



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



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE
SISTEMA DE SEGURIDAD GEOLOCALIZABLE EN JAULAS
FLOTANTES PARA CRIADERO DE TRUCHAS EN EL LAGO
TITICACA – PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. SANDRA CONSUELO ACEITUNO CURO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

A mis padres Leandro y Maximiliana por su comprensión, su apoyo en los momentos buenos y malos de mi vida académica. Ya que su sabiduría y paciencia forjaron lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y empeño, y todo ello lo hicieron de manera incondicional y con mucho amor. A mi hermana Gladis y mi hermano José, quienes compartieron conmigo alegrías y tristezas, y estuvieron a mi lado apoyandome en todo momento. Mis logros importantes se los debo a ellos, incluyendo subir este peldaño de mi vida profesional.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la vida por darme la oportunidad de convertirme en profesional para seguir persiguiendo mis sueños y anhelos, por permitirme conocer a las personas adecuadas para dar éste paso importante. A los miembros integrantes del jurado por sus observaciones, así mismo, por su paciencia, y comprensión. Al director de ésta investigación, D.Sc. Ivan Delgado Huayta por el aliento para seguir adelante que me brindó cuando pensé que este proyecto no iba a completarse. Y, finalmente agradezco a quién lea éste apartado y más de mi tesis.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 11

ABSTRACT..... 12

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS..... 15

1.1.1 Objetivo general 15

1.1.2 Objetivos específicos..... 16

1.2 HIPÓTESIS 16

1.2.1 Hipótesis general 16

1.2.2 Hipótesis específicas 16

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ACUICULTURA DE LA TRUCHA ARCOÍRIS 17

2.1.1 Acuicultura 17

2.1.2 Trucha arcoíris..... 21

2.1.3 Cultivo de truchas y parámetros generales 24

2.1.4 Jaulas flotantes..... 26

2.1.5 Sistemas de seguridad relacionados a la acuicultura 31

2.2 LAGO TITICACA Y SU CUENCA..... 32



2.2.1	Características físico-químicas	33
2.3	SISTEMAS EMBEBIDOS.....	35
2.3.1	Elementos de un sistema embebido.....	36
2.3.2	Características de un sistema embebido	36
2.3.3	Hardware de un sistema embebido.....	37
2.3.4	Fundamentos de diseño de un sistema embebido.....	40
2.4	GEOLOCALIZACIÓN	42
2.4.1	Sistemas GNSS.....	42
2.4.2	Tecnología GPS	45
2.4.3	Google Maps	49
2.5	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	49
CAPÍTULO III		
MATERIALES Y MÉTODOS		
3.1	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	52
3.1.1	Tipo de investigación	52
3.1.2	Diseño de investigación.....	52
3.2	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	53
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA	53
3.3.1	Población de la investigación	53
3.3.2	Muestra de la investigación	53
3.4	MATERIAL EXPERIMENTAL	54
3.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR	
INFORMACIÓN.....		54
3.5.1	Técnicas	54
3.5.2	Medición.....	54



3.5.3 Instrumentos	54
3.6 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS ..	55
3.6.1 Procedimiento del experimento	55
3.6.2 Plan de tratamiento de datos	55
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1 ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO	56
4.1.1 Cifras del cultivo de trucha.....	56
4.1.2 Cifras de robo	57
4.2 DISEÑO DEL PROTOTIPO.....	58
4.2.1 Software.....	58
4.2.2 Hardware	60
4.3 RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	63
4.3.1 Prueba de funcionalidad del sistema	63
4.3.2 Prueba de Obtención de Coordenadas en Áreas Externas.....	64
4.4 DISCUSIÓN.....	67
V. CONCLUSIONES.....	70
VI. RECOMENDACIONES	71
VII. REFERENCIAS.....	72
ANEXOS.....	88

Área: Ingeniería Electrónica.

Línea: Automatización e Instrumentación.

Fecha de sustentación 10 de enero de 2022.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1:	Sistema acuático de base terrestre simple.....	19
Figura N° 2:	Sistema acuático de base terrestre sofisticado.....	19
Figura N° 3:	Sistema de base acuática.	20
Figura N° 4:	Sistemas de acuicultura extensivos.	21
Figura N° 5:	Ciclo de vida de la trucha arcoíris.	23
Figura N° 6:	Trucha arcoíris.....	24
Figura N° 7:	Jaula artesanal.....	27
Figura N° 8:	Jaula metálica.	28
Figura N° 9:	Jaula flotante cuadrada.	28
Figura N° 10:	Jaula flotante octogonal.....	29
Figura N° 11:	Jaula flotante circular.	29
Figura N° 12:	Jaula flotante en el año 2010.	30
Figura N° 13:	Jaula Flotante En El Año 2021.....	31
Figura N° 14:	Batimetría del lago Titicaca.....	33
Figura N° 15:	GNSS y GPS.....	44
Figura N° 16:	Arquitectura del sistema GPS.....	46
Figura N° 17:	Versión 1.8.16 de Arduino IDE.....	58
Figura N° 18:	Diagrama de flujo del programa.....	59
Figura N° 19:	Arduino Nano.	60
Figura N° 20:	Módulo SIM 808.	61



Figura N° 21:	Diagrama de conexión entre módulo GPS y Arduino Nano.	61
Figura N° 22:	Personalización del programa.....	63
Figura N° 23:	Salida del monitor serie de la implementación.....	64
Figura N° 24:	Puesta en marcha del sistema embebido.	65
Figura N° 25:	Primera muestra referente a la posición 1.	65
Figura N° 26:	Recepción de alarma recibido en el móvil.	66



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1:	Requerimientos físico - químicos para la producción de trucha.....	25
Tabla N° 2:	Principales regiones productoras de venta interna de trucha en tonelada (Tn) 2018	56
Tabla N° 3:	Infraestructura, jaulas ubicados a orillas del lago a 1 kilómetro al interior del lago Titicaca distrito de Chucuito.	57
Tabla N° 4:	Conexiones de conexión entre módulo GPS y Arduino Nano.....	62
Tabla N° 5:	Muestras recogidas.	66



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ALU	Unidad Aritmética Lógica
FONDEPES	Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero
GNSS	Sistema Global de Navegación por Satélite
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
LSI	Large Scale Integration
NRE	Non-Recurring Engineering
PC	Computadora Personal
PETT	Proyecto Especial Truchas Titicaca
PNIPA	Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura
RAM	Memoria de Acceso Aleatorio
ROM	Memoria de solo Lectura



RESUMEN

Los avances tecnológicos nos permiten desarrollar dispositivos que pueden ayudar en distintos ámbitos a las necesidades de las personas. El presente proyecto de tesis se realiza tomando en cuenta la necesidad de los productores dedicados a la acuicultura y el riesgo de robo que trae consigo, pues los peces enjaulados son asequibles a los pescadores furtivos. El diseño e implementación de un prototipo de sistema de seguridad con geolocalización permite mejorar la seguridad de las jaulas flotantes y envía, según la geolocalización, cuál jaula está siendo perpetrada, por ende se aprovecha la solución que ofrecen los sistemas de geolocalización, puesto que la información que brinda determina la localización de la jaula flotante del lugar de aplicación y en un momento determinado, enviando los datos de geolocalización procesados de tal forma que puedan ser directamente accedidos en un dispositivo móvil con Google Maps. El sistema muestra un margen de error aceptable en el entorno físico dentro del cual fue aplicado, y alerta al productor de un probable robo en una de las jaulas flotantes para criadero de truchas en el lago Titicaca.

Palabras Clave: Geolocalización, Seguridad, Jaulas Flotantes para Acuicultura.



ABSTRACT

Technological advances allow us to develop devices that can help people's needs in different areas. This thesis project is carried out taking into account the need of producers dedicated to aquaculture and the risk of theft that it entails, since caged fish are affordable to poachers. The design and implementation of a prototype of a security system with geolocation allows to improve the security of the floating cages and sends, according to the geolocation, which cage is being perpetrated, therefore the solution offered by geolocation systems is used, since the The information it provides determines the location of the floating cage of the place of application and at a certain time, sending the geolocation data processed in such a way that they can be directly accessed on a mobile device with Google Maps. The system shows an acceptable margin of error in the physical environment in which it was applied, and alerts the producer of a probable theft in one of the floating cages for a trout farm in Lake Titicaca.

Key Words: Geolocation, Security, Aquaculture Floating Cages.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La acuicultura es el conjunto de actividades orientada a la crianza de animales o plantas en el ambiente acuático, en un ambiente seleccionado y controlado. Ésta actividad se realiza de manera artesanal e industrial. (Mendoza, R., & Palomino, A., 2004).

La trucha es una especie de la familia de los salmónidos, no es autóctona del Perú, y fue introducida a fines de la década de los 40 proveniente de los Estados Unidos y Canadá. Inicialmente se instalaron centros de reproducción y capacitación en diversos lugares de la Sierra (Huancayo, Huaraz, Cusco, Arequipa, Cajamarca, Puno, etc. En muchas zonas se reproduce bien y constituye una fuente de alimento, trabajo e ingreso para la población (Ministerio del Ambiente, Julio de 2021). El Perú ocupó el quinto puesto a nivel mundial de producción de trucha en el año 2016 con 52,217 toneladas métricas, según consta en las cifras publicadas por el Ministerio de la Producción (Bohorquez Coria, 2018).

En el año 2016 la región Puno ocupó el primer lugar a nivel nacional en producción de truchas con 43,290 toneladas, le siguieron Huancavelica y Junín con 3,704 y 2,263 toneladas, respectivamente, según datos preliminares de la Oficina de Estudios Económicos de Produce (Programa Nacional a Comer Pescado [PNACP], 2017).

Actualmente existen más de 2.800 productores de trucha arcoíris, de los cuales, el 45% realiza una acuicultura de recursos limitados "AREL", 54% en pequeña y mediana empresa "AMYPE" y menos del 1% acuicultura de mediana y gran empresa "AMYGE" (Agencia Agraria de Noticias, 2021).



La calidad del agua del lago Titicaca y su cuenca son propicias para desarrollar actividades de acuicultura, particularmente del cultivo de trucha en jaulas flotantes. Esta actividad se desarrolla principalmente en jaulas flotantes artesanales y de producción intensiva (Cruz, R. C., & Hualpa, H. M., 2016). La capacitación de las comunidades campesinas y pescadores en la acuicultura, específicamente en el cuidado de las truchas en sus diversas etapas de crecimiento, ha sido un factor determinante para la mejora de su nivel de vida (Berger, C., 2020).

Existen programas del gobierno Peruano que apoyan a los productores de la actividad acuícola a nivel nacional como el Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura (PNIPA), que impulsa la creación de una agenda de innovación y la formación de una red de actores vinculados al cultivo, investigación, producción, comercialización y gestión de la cadena de valor de la trucha (Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura., 2018). La macrorregión Sur, compuesta por las regiones de Arequipa, Puno, Moquegua y Tacna, forman parte del Sistema Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura "PNIPA". (Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura., 2018).

Se encuentran también el Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero FONDEPES que promueve el desarrollo integral de la actividad pesquera artesanal y acuícola en el ámbito nacional, a favor de los pescadores artesanales y acuicultores (Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero, s.f.).

Actualmente en la Región de Puno existe el Proyecto Especial Truchas Titicaca (PETT)", que impulsa el programa de capacitación a acuicultores y se realiza en el marco del desarrollo del proyecto: "Mejoramiento de las Capacidades Tecnológicas en el Manejo de la Cadena Productiva de Trucha en la Región Puno" (Proyecto Especial Truchas Titicaca, 2020).



Los robos en las granjas acuícolas provocan pérdidas en los activos valiosos de los productores a través del robo de bienes y la destrucción de las instalaciones acuícolas; por lo tanto, se necesitan con urgencia sistemas para la prevención activa de estos robos (Instituto agua Viva, s.f.).

Una buena iluminación puede ayudar a la vigilancia de las jaulas, pero, al no tener acceso a ésta, una vez que oscurece, las granjas acuícolas son objetivos fáciles para el robo. Los acuicultores sufren dos tipos de robo: el robo para subsistencia, autoconsumo o comercio al menudeo bajo el argumento de necesidad; y el robo a gran escala, es éste último el más perjudicial (Peña, s.f.).

La presente propuesta, es desarrollar una solución que contribuya a la seguridad de las jaulas flotantes en la acuicultura, específicamente en la truchicultura, haciendo uso de tecnología accesible y moderna. Ésta propuesta al implementarse en el lago Titicaca beneficiará a los productores.

La presente investigación está estructurada como sigue. En el punto II se detalla la revisión de la literatura que da sustento teórico a la investigación. En el punto III se describe los materiales y métodos usados. Los resultados son discutidos en el punto IV. Y finalmente son presentadas las conclusiones (V), las recomendaciones (VI) y las referencias (VII).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

- Diseñar e Implementar un Prototipo de Sistema de Seguridad Geolocalizable en Jaulas flotantes para Criadero de truchas en el Lago Titicaca – Puno.



1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el entorno donde están ubicadas las jaulas flotantes para criaderos de trucha.
- Diseñar el prototipo Sistema de Seguridad Geolocalizable basado en sistemas embebidos y módulos de geolocalización.
- Implementar el prototipo Sistema de Seguridad Geolocalizable.

1.2 HIPÓTESIS

1.2.1 Hipótesis general

El diseño e implementación de un Prototipo de Sistema de Seguridad Geolocalizable en Jaulas flotantes para Criadero de truchas en el Lago Titicaca – Puno, ayuda a la gestión de la seguridad de las jaulas flotantes a los pequeños productores, e impide el robo furtivo.

1.3.2 Hipótesis específicas

- Las características del entorno donde se ubican las jaulas flotantes para criaderos de trucha otorgan las bases para el diseño del prototipo Sistema de Seguridad Geolocalizable.
- Un adecuado diseño en base a sistemas embebidos y módulos de geolocalización hace viable la implementación del prototipo Sistema de Seguridad Geolocalizable.
- La implementación del prototipo Sistema de Seguridad Geolocalizable informa las coordenadas del lugar donde se está perpetrando el robo.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ACUICULTURA DE LA TRUCHA ARCOÍRIS

2.1.1 Acuicultura

La acuicultura, según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), es una actividad dirigida a producir y engordar organismos acuáticos en su medio (Observatorio Español de Acuicultura, s.f.).

Puede ser definido también como el cultivo controlado de distintas variedades de especies comprendidas entre peces, moluscos, crustáceos y plantas, que tienen como entorno de desarrollo el medio acuático y que éstos pueden ser aprovechados por el ser humano.

Las referencias más antiguas sobre esta práctica datan de hace aproximadamente 4000 años, en China, y de 3500 años, en la Mesopotamia. Ya en la China antigua, durante la dinastía de Han Oriental (25 a 250 d.C.) fue documentada la producción combinada de arroz y de peces. La cría de peces también era practicada por los antiguos romanos de la época imperial, la cual, más tarde se convertiría en parte del sistema de producción alimentaria de los Monasterios Cristianos de Europa Central (MAGyP, s.f.). Esta actividad tiene una gran semejanza con la agricultura y la ganadería, más que con la misma pesca, ya que la práctica de ésta conlleva al manejo de los distintos recursos acuáticos vivos en un hábitat limitado que implica derechos de tenencia y propiedad de dichos recursos.

La acuicultura varía mucho según el lugar donde se lleve a cabo, desde la piscicultura de agua dulce en los arrozales de Vietnam hasta la cría de camarón en estanques de agua salada en las costas de Ecuador, y la producción de salmón en jaulas en las costas de Noruega o de Escocia (FAO Sala de Prensa en Profundidad, 2003).



