



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

Algoritmo para el diagnóstico preliminar de caries y área afectada del diente en base al algoritmo de búsqueda de pixeles y la librería Skimage

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Sistemas

AUTORES:

Cuellar Pinedo, Juan Augusto (ORCID: 0000-0002-9173-2260)

Peña Parco, Moisés Emmanuel (ORCID: 0000-0001-9733-9825)

ASESOR:

Dr. Alfaro Paredes, Emigdio Antonio (ORCID: 0000-0002-0309-9195)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistema de Información y Comunicaciones

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2019

Dedicatoria

Dedicamos esta tesis a nuestros padres, quienes nos brindaron su soporte y apoyo durante la trayectoria universitaria, asimismo, a nuestros docentes de la universidad por sus aprendizajes y enseñanzas.

Agradecimiento

Agradecemos a nuestro asesor Dr. Alfaro Paredes, Emigdio Antonio quien nos enseñó el camino para avanzar y culminar nuestra tesis, además, de su dedicación y constancia. Agradecemos a nuestros docentes, quienes nos dieron enseñanzas para emprender el camino de la investigación y desarrollar correctamente nuestro proyecto.

Índice de contenidos

| | |
|---|----|
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 6 |
| III. METODOLOGÍA | 13 |
| 3.1. Tipo y diseño de la investigación | 14 |
| 3.2. Variables y operacionalización | 14 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo | 14 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 15 |
| 3.5. Procedimientos | 15 |
| 3.6. Método de análisis de datos | 16 |
| 3.7. Aspectos éticos | 16 |
| IV. RESULTADOS..... | 17 |
| V. DISCUSIÓN..... | 21 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 24 |
| VII. RECOMENDACIONES | 26 |
| REFERENCIAS | 28 |
| ANEXOS | 36 |

Índice de tablas

| | | |
|---------|---|----|
| Tabla 1 | <i>Pre – test de sensibilidad</i> | 18 |
| Tabla 2 | <i>Post – test de sensibilidad</i> | 19 |
| Tabla 3 | <i>Comprobación de hipótesis</i> | 20 |
| Tabla 4 | <i>Matriz de Consistencia</i> | 37 |
| Tabla 5 | <i>Matriz de Operacionalización</i> | 38 |
| Tabla 6 | <i>Responsables del proyecto</i> | 42 |
| Tabla 7 | <i>Sprint</i> | 43 |

Índice de figuras

| | | |
|------------------|---|----|
| <i>Figura 1</i> | Pre – test de predicción de sensibilidad..... | 18 |
| <i>Figura 2</i> | Post – test de predicción de sensibilidad | 19 |
| <i>Figura 3</i> | Gant del proyecto..... | 40 |
| <i>Figura 4</i> | Pila de producto | 43 |
| <i>Figura 5</i> | Ciclo de Sprint..... | 44 |
| <i>Figura 6</i> | Gráfica Burn up..... | 44 |
| <i>Figura 7</i> | Línea de velocidad..... | 45 |
| <i>Figura 8</i> | Gráfica Burn Down | 45 |
| <i>Figura 9</i> | Diagrama de solución | 47 |
| <i>Figura 10</i> | Proceso de predicción | 47 |
| <i>Figura 11</i> | Importando librerías de Phyton | 48 |
| <i>Figura 12</i> | Algoritmo de las caries más afectadas | 49 |
| <i>Figura 13</i> | Análisis de caries | 50 |
| <i>Figura 14</i> | Definición de área afectada | 51 |
| <i>Figura 15</i> | Circunferencia circular | 52 |
| <i>Figura 16</i> | Arquitectura de la convolución | 53 |
| <i>Figura 17</i> | Muestra de la investigación | 54 |

Índice de anexos

| | | |
|-----------|--|----|
| Anexo 1: | Matriz de Consistencia | 37 |
| Anexo 2: | Matriz de Operacionalización..... | 38 |
| Anexo 3: | Autorización de la base de datos de imágenes | 39 |
| Anexo 4: | Gant del proyecto..... | 40 |
| Anexo 5: | Aplicación de la metodología ágil Scrum | 41 |
| Anexo 6: | Diagrama de flujo del sistema | 47 |
| Anexo 7: | Manual de usuario del sistema experto de detección de caries y posición dental | 48 |
| Anexo 8: | Convolutional Neuronal Network | 53 |
| Anexo 9: | Proceso Batch de 200 Imágenes | 54 |
| Anexo 10: | Pseudocódigo análisis de imágenes (aporte) | 55 |

Índice de abreviaturas

| Sigla | Significado | Pág. |
|--------------|---|-------------|
| OMS | Organización mundial de salud | 2 |
| MINSA | Ministerio de Salud | 2 |
| JPEG, JPG | Joint Photographic Experts Group | 11 |
| SPRINT | Strategic Programme for Innovation and Technology Transfer | 48 |

Resumen

La presente investigación abarcó el desarrollo de un sistema experto para el diagnóstico preliminar de caries. El objetivo de la investigación fue determinar la precisión del diagnóstico teniendo en cuenta la especificidad y sensibilidad, asimismo, la eficiencia del sistema en base al tiempo. La investigación se llevó a cabo, a través del enfoque cuantitativo, diseño pre-experimental; además, para el estudio se utilizó una muestra de 200 imágenes, que cumplieron los criterios de inclusión: dientes con caries y los criterios de exclusión: dientes que no presentan caries. Por otra parte, la técnica de recolección de datos fue la observación y el instrumento fue el registro de observación de tipo estructurada.

