



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**“APLICACIÓN DE LA VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA EVALUACIÓN
FÍSICA DEL OJO DE TRUCHAS EN PUNO”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
DOCTORA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS**

AUTORA:

MAMANI HUACANI ZULEMA LILIAN

ASESORA:

DRA. JACKELINE ROXANA HUAMÁN FERNÁNDEZ

JURADO:

DRA. TAFUR ANZUALDO VICENTA IRENE

DR. BOLIVAR JIMÉNEZ JOSÉ LUIS

DR. ROMERO ECHEVARIA LUIS MIGUEL

LIMA – PERU

2020

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la vida y guiar mi camino para la culminación de este trabajo
A mis hijos Neyder, Kazandra y Katherine por ser la motivación para ser cada día mejor
A mis padres Mario y Bernardina por su amor y apoyo incondicional

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por la vida y ser mi guía en este periodo de estudio.

Agradecer a los docentes de la Escuela Universitaria de Posgrado, quienes permitieron ampliar mis conocimientos con sus enseñanzas.

A la asesora, Dra. Jackeline Roxana Huamán Fernández por el apoyo y las sugerencias para el desarrollo de la tesis, al Dr. Cesar A. Beltrán Castañon y al Ing. Omar Castillo Alarcón por los aportes y las orientaciones en la presente investigación.

De manera especial, agradecer siempre a mi familia por su comprensión e apoyo incondicional y a todas las personas que me apoyaron para la culminación de la tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Descripción del problema.....	4
1.3. Formulación del problema.....	5
Problema General.....	5
Problemas Específicos.....	5
1.4. ANTECEDENTES.....	6
1.5. Justificación de la investigación.....	10
1.6. Limitaciones de la investigación.....	11
1.7. Objetivos.....	11
Objetivo General.....	11
Objetivos Específicos.....	11
1.8. Hipótesis.....	12
Hipótesis General.....	12
Hipótesis Específicas.....	12
II. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. Marco Conceptual.....	13
III. MÉTODO.....	25
3.1. Tipo de investigación.....	25
3.2. Población y muestra.....	25
3.3. Operacionalización de variables.....	26
3.4. Instrumentos.....	26
3.5. Procedimientos.....	28
3.6. Análisis de datos.....	29
IV. RESULTADOS.....	30
V. DISCUSIÓN.....	64

VI. CONCLUSIONES	66
VII. RECOMENDACIONES	67
VIII. REFERENCIAS	68

Índice de Figuras

Figura 1. Fases del proceso de funcionamiento de Visión artificial al determinar una imagen..	17
Figura 2. Ambiente controlado de captura de imágenes de las	27
Figura 3. Fases de implementación de aplicación de Visión	31
Figura 4. Imagen Positiva del ojo de trucha-Ejemplo1	32
Figura 5. Imagen positiva del ojo de trucha - Ejemplo 2	32
Figura 6. Imagen negativa que no es ojo de trucha - Ejemplo	33
Figura 7. Código que permite la generación de imágenes	34
Figura 8. Diagrama de Caso de uso de la Aplicación de Visión Artificial	35
Figura 9. Diagrama de casos de uso de las Fases de Aplicación de Visión Artificial.....	36
Figura 10. Diagrama de secuencia de la Aplicación de Visión Artificial	38
Figura 11. Modelado de Base de datos de la Aplicación de Visión Artificial	38
Figura 12. Luxómetro para medir iluminación	40
Figura 13. Arquitectura de aplicación de visión artificial	42
Figura 14. Código de adquisición de imagen por la aplicación de Visión	42
Figura 15. Ventana de captura de imagen de la trucha	43
Figura 16. Segmentación inicial de la región de interés.....	44
Figura 17. Código que recorta la región de interés	44
Figura 18. Detección y definición de la región de interés.....	45
Figura 19. Segmentación y definición del ROI.....	45
Figura 20. Detección de la región de interés	46
Figura 21. Código de la aplicación de resultados de media y mediana con visión artificial.....	47
Figura 22. Código que permite mostrar las ventanas de imágenes	47
Figura 23. Matriz de valores de luminancia obtenidas con la aplicación de visión artificial.....	48
Figura 24. Código que representa el cambio de ROI	49

Figura 25. Espacios de color de las imágenes del ojo de trucha	49
Figura 26. Ventanas de evaluación física de la trucha con la aplicación de visión.....	50
Figura 27. Escala de grises del área de interés del ojo de	51
Figura 28. Resultados de valores del modelo HSV	52
Figura 29. . Código que calcula los valores mínimos de la matriz.....	53
Figura 30. Luminosidad de la trucha en datos agrupados	54
Figura 31. Valores de mediana de luminancia en función al tiempo en minutos.....	55
Figura 32. Tendencia y medidas de iluminación.....	58
Figura 33. Valores de iluminación de unidad de muestra	59
Figura 34. Comparación de valores medianos de luminosidad.....	60
Figura 35. Comparación de valores medianos de iluminación.....	62

Índice de Tablas

Tabla 1. Representación de color RGB-CMY.....	22
Tabla 2. Operacionalización de Variables.....	26
Tabla 3. Descripción de caso de uso AVA.....	35
Tabla 4. Descripción de casos de uso de las fases de AVA	36
Tabla 5. Frecuencia de luminosidad del ojo de trucha	54
Tabla 6. Medidas de iluminación en lux medidos con luxómetro en toma de imágenes	56
Tabla 7. Mediana de valores de iluminación con medidas en lux.....	57
Tabla 8. Relación entre tiempo y luminosidad.....	60
Tabla 9. Comparación de valores medianos de iluminación.....	61
Tabla 10. Comparación de porcentaje de sensibilidad respecto a errores	63

RESUMEN

El presente plantea software denominado aplicación de la visión artificial para la evaluación física del ojo de truchas que determina la frescura de este pez; donde con el aprendizaje supervisado y empleo esta aplicación se genera valores de luminosidad del ojo de trucha y permite verificar su relación respecto al tiempo de exposición de la trucha fuera del agua, donde la luminosidad es un indicador de frescura de la trucha y considerando que el ser humano considera una trucha como fresca en función al brillo del ojo de la trucha; para lo cual se empleó fundamento teórico de visión artificial, teniendo como objetivo determinar cómo contribuye esta aplicación de visión artificial en la evaluación física del ojo de la trucha y determinar la frescura de este pez, efectuándose este estudio con enfoque cuantitativo, tipo de investigación aplicada, nivel correlacional y diseño cuasi-experimental, donde la muestra fue conformada por truchas que se procesaron con la aplicación de visión artificial. Los resultados de esta evaluación física del ojo de trucha fueron con la obtención de luminosidad (brillo), producto del procesamiento de imágenes con la aplicación de visión artificial con aprendizaje supervisado. Las conclusiones mencionan que la aplicación de visión artificial contribuye en la evaluación física del ojo de trucha valores de luminosidad del ojo de trucha, que tiene el indicador de frescura del ojo de trucha con valores mínimos de luminosidad y la sensibilidad que lo establece la iluminación que se realizó con el aprendizaje o entrenamiento efectuado.

Palabras clave: *Inteligencia artificial, Visión artificial, Truchas*

ABSTRACT

This presents software called artificial vision application for the physical evaluation of the trout eye that determines the freshness of this fish; where with the supervised learning and employment this application generates values of luminosity of the trout eye and allows to verify its relation with respect to the exposure time of the trout out of the water, where the luminosity is an indicator of freshness of the trout and considering that the human being considers a trout as fresh depending on the brightness of the trout's eye; for which the theoretical basis of artificial vision was used, with the objective of determining how this application of artificial vision contributes in the physical evaluation of the trout's eye and determining the freshness of this fish, this study being carried out with a quantitative approach, type of applied research , correlational level and quasi-experimental design, where the sample was made up of trouts that were processed with the application of artificial vision. The results of this physical evaluation of the trout eye were with the obtaining of luminosity (brightness), product of the image processing with the application of artificial vision with supervised learning. The conclusions mention that the application of artificial vision contributes to the physical evaluation of the trout eye luminosity values of the trout eye, which has the trout eye freshness indicator with minimum luminosity values and the sensitivity established by the lighting that It was done with the learning or training done.

Keywords: Artificial Intelligence, Artificial Vision, Trout

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al tema de visión artificial, como parte de la inteligencia artificial que permite emular acciones realizadas con el sentido de la vista del ser humano, en tareas que implica observar un objeto determinado y determinar características de este objeto, donde la disciplina de visión artificial cuenta con aplicaciones que permitan procesar imágenes. Considerando el avance de estudios relacionados a la visión artificial en diferentes áreas y con distintas aplicaciones, dentro de las cuales en la presente se considera para la verificación de la frescura de la trucha respecto al brillo del ojo de la trucha. Es necesario mencionar que la evaluación física de las truchas, se realiza mediante la observación del ojo humano, presentándose la propuesta de que parte de la evaluación física del ojo de la trucha, se efectúe utilizando la visión artificial y que sea la maquina la que permita determinar a través del ojo de la trucha la frescura de este pez, tal y como lo efectúa el ser humano con el sentido de la vista, con la finalidad de brindar un aporte tecnológico que apoye a las tareas que realizan en la plantas de procesamiento y los pescadores de jaula artesanal que realizan en la ciudad de Puno, planteándose lo siguiente: ¿Cómo la aplicación de la visión artificial contribuye en la evaluación física del ojo de las truchas en Puno?, donde la hipótesis planteada considera que, la aplicación de visión artificial contribuye en evaluación física del ojo de trucha en Puno para determinar la frescura del pez, teniendo como objetivo: determinar que la aplicación de visión artificial contribuye en la evaluación física del ojo de truchas para determinar frescura del pez.

La presente investigación se presenta en siete capítulos, primeramente la parte introductoria sobre la descripción de la realidad problemática, seguida de la base teórica, luego la metodología de desarrollo de la presente investigación, continuando con la explicación de los resultados y discusión, y finalmente los capítulos finales de conclusiones y recomendaciones.

En el capítulo I, se presenta el planteamiento, descripción y formulación del problema: así como los antecedentes, la justificación y limitaciones referidos a la presente, los objetivos y las hipótesis referidas al trabajo de investigación.

El capítulo II contiene marco teórico de la presente investigación, tomando en cuenta la base teórica de visión artificial y consideraciones para la evaluación física del ojo de trucha y considerando también el marco conceptual.

En el III capítulo, se considera lo correspondiente a la metodología de la investigación, como el tipo de investigación, la población y muestra a considerar, las variables consideradas en la investigación, instrumentos, procedimientos y consideraciones de análisis de datos.

El IV capítulo, explica los resultados del proceso de desarrollo de la investigación considerando la arquitectura de la aplicación de visión artificial, generación del clasificador Cascade, la descripción del diseño e implementación de la aplicación de visión artificial e interpretación de los resultados de las pruebas de hipótesis.

En el V, VI y VII capítulo contiene la discusión, conclusión y recomendaciones de la presente investigación, para la apertura a futuras investigaciones. Finalmente se presenta las referencias y anexos correspondientes.

1.1. Planteamiento del problema

La visión artificial es un área de desarrollo de la inteligencia artificial que busca brindar aportes y herramientas tecnológicas que apoyen en diversas tareas que son realizadas por los seres humanos, y brindar tecnologías que permitan automatizar procesos que son llevados a cabo por el hombre, puesto que la inteligencia artificial busca emular la inteligencia humana.

Dentro de los pobladores de los distritos de la región Puno que se encuentran a orillas del Lago Titicaca, algunos de ellos se dedican a la crianza de truchas en jaulas; pero lo efectúan con jaulas artesanales, así mismo; también se conoce que se realiza el acopio de truchas para los denominados acopiadores, este acopio de truchas lo efectúan diversas empresas como Piscis y otras plantas, siendo necesario considerar que la empresa Arapa S.A.C. tiene su propia planta de crianza de trucha y producción de conservas de filetes de trucha. Respecto a la acuicultura y el uso de tecnologías en la evaluación de truchas por parte de los acopiadores, ellos solo realizan la recolección de truchas con la experiencia de los sentidos del ser humano. En la visita realizada a la planta de crianza y procesamiento de truchas Arapa S.A.C., se efectuó una entrevista con la administradora y las personas que se encargan de las evaluaciones de truchas en la planta, considerando sus recomendaciones para evaluar determinadas características de la trucha, la planta utiliza la experiencia de personal que realiza este trabajo utilizando los sentidos del ser humano como la vista y el tacto para verificar ciertas características observables de estos peces (truchas), así mismo también indican que se consideran otras pruebas evaluativas como organolépticas, químicas y físicas, considerando que existe varias evaluaciones a efectuar para verificar criterios de calidad del producto trucha, la presente .

También es necesario mencionar que la población dedicada a la crianza de las truchas de manera artesanal no dispone de tecnologías para evaluar físicamente las truchas, en mejora de la verificación de calidad de truchas para su procesamiento posterior y consumo humano,

entonces se puede observar que estas plantas acopiadoras carecen de aplicaciones tecnológicas que apoyen en esta evaluación física de truchas, específicamente utilizando visión artificial.

1.2. Descripción del problema

La visión artificial, como parte de la tecnología inmersa dentro de la inteligencia artificial, se considera en la presente como una forma de evaluación física de la trucha no invasiva, resaltando la importancia de la aplicación que permite evaluar el ojo de las truchas, permitiendo un aporte en parte de la verificación de calidad de las truchas, puesto que como producto alimenticio debe someterse a rigurosas pruebas que permitan tener productos adecuados para que las personas puedan consumirla como alimento, ya sea empleando reactivos, sensores u otros tipos de pruebas que pueden dañar el producto, comparados con métodos que se planteó como es la visión artificial. Así mismo, se considera como aporte tecnológico para verificación de calidad del ojo de la trucha y contar con métodos, como alternativa para esta evaluación física de las truchas, producto de nuestra acuicultura peruana.

La visión artificial se plantea como un método alternativo y que no es invasivo al momento de evaluar físicamente el ojo de las truchas, y con la finalidad de desarrollar una aplicación de visión artificial, permitiendo contar con la propuesta tecnológica como aporte a la evaluación del ojo de las truchas obtenidos de la acuicultura practicada en Puno. La evaluación física de los ojos de las truchas conlleva a definir el producto respecto al menor tiempo de exposición de la trucha fuera del agua desde la recolección y en consecuencia como producto de calidad consumible por el ser humano, y para la recolección de truchas con parte de la verificación de calidad para las plantas acopiadoras dedicadas a la acuicultura, considerándose una serie de evaluaciones dentro de sus sistemas de verificación de calidad realizada al producto. La presente investigación planteó la propuesta tecnológica usando la aplicación con visión artificial como herramienta para evaluar físicamente el ojo de las truchas, en reemplazo a la

que actualmente se emplea es la visión humana de acuerdo a la experiencia de la persona encargada de la verificación de la calidad, quien define un modelo de las características que debe tener la trucha para considerarse y su calificación de fresca.

Siendo la finalidad del presente trabajo brindar un aporte tecnológico para automatizar tareas que lo realizan las personas con el ojo humano, sino efectuar de manera empírica y experimental, la propuesta que planteo fue la determinación de indicadores específicos para considerar cuando el ojo de la trucha indica que el producto tiene un tiempo determinado de sus exposición fuera del agua, es decir, o está con menor tiempo de exposición fuera del agua en función del tiempo; es decir, con una calificación de fresca, característica de calidad en la evaluación física del ojo, específicamente de las truchas. La presente investigación tiene como contexto de estudio el ojo de la trucha, obtenido de las jaulas de truchas de forma artesanal, que permitió la evaluación física del ojo de las truchas a través con la aplicación de visión artificial.

1.3. Formulación del problema

Problema General

¿Cómo la aplicación de la visión artificial contribuye en la evaluación física del ojo de las truchas en Puno?

Problemas Específicos

¿Cómo el diseño de software de aplicación de visión artificial contribuye en la evaluación física de la luminosidad del ojo de truchas en Puno?

¿Cómo la aplicación de visión artificial influye en la sensibilidad respecto a la iluminación en la evaluación física del ojo de truchas en Puno?

¿Cómo la aplicación de visión artificial influye en la selectividad respecto a errores en la evaluación física del ojo de truchas en Puno?

1.4. ANTECEDENTES

Se han encontrado los siguientes antecedentes, relacionados a la presente investigación:

1.4.1. Antecedentes Nacionales

Seguimiento Visual de Peces en Escalas de Hendidura Vertical

En este trabajo tiene la propuesta de algoritmo para realizar el análisis de las trayectorias de los peces respecto a las escalas de hendidura vertical, construcciones hidráulicas que permiten a los peces evitar estructuras que obstruyen en los ríos, cayendo los peces atrapados. La técnica que propone permite estudiar el actuar de los peces en determinadas escalas al interior, para conocer las acciones realizadas por los peces y conocer lo que requieren estos animales y sea permisible su eficacia. Esta técnica como propuesta permite calcular la posición del pez a cada momento, que se obtiene de imágenes tomadas de manera secuencial, empleando video cámaras y RNA (Redes neuronales-Inteligencia artificial) conjuntamente con intervención de la visión artificial. La evaluación a esta técnica que se propone, se realizó varias pruebas para un modelo a escala de hendidura vertical de 1:1 empleando peces vivos (Rodríguez, Bermudez, Rivero, Gestal, & Puertas, 2012).

