, SCL)

**Fuente:** (Jiménez, 2016)

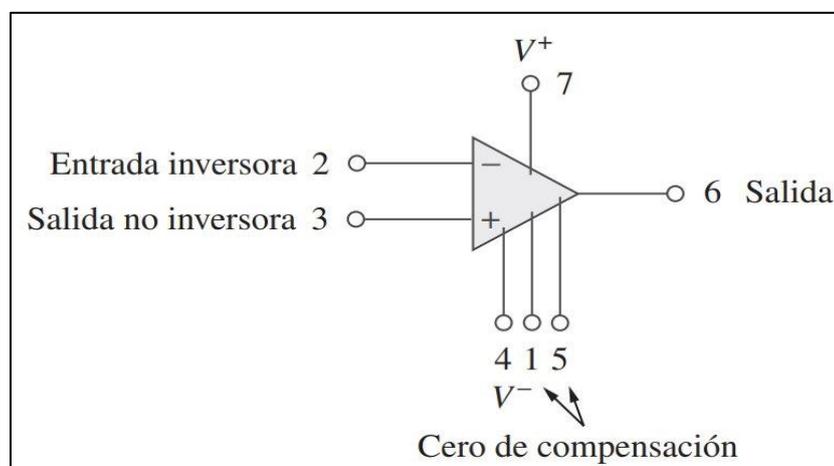
### 2.1.10. AMPLIFICADOR OPERACIONAL

El amplificador operacional es un dispositivo electrónico que consta de un complejo sistema de resistores, transistores, capacitores y diodos. Una exposición completa de lo que se halla dentro del amplificador operacional escapa al alcance de este libro. Aquí bastará con tratarlo como un componente de circuitos y con estudiar lo que ocurre en sus terminales. (Alexander & Sadiku, 2006)

Los amplificadores operacionales se venden en paquetes de circuitos integrados de diversas presentaciones. La terminal 8 no se usa, y las terminales 1 y 5 son de escaso interés para el objetivo de esta sección. Las cinco terminales importantes son:

- La entrada inversora, terminal 2.
- La entrada no inversora, terminal 3.
- La salida, terminal 6.
- El suministro de potencia positivo  $V^+$ , terminal 7.
- El suministro de potencia negativo  $V^-$ , terminal 4.

**Figura 2.18:** Símbolo de amplificador operacional



**Fuente:** (Alexander & Sadiku, 2006)

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. SENSOR FOTOELÉCTRICO**

Un sensor fotoeléctrico o fotocélula es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que percibe la luz generada por el emisor.

Todos los diferentes modos de sensado se basan en este principio de funcionamiento y están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.

Los sensores de luz se usan para detectar el nivel de luz y producir una señal de salida representativa respecto a la cantidad de luz detectada. Un sensor de luz incluye un transductor fotoeléctrico para convertir la luz a una señal eléctrica y puede incluir electrónica para condicionamiento de la señal, compensación y formateo de la señal de salida. Un sensor fotoeléctrico de tipo reflectivo se utiliza para detectar el haz de luz reflejado desde el objeto. Un sensor de tipo de haz de barrera se utiliza para medir el cambio en la cantidad de luz causado por el objeto al cruzar el eje óptico.

### **2.2.2. SENSORES**

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar diferentes tipos de materiales, con el objetivo de mandar una señal y permitir que continúe un proceso, o bien detectar un cambio; dependiendo del caso que éste sea.

Es un dispositivo que a partir de la energía del medio, proporciona una señal de salida que es función de la magnitud que se pretende medir. Dentro de la selección de un sensor, se deben considerar diferentes factores, tales como: la forma de la carcasa, distancia operativa, datos eléctricos y conexiones. De igual forma, existen otros dispositivos llamados transductores, que son elementos que cambian señales, para la mejor medición de variables en un determinado fenómeno.

### 2.2.3. TRANSDUCTOR

Es el dispositivo que transforma una magnitud física (mecánica, térmica, magnética, eléctrica, óptica, etc.) en otra magnitud, normalmente eléctrica. Los transductores y los sensores pueden clasificarse en dos tipos básicos, dependiendo de la forma de la señal convertida. Los dos tipos son:

- Transductores analógicos
- Transductores digitales

Los transductores analógicos proporcionan una señal analógica continua, por ejemplo voltaje o corriente eléctrica. Esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide.

Los transductores digitales producen una señal de salida digital, en la forma de un conjunto de bits de estado en paralelo o formando una serie de pulsaciones que pueden ser contadas. En una u otra forma, las señales digitales representan el valor de la variable medida. Los transductores digitales suelen ofrecer la ventaja de ser más compatibles con las computadoras digitales en la automatización y en el control de procesos.

#### **2.2.4. TERMINOLOGÍAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR**

Los siguientes términos se emplean para definir el funcionamiento de un sensor.

##### **2.2.4.1. Exactitud.**

La exactitud es la cualidad o grado de un instrumento de medida de dar una lectura próxima al verdadero valor de la magnitud medida. En decir el grado de conformidad de un valor indicado a un valor ideal, considerando este valor ideal como si fuera el verdadero. El grado de confiabilidad independiente es la desviación máxima entre la curva de calibración de un instrumento y una curva característica específica, posicionada de modo tal que se reduce al mínimo dicha desviación máxima.

##### **2.2.4.2. Precisión**

La precisión de la medición debe ser tan alta como fuese posible. La precisión significa que existe o no una pequeña variación aleatoria en la medición de la variable. La dispersión en los valores de una serie de mediciones será mínima.

##### **2.2.4.3. Velocidad de respuesta**

El transductor debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo mínimo.

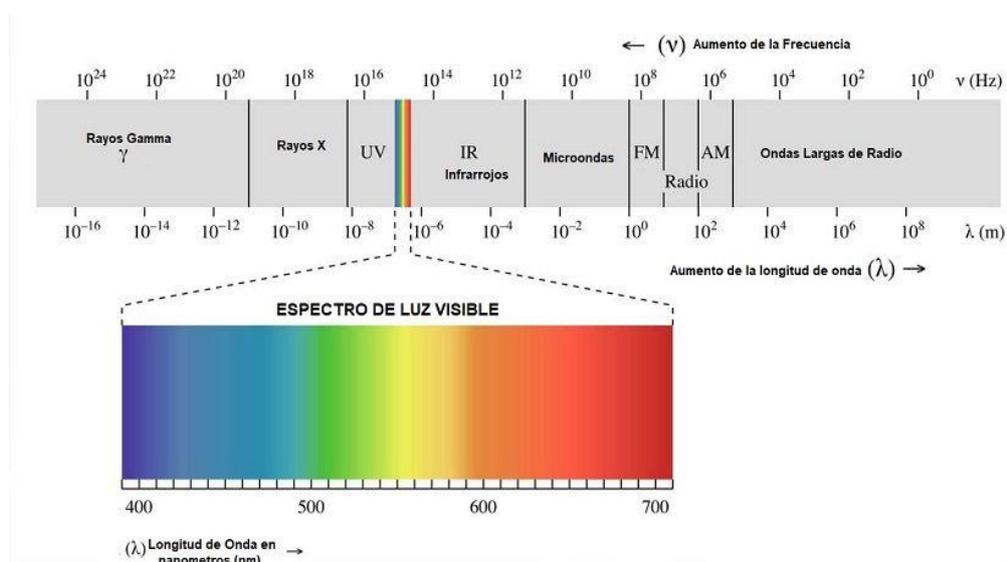
##### **2.2.4.4. Fiabilidad**

El sensor debe tener una alta fiabilidad. No debe estar sujeto a fallos frecuentes durante el funcionamiento.

### 2.2.5. ELECCIÓN DE SENSOR

Se eligió utilizar sensores y emisores de luz infrarroja, puesto que a lo estudiado en el párrafo anterior sería invisible para los alevines de trucha y esto no causaría molestias ni sería invasivo para los peces, ya que la radiación infrarroja, o radiación IR es un tipo de radiación electromagnética de mayor longitud de onda que la luz visible, pero menor que la de las microondas. Consecuentemente, tiene menor frecuencia que la luz visible y mayor que las microondas. Su rango de longitudes de onda va desde 800 nm a 2500 nm.

**Figura 2.19:** Espectro electromagnético



**Fuente:** (Algenfrei, s.f.)

### 2.2.6. NO INVASIVO

Las técnicas no invasiva también se considera como no violentas o no traumatizantes, se caracterizan por utilizar herramientas de medida que estén en contacto con el objeto de forma superficial o bien a cierta distancia de él.

Estas técnicas no presentan peligro para el voluntario, no son violentas y además tienen una gran sensibilidad ya que durante el trabajo se puede tomar muchas muestras, y emplear dispositivos para facilitar la observación directa.