Las primeras versiones de acuicultura en el Perú están dadas por los historiadores de la conquista, que relatan las costumbres de las poblaciones costeras de aprovechar los cuerpos de agua cercanos al mar, para conectarlos con éste mediante canales que permitían el ingreso de peces diádromos, presumiblemente “lisas”, para engordarlos y disponer de ellas en el momento deseado (Vera, 1984). Por los años de 1920, se comienza a tomar acciones en el campo de la acuicultura continental, y es así que en 1925 se realiza la introducción de la “trucha arco iris” cuyo nombre científico es *Oncorhynchus mykiss* (Robles Ibazeta).

La acuicultura en el Lago Titicaca tiene sus inicios en los años 40, con la instalación de la primera piscigranja en Chucuito en el año de 1939. Dentro de las 5 especies de salmones introducidos al lago, primero con fines de repoblación y segundo, con fines de crianza intensiva, la que más se adoptó para el manejo fue la trucha arco iris (Cruz & Hualpa, 2016). Con el pasar del tiempo se desarrollaron distintos sistemas de acuicultura, ya sea en un ambiente marino de agua salada o dulce. Los sistemas pueden ser de base terrestre o de base acuática:

- **Los sistemas de base terrestre:** Comprenden principalmente estanques, arrozales y otras instalaciones construidas sobre tierra firme. Los estanques constituyen los sistemas de acuicultura más comunes, pudiendo variar desde pequeños, rudimentarios, con equipos de alimentación por gravedad, hasta los grandes geométricos, construidos empleando maquinarias y que implican un sofisticado régimen de gestión del agua (Tkachuk, 2007).



Figura N° 1: Sistema acuático de base terrestre simple.

Fuente: Tkachuk (2007).



Figura N° 2: Sistema acuático de base terrestre sofisticado.

Fuente: Maximixe Consults (2010).

- **Los sistemas de base acuática:** Estos sistemas Incluyen recintos, corrales, jaulas y balsas, y se sitúan habitualmente en costas protegidas o aguas

interiores. Los recintos son formados mediante el cierre de una bahía natural, con una barrera sólida, de red o malla (MAGyP, s.f.).



Figura N° 3: Sistema de base acuática.

Fuente: MENDOZA (2010).

- **Los sistemas de acuicultura extensiva y semi-intensivos** son los que generan la mayor parte de la producción acuícola. Habitualmente, los sistemas de producción extensivos utilizan tecnologías poco sofisticadas, emplean alimentos naturales producidos por el propio medio y usan una baja proporción de insumos por unidad de producto.



Figura N° 4: Sistemas de acuicultura extensivos.

Fuente: Agencia Agraria de Noticias (2015).

2.1.2 Trucha arcoíris

La trucha arco iris, perteneciente a la familia de los salmónidos, es un pez robusto y fácil de desovar, además éste pez es de rápido crecimiento y se caracteriza porque es tolerante a diferentes medios acuáticos.

Morfología

Cuerpo de forma alargada, fusiforme con 60-66 vértebras, 3-4 espinas dorsales, 10-12 rayos dorsales blandos, 3-4 espinas anales, 8-12 rayos anales blandos, 19 rayos caudales. Aleta adiposa presente, usualmente con borde negro. Sin tubérculos nupciales, pero ocurren cambios menores en la cabeza, boca y color de los machos desovantes. Coloración azul a verde oliva sobre una banda rosada a lo largo de la línea lateral y plateada por debajo de ella. Lomo, costados, cabeza y aletas cubiertas con pequeños puntos negros. La coloración varía con el hábitat, tamaño, y condición sexual (Stoumboudi, Barbieri & Kalogianni, 2017).



Ciclo de Vida

La reproducción de las truchas arcoíris es cíclica, esto significa que tiene lugar una vez al año y en una época determinada. El desove de éste salmónido se da en el periodo comprendido entre los meses de noviembre a febrero, pero que este fenómeno está condicionado por la influencia de las condiciones climáticas ambientales (Batallas Canchig, M2018). Generalmente se describen cinco etapas en el ciclo de vida de la trucha arco iris que son:

- **Huevo:** Una vez hecha la fertilización de los huevos, éstos son incubados en el nido construido por la hembra; la velocidad de desarrollo de los huevos depende en gran medida de la temperatura del agua, la óptima se sitúa entre los 8°C y 12°C. A una temperatura de 10 °C la eclosión del alevín será a los 31 días, mientras que a 15.6 °C la eclosión será a los 19 días (Vargas Rivera & Valdez Rojas [Piscifactoría Peña SAC]; PRA Buenaventura, 2015 [Cáritas del Perú]).
- **Alevín:** Una vez concluido el desarrollo embrionario, el alevín eclosiona y se alimenta de las reservas nutricionales contenidas en el saco vitelino durante dos o cuatro semanas dependiendo de la temperatura. Cuando estas reservas se agotan y el saco vitelino ha sido absorbido, el alevín se transforma en cría y asciende a la superficie; esta fase dura entre 14 y 20 días (Piscifactoría Peña SAC; Cáritas del Perú, 2015).
- **Cría:** En esta etapa empiezan a nadar más libremente y buscan el alimento por si solos. A medida que van creciendo y sobreviviendo, las crías continúan su desarrollo, cuyo ritmo depende de una serie de factores, la alimentación, la temperatura y la duración del día (Piscifactoría Peña SAC; Cáritas del Perú, 2015).
- **Juvenil:** Ya en esta etapa ya tienen hábitos propios de la especie, como ser activos y nadar contra la corriente, atrapar sus presas para alimentarse,

haciéndolo con pequeños peces de otras especies. Se diferencian de los adultos porque aún no han madurado sexualmente (Mamani Lino, 2018).

- **Adulto:** una buena parte de las truchas de una determinada población maduran entre los 15 y 18 meses de edad, depende mucho del hábitat, sin embargo, la mayoría alcanza su madurez dos meses después. Cuando ocurre la maduración, los peces cambian de coloración, de tal manera que adquiere las características típicas de la trucha adulta (Mamani Lino, 2018).

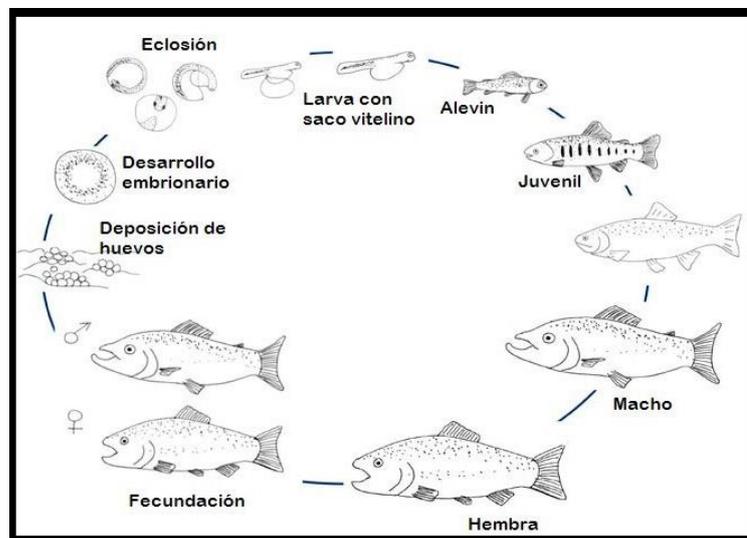


Figura N° 5: Ciclo de vida de la trucha arcoíris.

Fuente: Agrotendencia (s.f.).

Hábitat

Tiene la capacidad de ocupar muchos hábitats diferentes, que abarcan desde un ciclo de vida anádromo (la cepa conocida como cabeza de acero "steelhead"), que vive en el océano pero desova en ríos y corrientes con fondos de grava, flujos rápidos y bien oxigenados, llegan a habitar permanentemente en lagos. La cepa o linaje anádromo es conocida por su crecimiento rápido, alcanzando 7-10 kg dentro de 3 años, mientras que la cepa de agua dulce sólo puede alcanzar 4.5 kg en el mismo lapso (Ojolick, Cusack, Benfey, & Kerr, 1995).



Figura N° 6: Trucha arcoíris.

Fuente: Sommantico (2018).

2.1.3 Cultivo de truchas y parámetros generales

2.1.3.1 Etapas de cultivo de truchas

Las etapas de cultivo de la trucha son indispensables ya que el producto final depende de las buenas condiciones de aplicación de cada etapa. Según FONDEPES (2014), el cultivo de truchas tiene tres etapas las cuales se describen a continuación:

- a) Alevinaje:** En esta etapa el cultivo de trucha arcoíris comprende desde su talla promedio de siembra mayor o igual a 5cm hasta alcanzar los 10cm generalmente con un peso promedio de 120 gr. Esta etapa tiene una duración aproximada de tres meses, depende de los factores del ambiente. El alimento debe ser adicionado a saciedad, a fin de que el alevín se acostumbre a comer a cabalidad (FONDEPES, 2014; De la Oliva, 2011).
- b) Juvenil:** Esta etapa comprende el cultivo de trucha arco iris, desde su talla promedio de 10 cm hasta alcanzar los 17 cm, con peso promedios de 68.0 g, aproximadamente. Esta fase tiene una duración aproximada de 02 meses, en condiciones normales de crianza. En esta fase, son alimentados con alimento balanceado tipo crecimiento (FONDEPES, 2014; De la Oliva, 2011).

c) **Engorde:** Esta etapa comprende el cultivo de trucha arco iris, desde su talla promedio de 17 cm hasta alcanzar los 26 cm., equivalente a un peso promedio de 250 g (tamaño plato). Esta fase tiene una duración aproximada de 3 meses. En esta etapa se puede suministrar alimento balanceado acabado con pigmento, con la finalidad de dar la coloración salmonada a la carne (FONDEPES, 2014; De la Oliva, 2011).

2.1.3.2 Calidad del agua

La calidad del agua es decisiva ya que dependerá de ésta el éxito o el fracaso de la crianza de organismos acuáticos en cautividad con fines comerciales (Phillips, V., Tschida, de Comunicaciones, & Hernández, 2008). Según Piludo (2020), se deben considerar los requerimientos físico-químicos del agua mostrados en la tabla N° 1, necesarios para el establecimiento de jaulas para la producción de trucha.

Tabla N° 1: Requerimientos físico - químicos para la producción de trucha.

Factor	Unidad	Rango permisible	Valor óptimo
Oxígeno disuelto	Ppm	5 – 10	8.5
Temperatura	°C	9 -17	15
pH	pH	6.5 – 8	7
Alcalinidad total	Ppm	50 – 250	120
Turbidez	Secchi	0 – 2	1.5
Dureza total (CaCO3)	Ppm	50 – 250	150
Dióxido de carbono	Ppm	0 - 4	Menor a 1

Fuente: Piludo (2020).



2.1.4 Jaulas flotantes

Estas estructuras son recintos controlados en un cuerpo de agua, de altura, esto es: lagos, embalses y represas que tienen óptimas condiciones para la práctica de cultivo acuático, en éstos se realiza el cultivo de truchas para su crecimiento y engorde. Son contruidos a base de redes u otro material que le den la condición de poder realizar esta actividad (Gómez Mulluni, 2017).

La acuicultura de la trucha o truchicultura en sistema de jaulas flotantes data de las primeras experiencias en el año 1977 con la instalación de las “redes trampas fijas” una tecnología japonesa, en la zona de Kajje – Chucasuyo (Juli) donde se instalaron estas infraestructuras (Mantilla Mendoza, 2004). Sin embargo esta instalación no tuvo mucho éxito entonces esta forma de cultivo fue desechada, para que posteriormente se aplique un método más moderno que permita realizar esta actividad acuícola.

Cabe mencionar que la instalación de las primeras jaulas flotantes modernas data de finales de los años 70, donde las jaulas eran de 50 m de largo, 25 m de ancho y 7 m de profundidad, donde se realizó una primera siembra de 50 000 alevines con resultados muy alentadores (Mantilla Mendoza, 2004).

2.1.4.1 Componentes de la jaula flotante

Los componentes pueden variar ligeramente de acuerdo a la zona donde se lleve a cabo la actividad de la acuicultura, sin embargo una explicación general de los componentes básicos lo explican; Pérez & Robledillo (1989), en su trabajo “Psicultura en Jaulas Flotantes”, en donde mencionan los siguientes:

- **Estructura sustentante:** Dan rigidez y forma a la malla o red que delimita un volumen de agua. La planta puede tener formas muy diversas: circular, cuadrada, rectangular, hexagonal, octogonal, etc.

- **Recinto contenedor o red:** Es en donde se introducen los peces para proceder a su cultivo.
- **Sistema de flotación:** Depende del tipo de estructura que la sustenta, pero en ningún caso debe tener una capacidad inferior a los treinta kilos de flotación por metro cuadrado de superficie de la jaula en planta.
- **Sistema de anclaje:** Significa complementar a la jaula con un sistema de anclaje para evitar su desplazamiento incontrolado por la posible acción de vientos o corrientes.

2.1.4.2 Clasificación de las jaulas flotantes

Según FONDOEMPLEO (2010), se consideran clasificaciones según el tipo de infraestructura y la forma, a continuación se describe cada uno de estos tipos y formas.

Por el tipo de infraestructura

- **Jaula flotante artesanal:** En la región de Puno y otras zonas altoandinas las jaulas flotantes son construidas de manera artesanal construida con palos de eucalipto, formando una estructura cuadrada en la mayoría de casos, estando unidos a cilindros plásticos generalmente y sobre este sistema descansa el recinto contenedor o red (Mendoza, R., Palomino, A., 2004).



Figura N° 7: Jaula artesanal.

Fuente: FONDOEMPLEO (2010).

- **Jaula flotante industrial:** Actualmente fue introducido el sistema de jaulas flotantes metálicas, éstas estructuras cuentan con un sistema de flotación diseñado para cultivos de volúmenes grandes, además de que permite un manejo más eficiente ya que cuentan con pasarelas por las que se puede transitar para hacer el control y la alimentación respectiva (Mendoza, R., Palomino, A., 2004).



Figura N° 8: Jaula metálica.

Fuente: Quispe Laura (s.f.).

Por su forma

- **Cuadradas:** Son de uso más frecuente y de manipuleo más cómodo, aplicado tanto en artesanales y metálicas.



Figura N° 9: Jaula flotante cuadrada.

Fuente: PATTY (s.f.).

- **Poligonales:** De forma hexagonales, y/u octogonales; se aprecia en algunas zonas y es tipo artesanal.



Figura N° 10: Jaula flotante octogonal.

Fuente: Venta de jaulas flotantes Puno Arequipa Cusco (2019).

- **Circular metálica:** De forma circular generalmente son de medidas de 30 metros de diámetro, y alberga aprox. más de 15 a 30 toneladas.



Figura N° 11: Jaula flotante circular.

Fuente: Núñez Basáñez, Pérez Rojas, Paino Monsalve & Pérez Arribas (2009).

2.1.4.3 Efectos de la construcción de jaulas metálicas

Sin duda los efectos de la instalación de estos cuerpos no naturales en el hábitat acuícola de distinta especies, trae consigo reacciones y modificaciones de diferentes maneras.

La influencia de las instalaciones acuícolas en el medio ambiente depende básicamente de las cualidades físicas, químicas y biológicas de la masa de agua afectada y de las características ecológicas específicas de la zona en que se encuentren ubicadas (Molina Domínguez, & Vergara Martín, 2011). Según Piludo (2020), los efectos que la construcción de jaulas y corrales tienen en una masa de agua son principalmente tres:

- Ocupan espacio, dando lugar así a una competencia potencial con otros usuarios.
- Modifican el régimen de flujo del agua, del que depende el transporte de oxígeno, sedimentos, plancton y larvas de peces.
- Tienen repercusiones en el aspecto estético del lugar.



Figura N° 12: Jaula flotante en el año 2010.

Fuente: Maximixe Consults (2010).



Figura N° 13: Jaula flotante en el año 2021.

Fuente: AGROPERÚ (2021).

2.1.5 Sistemas de seguridad relacionados a la acuicultura

Respecto al tema de seguridad en la actividad de la acuicultura, se encontró en la literatura existente referencias las cuales se describen a continuación.