Dentro de las estructuras más empleadas para evadir obstáculos se tiene las escalas de hendidura vertical, permiten a los peces evitar ser atrapados como presas, al conocer las veces que los peces evitan ser atrapados al atravesar estas estructuras, permite ver su eficacia y observar las características de migración de estas especies, conocer el cauce fluvial, verificar si es sano u obtener con garantía y conservados estos peces. Esta propuesta de técnica también se puede considerar una forma no invasiva de detectar peces en un determinado momento, en

tiempo real, sin realizar una observación directa. Para esta experiencia se empleó sensor laser para detectar peces de forma automática y con técnicas de visión artificial en aplicaciones informáticas. (Diaz, Rabuñal, Puertas, & Rodriguez, 2016)

Sistema de Visión Artificial para el reconocimiento y manipulación de objetos utilizando un brazo Robot

El esquema de Visión Artificial que cuenta con seis etapas como: obtener la imagen, pre-procesamiento, segmentación, obtención de características, clasificación y maniobra del brazo robot. Se realiza la implementación del aprendizaje a través de técnicas y clasificación automática para sistemas de visión. Esta clasificación puede emplear una clasificación tradicional, basados en métodos de tipo estadístico, estructural o RNA, redes neuronales que tiene ventajas respecto a otros métodos denominados tradicionales ya utilizados. Al momento que se reconozca una pieza determinada se enviara una señal al manipulador del robot para que lo recoja y coloque en un lugar definido por el operador. Entonces, se obtendrá visión artificial para reconocimiento y la manipulación de piezas con el brazo robot (Sobrado, 2003).

1.4.2. Antecedentes Internacionales

Reconocimiento de Tipos de Hojas

Trabajo que consistió en un sistema experto que permitió reconocimiento de hojas de plantas, basado en reglas, donde se evaluó área, perímetro, circularidad, densidad superficial e histograma para su selección, donde los valores y el rango de variación se elaboró una base de datos. Se tuvo diez reglas que permitían la combinación de las propiedades evaluadas y el respectivo encadenamiento para el logro del reconocimiento. En la evaluación del sistema se buscó no obtener resultados falsos en los objetos seleccionados. (Sampallo, 2003)

Estudio, aplicación y propuesta de automatización del procesamiento de imágenes por resonancia magnética para la evaluación y detección de defectos internos de calidad en cítricos y melocotones.

Ariztizabal (2006) indica en su resumen de investigación lo siguiente:

En investigaciones se obtuvieron resultados prometedores de imágenes obtenidas de la resonancia magnética, para conocer la calidad de frutas y de hortalizas, se tiene aún problemas para resolver, aun realizando inversiones elevadas en equipos y mantenimiento. Respecto a equipos de campo magnético de baja intensidad, se empleó aquellos de menor coste obteniéndose 0,18 t y se evaluó algoritmos para procesamiento de imágenes de melocotones y naranjas, para la detección de danos internos, que tan solo podrían detectarse con métodos destructivos. Se estudió diversas secuencias rmi a través de seis criterios, eligiéndose aquellas que pudieran permitir la calidad de imagen del interior de los frutos, permitiendo obtener la imagen de varios planos de los melocotones y naranjas. En la detección de los melocotones se detectó el 98% de los frutos afectados por hongos saprofitos, y teniendo una falsa detección de 21%, la detección picaduras de mosca en los frutos fue de 71% y de fruta sana con daño del 42%, y la detección del 98% de frutas almacenada a 5 grados centígrados. En cambio las naranjas tuvieron resultados de detección de hongos superior al 80% de los frutos que fueron afectados, y obteniéndose una falsa asignación del 20%, los cuales se tuvieron que efectuar con 2 a 7 días de antelación para evitar que se descomponga los frutos y esta investigación permitió verificar la calidad interna de las frutas en base a imágenes rmi de campo magnético bajo (Ariztizabal, 2006).

Inspección de calidad para un sistema de producción industrial basado en el procesamiento de imágenes

Investigación que detalla la implementación basado en diseño de un sistema basado en visión artificial, aplicando el procesamiento de imágenes digitales para la automatización en la revisión de calidad en proceso de producción, este prototipo se implementó con una banda transportadora que forma parte de un ensamblaje que mide diámetros interno y externo y a velocidad de procesamiento de 1400 piezas por hora, de dos tipos de piezas que simula una geometría de arandela y de un tornillo, para saber que piezas están acordes a lo que se necesita para la fábrica y su posterior ensamble, dividiendo el desarrollo en tres etapas: hardware, software y control electrónico.. (Jaramillo, Jimenez, & Ramos, 2014)

Propuesta de sistema de conteo de alevines de Tilapia Roja de bajo costo usando técnicas de visión artificial

El artículo sobre conto de alevines utilizando visión artificial, como indican (Vasquez, Cardona, & Ocampo, 2015), menciona que:

En el país la comercialización de alevines se realiza por unidades y no por peso, y al no existir un equipo automático, requiere que su conteo se realice de forma manual, la actual propuesta consiste en una rampa con inclinación variable, que permita regular la velocidad de descenso. Un primer prototipo no cuenta con iluminación, lo cual genero problemas por las diferentes condiciones de luz de operación, lo que requirió de un diseño de sistema cerrado con iluminación interna propia. El software está diseñado bajo Labview, con capacidad de 400 alevines/ segundo, convirtiendo la cámara en un limitante por su velocidad. En el presente artículo. Al final se presentan resultados lográndose el conteo con un error inferior al 10% y proponiendo mejorar en el sistema como el uso de tecnología que aumentarían el costo pero mejorarían la precisión. (p. 85)

1.5. Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica en la teoría que sustenta la propuesta de uso de la visión artificial, como un método alternativo para la evaluación física del ojo de truchas, como aporte tecnológico sobre una parte o un indicador de la verificación de calidad de la trucha que realizan las personas que seleccionan este producto, permitiendo apoyar en estas tareas que se efectuaron con la visión humana, lo cual permitió plantear una aplicación de visión artificial como aporte tecnológico para estas tareas donde las personas dedicadas a la crianza de truchas lo efectúan con el sentido de la vista y como acopiadores de determinadas plantas. La presente permitió apoyar en esta evaluación física del ojo de trucha utilizando el software denominado aplicación de visión artificial que brindo un método no invasivo de evaluaciones respecto a factores físicos de las truchas, y específicamente el brillo del ojo de la trucha; siendo este aporte de investigación que apoye a organizaciones dedicadas a la acuicultura como herramientas tecnológicas, ya sea que lo realicen de forma artesanal o que sean plantas acopiadoras de trucha.

La presente también permitió obtener la experiencia y comprender como se efectuó la evaluación física del ojo de trucha apoyado en aplicaciones que se orientaron a la inteligencia y visión artificial, siendo importante resaltar que estas evaluaciones físicas efectuadas en los ojos de truchas con aplicaciones orientadas en inteligencia y visión artificial aplicando aprendizaje supervisado permiten la verificación del estado físico de las truchas, y así permitir optimización de procesos de verificación de calidad de la frescura respecto al aspecto físico del ojo de las truchas, brindando un aporte acorde a las necesidades del personal que lo realiza con el sentido de la vista (ojo humano) y mejorar los procesos de verificación de calidad que se encuentran a cargo de personas que utilizan el sentido de la vista y con aporte de tecnología para la evaluación física de las truchas.

1.6. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones presentadas en el trabajo de investigación fueron las siguientes:

- Reserva de información de parte de las plantas de procesamiento y acopiadores de truchas brindar información referente al presente.
- La confiabilidad de la información encontrada en la red internet.
- La dificultad respecto al factor tiempo por las actividades laborales realizadas durante este proceso de investigación.
- La presente investigación se limitó a verificar la evaluación del ojo de las imágenes de las truchas, para considerarlos como parte de la verificación de calidad de estos peces.

1.7. Objetivos

Objetivo General

Determinar que la aplicación de visión artificial contribuye en la evaluación física del ojo de truchas para determinar frescura del pez.

Objetivos Específicos

- Diseñar software de aplicación de visión artificial para determinar la luminosidad en la evaluación física del ojo de trucha en Puno.
- Establecer que la aplicación de visión artificial influye en la sensibilidad respecto a la iluminación del ojo de truchas en Puno.
- Establecer que la aplicación de visión artificial influye en la selectividad respecto al error en detección del ojo de truchas en Puno.

1.8. Hipótesis

Hipótesis General

La aplicación de la visión artificial contribuye en evaluación física del ojo de trucha en Puno para determinar la frescura del pez.

Hipótesis Específicas

- a) El diseño de la aplicación de visión artificial contribuye positivamente en la evaluación física del ojo de truchas en Puno

- b) La aplicación de visión artificial contribuye positivamente en la sensibilidad respecto a la iluminación en la evaluación física del ojo de truchas en Puno

- c) La aplicación de visión artificial influye positivamente en la selectividad respecto al acierto en la evaluación física del ojo de truchas en Puno

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Inteligencia Artificial

Según Benítez, Escudero, Kanaan & Masip (2014), la definición de Inteligencia Artificial indica que la inteligencia artificial tiene como objetivo lo siguiente: “...emular algunas facultades intelectuales humanas en sistemas artificiales. Con inteligencia humana nos referimos típicamente a los procesos de percepción sensorial (visión, audición, etc.) y sus consiguientes procesos de reconocimiento de patrones” (s/p).

2.1.2. Visión por computadora

La visión

La visión a través del computador, visión artificial o imágenes procesadas, como disciplina obtiene la deducción de una estructura y propiedades automáticamente, basado en imágenes obtenidas. Estas imágenes pueden ser blanco o negro y/ color, empleando ya sea una o varias cámaras, considerando varios tipos de sensores. (Somolinos, 2002)

En base a estas reflexiones, se plantea la definición formal de visión por computador. Teniendo en cuenta la siguiente definición planteada por (Somolinos, 2002), quien afirma que: “La visión artificial es la ciencia que estudia la interpretación de imágenes mediante computadores digitales” (Somolinos, 2002).

Según Pardo, respecto a los elementos dentro del procesamiento de imágenes en la visión artificial, la visión artificial tiene los siguientes elementos básicos:

- Sistemas que permiten la captura de imágenes
- Sistemas de preprocesado
- Sistemas de segmentación
- Sistemas de extracción de características

La vision artificial consiste en trasladar del mundo real a traves de nuestros sensores, sentido de la vista, puesto que con la vision artificial se puede observar un objeto y como se encuentra el objeto en funcion de determinadas características. Los sistemas de vision artificial permiten modelar matematicamente una realidad captada por sensores y comprenderlos gracias a programas que permiten interpretar esta realidad. Al estudiar la imagen y propiedades de estas, es importante para entender como debe funcionar estos sistemas, las imágenes originales ya sean a color o en blanco y negro, deben ser aplicables a sistemas de procesamiento de imágenes. Donde al encontrar una composicion de colores, sistemas codificados, luminosidad, resolucion permiten obtener una secuencia base de imágenes para ser estudiadas. (Pardo, 2013)

La vision artificial trata de realizar la simulacion del proceso que realiza el sentido de la vista de los seres humanos, donde el objeto que es capturado por la retina y pasar por una transformacion a traves de impulsos nerviosos procesados por el cerebro (Porrás, Moran, & De la Cruz, 2009).

2.1.3. Visión por computadora: Aplicaciones

Un sistema de vision artificial, se expresa como un sensor de una escena donde obtiene energia electromagnética, para realizar la conversion de la imagen a traves del procesamiento que se comparara con estandares definidos bajo ciertos criterios. Estos sistemas deben considerarse como un medio que permite evitar fallas en procesos de produccion y que pueden detectar anomalias previo a brindar un valor agregado al producto. La vision artificial permite que los programas que se puedan implementar entiendan un escenario definido, y las imágenes con sus características. (Nogué & Antiga, 2012)

2.1.4. Imagen Digital

Las personas tenemos los sentidos de la vista para ver una imagen, ya sea bidimensional o tridimensional, pero estos pueden representarse en los computadores como una imagen digital, que según (Aparici, Garcia, Fernandez, & Osuna, 2013) indican que:

La tecnología digital capta una realidad determinada, la cual es transformada en código binario, permitiéndonos encontrarnos en la posibilidad de modificar y manipular una imagen y también sonido. Hasta ahora uno de los sistemas que permite el almacenamiento, modificación y transformación de imágenes captadas de una realidad es el computador (p.52)

Las tecnologías digitales se basan en la lógica binaria, considerando como unidad básica el bit, que poseen estado encendido y apagado, los cuales se representan mediante los números binarios 0 y 1, donde la agrupación de byte forma la unidad denominada pixel (picture element). En el caso de tener que codificar una imagen digital expresado en bits, se tiene dividir en partes, asignando a cada parte un valor 0 o 1, donde estos datos numéricos contienen un valor de luminosidad y espacio que hacer posible la reproducción de formas digitalizadas, y al codificar estas imágenes digitales se puede dividirse en imágenes vectoriales imágenes de mapa de bits (Aparici, Garcia, Fernandez, & Osuna, 2013).

Cuando se hace referencia a una imagen digital, se tiene que tomar en cuenta que hay dos tipos:

- Imagen vectorial
- Imagen de mapa de bits

Una imagen vectorial se constituye de objetos como puntos, líneas, polígonos definidos a través de funciones matemáticas que define sus características (posición, curvatura, colores, etc)

Una imagen bit maps (bmp) esta compuesta por un numero determinado de pixel, donde a cada pixel se asocia un valor de color y luminosidad. Una imagen de extension **.bmp** esta conformada por pixeles, donde cada pixel es la unidad minima de color en una pantalla y que permite tambien la configuracion de una imagen, cuyo nombre procede del acronimo Picture Element. El color de los pixeles resulta de la combinacion de colores red-rojo, green-verde y blue-azul (RGB) (Aguilera & Valencia, 2017).

2.1.4.1. Procesamiento de imágenes

La información con el procesamiento de datos es importante en la ciencia y tecnología, puesto que cuando se realiza conceptos, se diseña, implementa y efectúa procesos es necesario generar información que permita decidir en base a volúmenes de datos obtenidos. Al realizar análisis de diferentes sistemas y sus respectivos procesos apoyados en datos medibles obtenidos con sensores sofisticados, respecto a variables intervinientes en estos procesos complejos (Cuevas, Zaldivar, & Perez, 2012).

2.1.4.2. Fases del proceso de funcionamiento de Visión Artificial

Bradski & Kaebler (2008) explica que la visión artificial: "...es la transformación de datos desde un fotograma o video cámara en lo que puede ser una decisión o una nueva representación" (Alvear.Puertas, Rosero-Montalvo, Peluffo-Ordoñez, & Pijal-Rosas, 2017).

La Figura 1 presenta las fases ejecutables en la visión artificial, iniciando con la fase de adquirir imágenes, su procesamiento y la ejecución de una determinada acción con datos capturados.



Figura 1. Fases del proceso de funcionamiento de Visión artificial al determinar una imagen

Fuente: (Alvear.Puertas, Rosero-Montalvo, Peluffo-Ordoñez, & Pijal-Rosas, 2017)

Según Álvarez señala que: “...Dado que los usos de estas fases no dependen una de la otra ni tampoco son obligatorias, influyen en el trabajo que se realice” (Álvarez, 2014).

La Fase de adquisición de imagen, según indica (Vélez, Moreno, Sánchez, & Sánchez, 2003) consiste en la captura y digitalización de las imágenes, es decir tener un objeto físico y convertirlo en digital con la captura.

Respecto al tratamiento de imágenes según (Alvear.Puertas, Rosero-Montalvo, Peluffo-Ordoñez, & Pijal-Rosas, 2017), indica que: “...una vez digitalizada la imagen, la imagen ingresa al pre procesamiento que permite ser la entrada de fases posteriores, sin considerar partes de la imagen innecesarias”.

Respecto a la delimitación de la zona de una zona de interés en el procesamiento de imágenes, (Shah, 1997) señala que: “Un el cual discrimina el fondo, separando los objetos de interés reduciendo así los datos indica”.

A continuación, se realiza una segmentación de la imagen, donde:

Es posible la selección de píxeles en función de valores RGB (Red, Green y Blue) o HSV (Hue, Saturation y Value), donde RGB representa colores en un modelo basados en colores primarios y HSV con componentes de matiz, saturación y valor representa un modelo de colores que permiten diferentes combinaciones. De esta manera el autor indica que es factible destacar un objeto de determinado color (Posada, 2015).

Se puede seleccionar los píxeles en función de sus valores sean RGB o HSV, por sus siglas en ingles Red, Green, Blue, es un modelo de color que permite representar todos los colores basándose en colores primarios de la luz HSV por sus siglas en ingles Hue, saturation, value, es un modelo de color que se basa en componentes que son matiz, saturación y valor para combinar distintos colores. De esta manera el autor indica que es posible destacar un objeto de un determinado color.

Según quien indica que: “...el reconocimiento y localización es donde se clasifican los objetos con características comunes dentro del espacio 3D y restringir el espacio mediante técnicas de triangulación para que se seleccione una única imagen y esta pueda ser interpretada.

2.1.4.3. Software de Visión Artificial

En la fase de captura de imagen, es necesario contar con el software para efectuar diferentes acciones, brindando importancia a la visión artificial como parte de la informática y de su evolución.

El software para visión artificial cuenta con paquetes y librerías de funciones que permiten trabajar con las imágenes en sus distintos formatos. El software de visión se puede clasificar en tres grupos como aquellos que se pueden agregar a los programas para trabajar sobre las imágenes, y también se cuenta con librerías que ofrecen funciones y que requieren de soporte de otro programa sobre el cual trabajaran como compiladores, C++, etc., y el software modo librería, pero es para un hardware específico (Alejandro, y otros, 2009).

Librerías de Funciones

OpenCV, librería desarrollada por Intel, cuyo acrónimo proviene de Open Source Computer Vision Library. OpenCV es una librería enfocada en el tratamiento de imágenes de tiempo real, así como útil en aplicaciones de robot móviles, donde la mayoría de sus instrucciones están codificadas en lenguaje C, permitiéndole portabilidad multiplataforma en Windows, Linux, etc. (Alejandro, y otros, 2009).