### **2.2.7. ANÁLISIS**

Lo que denominamos análisis es un desmenuzamiento de un todo, que se descompone en partes con el fin de poder ser abordado en estudio. Entre las diferentes disciplinas académicas el análisis se puede realizar de diferentes maneras, aplicando diversas herramientas para abordar el objeto bajo estudio, pero todo análisis tiene un mismo fin: observar y estudiar un todo, de acuerdo a la estructura y las funciones de sus partes, para el posterior diagnóstico y en general, proponer acciones que mejoren o superen la situación actual del objeto estudiado.

### **2.2.8. SISTEMA**

Se entiende por un sistema a un conjunto ordenado de componentes relacionados entre sí, ya se trate de elementos materiales o conceptuales, dotado de una estructura, una composición y un entorno particulares. Se trata de un término que aplica a diversas áreas del saber, como la física, la biología y la informática o computación.

### **2.2.9. PRODUCCIÓN**

Proceso por medio del cual se crean los bienes y servicios económicos. Es la actividad principal de cualquier sistema económico que está organizado precisamente para producir, distribuir y consumir los bienes y servicios necesarios para la satisfacción de las necesidades humanas.

Todo proceso a través del cual un objeto, ya sea natural o con algún grado de elaboración, se transforma en un producto útil para el consumo o para iniciar otro proceso productivo. La producción se realiza por la actividad humana de trabajo y con la ayuda de determinados instrumentos que tienen una mayor o menor perfección desde el punto de vista técnico.

## **2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL**

El control e inventariado de alevines de trucha en el distrito de Ilave, será asistida por un sistema de control electrónico para que el proceso de conteo pueda realizarse con efectividad y eficiencia.

### **2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICO**

- A partir de evaluaciones experimentales de conteo manual, es posible identificar elementos relevantes y características particulares que debe contener un sistema de conteo de alevines para potenciar el proceso de conteo de manera no invasiva.

- La efectividad práctica del sistema contador de alevines será evaluada mediante la medición del tiempo y la viabilidad del diseño para que los registros de control sean eficientes y oportunos.
- Los procedimientos y prácticas utilizados para el manejo de alevines se mejorarán utilizando técnicas y diseños que apunten a controlar el riesgo de pérdidas por muerte de alevines.

## CAPÍTULO III

### 3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

Según los autores (Hernandez Sampieri, Fernández Collado, & Baptista, 2010), el enfoque de la investigación utilizado en la presente investigación es Cuantitativa, debido a que se usa recolección de datos para probar la hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

#### 3.1.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación es de tipo cuasi experimental, según los autores (Hernandez Sampieri, Fernández Collado, & Baptista, 2010), los diseños cuasi experimentales también manipulan deliberadamente, al menos una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes, solo que difieren de los experimentos "puros" en el grado de seguridad o confiabilidad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos. En los diseños cuasi experimentales los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están formados antes del experimento: son grupos intactos la razón por la que surgen y la manera como se formaron es independiente.

#### 3.1.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población utilizada en la investigación es finita porque se enfoca específicamente en alevines de trucha que existen en un criadero.

### 3.1.3.1. POBLACIÓN

La población con la que se realizó la investigación fueron los alevines de trucha que existen en el criadero de la CORPORACIÓN N.M.S. RIVET S.A.C. considerando  $N = 20000$  alevines comprendidos entre los 3 y 8 cm. que representan el 100% de la población dentro de la corporación.

### 3.1.3.2. MUESTRA

La muestra se obtuvo a través de la fórmula estadística para población finita utilizando un margen de error del 0.05%.

**Cálculo de muestra:**

$$m = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad \dots \dots \dots (3.1)$$

**Dónde:** m, tamaño de muestra

N, tamaño de la población = 20000 Alevines

Z, nivel de confianza = 1.96

p, probabilidad de éxito = 0.5

q, probabilidad de fracaso = 0.5

e, error muestral = 0.05%

Sustituyendo la fórmula se tiene:

$$m = \frac{20000 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (20000 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$m = \frac{19208}{50958}$$

$$m = 377$$

Por tanto la muestra tomada para la investigación es de 377 alevines de trucha que representan el 1.89% de la población total.

#### 3.1.4. TÉCNICAS

- **La observación cuantitativa.** Mediante esta técnica, se eligió las conductas, selección de alevines en estudio y se realizó el análisis cuantitativo sin producirse una interacción entre el observador y los alevines en estudio.
- **La entrevista.** Con esta técnica se realizó el recojo de información para recopilar perspectivas y experiencias del operador acerca del conteo manual alevines, los cuales fueron de importancia para entender la situación problemática.

#### 3.1.5. INSTRUMENTOS

- **Revisión de documentos y registros.** Que consiste en el acopio de la información sobre en la investigación, tales como revisión de publicación de investigaciones y registros de control que lleva la planta de producción de alevines.
- **Equipos de medición.** Se utilizó equipos de medición de temperatura y pH para registrar los valores del agua que se capta del manantial subterráneo. Las características del equipo se detallan en el ANEXO 5.

## CAPÍTULO IV

### 4.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

#### 4.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El terreno objeto de estudio del proyecto es la provincia de El Collao, distrito de Ilave, comunidad WENCCASI que está ubicado a 60 km hacia el sur oeste de la capital de provincia de El Collao, por encima de los 4300 m.s.n.m. en el altiplano de los andes centrales (meseta del Collao) y en las faldas del cerro WENCCASI, donde existe manantiales naturales de agua dulce, el cual es fuente de vida para el crecimiento y desarrollo de los alevines de trucha.

El siguiente cuadro muestra las características de los distritos de la provincia de EL COLLAO que fueron dados a conocer por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

**Tabla 4.1:** Distribución territorial de la provincia de El Collao

DISTRITO	KM <sup>2</sup>	%	ALTITUD	REGION
ILAVE	874.57	15.62	3847 MSNM	Sierra Altiplánica
CAPAZO	1039.25	18.56	4400 MSNM	Sierra Altiplánica
CONDURIRI	1005.67	17.96	3950 MSNM	Sierra Altiplánica
PILCUYO	157.00	2.80	3836 MSNM	Sierra Altiplánica
SANTA ROSA	2524.02	45.06	3960 MSNM	Sierra Altiplánica
<b>TOTAL</b>	<b>5600.51</b>	<b>100.00</b>		

**Fuente:** (INEI, 2014)

El mapa provincial de ubicación geográfica del lugar de estudio se muestra en la figura 4.1.

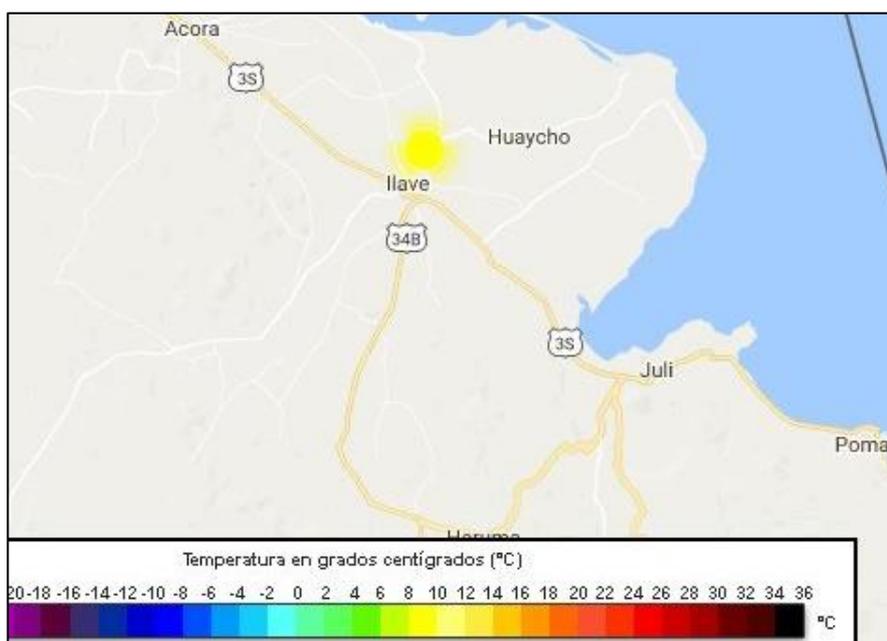
**Figura 4.1:** Mapa político de la provincia de El Collao



**Fuente:** INEI – Puno 2014

La temperatura ambiente en el lugar de la investigación se encuentra entre los 0 °C en horas de la noche y los 14 °C en horas del día, esto dependiendo también de las estaciones del año.