Los resultados referentes al efecto del algoritmo de búsqueda de píxeles y la librería Skimage en el diagnóstico preliminar de las caries evidenciaron una mejora de la sensibilidad a un 89.6% y la especificidad a un 93.3%. Ante ello, se concluyó que el diagnóstico de caries a través de un sistema experto mejoró el proceso de diagnóstico de los pacientes del servicio de odontología en comparación con el proceso de diagnóstico tradicional. Finalmente, se recomendó elaborar nuevos algoritmos fusionando algoritmos existentes para lograr una mejor precisión en el diagnóstico de caries, tales como: el algoritmo de red neuronal artificial RNA y el algoritmo de aprendizaje profundo, ya que estos algoritmos ayudarán a nuevos proyectos ser más exactos en la detección de caries.

Palabras clave: Sistema experto, diagnóstico de caries, especificidad, sensibilidad, aplicación móvil de diagnóstico.

Abstract

The present investigation covered the development of an expert system for the preliminary diagnosis of caries. The purpose of the research was to determine the precision of the diagnosis taking into account the specificity and sensitivity, as well as the efficiency of the system based on time. The research was carried out, through the quantitative approach, quasi-experimental design, in addition, a sample of 200 images was used for the study, which met the inclusion criteria: teeth with caries and the exclusion criteria: teeth that did not have caries. present caries. On the other hand, the data collection technique was observation and the instrument was the structured observation record.

The results regarding the effect of the pixel search algorithm and the Skimage library in the preliminary diagnosis of caries, maintain that the sensitivity improved to 89.6% and the specificity improved to 93.3%. Given this, it was concluded that the diagnosis of caries, through an expert system, improved the diagnostic process of patients in the dentistry service compared to the traditional diagnostic process. Finally, it was recommended to develop new algorithms by merging existing algorithms to achieve better accuracy in caries diagnosis, such as: the RNA artificial neural network algorithm and the deep learning algorithm, due to that these algorithms will help new projects to be more accurate with the detection of caries.

Keywords: Expert system, caries diagnosis, specificity, sensitivity, diagnostic mobile application.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, personas de diferentes partes del mundo, ya sean niños, adolescentes, jóvenes, como también adultos mayores tienen síntomas complejos en su cavidad bucal a causa de las caries (Organización Mundial de Salud, 2019, p. 1). Por lo cual, la problemática de investigación estuvo asociada a la detección de caries con el algoritmo para el diagnóstico preliminar de caries y la zona afectada del diente en base al algoritmo de búsqueda de píxeles y la librería Skimage.

La caries es un problema de salud pública que afecta a países subdesarrollados como también a países desarrollados; en efecto, las caries son producidas por bacterias debido a la mala alimentación en las personas por medio de comidas no saludables como alimentos altos en azúcares y bebidas altas en ácidos; en consecuencia, a largo plazo destruyen el esmalte dental y con ello la dentina (Organización Mundial de Salud, 2019, p. 1).

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto del sistema experto para el diagnóstico preliminar de las caries y los objetivos específicos estuvieron enfocados en determinar cuáles fueron los incrementos de la sensibilidad y especificidad; además, la hipótesis general fue: “El algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage incrementó la sensibilidad y la especificidad en el diagnóstico preliminar de la caries”, por lo cual también se planteó las hipótesis específicas en referencia a la sensibilidad y a la especificidad.

En una publicación de la revista EcuRed (2015) se señaló que empresas como Philips crearon cepillos usando inteligencia artificial, orientados a cooperar al momento que la persona ejerce el cepillado (p. 1). Teniendo en cuenta lo mencionado, existen empresas que buscan salvaguardar la salud bucal de las personas publicitando productos orientados al cuidado bucal. Ante ello, que sucede con los centros odontológicos en nuestro país. En este sentido, el problema planteado de investigación fue el siguiente: ¿Cuál fue el efecto del algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage en el diagnóstico preliminar de caries? y los problemas específicos se mantuvieron relacionados al algoritmo y librería Skimage en el incremento de la sensibilidad y especificidad.

Nogales (2015) estudió un sistema experto basado en lógica difusa partiendo de una base de conocimientos para construir el prototipo que apoya directamente a un diagnóstico de depresión (p. 15). Flores (2019) implementó un sistema de control

de tomografía 3D que incide en el mantenimiento predictivo; mediante el software procesó imágenes e informes facilitando las actividades en el mantenimiento preventivo y predictivo (p. 65).

Por lo tanto, no se ha observado investigaciones de igual magnitud que traten sobre un algoritmo para el diagnóstico preliminar de caries y zona afectada del diente en base al algoritmo de búsqueda de píxeles y la librería Skimage. Se ha encontrado estudios sobre la salud bucal que surgen del problema de caries. En una publicación de El Comercio (2016) se indicó que el Perú ocupa el tercer lugar en altos índices de caries y que existen alarmantes y altos índices en las regiones del país, tales como: Puno, Huancavelica y Cerro de Pasco; entre ellos, se ha identificado niños menores de cinco años, quienes presentan graves problemas de salud bucal.