2.1.5. Machine Learning (Aprendizaje)

Es un tipo de aprendizaje automático, no conocemos las reglas (del comportamiento del cliente), entonces no podemos codificar el programa, pero la máquina, es decir; la computadora aprende extrayendo dichas reglas de los datos.

Existen muchas aplicaciones donde no conocemos las reglas, pero tenemos muchos datos, el hecho de que sus negocios utilicen tecnología informática y digital implica que hay gran cantidad de datos en todo tipo de dominio. También utilizamos computadoras y máquinas inteligentes en nuestra vida cotidiana, también tenemos datos para eso. Los modelos de aprendizaje se utilizan en el reconocimiento de imágenes capturadas. Hoy en día tenemos diferentes tipos de sensores que utilizamos para diferentes tipos de aplicaciones, desde el reconocimiento de la actividad humana que se usa en el uso de teléfono inteligente hasta la conducción en automóvil (Alpaydin, 2016).

El aprendizaje automático se refiere a la construcción y estudio de algoritmos que pueden aprender a partir de los datos, actualmente los avances en aprendizaje automático, proporcionan herramientas matemáticas y estadísticas para un trabajo correcto de la gran cantidad de datos (Ibañez, 2015).

El algoritmo de aprendizaje según (Garcia & Gomez, 2012), indica que: Para la clasificación por vecindad, se efectúa en base a búsqueda de un prototipo, de n prototipos de un patrón k de los que se tienen que clasificar según un patrón y no hay un modelo global asociado al aprendizaje (p. 3).

Métodos de segmentación Canny

Consiste en mejorar objetivos como:

1. Maximizar la señal y ruido con el filtrado de la imagen, que se suaviza con filtro de Gauss.
2. Minimizar la diferencia de detección del borde real y del borde detectado, para disminuir esta diferencia, evitando falsas detecciones.
3. Identificar los pixel con conectividad, construyendo imágenes binarias bajo ciertas condiciones y emplearlas para ubicar un borde final.

La ventaja consiste en que es independiente al criterio de expertos, pero la obtención del borde final puede permitir tramos abiertos. Como solución a esta situación se empleó la media de los pixeles como valor para definir el valor de corte de los pixeles señal y de fondo. (Laza, Rego, & Pias, 2010).

2.1.6. Modelos de Color

La definición de modelos de color permite brindar especificaciones de los colores como estándares. Los modelos RGB, YIQ y HSI empleados para procesar imágenes, y cuyas características se describen a continuación:

2.1.6.1. Modelo RGB

RGB, como modelo de color, realiza la separación de sus componentes en sus primarios y se muestra en coordenadas cartesianas, donde los niveles de gris se extienden desde líneas de color negro hasta color blanco, y permiten definir vectores que se propagan desde un punto de origen. Suponiendo que los asumen el valor 0 y valor 1, al estar normalizados (Loayza, 1999).

2.1.6.2. Modelo HSI

Este modelo es ideal para desarrollar algoritmos para procesar imágenes, en base a determinadas propiedades de color obtenidas por los sentidos del ser humano (Alejandro, y otros, 2009).

2.1.6.3. Modelo HSV

El modelo HSV, cuyas siglas se describen de la siguiente manera:

H = Hue – Matiz S = Saturation – Saturación V = Value – Valor,

se basa en un modelo de coordenadas cilíndricas, el cual es un modelo derivado del modelo RGB, donde los colores los representa en una combinación de tres colores, que se detalla a continuación:

Matiz, también conocida como tonalidad, permite la distinción de los colores entre si, pero en referencia a una longitud de onda que varía desde 0 hasta 360 grados.

Saturación, se refiere a la intensidad del color, que puede ser mayor o menor, específicamente al grado de pureza del color (Borrego, 2013).

Luminosidad, denominado también brillantez, donde la representación en 3D, proviene de la representación en cubo del modelo RGB, donde a partir de un eje puede pasar por los vértices negro y blanco, proyectándose del contorno de los otros 6 ejes del cubo en el plano perpendicular del eje con los siguientes tonos:

Tabla 1.

Representación de color RGB-CMY

Color RGB	Opuesto complementario
Verde	Magenta
Rojo	Cyan
Azul	Amarillo

Fuente: Elaboración propia

También es necesario mencionar que (Valero, 2013), menciona lo siguiente:

El brillo, como atributo de la sensación visual, donde pareciera que la superficie emitiera más o menos luz, a este brillo se le define como la cantidad de luz emitida por la refracción de una superficie determinada, el brillo que emite un color determinado depende de la fuente que le emite luz, cuya intensidad luminosa se puede medir en candelas, que equivale al brillo de una vela.

Value o valor, está definido por la claridad u oscuridad de un color, que se determina por la cantidad de luz que un color tiene, donde valor y claridad son lo mismo.

Claridad, la luminosidad de una superficie, comparada con la luminosidad de otra superficie, considerando la cantidad de luz que refleja, pero con las mismas condiciones de iluminación, donde los colores dependientes poseen claridad (p. 131).

Sensibilidad

Un sistema de visión artificial se compone de diferentes componentes integrados entre sí con la finalidad de capturar una imagen, es decir; abstraer una imagen del mundo real y en el diseño

de un sistema de vision artificial se encuentran sistemas que apoyan en la adquisicion de una imagen, que considera diversas camaras y se reconstruye una imagen sobre una superficie sensible (Pardo J. , 2013)

2.1.7.La Trucha

La trucha es un pez, delicado y sensible a la calidad de agua donde se encuentre, no tolera la contaminación, por lo cual se emplean como vigilante cuando realizan instalaciones sobre tratamiento de agua, requiriendo aguas frías y debidamente oxigenadas, cuya temperatura no debe superar los 18 grados (Silva, 2016).

Crianza de Truchas

Actualmente, se cuenta con un área acuática habilitada de 13.434 ha en el Lago Titicaca, de las cuales solo se utiliza el 5,6%. La producción de truchas se desarrolla principalmente en jaulas flotantes artesanales. de los derechos otorgados por la Dirección Regional de la Producción y Ministerio de Producción en la Región Puno es alrededor de 988, de los cuales 617 se encuentran vigentes (concesiones el 88% y autorizaciones el 12%). Las concesiones de menor escala (CmE) representan el 79,9%, localizado principalmente en el Lago Titicaca.

El desarrollo de la acuicultura se enmarca dentro del Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura al año 2021 (Chura & Mollocondo, 2009).

2.1.8. Definición de términos básicos

- **Evaluación**, se refiere a la determinación del valor asignado para dar validez a un objeto.
- **Exactitud**, se refiere a la tasa de éxito, tasa de porcentaje de éxito comparado con la probabilidad de error
- **Inteligencia Artificial**, La inteligencia artificial es la habilidad de los computadores de realizar actividades que requieren inteligencia humana.
- **Luminosidad**, también llamada claridad, es una propiedad de los colores. Ella da una indicación sobre el aspecto luminoso del color estudiado: cuanto más oscuro es el color, la luminosidad es más débil. Este término se asocia a veces con el concepto de valor, luminancia, brillo, luz
- **Sensibilidad**, que condiciones necesita para que el sistema pueda evaluar exactamente
- **Selectividad**, capacidad de discriminación de los objetos
- **Trucha**, pez de aguas frías y limpias de ríos, lagunas y lagos
- **Visión Artificial**, Captar e interpretar imágenes que envuelve al sistema inteligente

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Según Hernández Siampieri (2014), señala que: “el presente estudio es de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada porque tuvo la finalidad de la búsqueda y consolidación del marco teórico, para aplicarlos en el análisis y evaluación del comportamiento de las variables”.

La investigación es de nivel correlacional; puesto que este estudio tuvo la finalidad de conocer la relación o grado de asociación existente entre las variables de estudio de la muestra y/o contexto en particular. Así mismo, el diseño es cuasi-experimental puesto que el propósito fue evaluar físicamente a través de pruebas en base a imágenes donde se observan objetos ya existentes.

Se empleó las siguientes técnicas de investigación:

- La observación
- La entrevista

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población objetivo la constituyó las truchas que se obtienen de las orillas del Lago Titicaca de la región Puno, específicamente las truchas que los profesionales expertos en producción de truchas evalúan físicamente que son una cantidad indeterminada, donde las truchas provienen de jaulas artesanales, entonces considerando como unidad muestral las truchas seleccionadas y sometidas a la evaluación física del ojo.

3.2.2. Muestra

El tipo de muestreo es no probabilístico, debido a que el tamaño de la población es indeterminado, motivo por el cual se trabajó con una muestra de 10 truchas, donde la toma de imágenes se realizó en diferentes tiempos, obteniéndose más de 200 tomas de imágenes en función del tiempo; así mismo se efectuó la visita a expertos que realizan la evaluación de calidad de las truchas, donde la entrevista a los expertos lo conforman personas que trabajan con la producción de truchas obtenidas de jaulas de crianza artesanal.

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 2.

Operacionalización de Variables

VARIABLES	INDICADORES
<p>Variable I</p> <p>APLICACIÓN DE LA VISIÓN ARTIFICIAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de luminancia del ojo de la trucha • Sensibilidad respecto al valor de la iluminación • Selectividad respecto al nivel de error en detección
<p>Variable II</p> <p>EVALUACIÓN FÍSICA DEL OJO DE TRUCHA EN PUNO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Luminosidad de la pupila de la trucha • Tiempo de exposición de la trucha

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Instrumentos

La investigación empleó los siguientes instrumentos:

- **Guía o Ficha de observación**, en la que se registró en un espacio controlado las medidas de iluminación obtenidas con el luxómetro y medidas en lux y el valor de luminosidad obtenido mediante una aplicación (prototipo) de visión artificial.

- **Guía de entrevista**, dirigida a expertos en evaluación de truchas que laboraban en la Planta de truchas de jaulas artesanales y aplican criterios de evaluación empleando el sentido de la vista para verificar la trucha.

- **Instrumentos para la implementación de la aplicación de Visión Artificial**

Considerando el empleo de la aplicación de visión artificial, captura de imágenes, se utilizó los siguientes elementos físicos que se describen a continuación:

• **Ambiente Controlado**

Consistió en el diseño físico de una caja semi abierta, donde se generó un escenario para realizar la toma de imágenes del objeto de interés (ojo de trucha).

• **Iluminación**

Consistió en la iluminación del escenario empleando una lámpara preparada para la toma de imágenes del objeto de interés (ojo de trucha), iluminación que fue medida con un luxómetro.

• **Cámara Digital**

Dispositivo que permitió la toma de imágenes digitales para procesar las imágenes digitales.

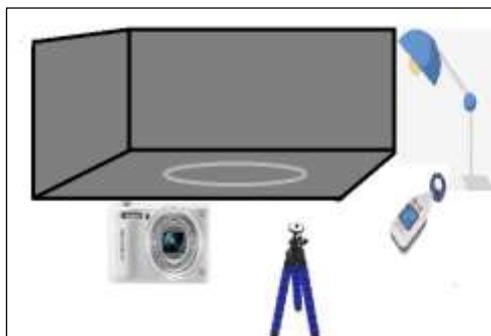


Figura 2. Ambiente controlado de captura de imágenes de las truchas

Fuente: Elaboración propia

- **Computadora**

La computadora consta de:

Hardware

Dispositivo electrónico que se empleó para el procesamiento de los programas y de las instrucciones del lenguaje empleado para la aplicación de visión artificial.

Software

La aplicación de visión artificial requirió el empleo de varios programas dentro de las cuales se detallan a continuación:

Python

Lenguaje de programación, que permitió realizar la codificación de la aplicación de visión artificial para el procesamiento de imágenes digitales obtenidas en la fase de captura de imagen.

3.5. Procedimientos

Para el desarrollo de la aplicación de Vision Artificial se realizaron procedimientos con el afán de realizar las fases necesarias de la aplicación de visión artificial.

Entrevista

Con la finalidad de conocer las evaluaciones de verificación de calidad que se realizan al momento de seleccionar las truchas para las plantas acopiadoras se efectuó la entrevista con las personas encargadas de realizar esta tarea, para lo cual se concertó la reunión con las personas que cuentan con la experticia para la validación de resultados que se obtuvieron.

Protocolo de pruebas

Para obtener datos de los indicadores de la evaluación física del ojo de trucha bajo condiciones controladas con una aplicación software denominada aplicación de visión artificial, se empleó instrumentos como cámara digital, luxómetro, programas como lenguajes programación y librerías para el desarrollo de la aplicación de visión artificial, conjuntamente con procedimientos adicionales a los mencionados.

3.6. Análisis de datos

Respecto al análisis de datos se realizó lo siguiente:

La recopilación de los datos, para posteriormente efectuarse la respectiva tabulación de datos de la información recopilada, cuyo proceso consistirá en la presentación de tablas y gráficos. La edición de dichos datos se realizó con la finalidad de comprender la información en cuanto a legibilidad, análisis de consistencia de la información para efectuar con los datos generados como información, para ser interpretados.

Teniendo la información tabulada, organizada y ordenada, estos datos fueron sometidos a un proceso de análisis y/o tratamiento mediante técnicas y herramientas de carácter estadístico, para llevar a prueba las hipótesis.

Los datos obtenidos posterior a la ejecución de la aplicación de visión artificial fueron generados con la propia aplicación en un archivo de hoja de cálculo, datos que fueron tabulados para la presentación de datos obtenidos y realizar la representación gráfica que permitió medir la correlación de la variable dependiente e independiente y su posterior verificación a través de las pruebas de hipótesis respectivas.

IV. RESULTADOS

4.1. Arquitectura de la Aplicación de Visión Artificial

La finalidad de la presente investigación fue efectuar las fases del funcionamiento de visión artificial, que permitió desarrollar el software de visión artificial para la evaluación física del ojo de trucha, para lo cual se comenzó con la fase inicial de captura de las imágenes a través del empleo de una cámara digital: donde la imagen obtenida con la toma de imágenes efectuadas con la cámara permitió digitalizar las mencionadas imágenes de la zona del ojo de la trucha, para ello fue necesario realizar la implementación de un entorno controlado al momento de efectuar la captura de imágenes de las truchas. Para ello, fue necesario instalar un ambiente controlado para el momento de la captura de imágenes con la cámara digital; y también se requeriría lo siguiente:

- Obtener los instrumentos necesarios para la implementación del ambiente controlado para la captura de imágenes de los ojos de la trucha.
- Iluminación del ambiente controlado para la captura de imágenes del ojo de trucha, empleando luxómetro.
- Definir la iluminación para la captura de imagen
- Ubicar la cámara digital en un trípode para la toma de imágenes del ojo de trucha.
- Realizar las medidas con el luxómetro, para verificar las condiciones del entorno controlado

El diagrama que se tiene para la captura de imágenes en un ambiente controlado se ilustra en la siguiente figura:

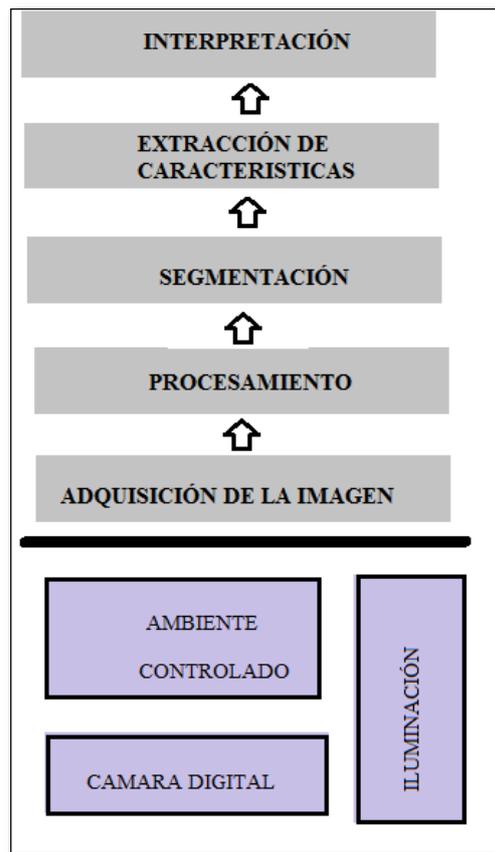


Figura 3. Fases de implementación de aplicación de Visión Artificial

Fuente: Elaboración propia

4.2. Entrenamiento en OpenCV para la generación del Clasificador Cascade

Imágenes Positivas

Las imágenes positivas son aquellas que tienen el ojo de trucha que queremos detectar, que se representa por 100 x 100 pixel y 20 x 20 pixel, que fueron generados en una cantidad de 30000 positivos para entrenamiento en la aplicación de visión artificial, de los cuales se muestran algunos ejemplos a continuación:



Figura 4. Imagen Positiva del ojo de trucha-Ejemplo1

Fuente: Elaboración propia



Figura 5. Imagen positiva del ojo de trucha - Ejemplo 2

Fuente; Elaboración propia

Entonces, la lista de imágenes positivas se presenta de la siguiente manera:

`0001_0029_0019_0051_0051.jpg 1 29 19 51 51`

Donde, los valores deben representar valores como el nombre de archivo de la imagen, 0001_0029_0019_0051_0051.jpg, luego la cantidad que representa el número de objetos que

tiene, que para el caso es 1, continuando presenta la posición X e Y, así como las dimensiones ancho y alto.