**Figura 4.2:** Temperatura ambiente - Ilave



**Fuente:** (SENAMHI, 2017)

## CAPÍTULO V

### 5.1 EXPOSICIÓN DE RESULTADOS

Para validar la hipótesis se verificó los elementos que están en permanente contacto con los alevines de trucha y que contribuyen directa o indirectamente con la estimación de cantidades así como el filtrado y flujo de agua proveniente del manantial, los cuales fueron prescindibles para tomar una decisión al realizar el diseño del sistema de conteo de alevines de trucha.

#### 5.1.1. INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA EXISTENTE

La infraestructura hidráulica en el lugar de investigación parte desde la bocatoma principal y recorre por un canal de agua pasando por el filtro desarenador hasta llegar a los estanques y/o artesas distribuidos por tubos PVC con llaves de paso según requerimiento de caudal:

##### 5.1.1.1. BOCATOMA Y CANALES

Se tiene un sistema natural de captación del curso nominal de agua desde un manantial existente en la zona y luego se lleva por canales naturales que garantizan el permanente abastecimiento de agua a la unidad productiva en cantidades que se expresarán con la ecuación de Manning:

$$Q = A \times V \dots \dots \dots (5.1)$$

**Dónde:** Q, caudal de agua por canal

A, área de sección transversal

V, velocidad del flujo de agua

Con los datos recogidos en el lugar de investigación se tiene que el área de la sección transversal del canal es  $0.045 \text{ m}^2$  y la velocidad estimada de flujo de agua es  $0.25 \text{ m/seg}$ . Reemplazando en la ecuación (5.1) se tiene:

$$Q = 0.045 \text{ m}^2 \times 0.25 \text{ m/seg}$$

$$Q = 0.01125 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q = 0.01125 \text{ m}^3/\text{seg} \times 1000 = 11.25 \text{ litros/seg}$$

**Figura 5.1:** Bocatoma y canal de agua



Elaboración propia

#### 5.1.1.2. DESARENADOR Y FILTRO

La unidad de producción de alevines cuenta con un desarenador que se ubica en el trayecto del canal principal y está construido con la finalidad de reducir la velocidad del agua, así permitiendo sedimentar las partículas en suspensión como grava y arena. También cuenta con rejillas para detener el ingreso de ciertos materiales sólidos que arrastra el agua al transitar por el canal.

**Figura 5.2:** Desarenador y filtro de agua

Elaboración propia

**5.1.1.3. ESTANQUES O ARTESAS**

Son recintos donde se almacena agua y están distribuidos de forma paralela y continuos con respecto al flujo del agua y tienen formas rectangulares de manera que el ancho es la décima parte del largo, esto con la finalidad de que se almacene y circule una determinada cantidad de agua y que hace las veces de un hábitat artificial capaz de satisfacer las exigencias biológicas de alevines en su medio natural y a fin de permitir el confinamiento de los alevines dependiendo el tamaño y etapa de crecimiento.

**Tabla 5.1:** Dimensión de artesas existentes

<b>ETAPA DE ALEVINAJE</b>	<b>LARGO (m)</b>	<b>ANCHO (m)</b>	<b>PROFUNDIDAD (m)</b>	<b>NIVEL DE AGUA (m)</b>
<b>INICIALES</b>	4 -5	0.4 – 0.5	0.5 – 1.0	0.4 – 0.8
<b>JUVENILES</b>	5 - 10	1.0 – 2.0	0.8 – 1.0	0.6 – 0.8

Elaboración propia

**Figura 5.3:** Estanques o artesas

Elaboración propia

### 5.1.2. TEMPERATURA Y pH DEL AGUA

Los valores de pH y temperatura del agua subterránea que alimenta al criadero de alevines de trucha del distrito de Ilave deberán de encontrarse dentro de; pH = 7.2 con variación de  $\pm 0.8$  y Temperatura =  $11^{\circ}\text{C}$  con variación de  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ . Si estos valores superan o disminuyen los parámetros, serían letales para la población de alevines que es objeto de la investigación, por tanto el personal operativo o encargado debe tener en monitoreo permanente así como se muestra en la figura 5.1, utilizando equipos para dicho propósito así como el citado en el ANEXO 5.

### 5.1.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE ALEVINES

Una vez las larvas reabsorbido su vesícula vitelina, nadan libremente y reciben el alimento sin dificultad, a partir de ese momento se denominan alevines y tienen una talla aproximada entre 3 y 8 cm.

La fase de alevinaje es uno de los períodos más críticos, donde se deben tener muchos cuidados en el manejo, pues de esto depende el éxito o fracaso de un criadero de alevines de trucha especialmente en tallas entre 3cm y 4 cm.

**Tabla 5.2:** Características físicas de alevines

ETAPA	TALLA (cm)	PESO (gr)
ALEVINOS	3	0.303
	4	0.721
	5	1.406
	6	2.512
	8	5.966
	10	11.44

Elaboración propia

**Figura 5.4:** Observando las características de los alevines



Elaboración propia

#### 5.1.4. MÉTODO DE CONTEO MANUAL

En el criadero de alevines de trucha de la CORPORACIÓN N.M.S. RIVET S.A.C. se utiliza la técnica de conteo directo individual (CDI) como técnica de conteo manual para cuantificar los alevines de trucha. El cálculo del número se realiza por medio del conteo individual (alevín por alevín) con la ayuda de una red de mano o colador.

**Figura 5.5:** Colador para contar alevines de trucha



Elaboración propia

##### 5.1.4.1. TIEMPOS DE CONTEO MANUAL

Los operadores del criadero de alevines de trucha optaron por utilizar prácticas de conteo de par en par, es decir que cada 2 unidades de alevines equivalen a una cuenta (2 alevines = 1 cuenta), algunos operadores con mayor experiencia utilizan prácticas de conteo hasta 5 unidades de alevines como una cuenta, esto con la finalidad de reducir el tiempos en las jornadas de conteo. Para la elaboración de esta investigación se utilizó las prácticas de conteo de cinco en cinco. (5 alevines = 1 cuenta)

Para llevar este proceso es necesario tener la disponibilidad de al menos un operador que realice el conteo de alevines de trucha con la ayuda de una red de mano (Colador), trasvasando los alevines de una artesa a otra o hacia un recipiente con agua.

**Tabla 5.3:** Tiempo de estimación por conteo manual

Item	Nº Alevines	Nº Operador	Tiempo de conteo de 1x2 (min : seg)	Tiempo de conteo de 1x5 (min : seg)
1	50	1	01:50	01:10
2	100	1	04:00	02:30
3	200	1	07:30	04:20
4	377	1	12:40	08:10

Elaboración propia

Dónde: 1x2 es el conteo de par en par (2 alevines = 1 cuenta)

1x5 es el conteo de cinco en cinco (5 alevines = 1 cuenta)

#### 5.1.4.2. CONTEO MANUAL UTILIZANDO PIEDRECILLAS

Para estimar la cantidad de alevines mayores a 100 o 200 unidades se utiliza las piedrecillas para que faciliten a secuenciar las cuentas en las jornadas de conteo, de tal modo que; cada vez que el operador lleva la cuenta de una centena lo registra con 1 piedrecilla, de esta forma el operador al finalizar la jornada hace el conteo de las piedrecillas para tener el registro final de la cantidad de alevines que se contaron en dicha jornada.

**Figura 5.6:** Piedrecillas para secuenciar las cuentas

Elaboración propia

**5.1.4.3. ERROR DE CONTEO MANUAL**

Al realizar prácticas de conteo manual de par en par y registrar las cantidades utilizando piedrecillas, los errores toman valores en el conteo de alevines y esto afecta en la comparación de registros de producción.

**Tabla 5.4:** Error promedio de conteo manual

<b>Item</b>	<b>N° Alevines</b>	<b>N° Operador</b>	<b>Error Promedio</b>	<b>Confiabilidad de conteo</b>
1	50	1	1.0 %	99.0 %
2	100	1	1.6 %	98.4 %
3	200	1	1.7 %	98.3 %
4	377	1	1.5 %	98.5 %
<b>Promedio de confiabilidad del conteo manual</b>				<b>98.55 %</b>

Elaboración propia

## 5.1.5. DISEÑO DE SISTEMA CONTADOR DE ALEVINES

### 5.1.5.1. DISPENSADOR PARA ALEVINES

Para llevar el proceso de conteo de alevines de trucha de forma automática se elaboró una estructura donde se consideró un recipiente circular (balde) con modificaciones para depositar los alevines de trucha a ser contados.