En el trabajo “Desarrollo de Sistemas de Vigilancia Tecnológica en la Acuicultura Española”, caracteriza el proceso de vigilancia tecnológica como respuesta empresarial a la necesaria adaptación a entornos turbulentos y como origen de ventajas competitivas. En donde tiene como objetivo esencialmente la detección e interpretación adecuada de señales tecnológicas y el aprovechamiento de recursos y capacidades en dicho ámbito (Sánchez Sellero, & Cruz González, 2012).

También fueron encontrados trabajos referentes a la seguridad en el ámbito alimenticio en el cual se vela más por la alimentación de los peces y por las repercusiones que puede traer un mal manejo de los mismos (EL CULTIVO INTENSIVO & FLOTANTES).

Los investigadores Min, Lee & Choi (2020) describen en su trabajo que, en Corea del Sur se ha empleado un sistema de vigilancia en la acuicultura, el cual



previene los robos, a través de la operación de cámaras termográficas y radares en las instalaciones acuícolas. Sin embargo, se menciona también que, a pesar de la instalación de este sistema, los robos y daños a estas instalaciones continúan aumentando. Además mencionan que la vigilancia sería más completa si se realiza una vigilancia bajo el mar y no solo a nivel de la superficie, en contra parte, se indica que los sistemas de vigilancia subacuática existentes en términos técnicos cubren un gran área, mas, los elevados costos de los sensores son el principal problema.

Así mismo, Yim & Nam (2007), en su trabajo desarrollan la Implementación de un sistema de seguridad para la acuicultura no tripulada, los autores describen los procedimientos de implementación y los resultados del Sistema de Seguridad y Protección Pesquera, para proteger de robos furtivos el área donde se desarrolla la acuicultura.

2.2 LAGO TITICACA Y SU CUENCA

El lago Titicaca es el segundo lago más grande en Sudamérica ($15^{\circ}13'19''$ - $16^{\circ}35'37''$ S; $68^{\circ}33'36''$ - $70^{\circ}02'13''$ W) con una superficie de aproximadamente 8.400 km², y un volumen de 930 km³, y está localizado a una altitud de 3.810 m sobre el nivel del mar, y representa el lago navegable más alto del mundo. (Hahmenberger, 2003). Abarca dos cuencas, el Lago Mayor de aproximadamente 6.500 km², donde se encuentra la máxima profundidad (284 m) y está ubicado en la parte Nordeste del lago perteneciente al territorio Peruano (Wirrmann, Ybert, & Mourguiart, 1991).

El Lago Menor de aproximadamente 1.400 km², representa el 16% de la superficie del lago en la parte Sur, con una profundidad media de 20 a 30 m, y está localizado principalmente en Bolivia y conectado al Lago Mayor a través del estrecho de Tiquina con un ancho de 850 m. Por otra parte, existe una tercera región representada

por la Bahía de Puno en el territorio peruano, con un área de aproximadamente 500 km², con poca profundidad (Paredes, & Gonfiantini, 1999).

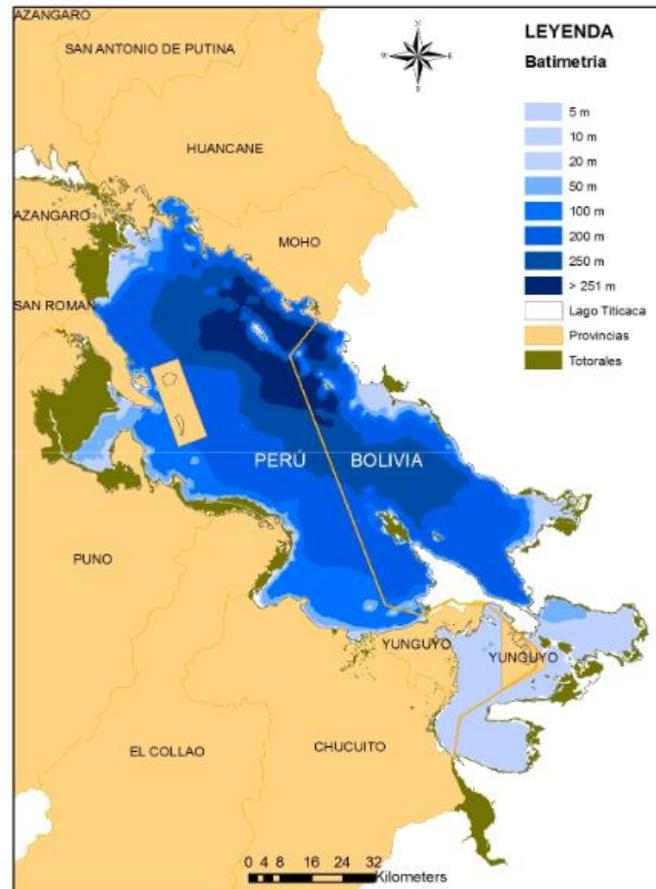


Figura N° 14: Batimetría del lago Titicaca.

Fuente: Cruz, & Hualpa (2016).

2.2.1 Características físico-químicas

Las características físico-químicas más relevantes encontradas en la literatura son las siguiente:

- **Temperatura del agua:** Las temperaturas medias mensuales de superficie medidas en el Lago Mayor entre 1977 y 1979 (CARMOUZE el al., 1983) varían entre 11,25 y 14,35°C, la más baja siendo en agosto y la más elevada en marzo. La temperatura media anual (1977-1979) es de 13°C (Iltis, A., Carmouze, & Lemoalle, 1991).



- **Contenido en oxígeno disuelto:** La concentración de oxígeno disuelto en el agua es de 6.62 mg/L. Si bien es cierto que existen diferencias entre los resultados de otros autores, podrían ser ocasionadas por el uso de diferentes metodologías, horario de muestreo y la ubicación de las estaciones de muestreo (Beltrán Farfán, Palomino Calli, Moreno Terrazas, Peralta, & Montesinos-Tubée, 2015).
- **Transparencia:** La transparencia del agua de la bahía interior de Puno, algunas veces inferior a medio metro, es mucho más baja que la de la bahía exterior (4 a 7 m) o del lago Mayor (5-10 m). La transparencia del agua en la bahía interior de Puno es normalmente más baja durante la época húmeda (febrero a abril) y más fuerte durante la época seca (Northcote, 1991).
- **pH:** Los valores del pH en superficie son relativamente estable entre 8,3 y 8,5, un poco más elevados en el Lago Menor que en el Lago Mayor, posiblemente debido a una actividad fotosintética más alta del fitoplancton (Brenner, & Referat, 1994).
- **Salinidad:** Está comprendida entre 5 y 10 mM/L, relativamente alta si se la compara con otras aguas continentales (2 mM/L), lo que revela una fuerte erosión química en el entorno. La mayoría de las aguas proviene de formaciones volcánicas y sedimentarias (*Caracterización del Lago Titicaca, s.f.*).
- **Precipitación:** La precipitación provee el 55% de agua hacia el lago, en el Altiplano, la precipitación media acumulada ocurre desde Diciembre a Marzo. Las lluvias más frecuentes se presentan sobre el lago en un rango de 800 a 1400mm/año (Senamhi, 2016).

Por otra parte, los ríos y arroyos aportan el 53% de agua al lago Titicaca (Roche et al., 1991). Los ríos más grandes son el Río Ramis (descarga media



74m³/s), el Río Coata (47m³/s), el Río Ilave (38m³/s), el Río Huancané (19m³/s), el Río Suches (11m³/s) que ingresan al lago Grande; y el Río Tiwanaco que desemboca en el lago Menor (Chura, Mollocondo, 2017).

2.3 SISTEMAS EMBEBIDOS

El mundo está lleno de este tipo de sistemas también conocidos como “empotrados”, “incrustados”, o “integrados”, y que desempeñan un rol importante en la vida moderna. Y, al respecto existen diferentes definiciones:

- Se pueden definir como todo sistema que no es una PC de escritorio, ni un servidor, ni una estación de trabajo, ni una supercomputadora, ni un clúster distribuido, o sea, no es un sistema programable de propósito general (Pedre, 2017).
- “Un sistema embebido es un sistema cuya función principal no es computacional, pero es controlado por un computador integrado. Este computador puede ser un microcontrolador o un microprocesador. La palabra embebido implica que se encuentra dentro del sistema general, oculto a la vista, y forma parte de un todo de mayores dimensiones”(Wilmschurst, 2001).
- Son sistemas diseñados para cumplir una o pocas funciones dedicadas y que estén integradas como parte de algún sistemas mayor, cuyos componentes se encuentran integrados en una placa madre (Stankovic, 1996).
- Los sistemas integrados son omnipresentes son diversos y se pueden encontrar en la electrónica de consumo, como cámaras digitales, reproductores de DVD e impresoras; en robots industriales; en aviónica avanzada, como sistemas de guía de misiles y sistemas de control de vuelo; en equipos médicos, como monitores de arritmia cardíaca y marcapasos cardíacos; en diseños automotrices, como



sistemas de inyección de combustible y sistemas de frenado automático (Li, Q., & Yao, 2003).

Los sistemas embebidos generalmente están diseñados para que sirvan en tareas que impliquen un procesamiento en tiempo real y con poca cantidad de datos. Además de los conceptos mencionados existen otros que no se citan en el presente trabajo.

2.3.1 Elementos de un sistema embebido

Según los autores Gajski, Abdi, Gerstlauer & Schirner (2009), los elementos principales de un sistema embebido son:

- a. Hardware.
- b. Un software primario o aplicación principal: Ésta aplicación cumple específicamente una tarea individual, y algunas veces realiza varias tareas.
- c. Un sistema operativo: Éste elemento supervisa la(s) aplicación(es), además provee los mecanismos para la ejecución de procesos. Cabe resaltar que en varios sistemas embebidos se requiere que el sistema operativo posea características de tiempo real.

2.3.2 Características de un sistema embebido

Como afirman Vahid & Givargis (2001), son consideradas las siguientes características:

- **Funcionamiento específico:** Un sistema embebido generalmente ejecuta un programa específico de manera repetida.
- **Fuertes limitaciones:** Éstos sistemas Embebidos por lo general deben ser poco costosos, poseer un tamaño reducido, tener un buen desempeño todo esto para poder procesar datos en tiempo real, y además consumir un mínimo de energía



para extender el tiempo de vida de las baterías o prevenir la necesidad de elementos adicionales de enfriamiento.

- **Reactivos y tiempo real:** Muchos sistemas embebidos deben ser reactivos o reaccionar ante cambios en el ambiente, además de realizar algunos cálculos en tiempo real sin ningún retraso, es decir, se deben tener resultados en tiempos fijos ante cualquier eventualidad.

2.3.3 Hardware de un sistema embebido

Hablar de hardware en cualquier sistema es hablar de los componentes físicos que lo integran y/o conforman; estos componentes permiten al sistema ejecutar un conjunto de tareas según el programa o software. A continuación se mencionan los aspectos más importantes del hardware que comúnmente son utilizados en sistemas embebidos:

- **Microprocesadores:** De manera singular el microprocesador “es un componente LSI¹ que se encarga de realizar una cierta cantidad de funciones o tareas en una sola pieza de circuito integrado” (Godse, & Godse, 2021).
- **Procesadores de propósito general:** Un procesador de propósito general es un dispositivo programable además es adaptable a múltiples aplicaciones. Una peculiaridad que poseen es memoria para la ejecución de programas. Otra peculiaridad que poseen es un camino de datos genérico, conformado por varios registros y una o varias ALU's (Unidad Lógica Aritmética). Todas estas peculiaridades hacen posible que un procesador ejecute aplicaciones de diversos

¹ La sigla LSI (Large Scale Integration) hace referencia a la tecnología que permite integrar varios transistores en un solo circuito integrado (Thornton, & Little, 1981).



propósitos con fines diversos (Micolini, Daniele, Ventre, Cebollada & Eschoyez, 2017).

- **Microcontrolador:** Un microcontrolador es un microprocesador que ha sido optimizado para aplicaciones de control embebidas. Estas aplicaciones típicamente monitorean y fijan numerosas señales de control de un único bit, pero no realizan cálculos exhaustivos. Tienden a tener caminos de datos sencillos que se destacan en operaciones a nivel de bit, para su lectura y escritura a nivel externo. Además tienden a incorporar en el chip del microprocesador varios componentes periféricos comunes en el control de aplicaciones, tales como: periféricos de comunicación serial, temporizadores, contadores, modulador de amplitud de pulso, etc. Esta incorporación de periféricos permite la implementación de un único chip, lo que genera productos de menor costo (Pérez, 2009).
- **Sensores:** Los sensores sin duda forman parte de los sistemas embebidos se los define de diferentes maneras pero todos concuerdan en que son elementos hechos para percibir alguna señal, sea cual fuere la actividad para la que está diseñada el sensor. Algunas de las definiciones se describen a continuación:

Un sensor es básicamente un dispositivo que tiene la función de detectar y responder con eficiencia algún estímulo (Marrede, s.f.).

- Un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte magnitudes físicas en valores medibles de dicha magnitud. Los sensores van a aportar información tanto del entorno como del estado interno del componente que mide (Díaz, Esperabe, Fernández, Gualda, Manzano, Martín, & De Santiago, 2006).



- Un sensor es un dispositivo que recibe una señal o estímulo y responde al estímulo en forma de señal eléctrica. Las señales de salida corresponden a algunas formas de señal eléctrica, como corriente o voltaje (Sinha, 2020).
Los sensores son básicamente dispositivos que "leen" una estímulo, y luego convertir esa lectura en un salida de señal eléctrica (Parnell, 2019).
- **Características de los sensores:** Éstos aparatos prácticamente son recolectores de datos que poseen características diversas, sin embargo, a continuación se hace mención de las características más comunes según (Vivanco, 2019).
 - La precisión del sensor, esto es la capacidad de medir e mismo valor repetidas veces en idénticas condiciones.
 - El tiempo de respuesta del sensor, es decir, el tiempo requerido para responder a un cambio brusco de la variable que está siendo censada.
 - El coeficiente de temperatura del sensor, el cual viene dado por el cambio que se produce en la respuesta del sensor debido al cambio en la temperatura a la cual se encuentra.
 - La histéresis de un sensor, la cual se define como la dependencia de la salida del sensor de la respuesta anterior. Esta es muy común en sistemas magnéticos y mecánicos.
- **Memoria:** Cualquiera de las funcionalidades de los sistemas embebidos están compuestas de tres aspectos: procesamiento, almacenamiento y comunicación. El procesamiento es la transformación de los datos, el almacenamiento es la retención de los datos para su posterior uso, y la comunicación es la transferencia de los datos. Cada uno de estos aspectos debe ser implementado. Se usan procesadores para el procesamiento, memoria para el almacenamiento, y buses para la comunicación (Marwedel, 2021).



El autor Marwedel (2021), sugiere los siguientes tipos de memoria:

- **Memoria RAM:** Ofrece la posibilidad de leer datos, así como de escribirlos rápidamente. La otra característica distintiva es que una RAM es volátil. Una RAM debe estar siempre alimentada por corriente eléctrica, si se interrumpe la alimentación se pierden los datos.
- **Memoria ROM:** Es una memoria de sólo lectura contiene los dato de manera permanente y los mismos no puede alterarse.

2.3.4 Fundamentos de diseño de un sistema embebido

Un sistema embebido debe ser diseñado de tal manera que cumpla con los requisitos específicos según el problema que se desee resolver. Pero una de las dificultades es construir una implementación que optimice simultáneamente diversas métricas de diseño.

- Una métrica de diseño es una medida de alguna característica de implementación, como: costo, tamaño, desempeño, y consumo de energía (Jain, Ranjan, Roy, & Raghunathan, 2017).
- Una definición según Vahid, & Givargis (2001), es: La métrica de diseño es una característica medible de la implementación del sistema.