Imágenes Negativas

Son imágenes que no sean ojo de trucha que se representan por 100 x 100 pixel, pero para los ojos de trucha es factible generar samples de 50 x 50 pixel, como se puede observar en las siguientes figuras:



Imagen negativa que no es ojo de trucha, ejemplo 1

Fuente: Descarga de imágenes de internet



Figura 6. Imagen negativa que no es ojo de trucha - Ejemplo

Fuente: Descarga de imágenes de Internet

Generación de Imágenes Positivas e Imágenes Negativas

La generación de imágenes positivas e imágenes negativas se efectuó empleando un servidor Linux con las librerías de OpenCV instaladas, así como también el aprendizaje. Las imágenes en la primera parte permiten descargar imágenes de internet y respecto a la creación de más imágenes, sería necesario crear más samples, a través de un bucle que lo permite generar.

```

#!/usr/bin/perl
contador= 1
while contador<10:
    contador = str(contador)
    comando = 'opencv_createsamples -img 0'+contador+'.png -bg bg.txt -info
Info0'+contador+'/Info0'+contador+'.lst -pngoutput info -maxxangle 0.5 -maxyangle 0.5 -maxzangle 0.5 -num 250'
    os.system(comando)
    print (comando)
    contador=contador+1

while contador<100 and contador>9:
    contador = str(contador)
    comando = 'opencv_createsamples -img 0'+contador+'.png -bg bg.txt -info Info'+contador+'/Info'+contador+'.lst
-pngoutput info -maxxangle 0.5 -maxyangle 0.5 -maxzangle 0.5 -num 250'
    os.system(comando)
    print (comando)
    contador=contador+1

while contador<467 and contador>99:
    contador = str(contador)
    comando = 'opencv_createsamples -img '+contador+'.png -bg bg.txt -info Info'+contador+'/Info'+contador+'.lst
pngoutput info -maxxangle 0.5 -maxyangle 0.5 -maxzangle 0.5 -num 250'
    os.system(comando)
    print (comando)
    contador=contador+1

```

Figura 7. Código que permite la generación de imágenes

Fuente: Elaboración propia

El ojo de trucha base, sobre el cual se permite la generación de ojos de truchas positivas

El resultado del entrenamiento es generación del archivo cascade.xml que vendría a ser el clasificador

4.3 Diseño de software de Aplicación de Visión Artificial

4.3.1. Diagrama Use Case de la Aplicación de Visión Artificial

Para la aplicación de visión artificial se representa

El siguiente diagrama de caso de uso permite mostrar el software de aplicación de visión artificial y la funcionalidad de la aplicación de visión artificial respecto al rol externo que es la persona que trabaja en la evaluación de las truchas.



Figura 8. Diagrama de Caso de uso de la Aplicación de Visión Artificial

Elaboración propia

Descripción de los Casos de Uso

Tabla 3.

Descripción de caso de uso AVA

Nombre	Evaluador - Usuario no autenticado
Descripción	Se refiere al usuario que no necesita identificarse para utilizar la aplicación de visión artificial Representa a un usuario que no se ha identificado
Nombre	Aplicación de Visión Artificial
Descripción	Se refiere al software de aplicación de visión artificial utilizado para determinar valores del procesamiento de imágenes de las truchas

Fuente: Elaboración propia

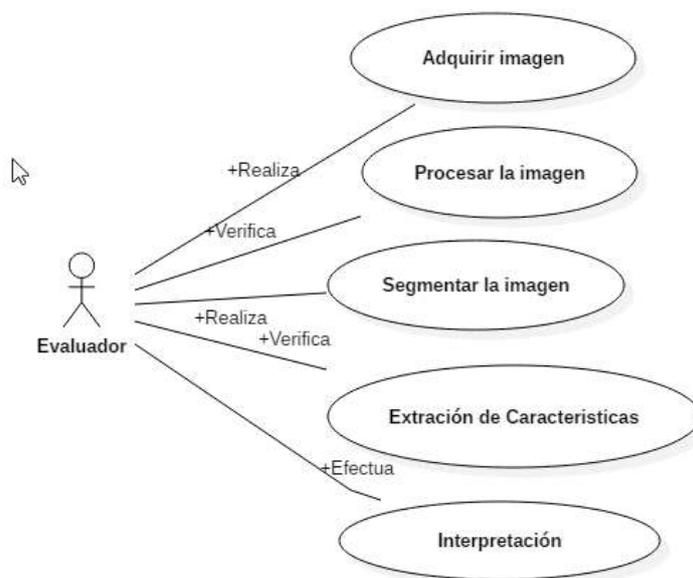


Figura 9. Diagrama de casos de uso de las Fases de Aplicación de Visión Artificial

Fuente: Elaboración propia

Descripción de Casos de uso

Tabla 4.

Descripción de casos de uso de las fases de AVA

Nombre	Evaluador - Usuario no autenticado
Descripción	Se refiere al usuario que no necesita identificarse para utilizar la aplicación de visión artificial Representa a un usuario que no se ha identificado
Nombre	Procesar la imagen
Descripción	Se refiere a tener preparadas las imágenes, para que las líneas de código de la implementación de la aplicación de visión artificial permita que las imágenes estén en el formato adecuado y realizar la conversión de modelos de color de las imágenes a procesar

Flujo básico	Almacenar las imágenes en una carpeta que se emplearan como positivos y y en otra carpeta los que se consideran negativos
--------------	---

Nombre	Segmentar la imagen
Descripción	Se refiere a las líneas de código de la implementación de la aplicación de visión artificial que permite realizar el recorte de la imagen original a solo una región de interés de la imagen
Flujo básico	Ejecutar la aplicación para mostrar la imagen recortada de la imagen original,
Nombre	Extracción de características
Descripción	Se refiere a las líneas de código de la implementación de la aplicación de visión artificial que permite realizar la obtención de valores basados en operaciones empleando modelos matemáticos
Nombre	Extracción de características
Descripción	Se refiere a las líneas de código de la implementación de la aplicación de visión artificial que permite realizar la obtención de valores basados en operaciones empleando modelos matemáticos y de colores
Nombre	Interpretación
Descripción	Se refiere a las ventanas que muestran los resultados de la implementación de la aplicación de visión artificial con la obtención de valores obtenidos con las matrices del modelo de color HSV

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de Secuencia de la Aplicación de Visión Artificial

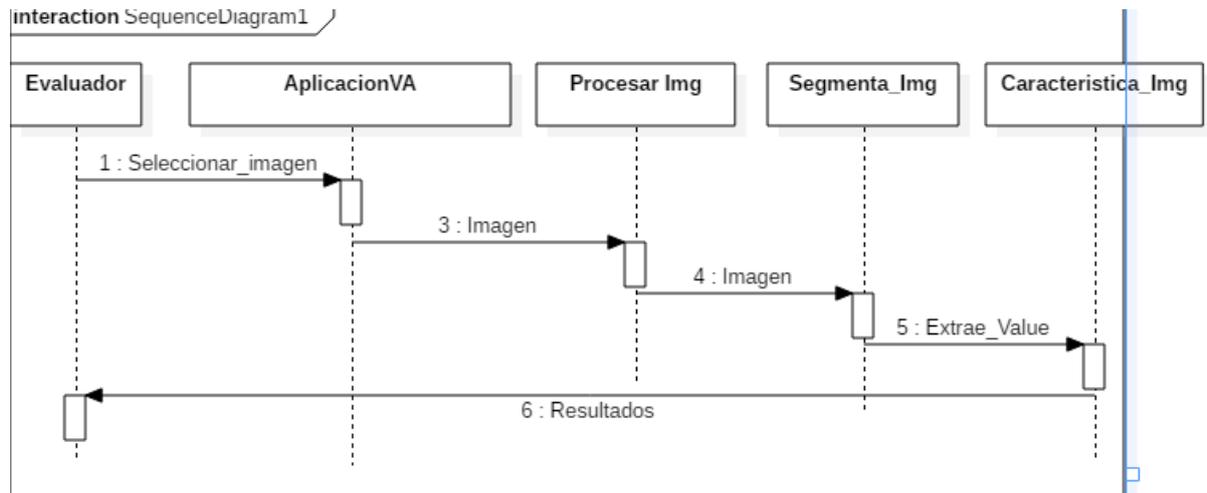


Figura 10. Diagrama de secuencia de la Aplicación de Visión Artificial

Fuente: Elaboración propia

Diseño de la Base de Datos

En esta parte del trabajo se presenta el diseño de la base de datos, el cual se ha estructurado para el modelado del software de aplicación de visión artificial, que se presenta de la siguiente manera:

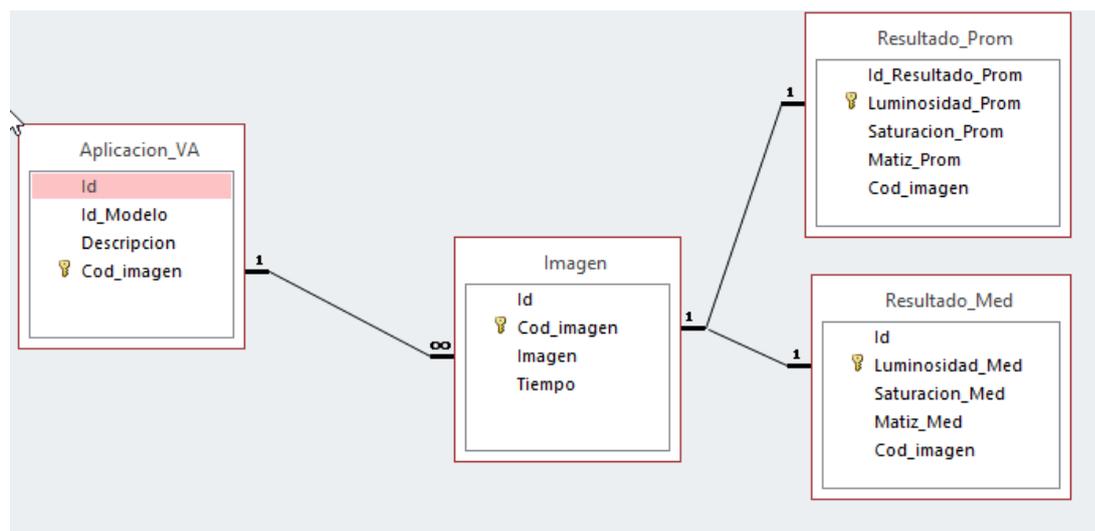


Figura 11. Modelado de Base de datos de la Aplicación de Visión Artificial

Fuente: Elaboración propia

Donde el gestor de base de datos cuenta con los resultados, exportados a la hoja de cálculo en Excel, al momento en el que efectúa la ejecución de la aplicación.

4.3. Implementación de la aplicación de visión artificial

Etapas de implementación de la Aplicación de Visión Artificial

Los sistemas de visión artificial, cuentan con una serie de técnicas y modelos para realizar visión artificial y algunas fases o etapas podrían o no considerarse, dependiendo de la investigación a desarrollar.

1. Adquisición de imagen

En esta fase se empleara la cámara digital como sensor para obtener una imagen real y realizar la transformación en imagen digital.

Cámara digital

En el desarrollo del presente se tuvo que realizar pruebas para la selección de la cámara digital, debiéndose considerar que las imágenes sean obtenidas sin filtros, ni ajustes acerca del objeto de interés (ojo de trucha) y así mismo definir la distancia y la altura para la toma de imágenes, siendo muy importante porque la selección de este dispositivo determinará los resultados obtenidos con la aplicación.

La cámara digital se encargó de la captura de imágenes para transferirlo al procesamiento con la computadora, estas imágenes obtenidas requiere una distancia (d) y un ángulo de toma para efectuar la captura, que se seleccionó para no cometer errores al momento de ejecutar la aplicación de visión artificial. La cámara digital tiene las siguientes características: 8 Megapixel, 35 cm de altura, balance de blancos desactivado (se requiere calcular luminosidad o luminancia, si la cámara usa autolimunicancia no funciona, por eso no se usó celulares).

Iluminación

La iluminación es otro de los factores importantes a considerar en la visión artificial, puesto que la iluminación definirá la toma de imagen de un objeto determinado en este caso el ojo de la trucha, también mencionar que la ubicación y el ángulo bajo el cual se realizó la iluminación permitió una captura de imágenes con las características más deseables de como visualizo la cámara al objeto de interés. Tomando en cuenta que la iluminación que se efectuó en la experiencia del presente trabajo de investigación fue desde la parte superior (dirección vertical-hacia abajo) para que pueda obtenerse la imagen más adecuada para la aplicación de visión artificial.

Las consideraciones efectuadas para la iluminación fueron las siguientes:

- La imagen de las truchas, fueron imágenes a colores
- El campo visual en la trucha mayormente fue la zona cercana al ojo de la trucha
- El fondo definido por el color de la trucha, fue de color negro
- La parte de interés definida fue el ojo de la trucha

Además se consideró la medida de la iluminación a través de un dispositivo denominado luxómetro, que mostraba la medida de esta iluminación en Lux, los cuales fueron considerados como datos referenciales en las pruebas efectuadas al momento de la captura de imagen.



Figura 12. Luxómetro para medir iluminación

Fuente: Elaboración propia

La medida de la iluminación se considera como un factor relevante, puesto que mientras la captura de imagen sea controlada respecto a la iluminación, no se requerirá mejoras en el algoritmo a emplear en la aplicación de visión artificial.

Software de desarrollo

Para el desarrollo de la aplicación de visión artificial, se seleccionó el lenguaje de programación Python, que conjuntamente con las librerías de Opencv, permitió un funcionamiento similar al del ojo del ser humano.

Python

La selección del lenguaje de programación Python se realizó en primer lugar porque este software para programación de computadoras es software libre, luego también al programar con la sintaxis de este lenguaje se generan menor cantidad de líneas de código, puesto que al utilizar otros programas podría generar mayor cantidad de líneas de código.

OpenCV

La librería OpenCV (Open Source Computer Visión Library) se emplea en aplicaciones de visión artificial que cuenta con algoritmos para visión artificial, y es permisible trabajar con lenguajes de programación como Python; puesto que es compatible con sistemas operativos, debido a estas características se ha trabajado con esta librería Open Source. Cuenta con estructuras de datos básicas para trabajar en el procesamiento de imágenes y con matrices, así mismo se empleó librerías para el desarrollo de la aplicación de visión artificial.

Arquitectura de desarrollo de software

La arquitectura de la aplicación de visión artificial, inicia con el uso de la cámara digital para la captura de imágenes, cuyas instrucciones para el procesamiento de las imágenes

mencionadas puedan codificarse en el lenguaje Python, el cual se limita básicamente al procesamiento que permite ejecutar programas para visión artificial.



Figura 13. Arquitectura de aplicación de visión artificial

Fuente: Elaboración Propia

```
x=0
y=0
h=2448 #altura de la imagen en pixels
w=3264 #ancho de la imagen en pixels
peque=3

filename = 'SAM_0005.JPG' #cambiar aca
```

Figura 14. Código de adquisición de imagen por la aplicación de Visión Artificial

Elaboración propia

En un ambiente controlado se usó resoluciones de imágenes, especificadas en las líneas de código, donde la resolución indicada corresponde a 8 megapixel.

2. Procesamiento de Imagen

Posterior a la fase de captura de imágenes, se procede al procesamiento de las mencionadas imágenes que se capturaron con la cámara digital, específicamente del objeto de interés (ojo de truchas), para posteriormente ejecutar la aplicación de visión artificial desarrollada en Python,

utilizando las librerías OpenCV para aplicaciones de visión artificial, la cual emplea el algoritmo KNN.

El algoritmo KNN (K Nearest Neighbors) o también conocido como K vecinos más cercanos, este algoritmo sirve para emplearlo en el aprendizaje supervisado.

La imagen capturada se obtiene en el modelo de color RGB, el cual tiene que convertirse a escala de grises, donde estas imágenes se obtuvieron a través de una cámara digital, que se puede definir como señales bidimensionales, siendo necesario para realizar la lectura de la imagen el siguiente script de programación:

```
img = cv.imread('SAM_0070.JPG')
```

Esta línea de código apertura la imagen a ser procesada, imagen que se encuentra almacenada, en la misma ubicación donde se generó el proyecto elaborado en el lenguaje de programación Python.

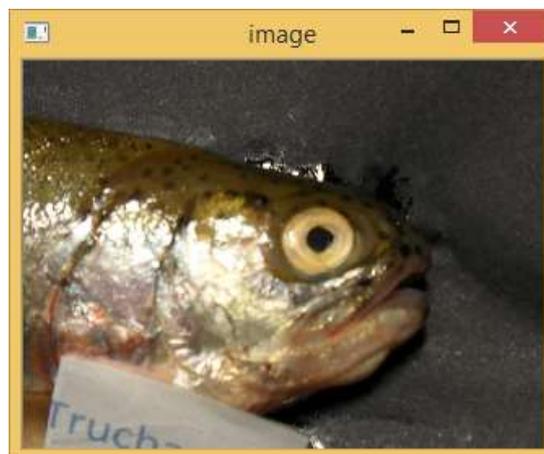


Figura 15. Ventana de captura de imagen de la trucha

Fuente: Elaboración propia

Detección de segmentación inicial

La detección de la región de interés, se considera inicialmente como una segmentación inicial o denominada detección de una región de interés.