Los sistemas expertos han sido incorporados en la dinámica de proyectos modernos y de alto impacto, coincidiendo con una época de demanda generalizada de contenidos en pleno apogeo digital (Badaró, Ibañez y Agüero, 2013, p. 352). Su incorporación a la dinámica profesional de los medios de comunicación representa una oportunidad como ha sucedido con otros elementos del ecosistema digital, tales como: redes sociales, teléfonos móviles o video en línea (Mariño, 2014, p. 104).

En el Centro Odontológico Adentis se identificó que los diagnósticos se realizaron en base a los conocimientos y métodos tradicionales de los odontólogos, lo cual es anticuado y no tan eficiente, ya que produce un esfuerzo mayor en tiempo y costo. En efecto, la investigación permitió desarrollar un sistema experto en base a algoritmos fusionados que mejoró el rendimiento de la búsqueda preliminar de caries en los dientes de los pacientes.

Esta investigación fue justificada teóricamente porque permitió un aporte teórico con el algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage para el diagnóstico de la caries. Valderrama (2015) indicó que los sistemas expertos son elemento importante para el diagnóstico de caries, con relevancia para sistematizar proyectos que lograron ser acoplados en centros odontológicos (p. 11). Cruz (2016) mencionó que la justificación tecnológica estuvo orientada a crear nuevos métodos de trabajo de forma práctica (p. 17). Asimismo, Cegarra (2004) indicó que la

tecnología es evidencia de alto estándar, debido a que aportó de manera fortuita con resultados concisos y coherentes en base a métodos actuales.

Esta investigación fue justificada socialmente porque ayudará al diagnóstico preliminar de la caries por parte de los propios pacientes. Al respecto, Piñón (2016) indicó que el diagnóstico preliminar de la caries por medio de la librería Skimage disminuyó el tiempo en detección de caries por lo cual aportó eficientemente a un centro odontológico (p. 23). Además, Rodgers (2015) explicó que la investigación se realizó para dar solución directa a la problemática detectada (p. 32). Por ello, aplicando el sistema experto se logró medir niveles como la sensibilidad, especificidad y el tiempo que tardó en brindar el diagnóstico de caries.

La formulación del problema general de la investigación fue: ¿Cuál fue el efecto del algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage en el diagnóstico preliminar de caries? Los problemas específicos fueron los siguientes:

- **PE1:** ¿Cuál fue el efecto del algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage en la sensibilidad del diagnóstico preliminar de caries?
- **PE2:** ¿Cuál fue el efecto del algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage en la especificidad del diagnóstico preliminar de caries?

El objetivo general de la investigación fue determinar el efecto del algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage en el diagnóstico preliminar de las caries. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- **OE1:** Determinar el efecto del algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage en la sensibilidad del diagnóstico preliminar de las caries.
- **OE2:** Determinar el efecto del algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage en la especificidad del diagnóstico preliminar de las caries.

La hipótesis general de la investigación fue la siguiente: “El algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage incrementó la sensibilidad y la especificidad en el diagnóstico preliminar de la caries”. BinDhim, Shaman, Trevena, Basyouni, Pont y Alhawassi (2014) mencionaron que las aplicaciones son cruciales para gestionar, cooperar y ayudar en el cuidado de intervenciones de salud (p. 28). BinDhim et al. (2014) mencionaron que sus parámetros de medición mejoraron a 0.89 en ambos indicadores (p. 31). Las hipótesis específicas fueron las siguientes:

- **HE1:** El algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage incrementó la sensibilidad del diagnóstico preliminar de las caries.

Oromendia, Bonillo y Molinero (2015) obtuvieron una sensibilidad de 0.83 y una especificidad de 0.74 manifestaron con el uso de instrumentos de detecciones con el sitio web para detectar confusiones de pánico temprana que son útiles para objetos clínicos (p. 138). Vizcaíno (2017) justificó la probabilidad del resultado siendo positivo o negativo, es decir, a mayor sensibilidad mayor número de verdaderos positivos como también a mayor sensibilidad menor número de falsos negativos. Además, Soto (2018) mencionó que los sistemas expertos son aplicados en la inteligencia artificial lo cual hace que se manifiesten en la experiencia de un usuario dentro de un área específica; asimismo, se pudo determinar una sensibilidad de 85% y especificidad de 100% en su proyecto de tomografía computarizada en el hiperparatiroidismo primario.

- **HE2:** El algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage incrementó la especificidad del diagnóstico preliminar de las caries.

Sánchez (2002) sostuvo que la especificidad es la veracidad de aplicación de la prueba que se realiza con la finalidad de descartar algún tipo de enfermedad. Por otra parte, Mendoza (2019) consideró como parámetro de medición la eficacia, siendo la especificidad de 100% por lo cual deduce que el sistema experto identificó la cantidad de estudiantes que respondieron de manera positiva al cuestionario del área determinada (p. 69).