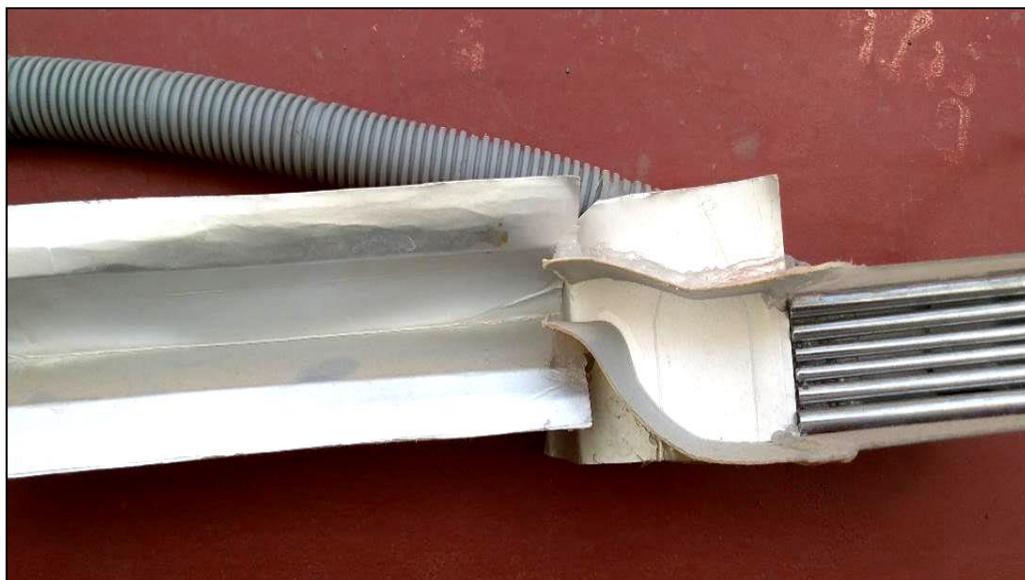
**Figura 5.7:** Dispensador de alevines



Elaboración propia

### 5.1.5.2. DISEÑO DE SUPERFICIE DE DESPLAZAMIENTO

Para el fácil desplazamiento de alevines junto al flujo de agua y a su vez tener una separación entre alevines para tener mejores respuestas de adquisición de datos con los sensores, se diseñó la estructura en forma de "V" y con un ángulo de  $20^\circ$  con respecto a la superficie recta.

**Figura 5.8:** Estructura de desplazamiento de alevines

Elaboración propia

### 5.1.5.3. UBICACIÓN DE SENSORES INFRARROJO

Los sensores infrarrojos encontraron la posición de ubicación en la última parte del proceso de trasvase, es decir al final de la estructura de desplazamiento de alevines, con la finalidad de que en ese punto se organizó el trasvase de forma lineal para que los alevines puedan ser contados uno a uno.

**Figura 5.9:** Ubicación de sensores en estructura

Elaboración propia

#### 5.1.5.4. ELECCIÓN DEL SENSOR

En el proyecto se consideró evaluar los tipos de sensores infrarrojos y ultrasónicos para cumplir con el propósito de conteo de alevines de trucha, en donde se evaluó los siguientes aspectos:

**Tabla 5.5:** Cuadro comparativo de sensores

ELEMENTO	SENSOR OPTICO INFRARROJO	SENSOR ULTRASÓNICO
OBJETO DETECTABLE	Detección afectada por materiales o colores	Detección no afectada por materiales o colores
DISTANCIA DETECCIÓN	Corta	Media
PRESICIÓN	Alta	Baja
VEL. RESPUESTA	Rápida	Lenta
RANGO MEDICIÓN	Pequeño	Grande

Elaboración propia

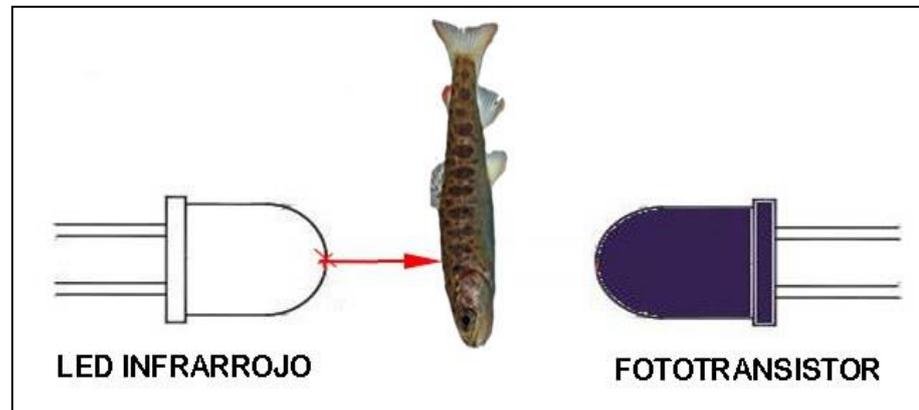
De la tabla 5.5 se concluye utilizar los sensores infrarrojos por la precisión y velocidad de respuesta, se utiliza en configuración directa o llamado sensor ON/OFF, para dicho propósito se tiene que organizar el trasvase que permita pasar solo un alevín a la vez.

#### 5.1.5.5. TRANSMISIÓN DIRECTA O BARRERA

El emisor se coloca en frente del receptor y el objeto es detectado cuando pasa entre ambos. Realizando las pruebas de configuración de los modos de detección, se concluye que esta es la configuración que tiene la ventaja de alcanzar mayores precisiones y ser inmune al flujo de agua y sus desventajas son la compleja alineación del emisor y el receptor y la cantidad de cables para la conexión.

El modelo utilizado es el sensor IR383 como emisor (ANEXO 2) y el fototransistor PT331C como receptor (ANEXO 3)

**Figura 5.10:** Modo de detección directa

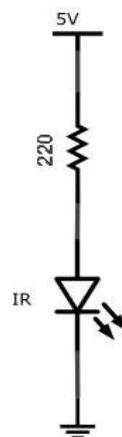


Elaboración propia

### 5.1.5.6. CIRCUITO ELECTRÓNICO PARA SENSORES

- **Emisor de luz infrarroja.** Estos dispositivos funcionan convirtiendo la corriente eléctrica en luz infrarroja y el cálculo de la resistencia que lo acompaña se realizó de acuerdo a su hoja de características y con el siguiente circuito:

**Figura 5.11:** Configuración de emisor IR



$$R = \frac{V_{in} - V_{led}}{I_{led}}$$

$$R = (5V - 1.2V)/0.02$$

$$R = 190 \Omega$$

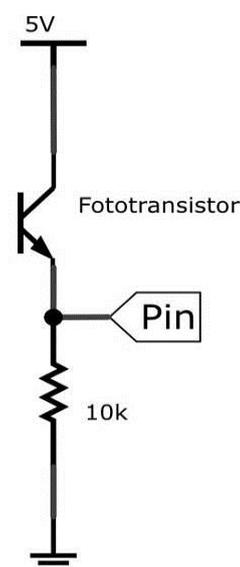
$$R = 220 \Omega \text{ Valor Comercial}$$

Elaboración propia

- **Sensor photo transistor.** Para el proyecto se consideró una configuración del sensor infrarrojo en serie con una resistencia de 10k, de tal forma que cuando ingrese un rayo de luz infrarroja a la base, el sensor photo transistor comience a conducir corriente y de esta manera provocar una caída de tensión sobre la resistencia proporcional a la luz en la entrada, al mismo tiempo la resistencia limita la corriente para evitar la destrucción del transistor.

Para los cálculos matemáticos se deprecia la caída de tensión entre colector y emisor por ser mínimos, y se calcula la corriente máxima dividiendo la tensión de alimentación por la resistencia, entonces la corriente máxima es de 0.5mA o puede ser menor aun cuando la base esté saturada de luz y el transistor en conducción máxima posible.