A la hora de diseñar un sistema embebido Pérez (2009) afirma que generalmente las métricas incluyen lo siguiente:

- **Costo NRE:** El costo monetario de diseñar el sistema por primera vez. Una vez que el sistema está diseñado, puede ser manufacturado en la cantidad deseada de unidades sin incidir en costo agregado de diseño.
- **Costo unitario:** Es el costo monetario de manufacturar cada copia del sistema, excluyendo el costo NRE.



- **Tamaño:** El espacio físico requerido para el sistema, generalmente medido en bytes para el software, y compuertas o transistores para el hardware.
- **Desempeño:** El tiempo de ejecución del sistema.
- **Energía:** La cantidad de energía consumida por el sistema, que puede determinar el tiempo de vida de la batería.
- **Flexibilidad:** La habilidad de cambiar la funcionalidad del sistema sin incurrir en un gran costo NRE.
- **Tiempo para crear un prototipo:** El tiempo necesario para construir una versión funcional del sistema.
- **Tiempo de mercadeo:** El tiempo requerido para desarrollar un sistema al punto en que pueda ser lanzado al mercado.
- **Mantenimiento:** La habilidad de modificar el sistema luego de su lanzamiento inicial, especialmente por diseñadores que no participaron en el diseño original.
- **Confiabilidad:** Confianza en que la funcionalidad del sistema es la correcta.
- **Seguridad.** La probabilidad de que el sistema no cause daño.

Los sistemas integrados han mejorado significativamente la forma en que vivimos hoy y seguirán cambiando la forma en que vivimos mañanas ya que encuentran en una gran variedad de dispositivos electrónicos. Además de que los sistemas embebidos son imprescindibles casi consideradas como el motor de la industria y del desarrollo tecnológico.



2.4 GEOLOCALIZACIÓN

Respecto a la geolocalización, se encontraron distintas definiciones, mas todas hacen alusión al conocimiento de la posición de un elemento en algún lugar del planeta. Sin embargo, no queda de más mencionar algunas de las definiciones que distintos autores hacen al respecto, siguen a continuación algunas definiciones.

Desde el punto de vista de Florez, & Aguilar (2012), la Geolocalización es un término relativamente nuevo, que se ha venido abriendo espacio desde mediados del año 2009 y que hace referencia al conocimiento de la ubicación geográfica de lugares, objetos o personas

Teniendo en cuenta a Gustafsson (2012), la Geolocalización es el arte de la combinación innovadora de propiedades de la naturaleza y la tecnología de sensores.

Según (Sánchez, s.f.), la geolocalización o georreferenciación es la capacidad de situar un objeto espacial representado mediante un punto, vector, área, volumen, etc. en un sistema de coordenadas terrestres

2.4.1 Sistemas GNSS

Para entender de sistemas GNSS, en primer lugar definimos el término, GNSS siglas que en ingles significan: “Global Navigation Satellite System” cuya traducción en español es “Sistemas de Navegación por Satélite”

El concepto de GNSS fue introducido en los años 70 con el desarrollo del sistema estadounidense denominado GPS, que como ya hemos mencionado, tuvo en sus orígenes aplicaciones exclusivamente militares, y su cobertura a pesar de ser mundial, no era, como hoy se entiende “Global”, es decir, era un sistema de uso exclusivamente militar cuyo control estaba bajo el DoD (Department of Defense) de los Estados Unidos, y sometido a un estricto control gubernamental (Álvarez, 2008).



Es así que tras diversos estudios, a partir de la segunda mitad de la década de los noventa, cuando esta tecnología comienza a emplearse con fines civiles, y al alcanzarse numerosos acuerdos entre el Gobierno Estadounidense y distintos países de todo el mundo. Siendo el GPS hasta el momento el único sistema de navegación por satélite plenamente operativo (Hein, 2020).

El objetivo principal de la tecnología GNSS es obtener datos de geolocalización; no obstante, se presentan diversos fines y usos de esta tecnología, tales como navegación, transporte, geodésica, hidrográfica, agrícola, investigación, educativo, entre otros (Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS), s.f.).

Según la literatura consultada la red GNSS se compone de tres segmentos: el que abarca el ámbito espacial, el encargado del control y finalmente la aplicación hacia el usuario, a continuación se hará una descripción de éstos tres segmentos que debe tener un GNSS.

- **Segmento Espacial:** Este segmento está compuesto por los satélites que forman el sistema, tanto de navegación como de comunicación. Los sistemas de navegación orbitan alrededor de la Tierra, repartiéndose en distintos planos orbitales, mientras que los sistemas de comunicación son los que forman los llamados sistemas de aumento que sirven para la corrección de errores de posicionamiento (Berné Valero, Garrido Villén & Capilla Romá, 2019).
- **Segmento de control:** El segmento de control corresponde al conjunto de estaciones presentes en la superficie terrestre, éstos son los encargados de recolectar los datos obtenidos de los satélites para ponerlos a disposición de los usuarios (Carrasco Rojo, 2020).

La definición de este segmento es intrincado ya que, siendo propio de cada país o coalición de países, y constituyéndolos en función de distintos criterios como más convenga (Zabala, López & Ortega, 2017).

- **Segmento de usuario:** Este segmento está constituido por lo equipos, terminales, receptores y dispositivos que reciben las señales procedentes del segmento espacial o dicho de otra manera por los satélites, y son empleados para determinar la posición, navegación o para determinar el tiempo con precisión (Carlos, 2021).

El GNSS se utiliza en colaboración con sistemas GPS donde todos los receptores GNSS son compatibles con GPS, pero los receptores GPS no son necesariamente compatibles con GNSS (CPEtecnologia, s.f.). El GNSS más utilizado sigue siendo el GPS, pero los países más importantes ahora han desarrollado su propia constelación: (Fernández, 2021).

- GLONASS (Rusia)
- Beidou (China)
- Galileo (Europa) con precisión mejorada

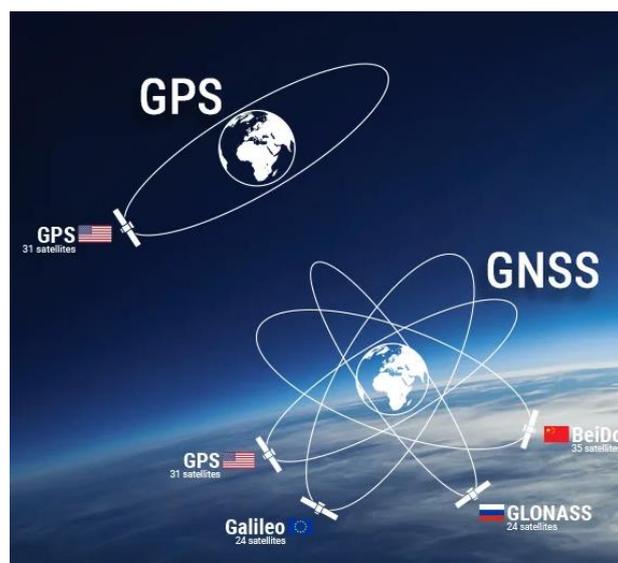


Figura N° 15: GNSS y GPS.

Fuente: MOBATIME (2021).



2.4.2 Tecnología GPS

El sistema de posicionamiento global, conocido como GPS (Global Positioning System) o NAVSTAR - GPS (Navigation Satellite with Time And Ranging), es un sistema de navegación por radio, desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América, inicialmente con el objetivo de ser el principal sistema de navegación del ejército estadounidense.

Se encontraron en la literatura, los siguientes conceptos sobre GPS:

- El sistema de posicionamiento global (GPS) es un sistema de radionavegación espacial desarrollado originalmente como un sistema de mejora de la fuerza militar, apoya la navegación y la coordinación de fuerzas esenciales en la guerra moderna y se ha vuelto omnipresente en el uso civil (Annex, 1995).
- Conjunto de números, letras y símbolos para representar una localización sobre la Tierra (AristaSur, 2010).
- La tecnología GPS es un sofisticado sistema de orientación y navegación cuyo funcionamiento está basado en la recepción y procesamiento de las informaciones por una constelación de satélites que orbitan a diferentes alturas (Sawada Benavides, 2014).
- El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de localización, diseñado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos con fines militares para proporcionar estimaciones precisas de posición, velocidad y tiempo; operativo desde 1995 utiliza conjuntamente una red de ordenadores y una constelación de 24satélites para determinar por triangulación, la altitud, longitud y latitud de cualquier objeto en la superficie terrestre (Fernández-Rubio & Granados, 1997).

2.4.2.1. Arquitectura de la tecnología GPS

El sistema GPS está compuesto por tres partes importantes que son denominadas segmentos, los cuales son:

- a. Segmento Espacial
- b. Segmento de control
- c. Segmento de usuario

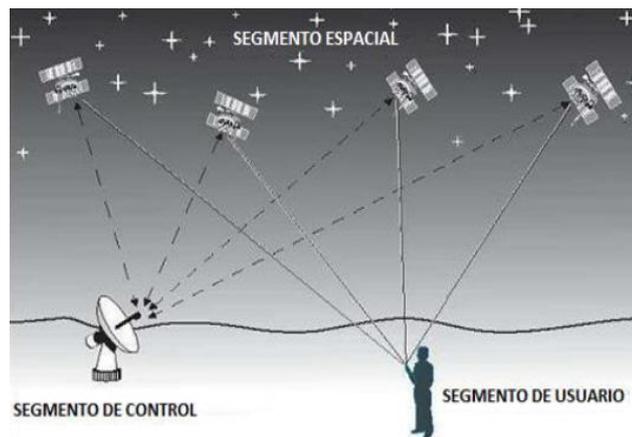


Figura N° 16: Arquitectura del Sistema GPS.

Fuente: Figueirêdo (2005).

2.4.2.2. Limitaciones del GPS

El GPS es un sistema que ofrece datos de manera confiable incluso en algunos casos cuando las condiciones de cobertura son precarias (Stopher, Clifford, Zhang & FitzGerald, 2008). Según BERNARDI, & LANDIM (2002), los factores más importantes que determinan el éxito de la obtención de datos posicionales con GPS en condiciones adversas, se pueden clasificar en tres categorías:

- a. El entorno, esencialmente caracterizado por la cobertura, que puede generar un obstáculo entre el transmisor y el receptor.
- b. Las técnicas de recolección de datos, que pueden ser estáticas o dinámicas
- c. Los Equipos GPS, cuyas características operativas juegan un papel determinante en la recolección de datos



Mientras que Coelho (2003), menciona las limitaciones con respecto al uso del sistema GPS y explica que se deben a tres naturalezas distintas:

- a. Geometría de la constelación de satélites
- b. Efectos atmosféricos
- c. Reflejo no deseado de la señal, llamado multitrayecto.

La geometría inmediata del conjunto de satélites ubicados sobre el horizonte tiene influencia de manera directa en la recopilación de datos. El sistema de GPS necesita recibir información de al menos tres satélites para formar una triangulación y proporcionar datos de posición georreferenciados. De lo contrario, el sistema pierde precisión significativamente. Sin embargo, con la actual constelación de satélites, a través de planos orbitales, el sistema GPS tiene una efectividad significativa (Coelho, 2003 & Fernández Herrera, 2019).

Los efectos atmosféricos que pesan sobre la tecnología GPS se deben principalmente a influencias de la ionósfera y la tropósfera, éstas capas atmosféricas terrestres contienen partículas que desvían las señales enviadas (Ribeiro, Larrañaga & Cybis, 2013).

La ionósfera es la capa comprendida entre 80 o 100 y 1000 km de altitud. Las radiaciones ultravioleta, solar y otras ionizan una porción de las moléculas gaseosas liberando electrones. Un medio en el cual la velocidad de propagación de la onda electromagnética depende de la frecuencia se denomina dispersivo, y la ionósfera se considera un medio dispersivo, su índice de refracción depende de la frecuencia y afecta de distinta forma a la fase que al código, por ello las señales GPS sufren retardo o adelanto según sea fase o código (Garrido, 2016).

La tropósfera es la capa que presenta mayores inconvenientes al momento de la transmisión de información por parte de los satélites GPS. El retraso producido por la



tropósfera puede llegar a alcanzar unos valores medios de 2,5m en el cenit y se incrementa hasta los 25-30m con la cosecante del ángulo de elevación, es decir adiciona un retardo entre 3 y 100 nanosegundos (Rojas-Martínez, 2016).

La tropósfera induce a un retraso en cualquier tipo de señal electromagnética debido a dos componentes, uno debido al efecto hidrostático por los gases inertes presentes en la atmósfera, que causan el 90% del total del retardo, y seguidamente el contenido de vapor de agua presente en la atmósfera, el cual es difícil de modelar, ya que el vapor de agua puede cambiar rápidamente debido a las condiciones atmosféricas locales (Álvarez Pacheco, 2019).

El efecto tropósfera, por otro lado, no está relacionado con la frecuencia del dispositivo o la distancia entre estaciones, sino con la refracción en las señales rastreadas (Álvarez, Haro, Ruilova & Vinueza, 2020).

En la práctica, la limitación más común del sistema GPS se da en las grandes ciudades. El dispositivo GPS puede recibir, además de la señal procedente de los satélites, señales reflejadas desde superficies vecinas, como edificios, coches, árboles y vallas. Los reflejos también pueden ocurrir cerca de los satélites durante la propagación de datos, pero son menos frecuentes ya que no se encuentran cerca de otros objetos reflectantes (Ribeiro, Larrañaga Uriarte & Cybis, 2013).

Sin embargo, se debe resaltar que, los dispositivos actuales se están mejorando para minimizar todas las limitaciones presentes en ésta tecnología. La mayoría de los dispositivos GPS lanzados hoy son capaces de registrar la posición exacta incluso dentro de edificios altos y en infraestructuras de hormigón armado (Stopher, Clifford, Zhang & Fitz Gerald, 2008).



La tecnología GPS obtiene la ubicación de un punto mediante el uso de ciertas herramientas tecnológicas, tales como, Internet, navegadores, satélites, telefonía móvil, tablets, etc. Geocodifica una dirección, un código postal, el nombre de un lugar o una dirección de protocolo de Internet en coordenadas geográficas (Jung, 2016).

2.4.3 Google Maps

Es una aplicación de Google Inc.², brinda un servicio gratuito en la Web/Celular que ofrece imágenes de mapas desplazables, así como fotos satelitales del mundo, e incluso la ruta entre diferentes ubicaciones o imágenes a pie. Las coordenadas de Google Maps se encuentran en el sistema WGS84³, el cual mostrará la latitud y la longitud, positiva para Norte y Este, negativa para Sur y Oeste (Castilla, García, & Canales, 2014)

Según los Términos del Servicio adicionales de Google Maps/Earth, para hacer uso de éste, el usuario debe aceptar los términos del Servicio de Google, tales como requerimiento mínimo de edad, respeto a los demás, entre otros. Siempre que el usuario cumpla estos términos, se le conceden una licencia gratuita (Términos Adicionales de Maps/Earth, 2020).

2.5 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La problemática de la crianza de truchas en piscigranjas del lago Titicaca há sido abordado por Anibal (2018), resalta que hay mayor participación de jaulas artesanales, de tal forma que la alimentación de las truchas, así como, el tratamiento de alguna enfermedad en los peces es tratado artesanalmente, ésto evidencia que existe una gran

² Google Inc. es una multinacional estadounidense conocida por el mundo entero por la creación de su motor de búsqueda del mismo nombre (bamericas, s.f.).

³ WGS84 (del inglés World Geodetic System 1984) es un término ampliamente utilizado en el mapeo. El Sistema de Posicionamiento Global utiliza el Sistema Geodésico Mundial como su sistema de coordenadas de referencia (Gabri, 2018)



mortandad, ya que la mayoría de las actividades no se hacen de manera técnica. Además, resalta que, la mortandad se ve afectada por el nivel económico y la falta de monitoreo de la temperatura del agua.