II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se planteó los antecedentes de la investigación; además, se aprecia las teorías y conceptos como el sistema experto, arquitectura y etapas, lenguaje de programación Python, metodología Agiles, diagnóstico de caries y tipos, sensibilidad y especificidad. A continuación, se aprecia los sustentos teóricos, asimismo, los trabajos previos nacionales e internacionales.

Arias (2018) desarrolló un sistema experto que brinda diagnósticos de enfermedades crónicas. Arias (2018) tomó como muestra a 15 personas con problemas respiratorios, realizando un estudio pre-experimental durante el período 2018. Arias (2018) concluyó que usando el sistema que detecta las enfermedades crónicas a tiempo de forma eficiente alcanzó 88.89% como también obtuvo de resultado un aumento del 10% basados a los diagnósticos que estuvieron correctos dentro del sistema.

Bringas (2017) desarrolló un sistema experto que planifica entrenamientos deportivos. Bringas (2017) tomó como muestra a 38 personas aplicando un método pre-experimental. Bringas (2017) obtuvo como resultado para el indicador de capacidad 76.02% y para el indicador de eficiencia 88.63%, teniendo un aumento considerable para ambos indicadores. Bringas (2017) concluyó que el uso del sistema experto dentro de la planificación deportiva influye positivamente. Bringas (2017) recomendó realizar nuevos métodos de planificación deportiva con ayuda de sistemas expertos sobre otros indicadores.

Cerón (2015) aplicó métodos convencionales en su estudio de diagnóstico de caries. Cerón (2015) utilizó un examen visual que muestra valores de la fluorescencia laser relacionado con el método convencional aplicado. Cerón (2015) obtuvo como resultado referente a su indicador de sensibilidad un 85% en su post test y para su indicador de especificidad 90%. Cerón (2015) concluyó que el examen visual muestra los valores de especificidad como también de sensibilidad registrados de la fluorescencia laser alcanzando altos niveles, lo cual permite dar una mejor precisión del diagnóstico de caries. Cerón (2015) recomendó aplicar nuevos exámenes de fluorescencia en pacientes que siguen tratamientos de caries avanzadas.

Lizarraga (2016) desarrolló un sistema experto optimizando el tiempo de la obtención de rasgos. Lizarraga (2016) aplicó la recolección de datos basada en las

normas ISO - 9126, teniendo como muestra a estudiantes de VII, VIII, IX y X ciclo. Lizarraga (2016) obtuvo como resultado una obtención eficaz y verídica sobre el cuestionario factorial de personalidad. Lizarraga (2016) concluyó que la optimización se manifestó de manera positiva en la obtención de los rasgos fiables de los estudiantes. Lizarraga (2016) recomendó acoplar el sistema experto para usuarios como también expertos en la materia con la finalidad que sea productivo para ambos usuarios.

Rubina (2019) desarrolló un sistema que diagnostica trastornos de autismo. Rubina (2019) usó la metodología enfocada a la ingeniería de conocimientos. Rubina (2019) empleó un sistema denominado SETEA cual lleva los diagnósticos del usuario de inicio a fin, además, utilizó un diseño pre-experimental considerando como muestra a los usuarios diagnosticados de autismo. Rubina (2019) obtuvo como resultado altos índices de certezas en cuanto al sistema puesto en marcha. Rubina (2019) concluyó que el apoyo de una base de conocimientos respaldada por el conocimiento humano es indispensable para generar resultados al 100%. Rubina (2019) recomendó realizar la implementación de sistemas expertos, debido a que permite solucionar diversos problemas relacionados a diversas áreas, como fue su caso, en la salud.

Mendoza et al. (2022) desarrollaron un modelo arquitectónico basado en tecnología blockchain. Mendoza et al. (2022) emplearon este modelo para validar la fiabilidad de la información en los registros de propiedades analizando 97 registros como muestra. Mendoza et al. (2022) usaron el método Delphi para la validación del modelo arquitectónico. Mendoza et al. (2022) como resultados obtuvieron una consistencia, viabilidad e impermutabilidad favorables al ser usado el modelo arquitectónico. Mendoza et al. (2022) concluyeron que el aporte de la tecnología blockchain tuvo un fuerte rigor basado también en Framework Fabric. Mendoza et al. (2022) recomendaron que este modelo arquitectónico se pueda plasmar en todas las operaciones nacionales incentivando el desarrollo de aplicaciones.

Ruíz y Becerra (2022) estudiaron la inteligencia artificial enfocada a las decisiones jurídicas y políticas. Ruíz y Becerra (2022) analizaron su implicancia en el derecho como también a menores rasgos en otras ciencias. Ruíz y Becerra (2022) concluyeron que al hacer uso de la IA dentro de la rama del derecho se obtienen excelentes beneficios; sin embargo, no toma la relevancia indispensable en

reemplazar a la inteligencia humana. Ruíz y Becerra (2022) recomendó estudiar la regulación de la IA dentro de otras ciencias para conocer las intenciones como beneficios que pueda acontecer de su uso.

Cabezas (2019) desarrolló un sistema que detecta anomalías pulmonares. Cabezas (2019) empleó un método basado en adquisiciones de imágenes tal como rayos x con elevado kilo voltaje, las mismas que se almacenaron en un computador con formato JPG, permitiendo obtener información relevante como fueron los nódulos, quistes y calcificaciones. Cabezas (2019) concluyó que el sistema fue sometido a diversas pruebas que permiten determinar una placa RX de tórax en pacientes, emitiendo resultados verídicos y confiables, contrastando con el criterio médico especializado con el fin de corregir errores.