**Figura 5.12:** Configuración de fototransistor

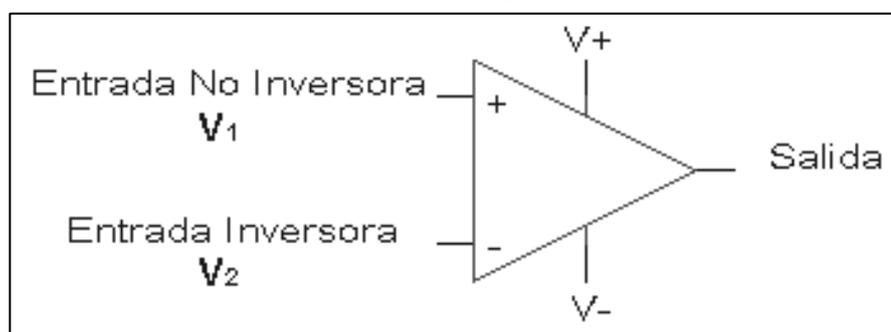


Elaboración propia

### 5.1.5.7. AMPLIFICADOR OPERACIONAL COMPARADOR

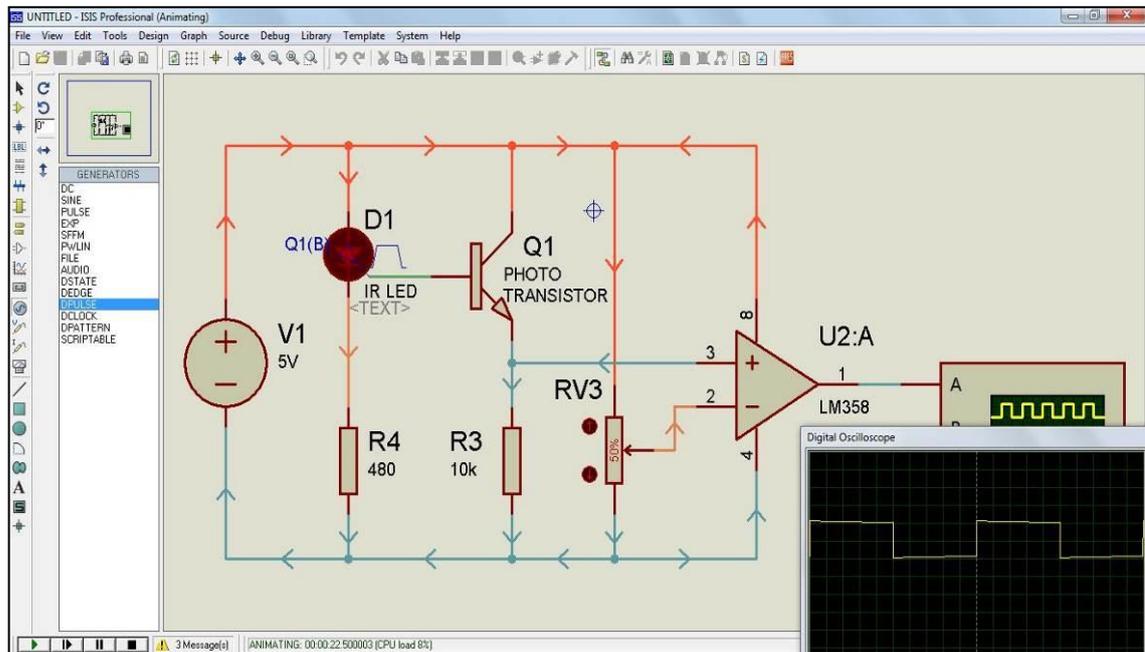
El amplificador operacional LM358 en lazo abierto, tiene una ganancia que tiende al infinito, por lo tanto funciona en -modo on/off para garantizar una señal digital en la salida, de modo que si  $V_1$  es mayor que  $V_2$ , la tensión a la salida será la alimentación positiva, alrededor de 3.6 volts y si  $V_2$  es mayor que  $V_1$  la salida será 0 volt, según hoja de características adjunto en el ANEXO 4.

**Figura 5.13:** Circuito amplificador operacional



Elaboración propia

Según la tensión del sensor photo transistor (si está por encima del voltaje de referencia o por debajo) se tiene una salida positiva o negativa (0 Volts) en el amplificador operacional, conforme a lo que se visualizó en la simulación con el software proteus.

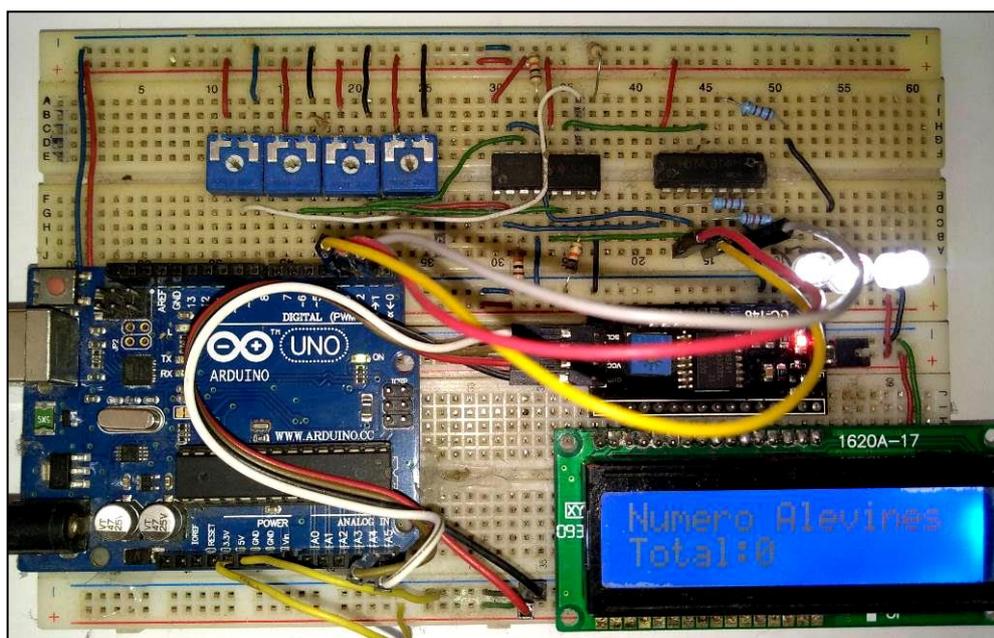
**Figura 5.14:** Simulación de circuito de adquisición de datos

Elaboración propia

### 5.1.5.8. PROGRAMACIÓN CON ARDUINO

Se utilizó una plataforma de creación de electrónica de código abierto (Arduino uno), donde los datos de los sensores son leídos de forma digital y procesados de forma paralela para que todos o algún sensor que detecta la presencia del paso de un alevín de trucha lo sumará al número anterior almacenado en la memoria del arduino y posteriormente esta información procesada es mostrada mediante una interfaz gráfica que en este caso es un display de cristal líquido de 2x16 segmentos.

**Figura 5.15:** Sistema contador de alevines con Arduino



Elaboración propia

## 5.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.2.1. TIEMPO DE CONTEO AUTOMÁTICO

Con la implementación del sistema de conteo de alevines se procedió a llevar una jornada de conteo de alevines utilizando el sistema electrónico y se recogió la siguiente información.

**Tabla 5.6:** Estimaciones por conteo automático

Ítem	Nº Alevines	Nº Operador	Tiempo de conteo (min : seg)
1	50	1	00:52
2	100	1	01:48
3	200	1	03:10
4	377	1	05:50

Elaboración propia

### 5.2.2. ERROR DE CONTEO

En la siguiente tabla se muestra la lectura de errores que se presentan al cuantificar los alevines con el sistema de conteo de alevines.

**Tabla 5.7:** Error promedio de conteo automático

Item	N° Alevines	N° Operador	Error Promedio	Confiabilidad de conteo
1	50	1	1.0 %	99.0 %
2	100	1	1.0 %	99.0 %
3	200	1	0.9 %	99.1 %
4	377	1	1.1 %	98.9 %
<b>Promedio de confiabilidad de contador automático</b>				<b>99.0 %</b>

Elaboración propia

Por lo tanto la precisión y fiabilidad del sistema contador de alevines implementado es del 99.0%, y con este valor se concluye que el sistema se asemeja a los equipos industriales diseñados por (Impexagency, 2010) y (Calitri-Technology, s.f.).

### 5.2.3. COMPARACIÓN DE TIEMPOS DE CONTEO

Comparando la tabla 5.3 y la tabla 5.6, se puede observar que hay una variación en los tiempos de conteo, esto debido a que en el conteo manual el factor humano es poco eficiente al realizar el trasvase y cuantificación de par en par. En consecuencia el sistema electrónico contador de alevines mejoró los procesos de trasvase y cuantificación en 27.3%, así como se muestra los resultados en la siguiente tabla 5.8.