La necesidad del GPS en la sociedad va en incremento y causa impactos, positivos que conllevan a reconocer los diversos beneficios del GPS y aprovechar sus bondades para garantizar la tranquilidad de los ciudadanos (Girón Ayala, 2020).

En la investigación “Sistema de Localización Monitoreo y Control Vehicular Basado en los Protocolos GPS/ GSM/GPRS” (Pablo & Gustavo, 2012), se tiene como objetivo la acumulación, procesamiento y administración de los datos que son enviados desde las unidades vehiculares hasta los servidores alojados en la nube, para su implementación se usaron sensores que envían la información a través de la red de GSM/ GPSRS para el procesamiento e ingreso a la base de datos, con la ayuda de una plataforma web posibilita a los usuarios el monitoreo de dispositivos de rastreo GPS, siempre en cuando el dispositivo tenga acceso a internet. Se realiza la configuración e instalación de servidores web, DNS y SMPP, se implementa un Servesocket en Java, también usaron PHP y HTML. Como resultado final se demostró el funcionamiento del sistema y la instalación en una unidad vehicular.

La creciente ola de robos de las unidades vehiculares justifica la tesis intitulada “Diseño de un sistema de localización automática y monitoreo de vehículos: caso de estudio empresa de Taxi Jet” (Rodríguez Casas, 2014), en la cual se propone realizar un monitoreo online, cada módulo de monitorización se instala en una unidad móvil y estos están interconectados vía internet a computadoras de la policía nacional, para lo cual se usa una radio existente en cada unidad móvil, un modem inteligente llamado TNC y un software. Se concluye que este proyecto puede ser considerado como propuesta de negocio, ya que puede ofrecerse este tipo de servicio a entidades públicas y privadas.



Posteriormente Antonio & Rafael (2016) en su tesis “Diseño y Construcción de un Sistema de Seguridad Vehicular mediante Monitoreo Vía GSM-GPS”, construyen y diseñan un sistema, que es capaz de enviar la ubicación exacta de una unidad móvil al teléfono celular, además de, controlar el sistema de la bomba de gasolina y el del sistema eléctrico, para lo cual usan distintos tipos de microcontroladores como Atmel y programación en Arduino, un modulo GSM y un modulo GPS, como resultado final demostraron el correcto funcionamiento del sistema informando al usuario la ubicación mediante un mensaje de texto enviado a su teléfono móvil.

En tanto, Antony Kevin (2017), en su tesis consideró como parámetro de medición los porcentajes de aumento de población vehicular y el incremento de robo de vehículos en el año 2015, el autor realizó un sistema de seguridad vehicular móvil frente a vulnerabilidades de robo con geolocalización y apagado de motor en tiempo real, siguiendo el método-V o metodología de 4 niveles, utilizo la arquitectura Arduino-Android para el sistema de seguridad logrando así desarrollar la comunicación entre Arduino y Android bajo una arquitectura y código de programación. Como resultado final el autor considero que el sistema es efectivo y eficiente ya que cuenta con la aprobación del usuario.

Además, Vilca Espinoza (2017) investigó como influye un sistema de geolocalización, en el control y monitoreo de vehículos con dispositivos GPS en una empresa logística. usó una metodología de investigación hipotética – deductiva y un tipo de investigación experimental. Para el análisis estadístico, realiza la descripción pirámide poblacional, diagramas de caja y bigotes, para validar las hipótesis de manera inferencial usa la prueba de Wilcoxon. Concluye que un sistema de geolocalización influye en el control y monitoreo, y también en el tiempo de ubicación geográfica.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Tipo de investigación

Para definir el tipo de investigación, se sigue la clasificación descrita por Grajales (2000), titulado “Tipos de investigación”. En donde considera que la forma más común de clasificar las investigaciones es aquella que pretende ubicarse en el tiempo (dimensión cronológica) y se distingue entre la investigación de las cosas pasadas “Histórica”, de las cosas del presente “Descriptiva” y de lo que puede suceder “Experimental”.

- Histórica: Trata de la experiencia pasada, describe lo que era y representa una búsqueda crítica de la verdad que sustenta los acontecimientos pasados.
- Descriptiva: Trabaja sobre realidades de hecho, y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta.
- Experimental: Consiste en la manipulación de una (o más) variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular.

Después de un breve análisis el tipo de investigación que se aplicara en la tesis es la Descriptiva-Experimental.

3.1.2 Diseño de investigación

Para llegar al objeto de estudio o prueba de hipótesis, la investigación se desarrolla siguiendo el diseño o enfoque de investigación mixto.



3.2 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Para contrastar la hipótesis, se abarca todos los niveles de investigación involucrados en el diseño mixto.

Para llevar a cabo la identificación del problema, el diseño del proyecto y la prueba de hipótesis primero se realizó un análisis bibliográfico minucioso, seguidamente se implementó un sistema en Arduino IDE. Esta fase de implementación se clasifica en tres etapas que obedecen estrictamente al seguimiento que se realiza a las condiciones en el proceso que va desde el análisis bibliográfico en la acuicultura, hasta la correspondiente implementación del mismo como un todo:

- Análisis bibliográfico de la acuicultura.
- Implementación del prototipo.

Ya con el sistema en funcionamiento, se realizan dos experimentos diseñados en función a las prestaciones que debe tener el sistema embebido:

- Prueba de funcionamiento del sistema.
- Prueba de precisión de las coordenadas.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 Población de la investigación

La población son las coordenadas que generan los módulos GPS para la geolocalización.

3.3.2 Muestra de la investigación

La muestra de acuerdo a la población, son las coordenadas recogidas en la prueba.



3.4 MATERIAL EXPERIMENTAL

Los materiales utilizados para realizar el contraste de los datos obtenidos para desarrollar el experimento son la herramienta Arduino IDE y los módulos electrónicos.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN

3.5.1 Técnicas

La técnica utilizada para la recolección de información parte principalmente del muestreo y la recolección de datos, es el examen visual y la observación comparativa de los resultados en Google Maps.

3.5.2 Medición

El sistema de medida que será utilizado en ésta investigación son las Coordenadas Geográficas, es decir latitud y longitud.

En matemáticas, un sistema de coordenadas es un sistema para especificar un par de escalares en cada punto del espacio n-dimensional. El sistema de coordenadas esféricas se ensambla a partir de una esfera en tres dimensiones, donde los grados de latitud y longitud se utilizan para medir posiciones en el mundo real (Robinson, s.f.).

El GPS es un dispositivo de localización digital, que determina la posición exacta en el globo, es decir, la latitud y longitud (Branco, s.f.).

3.5.3 Instrumentos

Para la recolección de información se usa la guía de referencias bibliográficas, y la guía de funcionamiento del prototipo de geolocalización.



3.6 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.6.1 Procedimiento del experimento

Los experimentos se desarrollaron en función de los objetivos propuestos en esta investigación. Es decir, primero el modelo del sistema completo para proyectar el sistema embebido, y segundo, en el proceso seguido para realizar el análisis comparativo.

- Experimento N°1: Prueba que el sistema funcione de manera adecuada, en este caso el sistema sigue consigue en un tiempo dado la triangulación y envío de coordenadas.
- Experimento N° 2: Prueba que el sistema es eficiente a variaciones de distancia, las coordenadas son evaluadas y contrastadas.

3.6.2 Plan de tratamiento de datos

De acuerdo al plan de experimentos, se tiene dos experimentos los cuales dan como resultado datos de geolocalización para ser contrastados. El sistema embebido genera coordenadas que son procesadas como enlace del Google Maps y enviadas al dispositivo móvil, tales coordenadas son verificadas con el GPS del dispositivo móvil en el Google Maps.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

4.1.1 Cifras del cultivo de trucha

Las cifras encontradas en la literatura más reciente son las que se exponen en la revista (PNIPA, 2020).

Tabla N° 2: Principales regiones productoras de venta interna de trucha en tonelada (Tn) 2018

N°	Región	Producción en toneladas (Tn)
1	Puno	50.914
2	Huancavelica	4.112
3	Junín	3.000
4	Pasco	2.800

Fuente: PNIPA (2020).

En la tabla N° 2 se aprecia que, la región de Puno lideró la producción de truchas en el año 2018. Lo que indica que varias familias viven de ésta actividad acuícola. Dado que el sistema propuesto en esta investigación requiere de una infraestructura (jaulas flotantes) es necesario conocer el tipo de infraestructura que predomina en el Lago Titicaca en la actualidad.

De acuerdo al análisis realizado por Alejo (2021), en la tabla N° 3 se muestran las preferencias de los productores de truchas, específicamente en el distrito de Chucuito:

Tabla N° 3: Infraestructura, jaulas ubicados a orillas del lago a 1 kilómetro al interior del lago Titicaca distrito de Chucuito.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	Artesanal	7	58,3	58,3	58,3
Válido	Metálicas	5	41,7	41,7	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

Fuente: Alejo (2021).

Se aprecia que de los productores de trucha evaluados el 58,3% de ellos utilizan jaulas artesanales para la producción de truchas y que el 41,7% de ellos utilizan jaulas Metálicas, como se aprecia existe una mayoría que aún trabaja con jaulas artesanales.

4.1.2 Cifras de robo

Los robos en las granjas acuícolas provocan pérdidas valiosas en los activos de los productores, a través del robo de bienes y la destrucción de las instalaciones acuícolas; por lo tanto, se necesitan con urgencia sistemas para la prevención activa de estos robos (Instituto agua Viva, s.f.).

En Chile, los robos furtivos en la acuicultura se hacen cada vez más comunes, de noche o escondidos entre la niebla que deja un temporal y con sus motores apagados, barcos pesqueros se acercan a los centros de cultivo para robar. Tiran sus redes dentro de las jaulas y hurtan en grandes cantidades (Aguirre, 2008).

Así como, en otros países se extiende el delito de hurto de truchas de las jaulas flotantes, también ocurre en el Lago Titicaca, sin embargo, en Puno, no se encuentran cifras oficiales, ya que aparentemente como los hurtos son caracterizados como menores (LP, 2018), los productores no informan a la policía.

4.2 DISEÑO DEL PROTOTIPO

4.2.1 Software

- Arduino IDE

El entorno de desarrollo integrado o IDE de Arduino es una aplicación, multiplataforma que se puede utilizar para escribir y cargar programas en placas Arduino y también en aquellas que sean compatibles (Peña, 2020).

Según la literatura consultada existen varias versiones, la versión con la que se trabajó en esta investigación es la versión “1.8.16”.



Figura N° 17: Versión 1.8.16 de Arduino IDE.

Elaboración Propia.

El Arduino IDE ofrece bondades que lo hacen viable para desarrollar diferentes aplicaciones, tales como las que mencionan (Peña, 2020), el mismo que se distribuye de manera gratuita, porque lo que fue descargado del sitio web oficial.

- También se trata de un software que se distribuye con una licencia libre, de modo que es posible acceder al código fuente del IDE y construir el instalador desde él o realizar las modificaciones que sean necesarias.
- Otra de las ventajas de este IDE es que se trata de una aplicación multiplataforma, es decir que puede ser instalada en diferentes sistemas operativos.

- Otro aspecto importante es que gracias a las herramientas de Arduino IDE se cargan los programas directamente en la memoria flash de Arduino en pocos pasos sencillos. De esta forma se tiene la placa ejecutando un programa en un tiempo muy reducido.
- El IDE de Arduino permite escribir el código y también depurar, editar y grabar los programas en la placa de desarrollo, de una manera rápida y sencilla.

Por estas ventajas, fue idóneo, para desarrollar el programa que puso en marcha el sistema embebido expuesto. El diagrama de flujo del programa implementado se muestra en la figura N° 18.

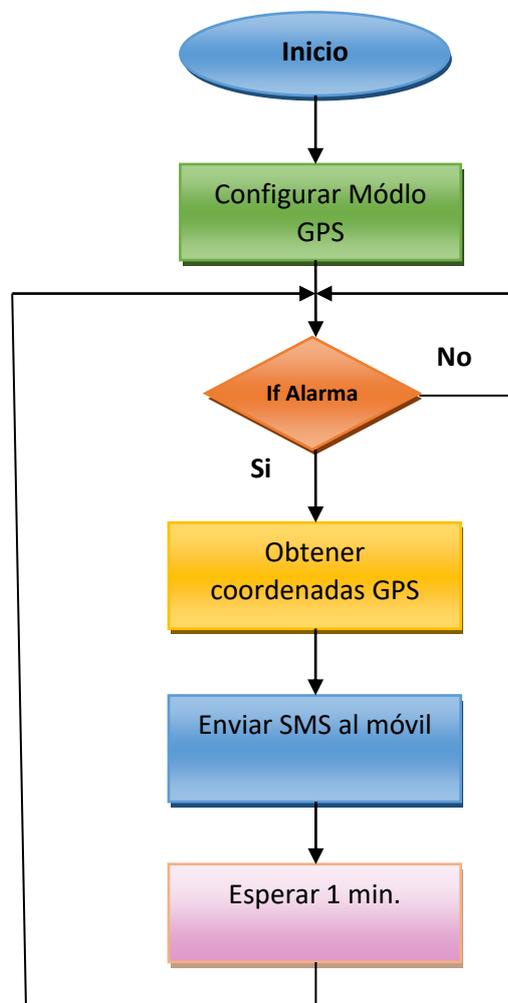


Figura N° 18: Diagrama de flujo del programa.

Elaboración propia.

4.2.2 Hardware

Arduino Nano

Arduino Nano forma parte del sistema embebido que se desarrollo en ésta investigación.

El Arduino Nano es una placa pequeña, completa y compatible con la placa de pruebas basada en ATmega328 (Arduino Nano 3.0) o ATmega168 (Arduino Nano 2.x). Tiene más o menos la misma funcionalidad del Arduino Duemilanove, pero en un paquete diferente. Solo carece de un conector de alimentación de CC y funciona con un cable USB Mini-B en lugar de uno estándar. El Nano fue diseñado y está siendo producido por Gravitech (Arduino, s.f.).

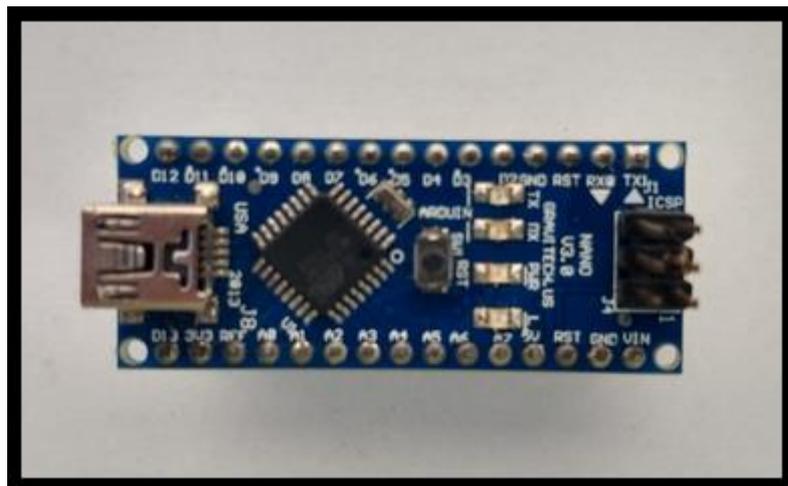


Figura N° 19: Arduino Nano.

Elaboración Propia.

Descripción del módulo GPS

El módulo que se usó en éste proyecto de investigación es el SIM 808. Éste es un módulo GSM / GPRS cuatribanda completo que combina tecnología GPS para navegación por satélite. El diseño compacto que integró GPRS y GPS en un paquete SMT ahorrara significativamente tiempo y costos para desarrollar aplicaciones

habilitadas para GPS. Con una interfaz estándar de la industria y función GPS, permite rastrear variables activas sin problemas en cualquier ubicación y en cualquier momento con cobertura de señal (alldatasheet, s.f.).



Figura N° 20: Módulo SIM 808.