Nogales (2015) desarrolló un sistema enfocado en lógica difusa. Nogales (2015) procedió recolectando información para desarrollar el sistema a través del aprendizaje y experiencias de psicólogos. Nogales (2015) demostró su hipótesis usando T-student, la cual fue aplicada en adultos mayores de edad en una institución religiosa. Nogales (2015) obtuvo como resultados que el sistema empleado gestiona eficientemente los diagnósticos pronosticados. Nogales (2015) recomendó ampliar las técnicas aplicadas en el sistema fusionando los métodos que se puedan emplear.

Pallares (2014) desarrolló un sistema enfocado en machine learning en un sector hotelero. Pallares (2014) usó el lenguaje Python siendo la medida de error Mean Absolute Percentage Error MAPE. Pallares (2014) obtuvo como resultado que la mejor técnica aplicada fue Ridge Regresión y un polinomio de grado 2 factor de regularización 0.1. Pallares (2014) concluyó que mediante los resultados encontrados muestran superioridad en base a la técnica de Ridge Regresión respecto al pronóstico.

A continuación, se muestran las teorías relacionadas para esta investigación. Casali et al. (2014) sostuvieron que la inteligencia artificial se consolida en técnicas y teorías básicas direccionando a la transformación de sistemas expertos, ya que, estos permiten crear máquinas que hacen inferencias emulando al hombre, pero, restringiéndose a un espacio de conocimientos limitados (p. 3). Además, los especialistas de la EcuRed (2015) indicaron que la inteligencia a pesar de ser

considerada una característica humana, algunos autores afirman que ya es posible que los robots realicen labores importantísimas hasta el punto de desplazar a los profesionales (p. 8). Tabares, Monsalve y Diez (2013) explicaron que el sistema experto se clasifica de dos maneras, tanto la naturaleza del problema como problemas de situaciones inciertas; por ello, su base informática es aplicada, la cual brinda solución a una problemática latente en un área específica (p. 55).

Leyva y Villalobos (2015) mencionaron que la arquitectura del SE presenta siete elementos; (a) la base de conocimientos la cual contiene el conocimiento del experto puesto en marcha para codificar; (b) base de hechos teniendo presente los hechos del problema los cuales se han descubierto durante una consulta; (c) el motor de inferencia que contiene la información en la base de conocimientos y también en la base de hechos, en este sentido, encargándose de las operaciones de búsqueda y selección de reglas para un proceso de razonamiento; (d) subsistema de explicación al usuario sobre las reglas usadas en la solución del problema; (e) interfaz de usuario para gobernar el diálogo entre el sistema y usuario haciendo conexión mediante la comunicación siguiendo patrones; (f) el módulo de adquisición de conocimiento el cual sirve para construir la base de conocimiento como también disponer de una herramienta de ayuda utilizada para actualizar la base de conocimiento, siempre y cuando, sea necesario, en efecto, forma el esqueleto del sistema y (g) el módulo de comunicaciones que enfatiza la interacción del sistema para recopilar información consultada en la base de datos (Leyva y Villalobos, 2015, p. 627-636). También, Amador (1996, p. 176) describió las etapas de desarrollo del sistema experto:

1. Identificación del problema
2. Búsqueda del conocimiento
3. Identificación de conceptos y datos
4. Selección del soporte
5. Adquisición del conocimiento (I)
6. Representación y formalización
7. Desarrollo de un prototipo
8. Adquisición del conocimiento (II)
9. Mantenimiento y actualización

Los especialistas de Universia (2017) indicaron que la programación de Python generó mayor credibilidad a las noticias escritas por inteligencia artificial que abordaron temas relacionados con la economía y estadística (p. 5). Ocaña et al. (2019) sostuvieron que Python es una programación simple en la cual se puede procesar algoritmos; además, Python tiene una serie de librerías las cuales acoplan diversos elementos en conjuntos operativos con el objetivo de desarrollar aplicaciones en distintas áreas (p. 540). Gibbons et al. (2016) explicaron que si el cuerpo de trabajo de la base de datos es establecer y conmutar las relaciones entre los datos para adaptarse a múltiples formas de salida; entonces, el software de inteligencia artificial enfrenta el problema de representar procesos del mundo real dentro de un entorno informático (p. 3).

Gonçalves (2018) mencionó que el método ágil procesa la documentación; en este sentido, la información recopilada por base de datos de manera más dinámica e interaccional es adaptada a las necesidades del sitio web (p. 12). Muradas (2018) explicó que las tres opciones ágiles más utilizadas son: Scrum, programación extrema (XP) y Kanban; además, es fundamental acotar que estas metodologías ágiles se correlacionan, por lo tanto, es importante destacar que toda metodología ágil cumple con el manifiesto ágil (p. 2120). Yamamoto et al. (2017) sostuvieron que Scrum se aplica un desarrollo colaborativo con privilegios de restricciones de procesos para reducir los gastos innecesarios de trabajo, sin embargo, las incertidumbres siempre están presentes en desarrollo de software y el intento de controlar las variaciones mediante análisis estadístico tiene resultados limitados (p. 50).