**Tabla 5.8:** Optimización de tiempos

<b>N° Alevines</b>	<b>Tiempo de conteo manual 1x5 (min : seg)</b>	<b>Tiempo de conteo automático (min : seg)</b>	<b>Diferencia de tiempo (min : seg)</b>	<b>Diferencia de tiempo %</b>
50	01:10	00:52	00:18	25.71 %
100	02:30	01:48	00:42	28.00 %
200	04:20	03:10	01:10	26.92 %
377	08:10	05:50	02:20	28.57 %
<b>Optimización del tiempo de conteo</b>				<b>27.3 %</b>

Elaboración propia

#### 5.2.4. COMPARACIÓN DE ERROR DE CONTEO

El error dependerá de una buena concentración por el operador al momento de llevar las cuentas en el conteo manual, mientras que utilizando el sistema electrónico, el error será reflejado por la respuesta de los sensores a los posibles traslapes entre alevines al realizarse el trasvase, en la comparación de la tabla 5.4 y la tabla 5.7 se muestra la reducción del error de conteo en 0.45%, según tabla 5.9:

**Tabla 5.9:** El sistema electrónico reduce el error de conteo

<b>N° ALEVINES</b>	<b>Promedio de error de conteo manual</b>	<b>Promedio de error de conteo automático</b>	<b>Diferencia de error (%)</b>
50	1.0 %	1.0 %	0.0 %
100	1.6 %	1.0 %	0.6 %
200	1.7 %	0.9 %	0.8 %
377	1.5 %	1.1 %	0.4 %
<b>Reducción del error de conteo</b>			<b>0.45 %</b>

Elaboración propia

### 5.2.5. LA MORTALIDAD DE ALEVINES

Realizada las jornadas de conteo de alevines utilizando el método manual y automático, los alevines se ubicaron en 02 artesas para observar la sobrevivencia por cada método. Para esto se contaron el número de alevines muertos por artesa durante una semana posterior al manipuleo.

**Tabla 5.10:** Muerte de alevines por manipuleo

TECNICA	MANUAL		AUTOMATICO	
	DIA 1	DIA 7	DIA 1	DIA 7
<b>OBSERVACION</b>				
<b>MUERTE</b>	0	3	0	2
<b>SOBREVIVENCIA</b>	377	374	377	375

Elaboración propia

Por lo tanto el riesgo de muerte de alevines por manipuleo en el conteo se reduce en un 0.27% y esto representa el 99.47 % de alevines que sobreviven al realizar las jornadas de conteo utilizando el sistema contador de alevines. Los factores que afectan a la muerte de alevines en el conteo manual se deben por que al momento de realizar el conteo con la red de mano (colador) los alevines sufren un estrés porque son perseguidos en las artesas para poder ser atrapados en la red de mano, se expone cierto tiempo fuera del agua, razón por la cual el índice de mortalidad es elevada al realizar las estimaciones de cantidad utilizando el método de conteo manual.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación “Análisis y diseño de un sistema de conteo de alevines con sensores no invasivos, para una planta de producción de alevines del distrito de Ilave – El Collao” nos respalda con conocimientos para arribar a las conclusiones siguientes:

- Se implementó un prototipo del sistema contador de alevines con capacidad de conteo de 377 alevines de trucha en 5 minutos y 50 segundos, con una fiabilidad del 99.0%. con tan solo alimentar del flujo de agua de manera continua y el traslado de alevines de las artesas al dispensador con que cuenta el sistema contador por lo que el esfuerzo mental y físico del operador disminuyen.
- El tiempo estimado del conteo de alevines de trucha utilizando el sistema contador de alevines se mejoró en un 27.7% respecto al conteo manual y muchas veces esto puede variar  $\pm 5\%$  por la reacción de los alevines al momento de ser colocados en el dispensador, para ello el dispensador cuenta con un regulador de flujo de agua, con el cual se puede regular el flujo de agua de tal manera que los alevines sean desplazados con facilidad por el canal de paso.
- Se encontró que el 99.47% de alevines de trucha que se sometieron a las jornadas de conteo sobrevivieron, por lo cual se concluye que la consideración de materiales lisos y con acabados sin bordes afilados y que no reaccionen al contacto con los alevines fueron imprescindibles para evitar los daños que puedan sufrir los alevines así como daños de fracturas, ceguera o muerte en el proceso de conteo utilizando el sistema de conteo de alevines.

## RECOMENDACIONES

- Para mejorar el registro de la actividad de conteo de alevines se puede utilizar medios electrónicos que puedan guardar la información, o reproducirlo en medios físicos como hojas u otros medios de almacenamiento y que estén al alcance del productor o personal encargado en todo momento que lo requiera.
- Es recomendable instalar fuentes de energía que brinden una autonomía mayor a 3 horas para utilizar el sistema de conteo de alevines así como otros equipos que se requieran utilizar en el centro de producción de alevines, porque a la actualidad no se cuenta con una red de energía eléctrica en la zona ni otra fuente de energía permanente.
- Es recomendable implementar sistemas de conteo de alevines con estructuras que tenga más de 2 canales de transvase y trabajar con sensores de mayor precisión que sean inmunes al agua o se pueden utilizar sistemas con procesamiento de imágenes.
- Se recomienda tener especial cuidado al realizar la elaboración de estructuras, adecuación de sensores, manipulación y traslado de alevines, puesto que son bastante frágiles y por consecuencia cualquier movimiento inadecuado se reflejará en la muerte o daño que podrían sufrir los alevines de trucha.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. (2006). Fundamentos de Circuitos Electrónicos. México: The McGraw-Hill Companies.
2. Algenfrei. (s.f.). Ecological & Environment Friendly. Obtenido de <http://www.es.algenfrei.com/>
3. Ayala, O. d. (2014). Manual de Crianza de Trucha en Ambientes Convencionales. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero - FONDEPES., Pags. 11-14.
4. Barbera, J. C. (2018). Estudio de los sensores para la detección de obstáculos. Calayunta - España.
5. Calitri-Technology. (s.f.). Contador de Peces. Obtenido de <http://www.calitri-technology.com/>
6. Campo Díaz, V. (2013). Manejo Comparativo de Estanques Circulares y Rectangulares en el Cultivo de la Trucha Arco Iris. Huacho.
7. Cusirramos Cárdenas, E. F. (2013). Determinación del Factor de Conversión Alimentaria Para Tres Dietas. Arequipa - Perú.
8. Custodio, E. (2009). Aguas Subterráneas. España: Grupo Industrial de Artes Gráficas Ibersaf Industrial.
9. Hernandez Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista, M. (2010). Metodología de la investigación. México: McGRAW-HILL.
10. Impexagency. (2010). Fish and Fry Counters. Obtenido de <http://www.impexagency.dk/>
11. INEI. (2014). Instituto Nacional de Estadística e Informática. Obtenido de <https://www.inei.gob.pe/>
12. Jiménez, B. O. (2016). Guía práctica de arduino. España: RC Libros - ISBN: 978-84-943055-9-7.
13. Manual de capacitación comunitaria. (S.F.). Puno.

14. Meyer, D. E. (2007). Reproducción y cria de alevines de Tilapia. Tegucigalpa - Honduras.
15. SENAMHI. (Enero de 2017). Senahmi Puno. Obtenido de [www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)
16. TELEVITIS, I. d. (S.F.). Sensores No Invasivos. La Rioja - España.
17. Vizcaíno Restrepo, S. P. (2006). Operatividad De Embarcaciones Tipo "Wellboat". Valdivia - Chile.
18. Zielinski Toshiaki, H. B. (Octubre de 2006). Fisiología de Peces: Neurociencia de Sistemas Sensoriales. Canadá: Prensa académica 2007.

## ANEXOS

### ANEXO 1: Código de programación en Arduino

```
#include <Wire.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#define I2C_ADDR 0x27

LiquidCrystal_I2C lcd(I2C_ADDR,2, 1, 0, 4, 5, 6, 7);
const int buttonPin_1= 2;    //pin 2
const int buttonPin_2= 3;    //pin 3
const int buttonPin_3= 4;    //pin 4
const int ledPin = 13;
int buttonState_1= 0;        // Estado de puerto en 0
int buttonState_2= 0;        // Estado de puerto en 0
int buttonState_3= 0;        // Estado de puerto en 0
int valorSuma=0;
void setup() {
    lcd.begin (16,2);        // Inicializa el display
    lcd.setBacklightPin(3,POSITIVE);
    lcd.setBacklight(HIGH);
    lcd.home ();
    lcd.print("Numero Alevines");
    lcd.setCursor ( 0, 1 );
    pinMode(ledPin, OUTPUT);
    pinMode(buttonPin_1, INPUT);
    pinMode(buttonPin_2, INPUT);
    pinMode(buttonPin_3, INPUT);
    Serial.begin(9600);}
void loop() {
    buttonState_1= digitalRead(buttonPin_1); // Lee sensor 1
    buttonState_2= digitalRead(buttonPin_2); // Lee sensor 2
    buttonState_3= digitalRead(buttonPin_3); // Lee sensor 3
```

```
if (buttonState_1== HIGH ||buttonState_2== HIGH ||buttonState_3== HIGH)
{
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
  delay(400);
  digitalWrite(ledPin, LOW);
  valorSuma=valorSuma+1;
  Serial.println("el valor de valorSuma es: ");
  Serial.println(valorSuma);
  Serial.println("\n\r");
  lcd.home ();
  lcd.print("Numero Alevines");
  lcd.setCursor (0, 1 );
  lcd.print(valorSuma);
}
else {
  digitalWrite(ledPin, LOW);
}
}
```

**ANEXO 2: Hoja de datos del diodo emisor de luz infrarroja**



**Technical Data Sheet**

**5mm Infrared LED , T-1 3/4**

**IR383**

**Features**

- High reliability
- High radiant intensity
- Peak wavelength  $\lambda_p=940\text{nm}$
- 2.54mm Lead spacing
- Low forward voltage
- Pb free
- The product itself will remain within RoHS compliant version.