Elaboración Propia.

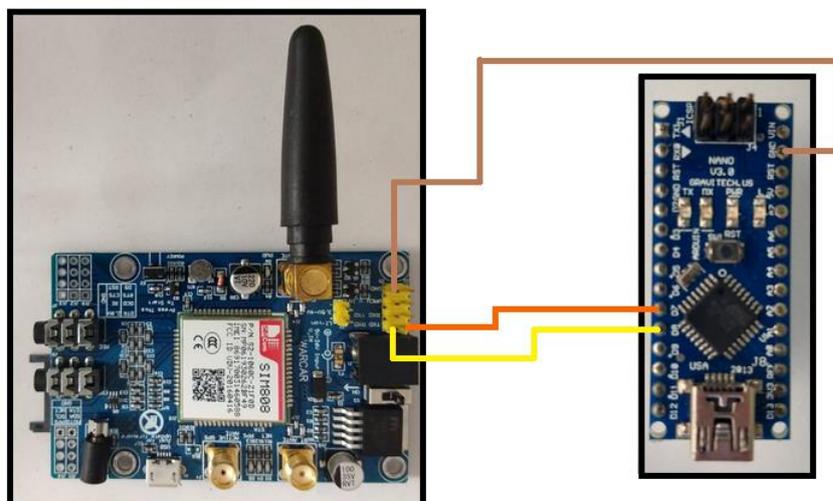


Figura N° 21: Diagrama de Conexión entre Módulo GPS y Arduino Nano.

Elaboración propia.

Diagrama de conexión entre el Arduino Nano y el módulo GPS

El diagrama de conexión entre el Modulo GPS y el Arduino Nano se muestra en la figura N° 21, y su descripción en la tabla N°4.

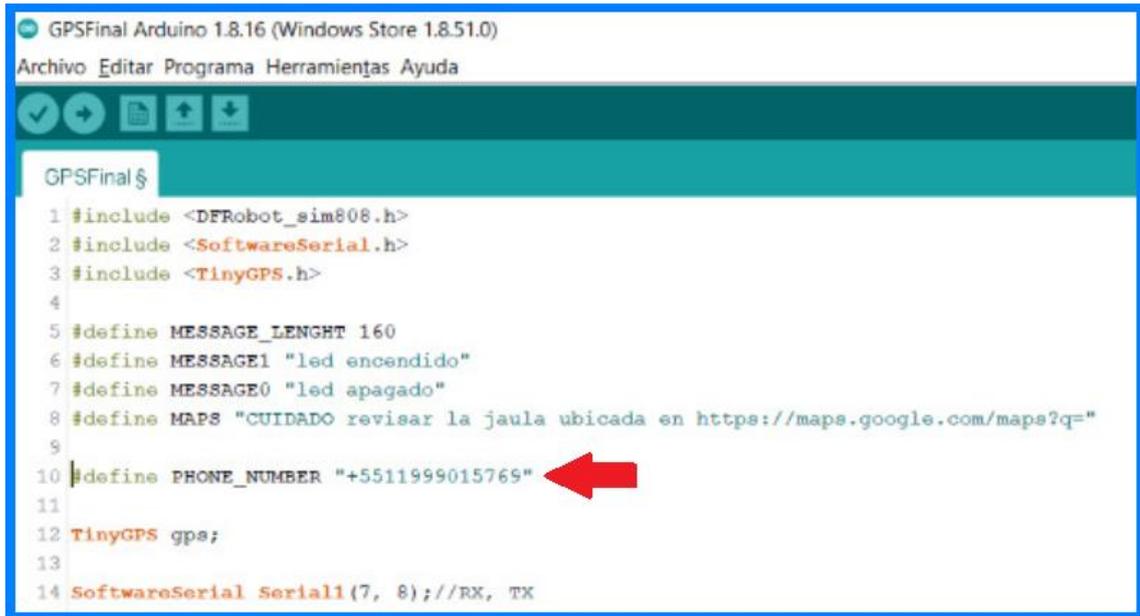
Tabla N° 4: Conexiones de conexión entre módulo GPS y arduino nano.

Color	Modulo GPS		Arduino Nano	
Amarillo	TXD	pin de salida de datos	D8	Entrada / salida digital
Naranja	RXD	pin de entrada de datos	D7	Entrada / salida digital
Café	GND	Tierra	GND	Tierra

Elaboración propia.

Mini guía informativa de personalización del programa

1. Para realizar la personalización se precisa cambiar el número del usuario en el código fuente (Arduino IDE), exactamente en la línea de código número 10. Se hace una referencia en la imagen N°22.
2. Posteriormente grabar el módulo Arduino para su correcto funcionamiento.
3. Para realizar la personalización se precisa cambiar el número del usuario en el código fuente (Arduino IDE), exactamente en la línea de código número 10. Se hace una referencia en la imagen N°22.
4. Posteriormente grabar el módulo Arduino para su correcto funcionamiento.



```
GPSFinal §
1 #include <DFRobot_sim808.h>
2 #include <SoftwareSerial.h>
3 #include <TinyGPS.h>
4
5 #define MESSAGE_LENHT 160
6 #define MESSAGE1 "led encendido"
7 #define MESSAGE0 "led apagado"
8 #define MAPS "CUIDADO revisar la jaula ubicada en https://maps.google.com/maps?q="
9
10 #define PHONE_NUMBER "+5511999015769"
11
12 TinyGPS gps;
13
14 SoftwareSerial Serial1(7, 8); //RX, TX
```

Figura N° 22: Personalización del programa.

Elaboración propia.

4.3 RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

4.3.1 Prueba de funcionalidad del sistema

Una vez que se implementó el sistema se hace la respectiva prueba obteniendo resultados positivos, ya que en el monitor serie, se puede apreciar la comunicación que se tiene entre los elementos del sistema embebido.

El monitor serie es una ventana separada de Arduino IDE, su función es permitir enviar mensajes desde el Arduino al ordenador y viceversa.

```
COM3
0**1**2**3**4**5**6**7**8**9**... Empezando la lectura y conversion
Lat= -23.641996
Lon= -46.529098
***mensaje que se enviará al celular***
Enviando mensaje ...
>Lectura GPS enviada al celular...
<codigo recibido atendido!>
*****
Esperando mensaje...
Exito inicializando Sim808
Sistema de pruebas GPS Security
Exito inicializando el modulo GPS
configuracion completa!
Esperando mensaje...
**** dato nuevo ****
**** verificando codigo y realizando acciones: ****
**** MENSAJE =
GPS
... Fin ****
Codigo GPS recibido...
AT+CGNSTST=1
Por favor espere, se está estabilizando el GPS:
0**1**2**3**4**5**6**7**8**9**... Empezando la lectura y conversion
***coordenadas a ser enviadas al celular***
Lat= -23.642007
Lon= -46.529163
Enviando mensaje ...
>Lectura GPS enviada al celular...
<codigo recibido atendido!>
*****
Esperando mensaje...
```

Figura N° 23: Salida del monitor serie de la implementación.

Elaboración propia.

4.3.2 Prueba de Obtención de Coordenadas en Áreas Externas

La implementación del sistema embebido fue puesto en marcha en el parque Ibirapuera - Sao Paulo – Centro, analizándose un total de tres muestras.

Se notó la diferencia de que la conexión en campo abierto demora 1 minuto aproximadamente y en campo cerrado demora de 10 a 15 minutos aproximadamente.

Ya que las jaulas de la actividad acuícola se ubican en campo abierto su conexión será en menor tiempo.

La fuente de alimentación que se usó para el Arduino Nano es un cargador portátil y para la alimentación del modulo GPS se usó un paquete de cuatro pilas AA.



Figura N° 24: Puesta en marcha del sistema embebido.
Elaboración propia.

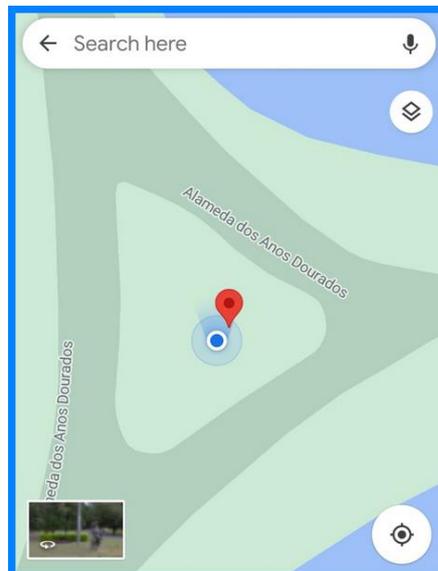


Figura N° 25: Primera muestra referente a la posición 1.
Elaboración propia.

Una vez que se pone en marcha el sistema, el aviso de alerta llega dentro de aproximadamente 1 minuto, esto indica que, cuando una jaula esté siendo perpetrada, el aviso de alarma llegará en aproximadamente un minuto.



Figura N° 26: Recepción de alarma recibido en el móvil.

Elaboración propia

Tabla N° 5: Muestras recogidas.

Muestras	Posición	Hora
Primera muestra referente a la posición 1	-23.642092, - 46.529167	21:53
Segunda muestra referente a la posición 1	-23.642008, - 46.529163	22:05
Tercera muestra referente a la posición 1	-23.642008, -46.529163	22:07

Elaboración Propia.

4.4 DISCUSIÓN

El número de motocicletas en Indonesia aumenta cada vez más al año, y los robos a un mayor número de vehículos de motor también. En comparación con otro tipo de delitos, el robo de los vehículos motorizados tiene mayor porcentaje de 99% entre los años 2012 y 2013. La utilización del GPS en este tipo de delitos es idónea. El autor diseña e implementa una aplicación de estacionamiento seguro (SPR) utilizando el desarrollo rápido de aplicaciones (RAD) y el sistema de posicionamiento global (GPS) que controla y asegura las motocicletas. La manera en que funciona es que el propietario recibe información detallada sobre el movimiento de la motocicleta, es decir, la ubicación del vehículo, el historial y el GPS en tiempo real. El algoritmo usado comprueba el número de satélites visibles, si se obtiene un número mayor a tres entonces se obtiene la longitud y latitud, seguidamente se comprueba esta condición tres veces, para confirmar el bloqueo, la complejidad temporal de este algoritmo es $O(n^3)^4$, cuanto mayor sea la duración de los datos, mayor será la complejidad del espacio. El lenguaje de programación usado es el Java, el sistema operativo es Windows 10, el entorno de programación usado es Android Studio 2.3.1 debido a su estabilidad. Ésta aplicación utiliza un dispositivo de bajo costo como sustituto de una alarma o transmisor (Henuk, Mandala, Hadisukmana, et al., 2020).

En este trabajo se hace una propuesta de para la prevención del robo y la recuperación de motocicletas mediante el uso de sensores y microcontroladores conectados a teléfonos inteligentes. En caso de robo el sistema notifica al usuario mediante una advertencia. Los usuarios pueden ver la ubicación de la motocicleta en este momento, y también pueden apagar el motor a través de un teléfono inteligente. Una de las conclusiones más resaltantes es que en algunas circunstancias, se producen retrasos

⁴ Complejidad algorítmica que tiene un impacto directo en el rendimiento de una aplicación (Medina, 2014).



en la entrega y recepción de mensajes de texto. El sistema se divide en dos partes: hardware y software. Como parte del hardware se utilizó; un microcontrolador que sirve como control principal de todas las operaciones, un módulo GSM que actúa como intermediario entre el vehículo y el propietario, un módulo GPS se utiliza para obtener las coordenadas de ubicación del vehículo (longitud y latitud), un inmovilizador de motor o un interruptor de apagado para inmovilizar el motor del vehículo cuando se activa el sistema de alarma. Como software se usa el sistema del móvil que es el medio de comunicación entre el usuario y el vehículo.

Para el soporte de software se diseñó el software llamado MC Controller para lo cual se usó el lenguaje Java para Android y lenguaje C para la programación del microcontrolador Arduino Uno. Se utilizó dispositivos SIM 808 como GPRS / GSM y GPS. En los resultados se muestra la aplicación en un dispositivo móvil y un menú dentro de la aplicación de la llave de encendido que se utiliza para controlar una motocicleta a través de un GPRS. En los resultados se comprueba que al activarse el sistema de alarma obtiene las coordenadas de ubicación (latitud y longitud) del vehículo e inhabilitó el motor, seguidamente el sistema proporciona la ubicación del vehículo y monitorea y/o verifica, y actualiza continuamente si hay un cambio en la ubicación del vehículo. Al usar el menú del botón de alarma, el usuario puede activar la alarma y enviará una notificación al dispositivo móvil Android. El formato enviado al usuario la ubicación de latitud y longitud en formato de Google Maps. El autor concluye que la conectividad del sistema depende de la cobertura de la red celular, y la precisión y la respuesta del GPS dependen de una amplia variedad de factores físicos y ambientales. (Sihombing, Daulay, Efendy, & Syarif 2020).

El autor presenta una herramienta de seguridad basada en Internet que utiliza tecnologías RFID y GPS para identificar conductores y rastrear la integridad de la



carga. El sistema que implementa realiza las pruebas de seguridad en tiempo real utilizando Internet y la base de datos de la Aduana de EE. UU. Uno de los enfoques principales es la automatización del seguimiento de contenedores del gobierno federal. El módulo rastreador GPS demuestra que es funcional y muestra la ubicación de la carga en cualquier momento e informa al sistema cuando es necesario. Ayudando de esta manera al control de seguridad, y al proceso de envío y de recepción para que sean más rápidos y sencillos, además de, que garantiza que los bienes y productos no se vean comprometidos mientras estén en tránsito. (Zhang, 2013)

La complejidad del programa implementado en esta investigación sigue el paradigma de sistemas basados en Arduino, comparado con Sihombing, P. et al (Junio 2020), el sistema implementado es más pequeño en dimensiones físicas (Arduino Nano frente a Arduino UNO), así mismo es menos complejo a nivel de usuario frente al sistema imprentado en Zhang, R. (2013), así mismo, no se usa un programa adicional para calcular las coordenadas tal como se muestra en Henuk, A. T. (junio 2020), con lo cual no cuenta con la mencionada complejidad.



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: Según la revisión de la literatura sobre las características del Lago Titicaca, se concluye que las jaulas flotantes para criaderos de truchas tienen características, tales que, permiten el desarrollo de la acuicultura. Así mismo, la construcción de forma y tipo de cada jaula flotante tiene una parte de la estructura a flote, lo que permite la Implementación del Prototipo de Sistema de Seguridad Geolocalizable.

SEGUNDA: Las características de los sistemas embebidos los hacen modulares, y por ello son fáciles de interconectarlos, por lo que el diseño del prototipo del sistema de seguridad geolocalizable se hizo tomando en cuenta el tamaño y precio final, de tal manera que sea accesible y de fácil uso, con características de bajo consumo energético.

TERCERA: La implementación del prototipo del sistema de seguridad geolocalizable fue implementado siguiendo el diseño modular adoptado, y se comprobó su funcionamiento respectivo, en cuanto a la exactitud de las coordenadas, se concluye que los errores son mínimos dentro de un alcance de 1m, lo cual hace posible de manera óptima indicar en qué lugar la jaula fue perpetrada, sin embargo, las restricciones iniciales de la pandemia COVID-2019 hicieron que no fuera factible su instalación en una jaula flotante para criadero de truchas.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda adicionar un sistema de baterías para el almacenamiento de energía, de tal forma que el sistema sea más eficiente y menos dependiente. Por ejemplo, se puede usar energía solar.

SEGUNDA: Se recomienda hacer el diseño mecánico de la carcasa para el sistema prototipo, así como, prever que sea impermeable, ya que los componentes electrónicos podrían dañarse si el agua se filtra a las placas.

TERCERA: Se recomienda hacer un estudio detallado de los oleajes en el Lago Titicaca para saber de qué manera estos movimientos afectan a la estabilidad del sistema de alarma.