Vera (2013) explicó que el diagnóstico de caries es realizado mediante la observación, como también con el apoyo de herramientas físicas, dado que se pueden realizar radiografías cuando se detecta y sospecha presencia de caries (p. 68). Karem y Macías (2018) indicaron que mediante las radiografías periapicales se detectan las caries que se están formando y a su vez hasta donde se extienden; por otra parte, se muestra resultados de caries más avanzadas incluyendo aquellas que han alcanzado la pulpa por lo que será necesario el tratamiento endodóntico (p. 50).

Balda, Solórzano y Gonzales (1999) mencionaron diversos métodos de diagnóstico de caries: (a) método radiográfico coronal, el cual es complementado al interproximal, es decir, cuando el esmalte del diente pierde sus propiedades cuales

cubren su superficie dental; (b) método de luz fluorescente, debido a la luz ultravioleta enfocado en las paredes dentales y (c) método de conductancia eléctrica basado en el esmalte conductor eléctrico, identificando la desmineralización durante un proceso carioso (p.14).

Tortolini (2003) definió la sensibilidad como la probabilidad de que un resultado de prueba sea positivo; es decir, el porcentaje de verdaderos positivos que se obtiene al aplicar una prueba diagnóstica (p. 235). Meléndez et al. (2019) definieron la especificidad como la probabilidad que un resultado sea negativo; por lo tanto, representa la fracción de verdaderos negativos, pues sería la probabilidad condicionada a resultados negativos respecto al total; es decir, el porcentaje total de verdaderos negativos obtenido de la prueba diagnosticada (p. 15).

Muñoz (2016) indicó que la matriz de confusión sintetiza mediante una tabla que representa el rendimiento de un modelo predictivo de clasificación mediante la comparación del valor previsto de una variable de destino con su valor real (p. 169). Asimismo, Muñoz (2016) analizaron el sensor intra-oral dental en el cual las radiografías digitales son visualizadas al momento, lo que permite al especialista disponer de tiempo; sin embargo, se prescinde la necesidad del laboratorio, puesto que permite un rápido acceso a los archivos digitales (p. 170).

III. METODOLOGÍA

La investigación fue de tipo aplicada con enfoque cuantitativo y diseño pre-experimental. Se realizó un estudio pre-test y post-test para el diagnóstico preliminar de caries y zona afectada del diente. Se fijó como instrumento una ficha de observación, la cual sirvió para la recolección de información, siendo validado por la validez de contenido y la validez de juicio de experto, puesto que se realizó con el fin de cumplir con la confidencialidad de los datos y así cumplir con los lineamientos éticos que presenta la investigación.

3.1. Tipo y diseño de la investigación

La investigación fue de tipo aplicada porque buscó contribuir con la solución a un problema de salud que afecta a la sociedad en general. Hernández, Fernández y Baptista (2014) sostuvieron que el estudio de tipo aplicado busca brindar una solución a un problema, de forma general y específica; por ello, los datos recolectados servirán para comprobar la hipótesis, en base a datos numéricos y estadísticos, para establecer patrones de comportamiento y posteriormente brindar las conclusiones de la investigación (p. 46).

El enfoque de la investigación fue cuantitativo debido a que se recolectó información en forma de números para los cálculos basados en la matriz de confusión (Hernández et al., 2014). El diseño fue pre-experimental porque solo se tuvo grupo experimental y no se tuvo grupo de control. Al respecto, Bernal (2012) indicó que el diseño pre-experimental contribuye a la observación realizada en el estudio científico, dada las razones de que se trabajen con grupo de personas, animales u otros objetos sustentados (p. 117).

3.2. Variables y operacionalización

La variable de estudio fue el efecto del uso del sistema de diagnóstico preliminar de caries basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage. A continuación, se muestra las definiciones conceptual y operacional, así como las dimensiones e indicadores:

- A. Definición conceptual: Apreciación del esmalte dental cual es necesitado cebar en el recorrido presencial de observación de la laceración al seco, tratando de localizar cambios ligeros en la translucencia dental (Carrillo, 2018).

B. Definición operativa: Preservar el diagnóstico mediante las imágenes de la posible aparición de las caries, además, que se utilizaran parámetros de medición para facilitar los resultados.

C. Dimensiones:

- Sensibilidad (Fernández y Pértegas, 2015, p. 21)
- Especificidad (Fernández y Pértegas, 2015, p. 27)

D. Indicadores:

- Sensibilidad (Fernández y Pértegas, 2015, p. 21)
- Especificidad (Fernández y Pértegas, 2015, p. 27).

3.3. Población, muestra y muestreo

Se consideró como población a la base de datos de imágenes de 200 dientes del Centro Odontológico Adentis conformados por dientes sanos y cariados. Se utilizó una muestra de 200 imágenes de dientes entre sanos y cariados. Se aplicó un muestreo por conveniencia, dado que, se trabajó con el total de la población.