**Descriptions**

- EVERLIGHT'S Infrared Emitting Diode(IR383) is a high intensity diode , molded in a blue transparent plastic package.
- The device is spectrally matched with phototransistor , photodiode and infrared receiver module.



**Applications**

- Free air transmission system
- Infrared remote control units with high power requirement
- Smoke detector
- Infrared applied system

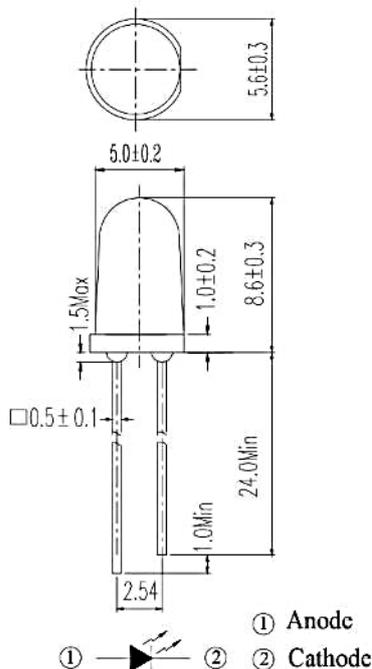
**Device Selection Guide**

LED Part No.	Chip	Lens Color
	Material	
IR	GaAlAs	Blue



**IR383**

**Package Dimensions**



- Notes:** 1. All dimensions are in millimeters  
2. Tolerances unless dimensions  $\pm 0.25\text{mm}$

**Absolute Maximum Ratings (Ta=25°C)**

Parameter	Symbol	Rating	Units
Continuous Forward Current	$I_F$	100	mA
Peak Forward Current *1	$I_{FP}$	1.0	A
Reverse Voltage	$V_R$	5	V
Operating Temperature	$T_{opr}$	-40 ~ +85	°C
Storage Temperature	$T_{stg}$	-40 ~ +85	°C
Soldering Temperature*2	$T_{sol}$	260	°C
Power Dissipation at(or below) 25°C Free Air Temperature	$P_d$	150	mW

- Notes:** \*1:  $I_{FP}$  Conditions--Pulse Width  $\leq 100 \mu s$  and Duty  $\leq 1\%$ .  
\*2: Soldering time  $\leq 5$  seconds.



**IR383**

**Electro-Optical Characteristics (Ta=25°C)**

Parameter	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
Radiant Intensity	Ee	I <sub>F</sub> =20mA	7.8	20	--	mW/sr
		I <sub>F</sub> =100mA Pulse Width ≤ 100 μs ,Duty ≤ 1%	--	80	--	
		I <sub>F</sub> =1A Pulse Width ≤ 100 μs ,Duty ≤ 1%.	--	800	--	
Peak Wavelength	λ <sub>p</sub>	I <sub>F</sub> =20mA	--	940	--	nm
Spectral Bandwidth	Δ λ	I <sub>F</sub> =20mA	--	45	--	nm
Forward Voltage	V <sub>F</sub>	I <sub>F</sub> =20mA		1.2	1.5	V
		I <sub>F</sub> =100mA Pulse Width ≤ 100 μs ,Duty ≤ 1%	--	1.4	1.8	
		I <sub>F</sub> =1A Pulse Width ≤ 100 μs ,Duty ≤ 1%.	--	2.6	4.0	
Reverse Current	I <sub>R</sub>	V <sub>R</sub> =5V	--	--	10	μ A
View Angle	2 θ 1/2	I <sub>F</sub> =20mA	--	20	--	deg

**Rank**

Condition : I<sub>F</sub>=20mA

Unit : mW/sr

Bin Number	M	N	P	Q
Min	7.80	11.0	15.0	21.0
Max	12.5	17.6	24.0	34.0

**ANEXO 3: Hoja de datos de sensor photo transistor**



**Technical Data Sheet**  
**5mm Phototransistor T-1 3/4**

**PT331C**

**Features**

- Fast response time
- High photo sensitivity
- Pb free

**Descriptions**

- PT331C is a high speed and high sensitive silicon NPN epitaxial planar phototransistor in a standard 5 $\Phi$  package. Due to is water clear epoxy the device is sensitive to visible and near infrared radiation.



**Applications**

- Infrared applied system
- Floppy disk drive
- Optoelectronic switch

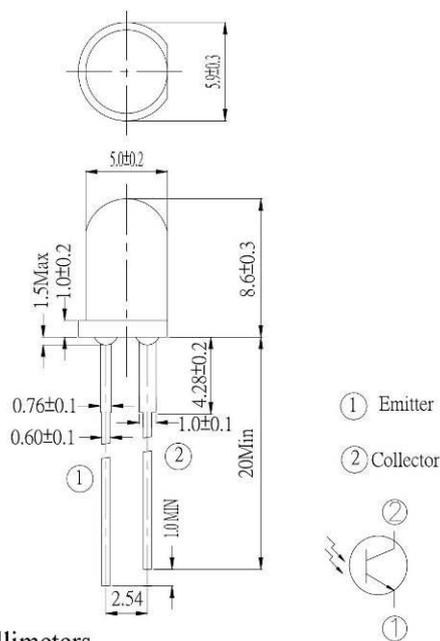
**Device Selection Guide**

LED Part No.	Chip	Lens Color
	Material	
PT	Silicon	Water Clear



**PT331C**

**Package Dimensions**



- Notes:** 1. All dimensions are in millimeters  
 2. Tolerances unless dimensions  $\pm 0.25\text{mm}$

**Absolute Maximum Ratings (Ta=25°C)**

Parameter	Symbol	Rating	Units
Collector-Emitter Voltage	$V_{CEO}$	30	V
Emitter-Collector-Voltage	$V_{ECO}$	5	V
Collector Current	$I_C$	20	mA
Operating Temperature	$T_{opr}$	-25 ~ +85°C	°C
Storage Temperature	$T_{stg}$	-40 ~ +85°C	°C
Lead Soldering Temperature	$T_{sol}$	260	°C
Power Dissipation at (or below) 25°C Free Air Temperature	$P_c$	75	mW

**Notes:** \*1: Soldering time  $\leq 5$  seconds.



**PT331C**

**Electro-Optical Characteristics (Ta=25°C)**

Parameter	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
Collector – Emitter Breakdown Voltage	$BV_{CEO}$	$I_C=100 \mu A$ $E_e=0mW/cm^2$	30	---	---	V
Emitter-Collector Breakdown Voltage	$BV_{ECO}$	$I_E=100 \mu A$ $E_e=0mW/cm^2$	5	---	---	V
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_C=2mA$ $E_e=1mW/cm^2$	---	---	0.4	V
Rise Time	$t_r$	$V_{CE}=5V$ $I_C=mA$ $RL=1000 \Omega$	---	15	---	$\mu S$
Fall Time	$t_f$		---	15	---	
Collector Dark Current	$I_{CEO}$	$E_e=0mW/cm^2$ $V_{CE}=20V$	---	---	100	nA
On State Collector Current	$I_{C(on)}$	$E_e=1mW/cm^2$ $V_{CE}=5V$	0.7	2.5	---	mA
Wavelength of Peak Sensitivity	$\lambda_p$	---	---	940	---	nm
Rang of Spectral Bandwidth	$\lambda_{0.5}$	---	---	400-1100	---	nm

**Rankings**

Parameter	Symbol	Min	Max	Unit	Test Condition
G	$I_{C(ON)}$	0.70	1.90	<b>mA</b>	$V_{CE}=5V$ $E_e=1mW/c m^2$
H		1.14	2.60		
J		1.77	3.61		
K		2.67	5.07		
L		4.18	7.07		

**ANEXO 4: Hoja de datos del circuito integrado LM358**



October 2005

**LM158/LM258/LM358/LM2904  
Low Power Dual Operational Amplifiers**

**General Description**

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional  $\pm 15V$  power supplies.

The LM358 and LM2904 are available in a chip sized package (8-Bump micro SMD) using National's micro SMD package technology.

**Unique Characteristics**

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.
- The unity gain cross frequency is temperature compensated.
- The input bias current is also temperature compensated.