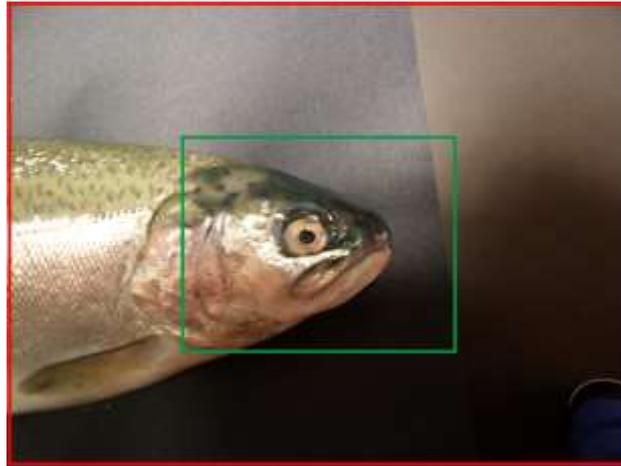


Figura 16. Segmentación inicial de la región de interés

Fuente: Elaboración propia

Cuando se realiza la captura de las imágenes, estas se encuentran con algunas características adicionales sobre la región o sector de interés sobre la cual se requiere efectuar en este caso la evaluación física del ojo de trucha, tal como se puede observar en la imagen de la ventana donde se obtiene lo descrito anteriormente. Siendo necesario obtener la región de interés mediante un recorte de la imagen, es decir obtener una región de interés más reducida para la cual se corta la imagen, permitiendo obtener un nuevo ancho y alto de la imagen, en una posición del plano cartesiano determinada (más cerca al centro), para lo cual se realizó la codificación de las siguientes instrucciones en el lenguaje de programación que se empleó, luego de leer la imagen

```

40 filename = 'SAM_0005.JPG' #cambiar aca
41 img = cv.imread(filename) #leer imagen
42 img = img[int(y+h/4):int(y+h/4+y+h/2), int(x+w/4):int(x+w/4+w/2)] #cambio ROI con cuadrado en la imagen img

```

Figura 17. Código que recorta la región de interés

Fuente: Elaboración propia

Continuando con el procesamiento, las siguientes líneas de código permiten detectar y definir la región de interés (ROI)

```

filename = 'SAM_0005.JPG' #cambiar aca
img = cv.imread(filename) #leer imagen
img = img[int(y+h/4):int(y+h/4+y+h/2), int(x+w/4):int(x+w/4+w/2)] #cambio ROI con cuadrado en la imagen

cv.imshow('image',img)

gray = cv.cvtColor(img, cv.COLOR_BGR2GRAY)

scaleFactor=1.15#1.5,1.15=15% de la imagen 1.1=10.....1.9
minNeighbors=8#8porcen,ta je distancia minima entre objetos detectados:
flags=0
minSize=250
maxSize=400

trucha = trucha_cascade.detectMultiScale(gray,scaleFactor, minNeighbors, flags, (minSize, maxSize))

for (x,y,w,h) in trucha:

    cv.rectangle(img, (x,y), (x+w,y+h), (0,255,0),20)
    x1=int(x+(w/2)-15)
    y1=int(y+(h/2)-15)
    h1=int(y+(h/2)+30)
    w1=int(x+(w/2)+30)
    cv.rectangle(img, (x1,y1), (w1,h1), (255,0,0),2)
    font = cv.FONT_HERSHEY_SIMPLEX
    cv.putText(img, 'Ojo Trucha', (int(x+w/4),int(y+h+150)), font, 3, (0,0,255), 10, lineType=cv.LINE_AA)
    roi_gray = gray[y:y+h, x:x+w]
    roi_color = img[y:y+h, x:x+w]
    reduccion = 3.5

```

Figura 18. Detección y definición de la región de interés

Fuente: Elaboración propia

3. Segmentación

Al momento de efectuarse el procesamiento de imágenes, en la fase de segmentación se divide la imagen, es decir; se obtiene una parte de la imagen, en esta fase se obtiene series de pixel, donde lo que se busca de esta agrupación de pixeles es la simplificación de la imagen sobre una región de interés determinada, por lo cual al obtener esta región de interés, que para el presente caso es la región de interés del ojo de la trucha, se aplica segmentación.

```

roi_gray = gray[y:y+h, x:x+w]
roi_color = img[y:y+h, x:x+w]
reduccion = 3.5
#roi_ojo = img[int(y+(h/2)-15):int(y+(h/2)+30), int(x+(w/2)-15):int(x+(w/2)+30)]
roi_ojo = img[int(y+(h/2)-10):int(y+(h/2)+20), int(x+(w/2)-10):int(x+(w/2)+20)]
cv.rectangle(roi_color, (x1,y1), (w1,h1), (0,255,0),20)
hsv = cv.cvtColor(roi_ojo, cv.COLOR_BGR2HSV)
croppy=5
mask = hsv
res = mask

h, s, v = cv.split(res)

```

Figura 19. Segmentación y definición del ROI

Fuente: Elaboración propia

Esta agrupación de píxeles se realiza para obtener criterios como luminancia o luminosidad y elementos del modelo de color HSV del ojo de la trucha, donde el modelo para la comparación del ojo de trucha, es de 50 x 50 píxel, pudiendo reconocer otro objeto como ojo de trucha.

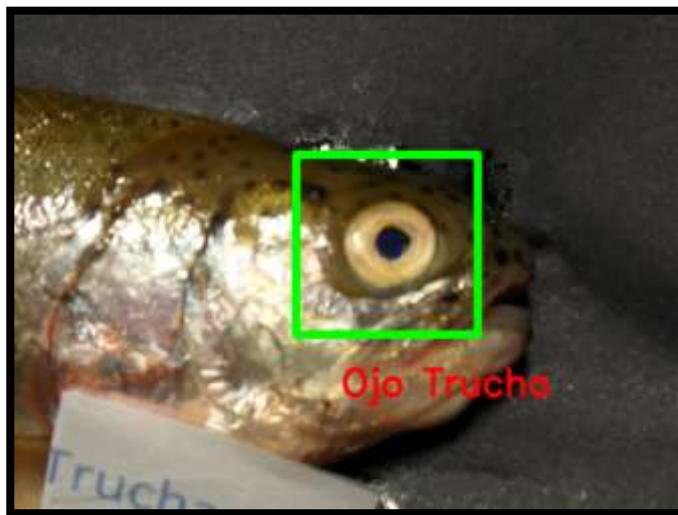


Figura 20. Detección de la región de interés

Fuente: Elaboración propia

4. Extracción de características

(Alvarez & Giraldo, 2008) Indica que: “La aplicación de visión artificial permite la extracción de características, permitiendo mostrar ciertas características basados en modelos matemáticos, que permiten mostrar la caracterización de imágenes”

La aplicación de visión artificial, permite obtener el promedio y la mediana de los valores de las matrices de los canales del modelo de color HSV, permitiendo también guardar los resultados en archivos de texto.

```

cv.imshow('valor',v)
try:
    luminancia = np.mean(v)
    saturacion = np.mean(s)
    matiz = np.mean(h)
    print (filename)
    print ('Promedio de Luminosidad es: '+str(luminancia))
    print ('Promedio de Saturacion es: '+str(saturacion))
    print ('Promedio de Matiz es: '+str(matiz))
    print ('Mediana de Luminosidad es: '+str(np.median(v)))
    print ('Mediana de Saturacion es: '+str(np.median(s)))
    print ('Mediana de Matiz es: '+str(np.median(h)))

    archivo = open("valores.csv", "a") #abrir archivo valores y usar append (anadir)
    cadena = str(filename)+","+str(luminancia)+","+str(saturacion)+","+str(matiz)+","+ \
            str(np.median(v))+","+str(np.median(s))+","+str(np.median(h))+"\n" #cadena fecha+luz1+luz2+\n
    archivo.write(cadena) #guardar cadena en archivo valores.txt
    archivo.close() #cerrar archivo sino se corrompe
    archivom= str(filename+".txt")
    archivo2 = open(archivom, "a")
    archivo2.write(str(v))
    archivo2.write("\n*****\n")
    archivo2.write(str(s))
    archivo2.write("\n*****\n")
    archivo2.write(str(h))
    archivo2.write("\n*****\n")
    archivo2.close()

except:
    pass

```

Figura 21. Código de la aplicación de resultados de media y mediana con visión artificial

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, para mostrar las imágenes se utilizó *imshow*, tal como se puede observar en las siguientes líneas de código:

```

cv.imshow('mask',mask)
cv.imshow('res',res)

cv.imwrite('salida.png',roi_gray)
cv.imwrite('ojo.png',roi_ojo)
cv.imshow('deteccion',img)
cv.imshow('gray',roi_gray)
cv.imshow('color',roi_color)
cv.imshow('ojo',roi_ojo)
cv.imshow('hsv',hsv)

cv.waitKey(0)
cv.destroyAllWindows()
exit()

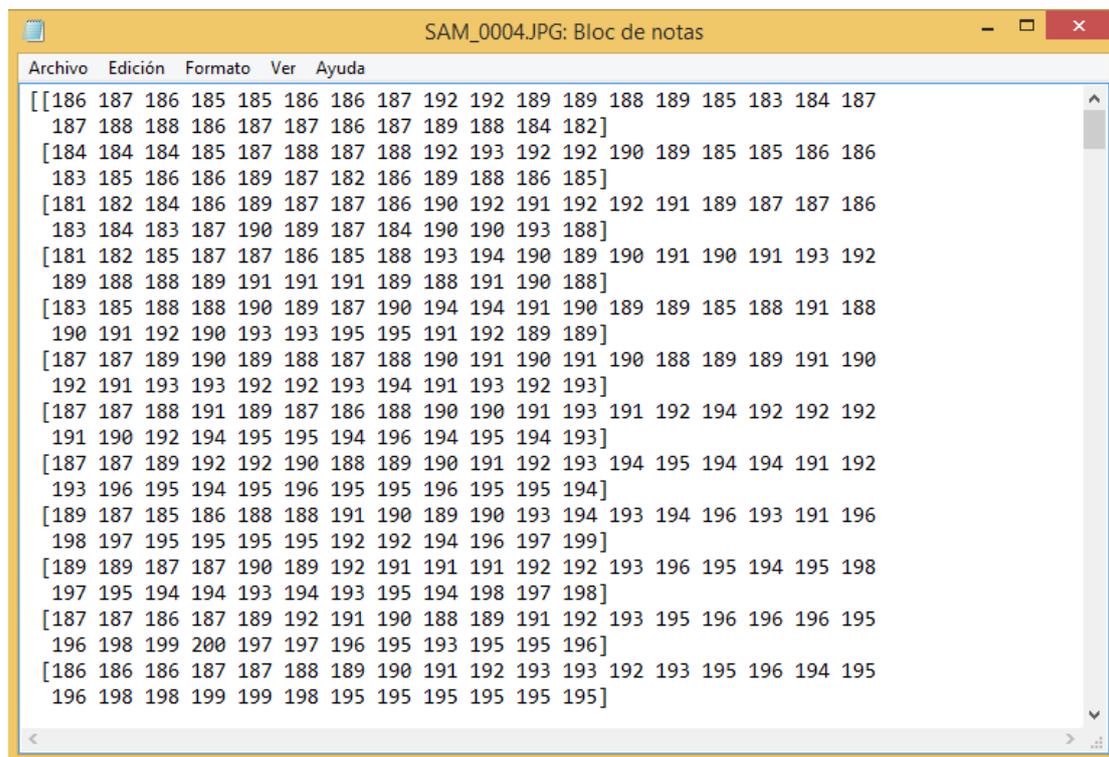
```

Figura 22. Código que permite mostrar las ventanas de imágenes

Fuente: Elaboración propia

Esta extracción de características consiste en la obtención de una matriz con valores de pixel de la imagen obtenida, considerando que tiene cierta sensibilidad a condiciones lumínicas – iluminación. Es necesario, indicar que al tener la captura de una imagen a color permite que esta imagen se muestre en diferentes espacios de color para luego expresarlo en escala de grises.

Posteriormente se obtuvo la matriz de luminosidad o luminancia de la región de interés, tal como se observa en la figura 17, que se presenta a continuación:



```

[[186 187 186 185 185 186 186 187 192 192 189 189 188 189 185 183 184 187
 187 188 188 186 187 187 186 187 189 188 184 182]
[184 184 184 185 187 188 187 188 192 193 192 192 190 189 185 185 186 186
183 185 186 186 189 187 182 186 189 188 186 185]
[181 182 184 186 189 187 187 186 190 192 191 192 192 191 189 187 187 186
183 184 183 187 190 189 187 184 190 190 193 188]
[181 182 185 187 187 186 185 188 193 194 190 189 190 191 190 191 193 192
189 188 188 189 191 191 191 189 188 191 190 188]
[183 185 188 188 190 189 187 190 194 194 191 190 189 189 185 188 191 188
190 191 192 190 193 193 195 195 191 192 189 189]
[187 187 189 190 189 188 187 188 190 191 190 191 190 188 189 189 191 190
192 191 193 193 192 192 193 194 191 193 192 193]
[187 187 188 191 189 187 186 188 190 190 191 193 191 192 194 192 192 192
191 190 192 194 195 195 194 196 194 195 194 193]
[187 187 189 192 192 190 188 189 190 191 192 193 194 195 194 194 191 192
193 196 195 194 195 196 195 195 196 195 195 194]
[189 187 185 186 188 188 191 190 189 190 193 194 193 194 196 193 191 196
198 197 195 195 195 195 192 192 194 196 197 199]
[189 189 187 187 190 189 192 191 191 191 192 192 193 196 195 194 195 198
197 195 194 194 193 194 193 195 194 198 197 198]
[187 187 186 187 189 192 191 190 188 189 191 192 193 195 196 196 196 195
196 198 199 200 197 197 196 195 193 195 195 196]
[186 186 186 187 187 188 189 190 191 192 193 193 192 193 195 196 194 195
196 198 198 199 199 198 195 195 195 195 195]

```

Figura 23. Matriz de valores de luminancia obtenidas con la aplicación de visión artificial de 30 x 30

Fuente: Elaboración propia

Esta matriz se obtuvo empleando las siguientes líneas de códigos que definen áreas de reconocimiento del ojo de la trucha, cuya matriz es de 30x30 por lo tanto tiene 900 valores de luminancia sobre lo cual se calcula la mediana estadística y el promedio.

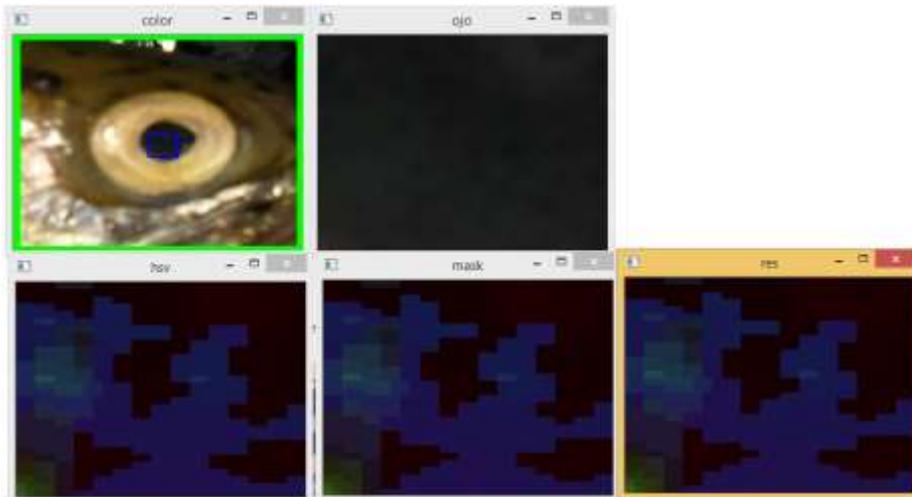


Figura 26. Ventanas de evaluación física de la trucha con la aplicación de visión artificial

Fuente: Elaboración propia

Para su mejor comprensión se detalla cada una de las ventanas que se genera, como color, ventana la imagen donde ha detectado, en este caso se está haciendo el `imshow()`, para mostrar donde detecto, luego la siguiente ventana denominada ojo, permite mostrar la región de interés, y esta región de interés denominada ROI del ojo se refiere al cuadrado donde se encuentra el iris, enseguida se presenta el canal HSV que permite expresar la luminosidad, la matiz y la saturación, permitiendo detecciones por borde como Mask y Res

Las ventanas que se obtienen permiten visualizar los diferentes colores del modelo sobre los cuales podemos identificar el patrón definido para el ojo de la trucha, donde es necesario trabajar con los colores blanco y negro para definir la luminosidad del ojo de la trucha, haciéndose necesario definir el área de interés en escala de grises, tal como se puede observar en la Figura 21, que se muestra a continuación:

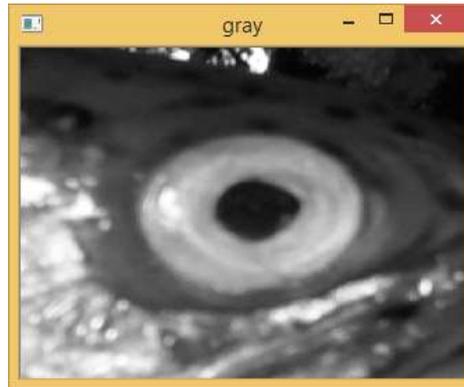


Figura 27. Escala de grises del área de interés del ojo de trucha

Fuente: Elaboración propia

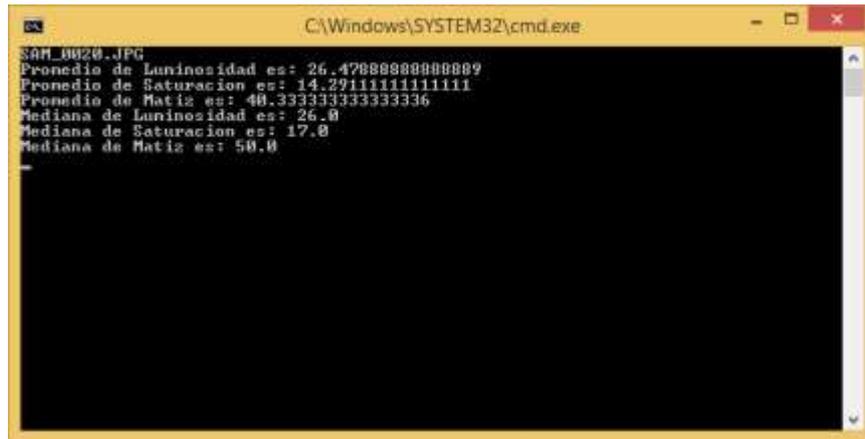
5. Interpretación

Al efectuar las pruebas de la aplicación se obtuvo una ventana que se puede observar en la *Figura 22*, en la cual se tiene los resultados del procesamiento en la computadora, que contiene los siguientes valores:

- Valor promedio de luminosidad
- Valor promedio de saturación
- Valor promedio de matiz
- Valor mediana de luminosidad
- Valor mediana de saturación
- Valor mediana de matiz
- Valor promedio es de todo (incluye valores pico o errores)

Siendo necesario mencionar que el valor mediana elimina picos y valores extremos, filtro estadístico, muy usado en sensores porque elimina errores causados por el ambiente, donde no se considera o usa moda (puesto que, no hay repeticiones).