- Criterios de inclusión: Todas las imágenes que se analizaron en la base de datos (Otzen y Manterola, 2017, p.230).
- Criterios de exclusión: Las imágenes que no fueron procesadas en la base de datos (Otzen y Manterola, 2017, p.230).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica fue la observación. Hernández et al. (2014) indicaron que con la observación se analiza comportamientos y se observa situaciones reales, a través de lineamientos que permiten obtener información con el fin de plasmar en el estudio. Se usó la hoja de tabulación como instrumento, la cual está enfocada al registro de datos conjugados en la observación, puesto que consiste en demostrar la información resumidamente y ser entendible en el proceso (Cruz, 2016, p. 44).

3.5. Procedimientos

Se procesó la muestra para recopilar información, puesto que estuvo conformada por toda la población, siendo 200 imágenes de dientes, teniendo un muestreo por conveniencia. Además, se utilizó la técnica de observación y la recolección de datos mediante la hoja de tabulación. Por otro lado, se realizó un pre-test y post test para determinar los positivos verdaderos y falsos negativos de la prueba.

3.6. Método de análisis de datos

El método de análisis de datos usó fórmulas para el cálculo de la sensibilidad y la especificidad (Fernández, 2015).

3.7. Aspectos éticos

Como se sostiene en el código de ética en investigación de la Universidad César Vallejo en el artículo 15° “De la Política Antiplagio”, el plagio es un delito y no se debe dejar de referenciar un trabajo o idea ajena a la del investigador (Universidad César Vallejo, 2017). Se debe mantener la ética académica siendo estudiantes que practican buenos valores respecto a los trabajos que representan la imagen personal (Betancur, 2016, p. 20).

Esta investigación cumplió con la autenticidad y originalidad correspondiente, citando y referenciando apropiadamente, lo que también fue verificado por el software antiplagio Turnitin. El estudio científico siguió los parámetros establecidos en la ISO-690 para las citas como para las referencias.

Se aplicó los principios de la bioética. La beneficencia salvaguarda el bienestar de los participantes y de las personas con quienes se ha mantenido contacto (Morales, Nava, Esquivel y Díaz, 2011, p. 25), en efecto, respetando los derechos de los involucrados. El principio sostuvo la responsabilidad de las personas a cargo de la investigación, manteniendo y demostrando profesionalismo en la ejecución del proyecto (Hirsch, 2013, p. 106). Teniendo en cuenta el principio mencionado, en conformidad al estudio científico realizado, los pacientes diagnosticados no son responsables de algún costo alguno ocasionado; además, tuvieron la atención especializada por medio del odontólogo.

La no maleficencia significa minimizar el daño, tanto en salud física como mental. Cabe resaltar que se usó fotografías de caries dentales que fueron provistas por la odontóloga endodoncista, lo que no significó incomodidad para pacientes y no se les identificó. También se cumplió con los principios de autonomía y justicia. Busquets (2008) indicó que la autonomía y la justicia promueven la veracidad que brinda el participante para dar puesta en marcha a la investigación.

IV. RESULTADOS

En este capítulo se presenta los resultados obtenidos en base a los indicadores: “Incremento de la sensibilidad del diagnóstico preliminar de las caries” e “Incremento de la especificidad del diagnóstico preliminar de las caries”. Por consiguiente, se También se mostró las pruebas de hipótesis y una tabla resumen con la aceptación de hipótesis del estudio, las cuales se visualizan a continuación:

- **HG:** El algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage incrementó la sensibilidad y la especificidad en el diagnóstico preliminar de las caries.
- **HE₁:** El algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage incrementó la sensibilidad del diagnóstico preliminar de las caries.
- **HE₂:** El algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage incrementó la especificidad del diagnóstico preliminar de las caries.

4.1. Cálculo del “Incremento de sensibilidad del diagnóstico preliminar de las caries” e “Incremento de especificidad del diagnóstico preliminar de las caries”

A continuación, se muestra las tablas 1 y 2 y las figuras 1 y 2, las que sirvieron de base para los cálculos de la sensibilidad y la especificidad pre-test (diagnóstico de la odontóloga especialista en endodoncia) y post-test (diagnóstico realizado por el sistema experto).

Tabla 1

Pre – test de sensibilidad

| Nro. | Imagen | TieneCaries_MarcaReal | Resultados con caries antes de la aplicación |
|------|-------------------------|-----------------------|--|
| 1 | Bach/sanos/101.jpg | 0 | 0 |
| 2 | Bach/sanos/1010.jpg | 0 | 0 |
| 3 | Bach/sanos/1011.jpg | 0 | 0 |
| ... | | | |
| 200 | Bach/caries/carie97.jpg | 1 | 0 |

| | | Antes de la Predicción | |
|----------------------|-----------|------------------------|-----------|
| | | Positivos | Negativos |
| Real | Positivos | 78 | 43 |
| | Negativos | 10 | 60 |
| Sensibilidad | | 62.4% | |
| Especificidad | | 80.0% | |