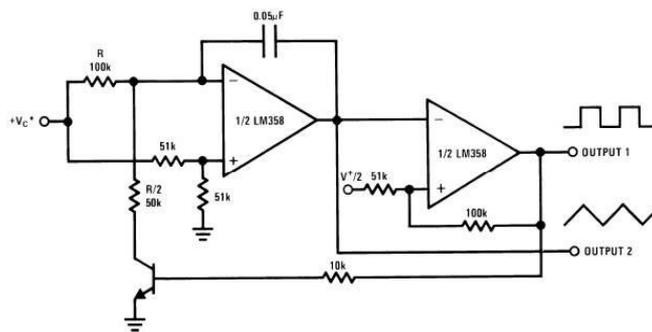
**Advantages**

- Two internally compensated op amps
- Eliminates need for dual supplies
- Allows direct sensing near GND and  $V_{OUT}$  also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

**Features**

- Available in 8-Bump micro SMD chip sized package, (See AN-1112)
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large dc voltage gain: 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain): 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
  - Single supply: 3V to 32V
  - or dual supplies:  $\pm 1.5V$  to  $\pm 16V$
- Very low supply current drain (500  $\mu A$ )—essentially independent of supply voltage
- Low input offset voltage: 2 mV
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing

**Voltage Controlled Oscillator (VCO)**



00778723

LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers

LM158/LM258/LM358/LM2904

### Absolute Maximum Ratings (Note 9)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/

Distributors for availability and specifications.

	LM158/LM258/LM358	LM2904
	LM158A/LM258A/LM358A	
Supply Voltage, V <sup>+</sup>	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Power Dissipation (Note 1)		
Molded DIP	830 mW	830 mW
Metal Can	550 mW	
Small Outline Package (M)	530 mW	530 mW
micro SMD	435mW	
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 2) V <sup>+</sup> ≤ 15V and T <sub>A</sub> = 25°C	Continuous	Continuous
Input Current (V <sub>IN</sub> < -0.3V) (Note 3)	50 mA	50 mA
Operating Temperature Range		
LM358	0°C to +70°C	-40°C to +85°C
LM258	-25°C to +85°C	
LM158	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature, DIP (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Lead Temperature, Metal Can (Soldering, 10 seconds)	300°C	300°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 10)	250V	250V

### Electrical Characteristics

V<sup>+</sup> = +5.0V, unless otherwise stated

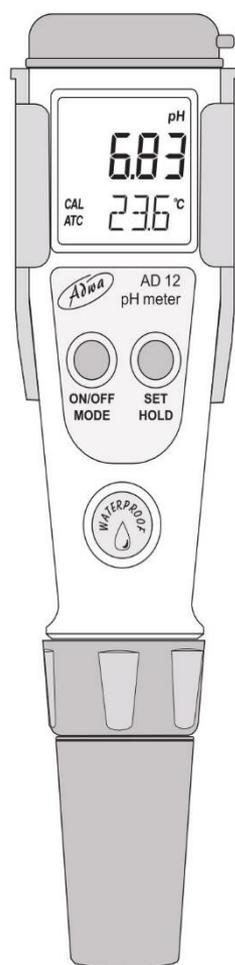
Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 5), T <sub>A</sub> = 25°C	1	2		2	3		2	5		mV
Input Bias Current	I <sub>IN(+)</sub> or I <sub>IN(-)</sub> , T <sub>A</sub> = 25°C, V <sub>CM</sub> = 0V, (Note 6)	20	50		45	100		45	150		nA
Input Offset Current	I <sub>IN(+)</sub> - I <sub>IN(-)</sub> , V <sub>CM</sub> = 0V, T <sub>A</sub> = 25°C	2	10		5	30		3	30		nA
Input Common-Mode Voltage Range	V <sup>+</sup> = 30V, (Note 7) (LM2904, V <sup>+</sup> = 26V), T <sub>A</sub> = 25°C	0		V <sup>+</sup> -1.5	0		V <sup>+</sup> -1.5	0		V <sup>+</sup> -1.5	V
Supply Current	Over Full Temperature Range R <sub>L</sub> = ∞ on All Op Amps V <sup>+</sup> = 30V (LM2904 V <sup>+</sup> = 26V) V <sup>+</sup> = 5V										
		1	2		1	2		1	2		mA
		0.5	1.2		0.5	1.2		0.5	1.2		mA

**ANEXO 5: Hoja de datos del medidor de Temperatura y pH**



**USER MANUAL**

**AD11 & AD12  
Waterproof pH Testers**



Dear Customer,

Thank you for choosing an Adwa product. Please read carefully this manual before starting operations.

These instruments are in compliance with the EMC Directive 89/336/EEC and Low Voltage Directive 73/23/EEC for electrical equipments.

For additional technical information, please e-mail us at [sales@adwainstruments.com](mailto:sales@adwainstruments.com).

**INTRODUCTION**

**AD11** and **AD12** are waterproof pH and temperature testers. The housing has been completely sealed against humidity.

All pH readings are automatically temperature compensated (ATC), and temperature values can be displayed in °C or °F units.

The meter can be calibrated at one or two points for pH with auto-buffer recognition and against five memorized buffer values.

Measurements are highly accurate with a unique stability indicator right on the LCD. The models are also provided with a low battery symbol which warns the user when the batteries need to be replaced.

The **AD11P** pH electrode, supplied with the meter, is interchangeable and can be easily replaced by the user.

The encapsulated temperature sensor allows fast and accurate temperature measurement and compensation.

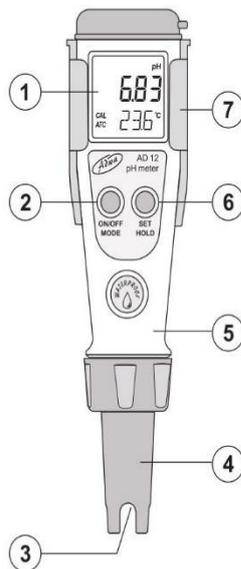
Each meter is supplied complete with:

- **AD11P** pH electrode
- 4 x 1.5V batteries, button type
- User manual

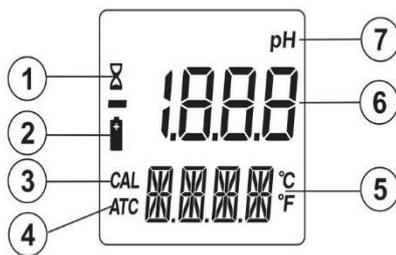
[www.adwainstruments.com](http://www.adwainstruments.com)

ISTAD12 09/14

**FRONT PANEL & DISPLAY**



1. Dual line LCD
2. ON/OFF/ MODE button
3. pH electrode & temperature sensor
4. Electrode body
5. Battery compartment (inside)
6. SET/HOLD button
7. Clip holder



1. Stability indicator (hourglass symbol)
2. Low battery warning indicator
3. Calibration mode / calibrated meter indication
4. ATC (Automatic Temperature Compensation) indicator
5. Secondary LCD level
6. Primary LCD level
7. Measurement unit for primary level

**TECHNICAL DATA**

<b>Range</b>	-2.0 to 16.0 pH (AD11) -2.00 to 16.00 pH (AD12) -5.0 to 60.0 °C / 23.0 to 140.0 °F
<b>Resolution</b>	0.1 / 0.01 pH 0.1 °C / 0.1 °F
<b>Accuracy (@25 °C/77 °F)</b>	±0.1 / ±0.01 pH ±0.5 °C / ±1 °F
<b>pH Calibration</b>	Automatic, 1 or 2 point with 2 sets of memorized buffers (pH 4.01/7.01/10.01 or 4.01/6.86/9.18)
<b>pH Electrode</b>	AD11P (included)
<b>Temperature Compensation</b>	Automatic
<b>Battery Type</b>	4 x 1.5V button type
<b>Battery Life</b>	Approx. 300 h of use
<b>Auto-off</b>	After 8 minutes of non-use
<b>Environment</b>	-5 to 50 °C (23 to 122 °F); RH 100%
<b>Dimensions</b>	175.5 x 39 x 23 mm
<b>Weight</b>	100 g

**ELECTRODES & SOLUTIONS**

- AD11P Spare pH electrode
- AD70004P pH4.01 buffer solution, 20 ml, 25 pcs.
- AD7004 pH4.01 buffer solution, 230 ml bottle
- AD70007P pH7.01 buffer solution, 20 ml, 25 pcs.
- AD7007 pH7.01 buffer solution, 230 ml bottle
- AD70010P pH 10.01 buffer solution, 20ml, 25 pcs.
- AD7010 pH 10.01 buffer solution, 230ml bottle
- AD7061 Cleaning solution, 230 ml
- AD70300 Storage solution, 230 ml