Estas medidas corresponden al modelo de color que se trabajó en la aplicación de visión artificial, la cual tuvo que registrarse en la ficha de observación empleada para el presente trabajo, donde es necesario mencionar que *value*, como valor de luminancia permitirá expresar como efectuar la decisión de considerar la luminancia en función del tiempo de exposición de la trucha.



```
C:\Windows\SYSTEM32\cmd.exe
SAM_0020.JPG
Promedio de Luminosidad es: 26.4788888888889
Promedio de Saturacion es: 14.291111111111111
Promedio de Matiz es: 40.333333333333336
Mediana de Luminosidad es: 26.0
Mediana de Saturacion es: 17.0
Mediana de Matiz es: 50.0
```

Figura 28. Resultados de valores del modelo HSV

Fuente: Elaboración propia

Al observar la ventana de resultados de la aplicación, donde se obtiene la medida del valor de promedio en luminancia del ojo de la trucha, estos fueron registrados en la ficha de observación, instrumento utilizado para este trabajo, conjuntamente con los datos de iluminación con medidas en lux que se trabajó en la experimentación al momento de capturar las imágenes de las truchas a evaluar. Para lo cual se mostrará la tabla de frecuencia de las medidas obtenidas del ojo de trucha como unidades de muestra, con sus valores de luminancia.

4.4. Código de desarrollo de la Aplicación de Visión Artificial

El código que permite obtener los valores mínimos y no incluye todos los valores de la matriz, con la finalidad de optimizar el cálculo de luminosidad, obteniendo los mínimos valores de la matriz, que permite obtener la luminosidad con una precisión mejorada.

```
#Hallar el array de mínimos valores de la matriz de luminosidad por columna, la salida es un array unidimensional
print ('Array de mínimos por columna de la matriz de luminosidad')
minimocol = np.min(v, axis=0)

print (minimocol) # Imprime el array de mínimos por columna
print ('Se muestra del array de mínimos por columna')
medianafinal = np.median(minimocol) #Hallar la mediana del array encontrado
print (medianafinal) #Muestra el valor mediano de luminosidad que es proporcional a frescura

if (medianafinal>50): # Comparacion de medianafinal con valor limite de NO FRESCURA
    print('El pez de la imagen '+filename+' No Es fresco')
if (medianafinal<50): # Comparacion de medianafinal con valor limite de FRESCURA
    print('El pez de la imagen '+filename+' Es fresco')

archivo = open("valores.csv", "a") #Abrir archivo valores y usar append (añadir)
cadena = str(filename)+" "+str(luminancia)+" "+str(saturacion)+" "+str(matriz)+" "+str(np.median(v))+" "+str(np.median(e))+" "+str(np.median(h))+" \n"
archivo.write(cadena) #guardar cadena en archivo valores.csv
archivo.close() #Cerrar archivo sino se corrompe
archivo = str(filename+".txt")
archivo2 = open(archivo, "a")
archivo2.write(str(v))
archivo2.write("\n*****\n")
archivo2.write(str(e))
archivo2.write("\n*****\n")
archivo2.write(str(h))
archivo2.write("\n*****\n")
archivo2.close()
```

Figura 29. . Código que calcula los valores mínimos de la matriz

Fuente: Elaboración propia

4.5. Presentación de resultados con el empleo de la aplicación de visión artificial

Se presenta los resultados del empleo de la aplicación de visión artificial en la evaluación física del ojo de trucha para determinar la frescura del pez, cuyo estudio se efectuó en la región Puno, e indicar que para la obtención de los resultados en ambiente controlado que permitió verificar la exactitud de la aplicación de visión artificial para obtener datos que se puede observar para efectos de análisis estadístico, se consideró tiempos de los datos registrados en el Anexo 2.

Entonces, respecto a la evaluación de luminosidad en ambiente controlado, se tiene las siguientes tablas que resumen la media, desviación estándar y varianza de los valores de luminosidad obtenidos con la aplicación.

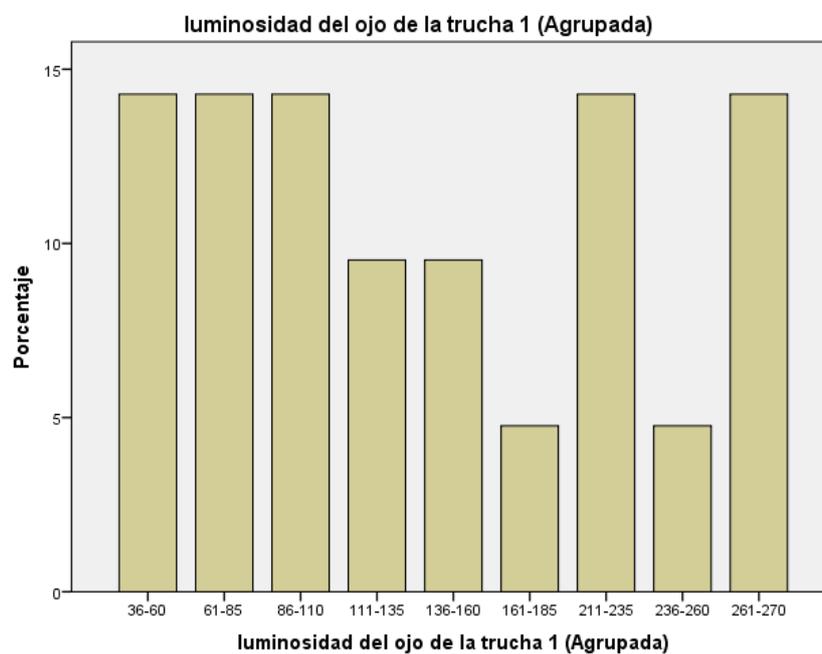
Tabla 5.

Frecuencia de luminosidad del ojo de trucha

Luminosidad del ojo de la trucha (Agrupada)					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	36-60	3	14,3	14,3	14,3
	61-85	3	14,3	14,3	28,6
	86-110	3	14,3	14,3	42,9
	111-135	2	9,5	9,5	52,4
	136-160	2	9,5	9,5	61,9
	161-185	1	4,8	4,8	66,7
	211-235	3	14,3	14,3	81,0
	236-260	1	4,8	4,8	85,7
	261-270	3	14,3	14,3	100,0
	Total	21	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia

Donde su representación gráfica se muestra a continuación:

*Figura 30. Luminosidad de la trucha en datos agrupados*

Fuente: Elaboración propia

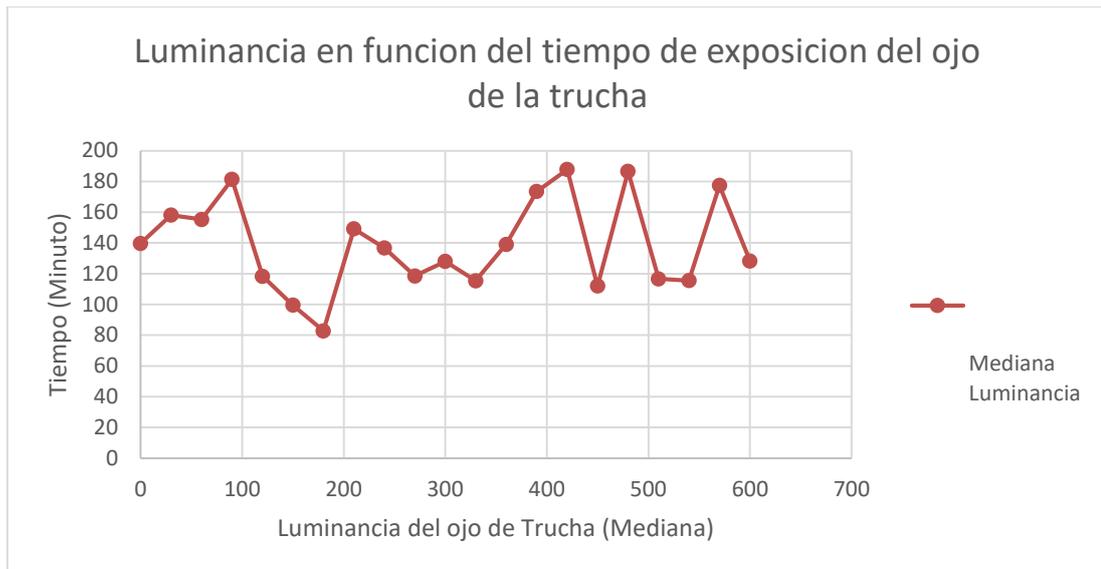


Figura 31. Valores de mediana de luminancia en función al tiempo en minutos

Fuente: Elaboración propia

Los valores de luminancia, con la aplicación son valores que no se repiten, puesto que se aplica el modelo matemático que emplea el algoritmo KNN, para obtener estos valores de luminancia, obteniéndose la siguiente grafica de dispersión de la luminancia de la pupila del ojo de la trucha en función al tiempo de exposición al medio ambiente de este pez. La grafica representa los valores obtenidos con la mediana de la toma de imágenes de las truchas, donde podemos observar valores de luminancia altos y valores de luminancia inferiores, los cuales para la comprobación de la dependencia de la exposición del ojo de trucha al medio ambiente basado en el tiempo verifica esta correlación de indicadores de la luminosidad en función al tiempo de exposición de la trucha fuera del agua, indicadores del presente trabajo.

Presentación de datos sobre iluminación en el empleo de la Aplicación de Visión Artificial en la evaluación física del ojo de trucha.

En la experimentación del presente trabajo de investigación sobre la evaluación física del ojo de trucha empleando una aplicación de visión artificial, se utilizó un luxómetro que permitió obtener medidas en lux, medidas que fueron registradas al momento de realizar el disparo para la obtención de imágenes para ser procesadas por la aplicación, en la que se tuvo los siguientes datos:

Tabla 6.

Medidas de iluminación en lux medidos con luxómetro en toma de imágenes

TIEMPO	MEDIDAS DE ILUMINACIÓN DE LA LÁMPARA, MEDIDO CON LUXÓMETRO									
MINUTOS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
0	103	102	99.5	100.9	101.5	102.3	106.5	105.7	104.4	110.3
30	125	133.2	135.1	135.3	134.1	133.8	133	155.7	147	148.2
60	183.3	158.9	156.3	154.6	152.5	149.9	149.3	145.4	139.9	141.5
90	147.7	175.6	189.7	185.1	179	177	173.1	174.9	185.3	184.9
120	205.6	182.9	177.8	184.8	181	180.9	179.1	179.5	178.7	179.3
150	206.6	188.4	182.5	178.1	175.7	173.6	176.8	177.4	180.5	177.7
180	185.1	179.6	176.5	176	180.3	177.9	179.5	178	178.9	176.1
210	150.6	184.4	183.4	176.8	171.7	164.5	161.5	159.5	157.7	156.5
240	93.3	148.3	198.1	92.4	185.8	179.4	174	168.3	169.3	189.4
270	112.6	187.4	189.6	184.5	179.5	174.9	170.5	164.7	162.3	162
300	129.6	183.3	188.6	184.1	179.1	176.4	170.6	168	163.1	160.5
330	171.8	184.3	182.9	174.1	169.6	168	154.3	169.3	155.9	155.7
360	162.5	179.5	182.2	179.4	162.3	170.5	168.1	166.7	161.6	154.9
390	178.9	177.4	174.3	166.8	162	158.7	157.1	156	150.6	153.7
420	122.7	177.8	180.5	176.8	172.7	169.4	158.7	158	153.6	150.5
450	150.3	178.1	178.9	176.5	174.2	171	168.4	161.8	161.7	159.2

480	158.1	179.7	177.6	171.2	166.6	154.2	154.8	152.6	153.9	149.4
510	153.7	170.5	165.4	159.5	157.3	155	150.4	147.4	147.3	149.9
540	149.9	176.6	173.5	167.7	164.7	158.8	156.5	148.8	110.2	113.8
570	102.7	127.7	124.5	120.1	117	114.4	111	110.9	187.5	190.1
600	212	220	213	208	203.5	197.5	195.2	192.2	190.6	191.2

Fuente: Elaboración Propia

Respecto a las hipótesis planteadas en el presente trabajo de investigación, se tiene que determinar el nivel de sensibilidad, que en este caso el experimento muestra datos de la mediana de lux respecto a la iluminación, puesto que la captura de imagen está sujeta a la emisión de luz en un ambiente determinado, puesto que el ojo humano visualmente en un ambiente oscuro no vería objeto alguno, y empleando las condiciones controladas se puede medir la iluminación que afectara en la sensibilidad al momento de la captura de la imagen, presentándose la mediana de los valores en lux de la iluminación en la siguiente tabla:

Tabla 7.

Mediana de valores de iluminación con medidas en lux

Tiempo Minutos	Iluminación Lux
0	102.65
30	134.6
60	151.2
90	178
120	180.2
150	177.9
180	178.45
210	163
240	171.65
270	172.7
300	173.5
330	169.45
360	167.4
390	160.35
420	164.05
450	169.7
480	156.45
510	154.35
540	157.65
570	118.55
600	200.5

Fuente: Elaboración propia

De los datos presentados anteriormente, cabe mencionar que la captura de imagen respecto a la iluminación con medida en lux en un ambiente controlado presenta una medida de tendencia superior a los 150 en medida de lux, provocando que las imágenes no permitan un resultado satisfactorio

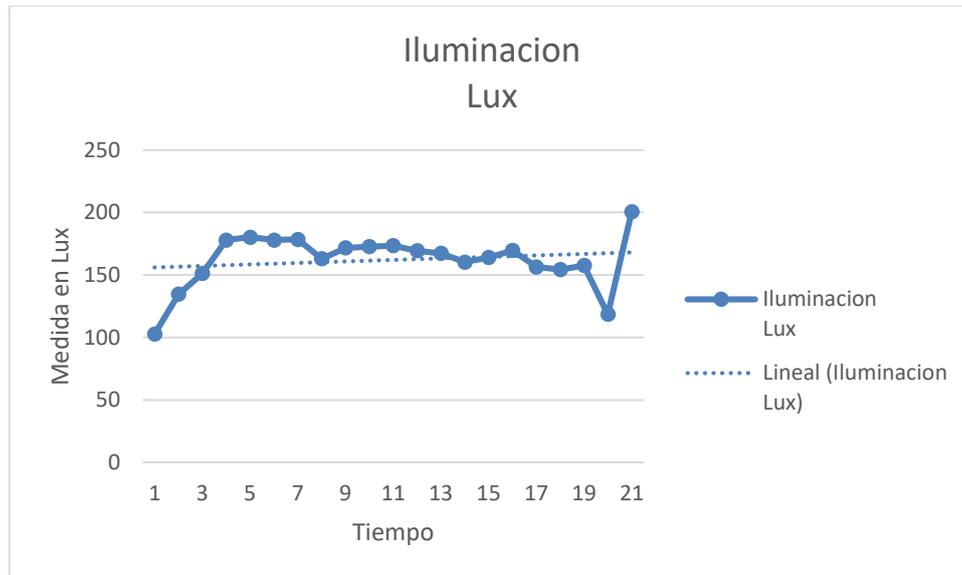


Figura 32. Tendencia y medidas de iluminación

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, para determinar los niveles de sensibilidad de la aplicación de visión artificial se realizó cálculos estadísticos en relación a la iluminación; puesto que las medidas de iluminación medidas en lux son bajas no permiten una buena imagen para procesar.

La variabilidad en los niveles de sensibilidad bajo los cuales fueron efectuadas las tomas y así mismo considerar que la distancia fue homogénea en cada toma de imagen del ojo de trucha.

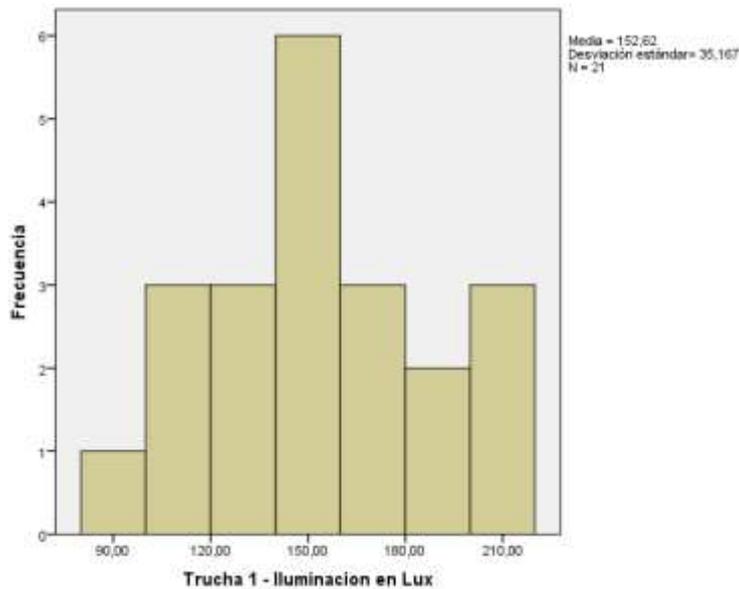


Figura 33. Valores de iluminación de unidad de muestra

Fuente: Elaboración propia

4.4. Prueba de Hipótesis

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos en el presente trabajo de investigación se realizara las pruebas estadísticas correspondientes:

Hipótesis General: La aplicación de visión artificial contribuye en evaluación física del ojo de trucha para determinar la frescura del pez.