VII. REFERENCIAS

- Agencia Agraria de Noticias. (21 de Mayo de 2015).Sierra Exportadora Articulará 13 Piscigranjas de Trucha en la Libertad. <https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-de-trucha-alcanzo-las-54-000-toneladas-e-24499>
- Agencia Agraria de Noticias. (31 de Mayo de 2021). Producción nacional de trucha alcanzó las 54.000 toneladas en 2020. <https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-de-trucha-alcanzo-las-54-000-toneladas-e-24499>
- AGROPERÚ. (25 de Junio de 2021).Puno: Entregan jaulas flotantes para crianza de truchas.<https://www.agroperu.pe/puno-entregan-jaulas-flotantes-para-crianza-de-truchas/>
- Agrotendencia. (s.f.).Cultivo de trucha. Recuperado el 25 de Noviembre de 2021 de <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-la-trucha/>
- Aguirre, B. (21 de diciembre de 2008).Así operan las "mafias del salmón" que roban cultivos en la X Región. <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=57665>
- Alberto, A. (20 de Febrero de 2017).La empresa danesa HVALPSUND NET patenta un novedoso sistema de seguridad para las jaulas flotantes de cultivo de peces. <https://acuiculturamarina.com/2017/02/20/sistema-de-seguridad-para-jaulas-de-peces/>
- Alejo, M. F. R. (2021). ANÁLISIS DE LA CALIDAD Y SU APLICACIÓN EN EL PROCESO PRODUCTIVO EN LAS EMPRESAS DE ACTIVIDADES DE



TRUCHA. Revista de Investigaciones de la Escuela de Posgrado de la UNA PUNO, 10(1), 2041-2052.

Alldatasheet.(s.f.). GSM/GPRS+GPS Module. SIMCom (Version: 1005).
<https://pdf1.alldatasheet.es/datasheet-pdf/view/1131990/ETC2/SIM808.html>

Álvarez Pacheco, J. G. (2019). Analizar los efectos de la tropósfera sobre la señal de GPS y el impacto en la precisión en el posicionamiento de un receptor (Master's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Álvarez, D. A. G. (2008). Sistema GNSS (global navigation satellite system). Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

Alvarez, J., Haro, M. Z., Ruilova, J., & Vinueza, R. (2020). Estudio del Impacto de la Troposfera sobre la Señal de GPS L1 en la ciudad de Riobamba. Revista Perspectivas, 2(1), 38-44.

Anibal, M. L. (2018). Diagnostico Situacional de la Crianza de Truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en el centro de Cultivo del Lago Titicaca. Universidad Peruana Cayetano Heredia, Escuela de Postgrado. Lima: Montesinos Lopez Jeansen Anibal.

Annex, A. (1995). Global positioning system standard positioning service signal specification. United States Coast Guard Navigation Center.

Antonio, F. C., & Rafael, S. M. (2016). Diseño y Construcción de un Sistema de Seguridad Vehicular Mediante Monitoreo vía GSM-GPS. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica Eléctrica, México.



- Antony Kevin, M. A. (2017). Sistema de seguridad vehicular con geo localización en dispositivos móviles con hardware y software libre.
- Arduino. (s.f.).Arduino Nano. Recuperado el 01 de Diciembre de 2021 de <https://store.arduino.cc/products/arduino-nano>
- AristaSur (23 de diciembre de 2010).Conceptos generales del GPS. <https://www.aristasur.com/contenido/conceptos-generales-del-gps>
- Batallas Canchig, M. A. (2018). Evaluar la suplementación con polen en alevines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) medidos a través del peso y talla (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Beltrán Farfán, D. F., Palomino Calli, R. P., Moreno Terrazas, E. G., Peralta, C. G., & Montesinos-Tubée, D. B. (2015). Calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011. *Revista peruana de biología*, 22(3), 335-340.
- Northcote, T. (1991). Eutrofización y problemas de polución. *El Lago Titicaca: Síntesis Del Conocimiento Limnológico Actual*. Hisbol-ORSTOM, La Paz, 563-572..
- Berger, C. (2020). La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú. *South Sustainability*, 1(1), e003-e003.
- Bernardi, J. V. E., & Landim, P. M. B. (2002). Aplicação do Sistema de Posicionamento Global (GPS) na coleta de dados. Universidade Federal de Rondônia.



- Berné Valero, J. L., Garrido Villén, N., & Capilla Romá, R. (2019). GNSS: GPS, Galileo, Glonass, Beidou. Fundamentos y métodos de posicionamiento. Colección Académica.
- Bohorquez Coria, Y. E. (2018). Exportación mundial de la trucha y la producción en los principales departamentos productores del Perú en el período 2010–2017.
- bnamericas.(s.f.).Google <https://www.bnamericas.com/es/perfil-empresa/google-inc>
- Branco, A.(s.f.).Coordenadas geográficas - Latitude, Longitude e GPS.Geografia.<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/coordenadas-geograficas-latitude-longitude-e-gps.htm>
- Brenner, T., & Referat, F. (1994). las pesquerías de aguas continentales frías en América Latina (No. 639.2 COM-doc. 7).
- Caracterización del Lago Titicaca.(s.f.). http://www.alt-perubolivia.org/web_lago/WEB_LT/cursos/carpeta_difusion/Unidad02.pdf
- Carlos, J.(31 de Julio de 2021).Sistemas Global de Navegación por Satélite GNSS.GPS Total. <https://gpstotal.org/es/gps/gnss#Origen-y-antecedentes-de-los-sistemas-GNSS>
- Carrasco Rojo, A. (2020). Sistema de guiado GNSS para aeronaves en la maniobra de rodaje.
- Castilla, J. S. R., García, J. A. D., & Canales, J. C. (2014). API de Google Maps para un mapa de conocimiento de los asesores especializados de un Centro de Desarrollo Empresarial. Res. Comput. Sci., 73, 59-72.



- Chura, R., Mollocondo, H. (11 de Marzo de 2017).Desarrollo de la acuicultura en el Lago Titicaca (Perú).AQUAHOY.<https://www.aquahoy.com/no-categorizado/14833-desarrollo-de-la-acuicultura-en-el-lago-titicaca-peru>
- Coelho, A. C. S. (2003). Avaliação do desempenho de receptores GPS em levantamentos altimétricos, para fim de sistematização de terras. Piracicaba/SP, 145.
- CPETecnologia. (s.f).Esclareça suas dúvidas sobre GNSS (Global Navigation Satellite System).<https://blog.cpetecnologia.com.br/esclareca-suas-duvidas-sobre-gnss-global-navigation-satellite-system/>
- Cruz, R. C., & Hualpa, H. M. (2016). Desarrollo de la acuicultura en el Lago Titicaca (Perú). Revista AquaTIC, (31).
- De la Oliva, G. (2011). Manual de buenas prácticas de producción acuícola en el cultivo de trucha arco iris. Recuperado el, 8 de Diciembre de 2021.
- Díaz, E., Esperabe, I., Fernández, R., Gualda, D., Manzano, J., Martín, J.,... & De Santiago, L. (2006). Introducción al diseño de microrobots móviles. Trabajo realizado para la asignatura de Diseño de Microrobots Móviles de la Universidad de Alcalá.
- EL CULTIVO INTENSIVO, D. T. E., & FLOTANTES, J. LA ACUACULTURA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA: UNA VISIÓN DESDE LOS INVESTIGADORES. Avances de la Investigación Sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México, 271.
- FAO Sala de Prensa en Profundidad. (2003).Acuicultura: principales conceptos y definiciones. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la



Alimentación. <https://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/aquaculture-defs.htm>

Fernández Herrera, Manuel (2019). "Geolocalización en el espacio para la gestión de inventario".

Fernández, Y (23 de Abril de 2021).GPS, GLONASS, BeiDou y Galileo: qué son y cuáles son las diferencias. <https://www.xataka.com/basics/gps-glonass-beidou-galileo-que-cuales-diferencias>

Fernández-Rubio, J. A., & Granados, G. S. (1997). Sistemas de posicionamiento: de GPS a GNSS. Mundo electrónico, (280), 46-52.

Figueirêdo, D. C. (2005). Curso Básico de GPS. www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Topo/leb450/Angulo/Curso_GPS.pdf. Acceso em, 3(02), 2014.

Florez, S. Y. V., & Aguilar, L. J. (2012). Tendencias en Geolocalización para el 2012.

FONDEPES (Octubre de 2014).Manual de Trucha en Ambientes Convencionales. Ministerio de la Producción. <https://www.fao.org/3/bc354s/bc354s.pdf>.

Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero. (s.f.). ¿Qué hacemos? Plataforma digital única del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/4119-fondo-nacional-de-desarrollo-pesquero-que-hacemos>

FONDOEMPLEO (Marzo de 2010).Proyecto Mejorando la Rentabilidad de la Truchicultura en el Lago Titicaca con Visión Empresarial y Responsabilidad Social Ambiental. https://nanopdf.com/download/documento-que-constituye-una-herramienta-de-apoyo-tecnico-para-la-produccion-de_pdf



- Gabri. (19 de Junio de 2018). Sistema Geodesico Mundial.ArcGeek.
<https://acolita.com/sistema-geodesico-mundial-wgs84/>
- Gajski, D. D., Abdi, S., Gerstlauer, A., & Schirner, G. (2009). Embedded system design: modeling, synthesis and verification. Springer Science & Business Media.
- Gáloc Vilca, J. E. (2016). Diseño e implementación de un sistema de geolocalización en interiores para plataforma Android vía la red Enterprise WLAN de la PUCP.
- Garrido, N. (11 de Abril de 2016).Errores atmosféricos en GNSS (GPS). Estudio y eliminación. <https://nagarvil.webs.upv.es/errores-atmosfericos-gnss-gps/>
- Girón Ayala, A. D. (2020). Impacto del uso del GPS para seguridad ciudadana: una revisión sistemática de la literatura científica entre los años 2015 y 2019.
- Godse, A. P., & Godse, D. A. (2021). Microprocessors & Microcontrollers. Technical publications.
- Gomez Mulluni, Y. D. (2017). Crecimiento de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la etapa de engorde alimentadas ad libitum y convencionalmente, en Chucasuyo-Juli.
- Grajales, T. (2000). Tipos de investigación. On-line) (27/03/2.000). Revisado el, 14.)
- Gustafsson, F. (2012, May). Geolocation: Maps, measurements and methods. In 9th IET Data Fusion & Target Tracking Conference (DF&TT 2012): Algorithms & Applications (pp. 1-48). IET.
- Hahmenberger, M. (2003). Summertime precipitation variability and atmospheric circulation over the south American Altiplano: Effects of lake Titicaca and salar de



- Uyuni. Oklahoma Weather Center Research Experiences for Undergraduates Program, Summer, 10.
- Hein, G. W. (2020). Status, perspectives and trends of satellite navigation. *Satellite Navigation*, 1(1), 1-12.
- Henuk, A. T., Mandala, R., Hadisukmana, N., Henuk, D. A., Mesinario, W., Zandrato, N., & Henuk, Y. L. (2020, June). The utilization of Safe Parking Application (SPR) for motorcycle security using Global Positioning System (GPS) in Indonesia. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1566, No. 1, p. 012001). IOP Publishing.
- Iltis, A., Carmouze, J., & Lemoalle, J. (1991). Características físico-químicas del agua. *El Lago Titicaca: síntesis del conocimiento limnológico actual*, 107-113.
- Instituto agua Viva. (s.f.). Boas prácticas de manejo para a aqüicultura. https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/Manual_de_Boas_Pr%C3%A1ticas_em_Aq%C3%BCicultura.pdf
- Jain, S., Ranjan, A., Roy, K., & Raghunathan, A. (2017). Computing in memory with spin-transfer torque magnetic RAM. *IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems*, 26(3), 470-483
- Jung, C. T. (2016). Geolocation Services. *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology: People, the Earth, Environment and Technology*, 1-4.
- Li, Q., & Yao, C. (2003). *Real-time concepts for embedded systems*. CRC press.



- LP.PASION POR EL DERECHO. (30 de Mayo de 2018). Cuál es la diferencia entre el robo y el hurto? Bien explicado. <https://lp.derecho.pe/video-pucp-diferencia-robo-hurto-romy-chang-legispe/>
- MAGyP. (s.f.). Algunos Elementos Básicos de la Acuicultura. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Argentina. https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/_archivos//000000_Informaci%C3%B3n%20y%20noticias%20vinculadas%20al%20sector/170424_Historia%20de%20la%20Acuicultura%20FAO.pdf
- Mamani Lino, E. R. (2018). Efecto de la restricción alimenticia sobre el crecimiento compensatorio de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), en etapa de engorde en jaulas flotantes, sector Charcas Lago Titicaca-2017.
- Mantilla Mendoza, B. (2004). Acuicultura: cultivo de truchas en jaulas flotantes (No. M12 M3).
- Marrede, H. (s.f.). O que são sensores e quais as suas aplicações?. Mundo da Elétrica. <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-sao-sensores-e-quais-as-suas-aplicacoes/>
- Marwedel, P. (2021). Embedded system design: embedded systems foundations of cyber-physical systems, and the internet of things (p. 433). Springer Nature.
- Maximixe Consults, S. A. (2010). Elaboración de Estudio de Mercado de la trucha en Arequipa. Cusco, Lima, Huancayo y Puno, 24.
- MENDOZA, D. (2010). Elaboración del estudio de mercado de la trucha en Arequipa, Cusco, Huancayo, Lima y Puno. Ministerio de la Producción. Lima. Edit.: Macro.



- Mendoza, R., & Palomino, A. (2004). Manual de Cultivo de Trucha Arco Iris en jaulas flotantes. Lima: FONDEPES.
- Mendoza, R. & Palomino, A. (Junio 2004). Manual de Cultivos de Trucha Arco Iris en Jaulas Flotantes. PRODUCE.
http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/manua_trucha_jaulas.pdf
- Micolini, O., Daniele, E., Ventre, L. O., Cebollada, M., & Eschoyez, M. (2017). Procesador de Petri modular para sistemas embebidos. In XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (La Plata, 2017).
- Medina, J. (2014). Pruebas de rendimiento TIC. Lulu. com.
- Min, S. H., Lee, J. H., & Choi, J. W. (2020). Surveillance Simulator for Undersea Aquaculture Monitoring. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(6), 404.
- Ministerio del Ambiente. (Julio de 2021). Línea de base de la trucha arcoíris con fines de bioseguridad en el Perú. https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/07/libro_ldb_trucha.pdf
- MOBATIME. (26 de Mayo de 2021). Cuál es la diferencia entre GNSS y GPS? <https://www.mobatime.com/es/article/difference-between-gnss-gps/>
- Molina Domínguez, L., & Vergara Martín, J. M. (2011). Impacto ambiental de jaulas flotantes: estado actual de conocimientos y conclusiones prácticas. *Boletín. Instituto español de oceanografía*, 21(1-4), 75-81.



Núñez Basáñez, J. F., Pérez Rojas, L., Paino Monsalve, J. M., & Pérez Arribas, F. L. (2009). El Buque de Cooperación Pesquera, una iniciativa de la Administración para la pesca responsable y sostenible.

Observatorio Español de Acuicultura.(s.f.).¿Qué es la acuicultura?.Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://www.observatorio-acuicultura.es/>

Ojolick, E. J., Cusack, R., Benfey, T. J., & Kerr, S. R. (1995). Survival and growth of all-female diploid and triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared at chronic high temperature. *Aquaculture*, 131(3-4), 177-187.

Pablo, A. L., & Gustavo, D. T. (2012). Sistema de Localización Monitoreo y Control Vehicular Basado en los Protocolos GPS/GSM/GPRS. Universidad Politécnica Salesiana, Ingeniería Electrónica, Cuenca - Ecuador.

Paredes, R., & Gonfiantini, R. (1999). Lake Titicaca: History and current studies.

Parnell, D. (2019). "An Introduction to Modern Sensor Technology". CED engineering.com.
<https://www.cedengineering.com/userfiles/An%20Introduction%20to%20Modern%20Sensor%20Technology%20R1.pdf>

PATTY.(s.f.).Diseño y Armado Jaulas Flotantes. Recuperado el 30 de Noviembre de 2021 de <http://www.mundomallas.com/disen-y-armado-jaulas-flotantes/>

Pedre, S. (2017). Sistemas embebidos. Laboratorio de Robótica y Sistemas Embebidos, Departamento de computación FCEN UBA.72 Wilmshurst, T. (2001). An introduction to the design of small-scale embedded systems. Palgrave.



- Peña, C. (2020). Arduino IDE: Domina la programación y controla la placa. RedUsers.
- Peña,R.(s.f.).Iniciativa que Adiciona el Artículo 381 Quintus al Código Penal Federal, a Cargo del Diputado Ricardo de la Peña Marshall, del Grupo Parlamentario del Pes. http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2019/04/asun_3871918_20190429_1556224354.pdf
- Pérez, D. (2009). Sistemas embebidos y sistemas operativos embebidos. Lecturas en ciencias de la computación. Universidad Central de Venezuela, Vols.% i de% 2ISSN, 1316-6239.
- Perez, M. T., & Robledillo, J. M. M. (1989). Piscicultura en jaulas flotantes. Madrid: Hojas Divulgadoras. Ministério de Agricultura, Pesca y Alimentación, Dirección General de Investigación y Capacitación Agrárias, Servicio de Extension Agrária.
- Phillips, V., Tschida, R., de Comunicaciones, G. C., & Hernandez, M. (2008). Manual básico para el cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).
- PNIPA. (2020).La cadena de valor de la trucha. Ministerio de la Produccion.<https://www.pnipa.gob.pe/wp-content/uploads/2020/10/Estudio-de-prospectiva-PNIPA-Cadena-de-Valor-de-la-Trucha.pdf>
- PRA Buenaventura. (Noviembre de 2015). Cáritas del Perú. https://drive.google.com/file/d/1_qpN4ej5GBpgnDXzVLXaUm0bmU3Zf3QX/view
- Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura. (2018). Sur Occidental. Ministerio de la Producción. <https://pnipa.gob.pe/sur-occidental/>
- Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura. (2018). Trucha. Ministerio de la Producción. <https://pnipa.gob.pe/trucha/>



- Programa Nacional a Comer Pescado [PNACP]. (7 de noviembre de 2017). Truchas frescas de Puno llegan por primera vez a Tottus. Ministerio de la Producción PRODUCE. <https://www.gob.pe/institucion/acomerpescado/noticias/216073-truchas-frescas-de-puno-llegan-por-primera-vez-a-tottus>
- Proyecto Especial Truchas Titicaca. (8 de julio de 2020). PETT del Gobierno Regional Puno inició Proyecto «Mejoramiento de las Capacidades Tecnológicas en el Manejo de la Cadena Productiva de la Trucha en la Región Puno». Gobierno Regional de Puno. <https://www.gob.pe/institucion/regionpuno/noticias/201461-pett-del-gobierno-regional-puno-inicio-proyecto-mejoramiento-de-las-capacidades-tecnologicas-en-el-manejo-de-la-cadena-productiva-de-la-trucha-en-la-region-puno>
- Quispe Laura, A. Evaluación socio económica de la crianza de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas metálicas en tres comunidades de la de la cuenca del Lago Titicaca (Doctoral dissertation).
- Ribeiro, M. D., Larrañaga Uriarte, A. M., & Cybis, H. B. B. (2013). Mapeamento das pesquisas de origem e destino com viagens segmentadas realizadas com o uso de GPS. Semana de Engenharia de Produção Sul Americana (13.: 2013 jun. 9-11: Gramado, RS). Anais... [recurso eletrônico]. Porto Alegre: FEEng, 2013.
- Robinson, S. (s.f.). Sistema de Coordenadas. Info Escola. <https://www.infoescola.com/matematica/sistemas-de-coordenadas/>
- Robles Ibazeta, D. L. De los objetivos trazados con el otorgamiento de beneficios laborales en la acuicultura.
- Rodriguez Casas, J. L. (2014). Diseño de un sistema de localización automática y monitoreo de vehículos: caso de estudio empresa de Taxi Jet



- Rojas-Martínez, A. M. (2016). Estudio del efecto de la troposfera en la estimación de la altitud. Aplicación en el posicionamiento preciso obtenido a partir de redes activas GNSS.
- Sánchez Sello, F. J., & Cruz González, M. (2012). Development of Technological Vigilance Systems in Spanish Aquaculture. *Journal of Technology Management & Innovation*, 7(3).
- Sánchez, A. (s.f.). Geolocalización. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción- Facultad de Ciencia y Tecnología. <http://jeuazarru.com/wp-content/uploads/2014/10/Geolocalizacion.pdf>
- Sawada Benavides, C. (2014). Diseño de sistema de ubicación para personas con Alzheimer vía web.
- Senamhi. (Noviembre de 2016). Ciclos Horarios de Precipitación en el Perú Utilizando Información Satelital. Ministerio del Ambiente Perú. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-34.pdf>
- Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS). (s.f.). Montañismo. https://multimedia.uned.ac.cr/pem/montanismo/Inavegacion/sistema_navegacion_satelite.html#sidr-id-menu-button
- Sihombing, P., Daulay, I. S., Efendy, S., & Syarif, I. (2020, June). Motor Vehicle Security using Microcontroller, GPS and Android as Innovation to Prevent Motor Thieves. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1566, No. 1, p. 012026). IOP Publishing.



- Sommantico, S. (2018). Trucha arcoiris, una de las especies acuícolas de mayor importancia en la Argentina. Infocampo. <https://www.infocampo.com.ar/trucha-arcoiris-una-de-las-especies-acuicolas-de-mayor-importancia-en-la-argentina/>
- Stankovic, J. A. (1996). Strategic directions in real-time and embedded systems. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 28(4), 751-763
- Stopher, P., Clifford, E., Zhang, J., & FitzGerald, C. (2008). Deducing mode and purpose from GPS data.
- Stoumboudi, M. T., Barbieri, R., & Kalogianni, E. (2017). First report of an established population of *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (Salmonidae) on the Island of Crete, Greece. *Acta Zoologica Bulgarica*, (Supplementum 9), 99-104.
- Términos Adicionales de Maps/Earth, (31 de Marzo de 2020). Google. https://www.google.com/intl/es_ALL/help/terms_maps/
- Thornton, P., & Little, D. (1981). *The Microprocessor: Just Another Component. Industrial Management & Data Systems.*
- Tkachuk, J. J. (2007). Construcción para criar peces en pequeños estanques. *Miscelánea-EEA Cerro Azul (Argentina).*
- Vahid, F., & Givargis, T. D. (2001). *Embedded system design: a unified hardware/software introduction. John Wiley & Sons.*
- Vargas Rivera, M. A., & Valdez Rojas, C. E. Evaluación de ciclo de vida en el cultivo de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en la empresa Piscifactoría Peña SAC.



- Venta de jaulas flotantes Puno Arequipa Cusco.(23 de Octubre de 2019).Multiservio en estructura metal mecanica les ofrece jaulas flotantes.Jaula Flotante Octogonal.<https://www.facebook.com/dayandy.estructuras>
- Vera, J. (1984). Breve historia de la acuicultura y su organización en el Perú. M. Pedini Fernando-Criado. Informes nacionales sobre el desarrollo de la acuicultura en América Latina. FAO, Informe de Pesca Noo, 294.
- Vilca Espinoza, R. A. (2017). Influencia de un sistema de geolocalización en el control y monitoreo de vehículos con dispositivos GPS en una empresa logística, 2015.
- Vivanco,V.(26 DE Noviembre de 2019). Sensores.<https://es.scribd.com/document/436915542/Sensores-docx>
- Wilmshurst, T. (2001). An introduction to the design of small-scale embedded systems. Palgrave.
- Wirrmann, D., Ybert, J. P., & Mourguiart, P. (1991). Morfología y batimetría. El Lago Titicaca, síntesis del conocimiento limnológico actual, 31-37
- Yim, J. B., & Nam, T. K. (2007). Implementation of unmanned aquaculture security system. Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, 13(1), 61-67.
- Zhang, R. (2013). A transportation security system applying RFID and GPS. Journal of Industrial Engineering and Management, 6(1), 163-174



ANEXOS

Código del Programa

El código de programa fue implementado en Arduino IDE y puede ser apreciado a continuación:

```
//Librería para uso del módulo GPS
#include <DFRobot_sim808.h>

//Librería que implementa en software un puerto serial rs232
#include <SoftwareSerial.h>

//Librería para cálculos de coordenadas de GPS
#include <TinyGPS.h>

//Tamaño máximo del mensaje de texto (caracteres)
#define MESSAGE_LENGTH 160

//mensaje por defecto de led ON
#define MESSAGE1 "led encendido"

//mensaje por defecto de led OFF
#define MESSAGE0 "led apagado"

//mensaje por defecto que se enviará como encabezado en el SMS
#define MAPS "CUIDADO revisar la jaula ubicada en https://maps.google.com/maps?q="

//número de teléfono por defecto
#define PHONE_NUMBER "+5511999015769"

//Se crea la clase gps para cálculo de las coordenadas
TinyGPS gps;

//Se inicializa el puerto serial rs232 en el Arduino
SoftwareSerial Serial1(7, 8);//RX, TX

//Se crea la clase sim808 indicando cual puerto serial se usará para conectar el módulo GPS
DFRobot_SIM808 sim808(&Serial1); //Connect PIN_TX,PIN_RX, GND

//definiciones generales de variables globales
int alarma = 4;
```



```
int estado = 3;
int led = 13;
int i = 0;
int j = 0;
String latitud, longitud, datos;
float lati,longi;
char DAT;
char DAT_dos;
char DAT_GPS;
float flat, flon;
unsigned long age;
char coordenada_gps;
char datosSERIAL[30];
char clave_uno[]="LEDON";
char clave_dos[]="LEDOF";
char clave_gps[]="GPS";

//ciclo de configuración del Arduino, estos comandos se
//ejecutan una sola vez cuando se alimenta el módulo.
void setup(){
  //Configuración de entradas/salidas digitales
  pinMode(led,OUTPUT);
  pinMode(estado,OUTPUT);
  pinMode(alarma,OUTPUT);
  //Configuración de los puertos seriales
  Serial1.begin(9600);
  Serial.begin(9600);
  //Iniciando el módulo sim808
  while(!sim808.init()){
    delay(1000);
    digitalWrite(estado,HIGH);
  }
  //Se espera 3s para dar una estabilidad al módulo
  delay(3000);

  digitalWrite(estado,LOW);
  //Mensaje que se muestra en el puerto serial del PC
```



```
Serial.println("Exito inicializando Sim808");
Serial.println("Sistema de pruebas GPS Security");
delay(1000);

//***** Encendiendo el GPS ****

if( sim808.attachGPS())
    //Serial.println("Exito inicializando el modulo GPS");
    digitalWrite(estado,LOW);
else
    //Serial.println("Falla inicializando el modulo GPS");
    digitalWrite(estado,HIGH);
//enviando toda los comandos AT necesarios para el correcto
//funcionamiento del módulo sim808, configuramos la lectura
//y envío de mensajes
Serial1.println("AT+IPR=9600");
delay(500);
Serial1.println("AT+CMGF=1");
delay(500);
Serial1.println("AT+CMGR=?");
delay(500);
Serial1.println("AT+CNMI=2,2,0,0");
delay(500);
Serial1.println("AT+CGNSPWR=1");
Serial.println("configuracion completa +++");
delay(300);
}
//Bucle que se ejecuta de manera indefinida
void loop() {
    Serial.println("Aguardando recibir mensaje...");
    while(true){
        //a la espera del comando de mensaje sms
        leer_mensaje();
    }
}
//función que lee los comandos del SMS
void leer_mensaje(){
    //etiqueta del bucle
```



```
salir:
//se verifica si tenemos algún sms disponible
if(Serial1.available(>0){
  //Se lee uno a uno los caracteres del SMS
  char DAT = Serial1.read();
  //si se encuentra un @ lo que sigue es un comando
  if(DAT=='@'){
    //Se informa que llegó un comando
    digitalWrite(estado,HIGH);
    //Se leen todos los caracteres para saber si hay comandos
    while(true){
      if(Serial1.available(>0){
        char DAT_dos=Serial1.read();
        datosSERIAL[j]=DAT_dos;
        j++;
        //una vez que se terminen de leer todos los datos verificamos si
        //si están dentro de los comandos
        if(DAT_dos=='\n'){
          if(datosSERIAL[0]==clave_uno[0] && datosSERIAL[1]==clave_uno[1] &&
datosSERIAL[2]==clave_uno[2] && datosSERIAL[3]==clave_uno[3] &&
datosSERIAL[4]==clave_uno[4]){
            digitalWrite(led,HIGH);
            mensaje_encendido();
          }
          if(datosSERIAL[0]==clave_dos[0] && datosSERIAL[1]==clave_dos[1] &&
datosSERIAL[2]==clave_dos[2] && datosSERIAL[3]==clave_dos[3] &&
datosSERIAL[4]==clave_dos[4]){
            digitalWrite(led,LOW);
            mensaje_apagado();
          }
          if(datosSERIAL[0]==clave_gps[0] && datosSERIAL[1]==clave_gps[1] &&
datosSERIAL[2]==clave_gps[2]){
            activacion_gps();
            envio_mensaje_gps_coordenada();
            lati,longi = 0;
          }
        }
        delay(10);
      }
    }
  }
}
```



```
digitalWrite(estado,LOW);
for(int i=0;i<=j;i++){
    datosSERIAL[i]=0;
    DAT_dos=0;
    DAT=0;
}
j=0;
//Se inicia de nuevo el bucle
goto salir;
}
}
}
}
}
}
}
}
}
}
//Funcion que habilita el gps del módulo
void activacion_gps(){
    Serial1.println("AT+CGNSTST=1");
    //Damos un delay de 10s para estabilizar y extraer los datos del gps
    delay(500);
    for(int i=0;i<10;i++){
        delay(1000);
    }
    //convertimos los datos leídos a coordenadas en Lat y Lon
    tyni_gps_leer();
    delay(500);
}
//Funcion para convertir las coordenadas del gps en términos
//de Latitud y Longitud
void tyni_gps_leer(){
    i=0;
    while(i<1){
        i++;
        bool newData=false;
        unsigned long chars;
        unsigned short sentences, failed;
        for(unsigned long start = millis();millis()-start<1000;){
```



```
while(Serial1.available()){
    char c=Serial1.read();
    if(gps.encode(c)) newData=true;
}
}
if(newData){
    float flat, flong;
    unsigned long age;
    gps.f_get_position(&flat, &flon, &age);
    lati=flat;
    longi=flon;
}
}
i=0;
}

//Función que envía un SMS indicando led ON
void mensaje_encendido(){
    delay(1000);
    sim808.sendSMS(PHONE_NUMBER,MESSAGE1);
}

//Función que envía un SMS indicando led OFF
void mensaje_apagado(){
    delay(1000);
    sim808.sendSMS(PHONE_NUMBER,MESSAGE0);
}

//Función que envía un SMS indicando las coordenadas
void envio_mensaje_gps_coordenada(){
    delay(1000);

    // Se convierte los datos de float para string
    String latitud = String(lati,6);
    String longitud = String(longi,6);
    String datos = MAPS+latitud+", "+longitud;

    //Seguidamente se convierte a char
    int datos_len = datos.length() + 1;
    char datos_array[datos_len];
    datos.toCharArray(datos_array, datos_len);
}
```



```
//Se envia el SMS con la cadena de texto que incluye las  
//coordenadas al número prefijado  
sim808.sendSMS(PHONE_NUMBER,datos_array);  
}
```