La hipótesis:

- Ho: La aplicación de visión artificial no contribuye significativamente en la evaluación física del ojo de trucha para determinar la frescura del pez

- Ha: La aplicación de visión artificial contribuye significativamente en la evaluación física del ojo de trucha para determinar la frescura del pez

Considerando, un nivel de significancia $\alpha=5\%$ y empleando el estadístico de prueba de Friedman se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 8.

Relación entre tiempo y luminosidad

MEDIANA			
TIEMPO	LUMINOSIDAD	CORRELACION DE SPEARMAN	p
0	120.1		
30	148.5		
60	155.3		
90	181.3		
210	149.2	r=0.685	0.029
360	139.1		
390	173.5		
420	187.8		
480	186.5		
570	177.4		

Fuente: Elaboración propia

Resultados que podemos observar en la Figura 33, que muestra los valores medianos de luminosidad en función al tiempo de exposición del ojo de trucha fuera del agua y los cambios que se presentan en el transcurso del tiempo.

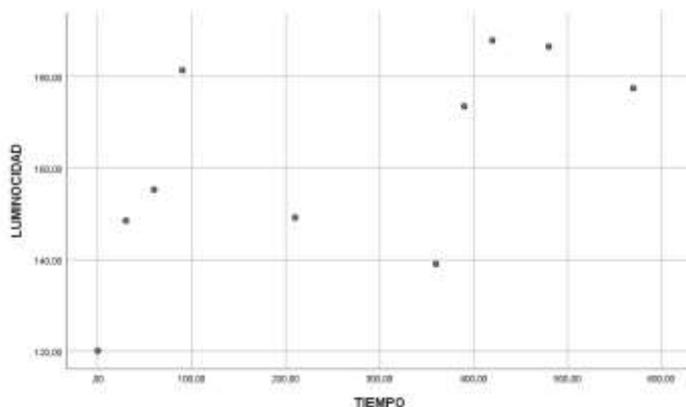


Figura 34. Comparación de valores medianos de luminosidad

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Dado que la $p > 0.05$, se concluye que la aplicación de visión artificial influye significativamente en la evaluación física del ojo de trucha.

Hipótesis Específica 1: La aplicación de visión artificial influye positivamente en la determinación de sensibilidad respecto a la iluminación en la evaluación física del ojo de truchas en Puno

La Hipótesis:

Ho: La aplicación de visión artificial no influye significativamente en la determinación de la sensibilidad respecto a la iluminación en la evaluación física del ojo de trucha

Ha: La aplicación de visión artificial influye significativamente en la determinación de la sensibilidad respecto a la iluminación en la evaluación física del ojo de trucha

La aplicación de visión artificial influye positivamente en la determinación de la selectividad respecto al acierto en la evaluación física del ojo de truchas en Puno

Considerando el nivel de significancia de $\alpha=0.05$ y aplicando el estadístico de prueba T de Wilcoxon, se obtiene lo siguiente:

Tabla 9.

Comparación de valores medianos de iluminación

ILUMINACION			
TIEMPO	MEDIANA	Chi-cuadrado	p
1	102.65		
2	134.60		
3	151.20		
4	178.00		
5	180.20		
6	177.90		
7	178.45		
8	163.00		
9	171.65		
10	172.70		
11	173.50		
12	169.45		
13	167.40		
14	160.35		

15	164.05		
16	169.70		
17	156.45		
18	154.35		
19	157.65		
20	118.55	116.99	0.000

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Dado que $p < 0.05$, se concluye que la aplicación de visión artificial influye positivamente en el nivel de sensibilidad de la evaluación física del ojo de truchas.

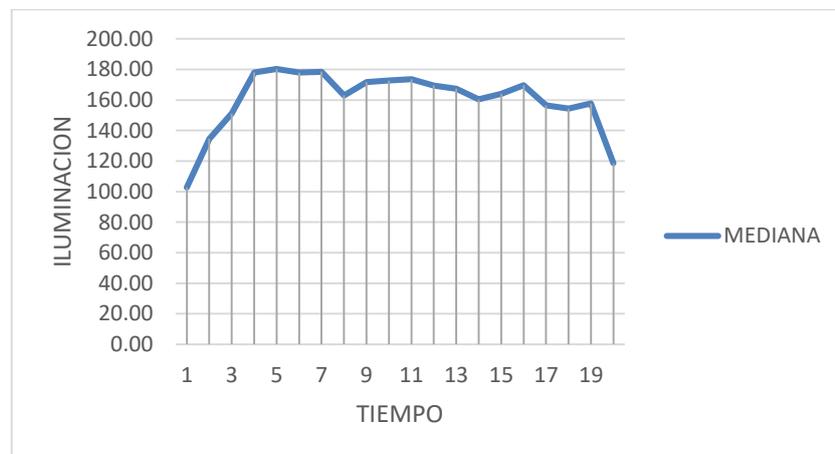


Figura 35. Comparación de valores medianos de iluminación

Fuente: Elaboración propia

Hipótesis Específica 2: La aplicación de visión artificial influye positivamente en la determinación de la selectividad respecto al acierto en la evaluación física del ojo de truchas en Puno

La Hipótesis:

Ho: La aplicación de visión artificial no influye positivamente en la determinación de la selectividad respecto al acierto en la evaluación física del ojo de truchas en Puno.

Ha: La aplicación de visión artificial influye positivamente en la determinación de la selectividad en la evaluación física del ojo de truchas en Puno.

Con nivel de significancia $\alpha=0.05$ y teniendo como estadístico de prueba Chi-cuadrado de bondad de ajuste se obtiene lo siguiente:

Tabla 10. *Comparación de porcentaje de sensibilidad respecto a errores*

SELECTIVIDAD			
TIEMPO	Porcentaje	Chi-cuadrado	P
1	90.00%		
2	90.00%		
3	100.00%		
4	100.00%		
5	100.00%		
6	100.00%		
7	100.00%		
8	100.00%		
9	100.00%		
10	100.00%		
11	100.00%		
12	100.00%		
13	100.00%		
14	100.00%		
15	100.00%		
16	100.00%		
17	100.00%		
18	100.00%		
19	100.00%		
20	100.00%	12.8	0.000

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Dado que $p < 0.05$, se concluye que hubo diferencias en la selectividad de los resultados.

Respecto al nivel de selectividad de la aplicación de visión artificial, según los datos obtenidos en la tabla de valores de luminancia con la aplicación, obtuvo dos errores que mostraban un valor de 0, los cuales se pueden observar en el Anexo 2, permitiendo indicar que la selectividad está en función al aprendizaje supervisado de machine learning, que realiza el entrenamiento a la máquina para que le permita reconocer un patrón determinado, considerando positivos y falsos negativos que apoyan a este entrenamiento.

V. DISCUSIÓN

La investigación realizada respecto a la aplicación de la visión artificial empleada para la evaluación física del ojo de trucha con respecto a las muestra obtenida en Puno, se puede indicar que la aplicación efectúa el reconocimiento del ojo de las truchas consideradas como unidades de muestra, en las cuales se empleó el algoritmo KNN (Del vecino más cercano) en función de medidas efectuadas respecto a la luminosidad en una distancias de puntos específicos en una imagen determinada a evaluar, que comparado con el trabajo de Seguimiento Visual de Peces en Escalas de Hendidura Vertical, donde se efectúa el reconocimiento del pez y su desplazamiento en una determinada trayectoria, forma parte de aporte de la visión artificial respecto a reconocimiento de hendiduras y desplazamiento, que a diferencia de este trabajo la propuesta permite contribuir en la evaluación física del ojo de la trucha, pero el presente se limitó al estudio del ojo de trucha, y no otras partes del cuerpo de la trucha, puesto que requieren de otro tipo de sensores; entonces se puede indicar que se ha contribuido a evaluar el ojo de la trucha, comprobado bajo los resultados obtenidos con los estadísticos de prueba que indican a $p=0,02$, nos indica que la hipótesis general es afirmativa, tal y como lo efectuaron otros estudios en diferentes aspectos trabajando también con los peces.

El empleo de la aplicación de visión artificial, difiere respecto a la determinación de sensibilidad puesto que existe diferencias al momento de capturar la imagen de la trucha, cuando se tiene un ambiente controlado, debido al factor de iluminación, porque el luxómetro tomara una medida determinada bajo la sombra, como un mínimo valor medido que se aproxima a 11,9 medida en lux y otra medida con la iluminación de la luz solar, con medidas superiores a los 165,7 medida en lux, obteniéndose con la prueba estadística que el valor de relación $p=0,000$, en el presente trabajo con intervalo de confianza de 0,05 en las medidas de la trucha, permite concluir que la iluminación es variable incluso en condiciones controladas y

así mismo que el nivel de sensibilidad produce variabilidad al momento de la captura de imagen. Entonces el factor de iluminación medidos en lux, y al efectuar el empleo de la aplicación de visión artificial, es determinante para procesar las imágenes capturadas en un momento determinado, que constituye el nivel de sensibilidad para la aplicación de visión artificial, donde este trabajo de investigación se efectuó bajo condiciones en un ambiente controlado. Así mismo respecto al trabajo de investigación que verifica la medición del ojo de trucha brindada en valores de luminancia registrándose el estadístico con un valor de $r=0.029$ como valor que representa la prueba de hipótesis efectuada, donde los resultados tabulados de iluminación en la presente concuerdan con el artículo sobre conto de alevines utilizando visión artificial, como indican (Vasquez, Cardona, & Ocampo, 2015), quienes también indican la importancia de la iluminación respecto a las imágenes es importante, puesto que si la medida de iluminación es inadecuada generaría errores en los resultados de aplicación de visión artificial.

El nivel de selectividad refiere un valor a la imagen a procesar que se le brinde a la aplicación, de las cuales, habiendo realizado la tabulación de 200 tomas de imágenes, tan solo dos de ellas no se reconocieron como ojo de trucha, generando un valor porcentual de 90% debido a factores de sensibilidad y/o factores de la toma de imagen que podrían ser la causa del margen de error obtenido respecto a la selectividad.

VI. CONCLUSIONES

- La aplicación de la visión artificial contribuye en la evaluación física del ojo de trucha al determinar los valores de luminosidad en función al tiempo de exposición de la trucha fuera del agua, permitiendo verificar que la trucha es fresca con el indicador de brillo de ojo de la trucha, cuando los valores de luminosidad son mínimos, y se presenta de manera ascendente en función del tiempo, afirmación que se comprueba con la prueba de Friedman obteniéndose un valor de 0.029 que acepta la hipótesis alterna.
- El diseño del software de la aplicación de visión artificial contribuyo positivamente en la determinación de valores de luminosidad de las imágenes del ojo de las truchas que fueron procesadas con la aplicación empleando algoritmos que permitieron mejorar la detección de la región de interés (ROI) y generar una matriz que permitió devolver valores de promedio y mediana de luminosidad, que corresponde al brillo del ojo de la trucha.
- La aplicación de visión artificial influye en la determinación de sensibilidad respecto a la iluminación, puesto que la aplicación de visión artificial permitió la detección de ojos de trucha con el aprendizaje supervisado, donde cabe mencionar que la sensibilidad en el ser humano es alta cuando los elementos para comparación sean pocos, lo cual no sucede con la aplicación de visión artificial que permitió realizar comparaciones en cantidades mayores que superan la capacidad del ser humano, influyendo en la evaluación física del ojo de trucha, apoyado con el indicador de iluminación para la captura de imagen.
- La selectividad con la aplicación de visión artificial en la evaluación física del ojo de trucha influye significativamente puesto que el margen de error es mínimo, debido a que el procesamiento de las imágenes digitales con aprendizaje de la computadora se efectuó en tres días, permitiendo generar un 90% de aciertos en la detección de ojo de trucha.

VII. RECOMENDACIONES

- La aplicación de la visión artificial para la evaluación física del ojo de trucha efectuada en el presente trabajo de investigación puede mejorar respecto al proceso de aprendizaje, considerando más imágenes positivas en la creación del archivo clasificador, puesto que a partir de las muestras tabuladas se generó 30000 positivos, siendo recomendable aumentar la base de datos de imágenes para mejorar la clasificación y detección y por ende lograr un mejor entrenamiento para que la verificación de la relación de la influencia de la evaluación del ojo de trucha relacionado al tiempo de exposición fuera del agua se efectuó con mejor precisión.
- El diseño de la aplicación de visión artificial puede mejorar respecto al diseño de la aplicación con el empleo de herramientas adicionales que puedan permitir obtener estadísticas de la evaluación de brillo de la escala de grises de la imagen digital, y así mismo podría generarse mayor cantidades de imágenes positivas y negativas, para mejorar la aplicación.
- Respecto a mejorar la determinación de niveles de sensibilidad al realizar visión artificial se requiere efectuar estudios acerca de los instrumentos de iluminación, con la finalidad de determinar qué tipo de iluminación permite mejorar la toma de imagen para futuros trabajos de investigación.
- Respecto a mejorar la selectividad de la evaluación se puede mejorar la selección del área de interés (ROI), para lo cual se podría usar redes de aprendizaje profundo, pero que complicaría la aplicación ya que es lenta, lo mejor sería usar las redes de aprendizaje profundo mencionadas pero para mejorar un proceso de detección de borde. Así mismo, definida la región de interés (ROI), se mejoraría usando un método de ordenamiento de valores en la matriz de luminosidad y sobre esta tomar los valores mínimos que corresponderían más cercanamente al valor que se desea calcular, permitiendo mejorar los niveles de selectividad, reduciendo márgenes de error.

VIII. REFERENCIAS

- Aguilera, P., & Valencia, H. (2017). *Imagen Digital Fija: Tratamiento Informático de la información*. Ediciones Editex. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?ISBN=8491610502,9788491610502>
- Alejandro, Vicente, Pedro, Javier, Oscar, Sergio, & Carlos. (2009). *Sistemas de Vision Artificial*. Recuperado el 2019, de www.roboticaeducativa.org/mod/resource/view.php
- Alpaydin, E. (2016). *Machine Learning: The New AI* (Ilustrada ed.). (M. Press, Ed.) Massachusetts, USA. Obtenido de books.google.com.pe/books?ISBN=0232529513,9780262529518
- Alvarez, D., & Giraldo, E. (2008). Ica aplicado a la extraccion de características de la imagen . *Scientia e Technica*, 3(40), 43-48. Obtenido de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/3039/1755>
- Alvear.Puertas, V., Rosero-Montalvo, P., Peluffo-Ordoñez, D., & Pijal-Rosas, J. (24 de 02 de 2017). *Internet of Things and Artificial Vision, Performance and Application* . Obtenido de Literature Reviews: Enfoque UTE, 8(1), pp. 244 - 256. : <https://doi.org/https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n1.121>
- Aparici, R., Garcia, A., Fernandez, G., & Osuna, S. (2013). *La imagen: Analisis y representacion de la realidad* (1a ed.). Barcelona - España: Gedisa. Obtenido de <https://books.google.es/books?ISBN=978-84-9784-714-8>
- Aristrizabal, I. (2006). Estudio, Aplicación y Propuesta de automatización del Procesamiento de Imagenes por Resonancia Magnetica para la evaluación y detección de defectos internos de calidad en citricos y melocotones. *Repositorio Institucional Universidad Politecnica de Valencia*. doi:10.4995/Thesis/10251/1904
- Arzate , I. (2011). *Aplicación del analisis de textura de imagenes para la caracterizacion cuantitativa de superficies biologicas*. Mexico.
- Ayala, G. (2001). Reconocedor Optico de caracteres de Placas de automoviles aplicando procesamiento digital de imagenes (Tesis Doctoral). Lima - Peru : https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2578/IME_203.pdf?sequence=1.
- Benitez, R., Escudero, G., Kanaan, S., & Masip, D. (2014). *Inteligencia Artificial Avanzada* (Primera Edicion ed.). Barcelona, España: Editorial OUC. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?ISBN=8490643210,9788490643211>
- Borrego, M. (2013). *La calidad en los procesos graficos* . Innovacion y Cuantificacion S.L.
- Chura, R., & Mollocondo, H. (2009). Desarrollo de la acuicultura en el Lago Titicaca. *Revista científica de la Sociedad Española de Acuicultura* , <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=226>.

- Cuevas, E., Zaldivar, D., & Perez, M. (2012). Procesamiento digital de imágenes con MATLAB y SIMULINK. *Revista S & T*, 10(21), 77-78. Obtenido de [https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/sistemas_telematica/ISBN=ISBN 978-6077070306](https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/sistemas_telematica/ISBN=ISBN%20978-6077070306)
- Diaz, R., Rabuñal, J., Puertas, J., & Rodriguez, A. (2016). Un sistema de detección de peces para escala de hendidura vertical utilizando tecnología láser y técnicas de visión artificial. *Ingeniería del Agua*, 19(4), 229-239. doi:<https://doi.org/10.4995/ia.2015.3472>
- Escobar, J. (2016). *Identificación de imágenes por análisis de texturas utilizando aprendizaje estadístico*. España.
- García, C., & Gomez, I. (2012). *Algoritmo de aprendizaje KNN y KMEANS*. (U. C. Madrid, Ed.) Madrid. Obtenido de <http://blogs.ujaen.es/barranco/wp-content/uploads/2012/02/Algoritmos-de-aprendizaje-knn-y-kmeans.pdf>
- García, M. (2007). *Procesamiento de caras humanas mediante integrales proyectivas* (Tesis Doctoral). Murcia - España: <http://dis.um.es/~ginesgm/files/inv/tesis.pdf>.
- Gil, J. (2008). Estado actual de la representación y Análisis de Textura en imágenes. *CENATAV: Centro de Aplicaciones de Tecnologías de Avanzada*.
- Ibañez, A. (2015). *Machine Learning in Sientometrics. (Tesis de postgrado) Archivo Digital UPM*. Obtenido de <http://oa.upm.es/36488>
- Jaramillo, A., Jimenez, R., & Ramos, O. (2014). Inspección de calidad para un sistema de producción industrial basado en el procesamiento de imágenes. *Revista Tecnura*, 8(41), <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/article/view/7024>.
- Laza, C., Rego, A., & Pias, N. (2010). Aplicación de Algoritmos para e Procesamiento de Imágenes a La Tecnología de Mcroarreglos para el Diagnóstico. *Investigacion Operacional (Volumen 31, 3)*, 268-274.
- Loayza, H. (1999). Introduccion a los sistemas de vision en colores. *Energia y Computacion (Volumen 8, Nro.1)*, <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/1337/6/Introduccion%20a%20los%20sistemas%20de%20vision%20en%20colores.pdf>.
- Nogué, A., & Antiga, J. (Abril de 2012). Visión Artificial: Aplicación Practica de la Visión Artificial en el control de procesos industriales. *Visión Artificial: . Madrid, España*. Obtenido de http://visionartificial.fpcat.cat/wp-content/uploads/UD_1_didac_Conceptos_previos.pdf
- Pardo, L. (2013). *Montaje y puesta en marcha de sistemas roboticos y sistemas de vision en bienes de equipos y máquinas industriales* (Primera Edicion ed.). Innovacion y Cualificacion S.L. Obtenido de [https://es.scribd.com/read/ISBN: 978-84-15792-43-7](https://es.scribd.com/read/ISBN:978-84-15792-43-7)
- Porrás, J., Moran, A., & De la Cruz, M. (2009). Clasification System based on Computer Vision. *Universidad Ricardo Palma*. Obtenido de del sitio web <http://v-beta.urp.edu.pe/pdf/id/2881/n/clasification-system-based-on-computer-vision>

- Rabal, O. (1990). *Herramientas de cribado virtual aplicado a inhibidores de tirosina quinasas. Contribucion del programa PRALINS para el diseño de quimiotecas combinatorias*. Obtenido de <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/9303/Torg4de4.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Rodriguez, A., Bermudez, M., Rivero, D., Gestal, M., & Puertas, J. (2012). Seguimiento de peces en escalas de hendidura vertical. *SABIA: Sistemas Adaptativos y Bioinspirados de Inteligencia Artificial*, 659-666. doi:ISBN 978-84-615-6931-1, Recuperado de <http://sabia.tic.udc.es/sabia/secciones/publications/?id=759>
- Sampallo, G. (2003). Leaf Type Recognition - Reconocimiento de tipos de hojas. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*(21), 55-62. Obtenido de [http://journaldocs.iberamia.org/articles/391/article%20\(1\).pdf](http://journaldocs.iberamia.org/articles/391/article%20(1).pdf)
- Silva, E. (2016). *La Pesca de la Trucha*. Editorial De Vecci S.A.
- Sobrado, E. (2003). *Sistema de Vision Artificial para el reconocimiento y manipulacion de objetos utilizando un brazo Robot*. Obtenido de (Tesis de postgrado) Pontificia Universidad catolica del Peru: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/68>
- Somolinos, J. (2002). *Avances en Robotica y Visión por computador - Coleccion Ciencia y Tecnica* (Edicion III ed., Vol. 38). Cuenca, España: Ediciones Universidad La Castilla - La Mancha. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?ISBN=8484271994,9788484271994>
- Valero, A. (2013). *Principios de color y holopintura*. Alicante: Editorial Club Universitario.
- Vasquez, R., Cardona, A., & Ocampo, L. (2015). Propuesta de sistema de onteo de alevines de Tilapia Roja de bajo costo usando tecnicas de vision artificial. *Revista Politecnica*, 11(21), 85-95. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/9f74/d0ad0978cca016db33641569dd4a84cb07e5.pdf>

ANEXO 1

Matriz de consistencia

APLICACIÓN DE LA VISION ARTIFICIAL PARA LA EVALUACION FISICA DEL OJO DE TRUCHAS EN PUNO

AUTOR: MAMANI HUACANI ZULEMA LILIAN

TEMA/PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES e INDICADORES	METODOLOGIA
<p>PROBLEMA PRINCIPAL PROBLEMA ¿Cómo la aplicación de la visión artificial contribuye en la evaluación física del ojo de las truchas en Puno?</p> <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS ¿Cómo el diseño de software de aplicación de visión artificial contribuye en evaluación física de la luminosidad del ojo de truchas?</p> <p>¿Cómo la aplicación de visión artificial influye en la sensibilidad respecto a la iluminación en la evaluación física del ojo de truchas en Puno?</p> <p>¿Cómo la aplicación de visión artificial influye en la selectividad respecto a errores en la evaluación física del ojo de truchas en Puno?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Determinar que la aplicación de visión artificial contribuye en la evaluación física del ojo de truchas para determinar frescura del pez</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS Diseñar software de aplicación de visión artificial para determinar la luminosidad en la evaluación física del ojo de trucha en Puno. Establecer la influencia de la aplicación de visión artificial en la sensibilidad respecto a la iluminación de la evaluación del ojo de truchas en Puno Establecer la influencia de la aplicación de visión artificial en la selectividad respecto a errores de la evaluación del ojo de truchas en Puno</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL La aplicación de la visión artificial contribuye en evaluación física del ojo de trucha en Puno para determinar la frescura del pez</p> <p>HIPOTESIS Hipótesis Específicas a) El diseño de la aplicación de visión artificial contribuye positivamente en la evaluación física del ojo de truchas en Puno b) La aplicación de visión artificial contribuye positivamente en la de sensibilidad respecto a la iluminación en la evaluación física del ojo de truchas en Puno c) La aplicación de visión artificial influye positivamente en la selectividad respecto al acierto en la evaluación física del ojo de truchas en Puno</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE APLICACIÓN DE LA VISION ARTIFICIAL</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sensibilidad respecto al valor de iluminación - Selectividad respecto al nivel de error en detección <p>VARIABLE DEPENDIENTE EVALUACION FISICA DEL OJO DE TRUCHAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Luminosidad de la pupila de la trucha - Tiempo de exposición de la trucha fuera del agua 	<p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Tipo: Aplicada</p> <p>Diseño: Cuasi-experimental</p> <p>Nivel: Correlacional</p> <p>Técnicas de Recolección de Datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entrevista - Observación <p>Población Está conformada por truchas de jaulas artesanales</p> <p>Muestra Muestra no probabilística, conformado por imágenes de truchas donde los profesionales que conocen la evaluación física de imágenes de truchas, ser entrevistaron y son personas dedicadas crianza artesanal.</p> <p>Técnicas : Observación, Entrevista</p> <p>Instrumentos: Ficha o guía de observación, Guía de entrevista</p> <p>Tratamiento de datos: Tabulación de datos y Pruebas estadísticas.</p>

ANEXO 2

TIEMPO		MEDIDAS DE LUMINANCIA CON APLICACIÓN DE VISIÓN ARTIFICIAL									
MINUTOS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	
0		139.691111	208.808889	244.884444		0	46.5988889	191.904444	100.488889	226.401111	26.4788889
	63.12										
30	26.4788889	187.291111	163.885556	221.017778		0	96.6866667	82.4488889	158.143333	138.86	170.223333
60	252.175556	112.021111	157.841111	166.164444	177.291111		124.918889	50.4566667	226.412222	152.723333	29.2733333
90	200.196667	131617778	46.3233333	235.596667	129.544444		208.543333	208.543333	162.496667	215.437778	60.1
120	22.8333333	118.978889	158.994444	117.595556	126.245556		49.9388889	12.2533333	214.745556	56.0277778	165.704444
150	252.624444	56.2266667	56.2266667	26.2333333	192.872222		214.377778	12.4322222	100.895556	145.103333	98.2288889
180	50.0566667	38.3255556	147.972222	164.38	82.8444444		82.8444444	13.8933333	130.465556	32.1511111	254.997778
210	90.1155556	222.425556	220.677778	105.498889	221.64		189.761111	108.602222	42.4322222	231.468889	61.7077778
240	195.216667	120.097778	10.4355556	26.8722222	199.477778		197.884444	22.4988889	83.0366667	199.883333	153.472222
270	82.5933333	100.282222	41.4977778	170.72	129.124444		143.8	53.57	108.027778	163.868889	141.401111
300	10.5666667	117.673333	36.93	161.234444	129.7		177.578889	193.894444	126.291111	212.734444	124.134444
330	38.7088889	98.3266667	132.626667	46.7555556	85.4355556		202.813333	28.9955556	171.242222	183.005556	222.917778
360	143.564444	130.087778	113.797778	184.68	134.553333		157.725556	34.9677778	90.1833333	205.756667	220.696667
390	189.432222	230.277778	228.157778	36.2411111	163.251111		208.775556	24.8922222	183.688889	45.0555556	37.5255556
420	216.854444	92.5133333	128.737778	230.167778	80.7311111		153.083333	230.534444	167.902222	207.794444	251.538889
450	121.896667	101.004444	50.42	34.7255556	102.025556		142.425556	25.9011111	212.843333	205.218889	239.418889
480	65.1166667	131.85	183.992222	183.421111	189.02		190.507778	35.1266667	211.09	253.966667	218.336667
510	239.473333	41.0966667	19.4811111	148.203333	134.108889		205.266667	40.0333333	62.8655556	99.3333333	157.371111
540	42.1177778	95.1411111	170.47	75.1644444	184.386667		135.947778	32.5333333	166.644444	73.4911111	166.831111
570	125.35	91.6355556	177.723333	177.146667	211.846667		183.193333	88.7555556	188.568889	198.297778	128.116667
600	97.7022222	115.16	68.0522222	231.012222	243.216667		206.735556	184.014444	116.4	130.02	126.574444

ANEXO 3

MEDIDAS DE LUMINANCIA E ILUMINACION EN LUX EN TIEMPOS DEL EXPERIMENTO DE LA TRUCHA1 - TRUCHA 5

Tiempo Horas	Tiempo Minutos	Trucha1 Luminosidad	Lux - Trucha1 Medida de iluminación de lámpara	Trucha2 Luminosidad	Lux - Trucha2 Medida de iluminación de lámpara	Trucha3 Luminosidad	Lux - Trucha3 Medida de iluminación de lámpara	Trucha4 Luminosidad	Lux - Trucha4 Medida de iluminación de lámpara	Trucha5 Luminosidad	Lux - Trucha5 Medida de iluminación de lámpara
0	0	63.12	103	139.691111	102	208.808889	99.5	244.884444	100.9	0	101.5
	30	26.4788889	125	187.291111	133.2	163.885556	135.1	221.017778	135.3	0	134.1
1	60	252.175556	183.3	112.021111	158.9	157.841111	156.3	166.164444	154.6	177.291111	152.5
	90	200.196667	147.7	131.617778	175.6	46.3233333	189.7	235.596667	185.1	129.544444	179
2	120	22.8333333	205.6	118.978889	182.9	158.994444	177.8	117.595556	184.8	126.245556	181
	150	252.624444	206.6	56.2266667	188.4	56.2266667	182.5	26.2333333	178.1	192.872222	175.7
3	180	50.0566667	185.1	38.3255556	179.6	1	176.5	164.38	176	82.8444444	180.3
	210	90.1155556	150.6	222.425556	184.4	47.972222	220.677778	183.4	105.498889	176.8	221.64
4	240	195.216667	93.3	120.097778	148.3	10.4355556	198.1	26.8722222	92.4	199.477778	185.8
	270	82.5933333	112.6	100.282222	187.4	41.4977778	189.6	170.72	184.5	129.124444	179.5
5	300	10.5666667	129.6	117.673333	183.3	36.93	188.6	161.234444	184.1	129.7	179.1
	330	38.7088889	171.8	98.3266667	184.3	132.626667	182.9	46.7555556	174.1	85.4355556	169.6
6	360	143.564444	162.5	130.087778	179.5	113.797778	182.2	184.68	179.4	134.553333	162.3
	390	189.432222	178.9	230.277778	177.4	228.157778	174.3	36.2411111	166.8	163.251111	162
7	420	216.854444	122.7	92.5133333	177.8	128.737778	180.5	230.167778	176.8	80.7311111	172.7
	450	121.896667	150.3	101.004444	178.1	50.42	178.9	34.7255556	176.5	102.025556	174.2
8	480	65.1166667	158.1	131.85	179.7	183.992222	177.6	183.421111	171.2	189.02	166.6
	510	239.473333	153.7	41.0966667	170.5	19.4811111	165.4	148.203333	159.5	134.108889	157.3
9	540	42.1177778	149.9	95.1411111	176.6	170.47	173.5	75.1644444	167.7	184.386667	164.7
	570	125.35	102.7	91.6355556	127.7	177.723333	124.5	177.146667	120.1	211.846667	117
10	600	97.7022222	212	115.16	220	68.0522222	213	231.012222	208	243.216667	203.5

MEDIDAS DE LUMINANCIA E ILUMINACION EN LUX EN TIEMPOS DEL EXPERIMENTO DE LA TRUCHA6 - TRUCHA 10

Lux - Trucha5 Medida de iluminación de lámpara	Trucha6 Luminosidad	Lux - Trucha6 Medida de iluminación de lámpara	Trucha7 Luminosidad	Lux - Trucha7 Medida de iluminación de lámpara	Trucha8 Luminosidad	Lux - Trucha8 Medida de iluminación de lámpara	Trucha9 Luminosidad	Lux - Trucha9 Medida de iluminación de lámpara	Trucha10 Luminosidad	Lux - Trucha10 Medida de iluminación de lámpara
101.5	46.5988889	102.3	191.904444	106.5	100.488889	105.7	226.401111	104.4	26.4788889	110.3
134.1	96.6866667	133.8	82.4488889	133	158.143333	155.7	138.86	147	170.223333	148.2
152.5	124.918889	149.9	50.4566667	149.3	226.412222	145.4	152.723333	139.9	29.2733333	141.5
179	208.543333	177	208.543333	173.1	162.496667	174.9	215.437778	185.3	60.1	184.9
181	49.9388889	180.9	12.2533333	179.1	214.745556	179.5	56.0277778	178.7	165.704444	179.3
175.7	214.377778	173.6	12.4322222	176.8	100.895556	177.4	145.103333	180.5	98.2288889	177.7
180.3	82.8444444	177.9	13.8933333	179.5	130.465556	178	32.1511111	178.9	254.997778	176.1
171.7	189.761111	164.5	108.602222	161.5	42.4322222	159.5	231.468889	157.7	61.7077778	156.5
185.8	197.884444	179.4	22.4988889	174	83.0366667	168.3	199.883333	169.3	153.472222	189.4
179.5	143.8	174.9	53.57	170.5	108.027778	164.7	163.868889	162.3	141.401111	162
179.1	177.578889	176.4	193.894444	170.6	126.291111	168	212.734444	163.1	124.134444	160.5
169.6	202.813333	168	28.9955556	154.3	171.242222	169.3	183.005556	155.9	222.917778	155.7
162.3	157.725556	170.5	34.9677778	168.1	90.1833333	166.7	205.756667	161.6	220.696667	154.9
162	208.775556	158.7	24.8922222	157.1	183.688889	156	45.0555556	150.6	37.5255556	153.7
172.7	153.083333	169.4	230.534444	158.7	167.902222	158	207.794444	153.6	251.538889	150.5
174.2	142.425556	171	25.9011111	168.4	212.843333	161.8	205.218889	161.7	239.418889	159.2
166.6	190.507778	154.2	35.1266667	154.8	211.09	152.6	253.966667	153.9	218.336667	149.4
157.3	205.266667	155	40.0333333	150.4	62.8655556	147.4	99.3333333	147.3	157.371111	149.9
164.7	135.947778	158.8	32.5333333	156.5	166.644444	148.8	73.4911111	110.2	166.831111	113.8
117	183.193333	114.4	88.7555556	111	188.568889	110.9	198.297778	187.5	128.116667	190.1
203.5	206.735556	197.5	184.014444	195.2	116.4	192.2	130.02	190.6	126.574444	191.2

ANEXO 6

GUIA DE ENTREVISTA

El presente instrumento se empleó para obtener información sobre la crianza de truchas y sus evaluaciones

Las siguientes preguntas realizadas a los Expertos.

1.- ¿La planta o jaulas que ud. Maneja se dedica a productos derivados o tan solo la trucha como producto?

2.- ¿Que profesionales efectúan la evaluación del producto trucha con el que usted trabaja?

3. ¿Qué tipo de evaluaciones realizan a las truchas, al momento de seleccionarlas?

4. ¿Cuánta cantidad de producción tiene en su planta o jaula artesanal?

5. ¿Cuenta con tecnología para efectuar evaluaciones a las truchas?