Figura 1 Pre – test de predicción de sensibilidad

Tabla 2

Post – test de sensibilidad

| Nro. | Imagen | TieneCaries _Real | TieneCaries _MarcaReal | TieneCaries _Prediccion | TieneCaries_MarcaP rediccion |
|------|-------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 6 | Bach/sanos/1014.jpg | Negativo | | 0 Negativo | 0 |
| 7 | Bach/sanos/1015.jpg | Negativo | | 0 Negativo | 0 |
| 8 | Bach/sanos/1017.jpg | Negativo | | 0 Negativo | 0 |
| 9 | Bach/sanos/15.jpg | Negativo | | 0 Positivo | 1 |
| 10 | Bach/sanos/48-5.jpg | Negativo | | 0 Negativo | 0 |
| 11 | Bach/sanos/49.jpg | Negativo | | 0 Positivo | 1 |
| 12 | Bach/caries/10.jpg | Positivo | | 1 Positivo | 1 |
| 13 | Bach/caries/11.jpg | Positivo | | 1 Positivo | 1 |
| 14 | Bach/caries/12.jpg | Positivo | | 1 Negativo | 0 |
| 15 | Bach/caries/carie75.jpg | Positivo | | 1 Positivo | 1 |
| 16 | Bach/caries/carie76.jpg | Positivo | | 1 Positivo | 1 |
| 17 | Bach/caries/carie77.jpg | Positivo | | 1 Positivo | 1 |
| ... | Bach/caries/carie78.jpg | Positivo | | 1 Positivo | 1 |
| 200 | Bach/caries/carie87.jpg | Positivo | | 1 Positivo | 1 |

| | | Predicción | | | |
|------|----------------------|--------------|-----------|--------------------------------|------------|
| | | Positivos | Negativos | | |
| Real | Positivos | 112 | 13 | Imágenes procesadas | 200 |
| | Negativos | 5 | 70 | | |
| | Sensibilidad | 89.6% | | <i>Prueba Negativos</i> | 75 |
| | Especificidad | 93.3% | | <i>Prueba Positivos</i> | 125 |

Figura 2 Post – test de predicción de sensibilidad

Por lo expuesto:

- Incremento de la sensibilidad: $(89.6\% - 62.4\%) / 62.4\% = 43.59\%$
- Incremento de la especificidad: $(93.3\% - 80\%) / 80\% = 16.63\%$

4.3 Pruebas de hipótesis

A continuación, se muestra las pruebas hipótesis asociadas a cada indicador:

HE1₀: El algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage no incrementó la sensibilidad del diagnóstico preliminar de las caries.

HE1₁: El algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage incrementó la sensibilidad del diagnóstico preliminar de las caries.

Dado que el incremento de la sensibilidad fue 43.59%, se rechaza la hipótesis nula HE1₀ y se acepta la hipótesis alternativa HE1₁. Por lo tanto, el algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage incrementó la sensibilidad del diagnóstico preliminar de la caries.

HE2₀: El algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage no incrementó la especificidad del diagnóstico preliminar de las caries.

HE2₁: El algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage incrementó la especificidad del diagnóstico preliminar de las caries.

Dado que el incremento de la sensibilidad fue 16.63%, se rechaza la hipótesis nula HE2₀ y se acepta la hipótesis alternativa HE2₁. Por lo tanto, el algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage incrementó la sensibilidad del diagnóstico preliminar de la caries.

4.4. Resumen

En la tabla 3 se muestra un resumen de las comprobaciones de las hipótesis de la investigación.

Tabla 3

Comprobación de hipótesis

| Cód. | Hipótesis | Resultado |
|-------------|---|------------------|
| HE1 | El algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage incrementó la sensibilidad del diagnóstico preliminar de las caries. | Aceptada |
| HE2 | El algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage incrementó la especificidad del diagnóstico preliminar de las caries. | Aceptada |
| HG | El algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage incrementó la sensibilidad y la especificidad en el diagnóstico preliminar de la caries | Aceptada |

V. DISCUSIÓN

En este capítulo se presenta las discusiones de los resultados encontrados con respecto a la mejora en la sensibilidad y la especificidad del diagnóstico preliminar de caries. Los resultados demostraron que el algoritmo de búsqueda de píxeles y la librería Skimage mejoró el diagnóstico preliminar de caries y la zona afectada del diente, ya que con el pre-test se obtuvo una sensibilidad de 62.4% y con el post test donde se obtuvo una sensibilidad de 89.6%, lo que indicó que se logró un incremento del 43.59% con respecto al diagnóstico clínico realizado por la especialista en endodoncia.

La sensibilidad del 89.6% fue mayor que el resultado de Cerón (2015) quién realizó exámenes visuales que mostraron valores de fluorescencia láser donde obtuvo una sensibilidad de 85%. Ante ello, el resultado de Cerón fue menor que el logrado, debido a que usó el método de fluorescencia láser para la detección de caries, el cual, aunque ayuda, finalmente requiere la visión del especialista. Además, la sensibilidad de 89.6% de este estudio fue mayor al obtenido de Oromendia et al. (2015) quienes obtuvieron una sensibilidad de 83% con el uso de la aplicación móvil para la detección de trastorno de pánico, el cual detecta confusiones y se usa para objetivos clínicos.

Con respecto a la mejora de la especificidad, los resultados demostraron que el algoritmo de búsqueda de píxeles y la librería Skimage mejoró el diagnóstico preliminar de caries y zona afectada del diente, dado que al iniciar con la prueba del pre-test se tuvo una especificidad del 80% y en el post test donde se obtuvo una especificidad de 93.3%, lo que indicó un incremento de 16.63% con respecto al diagnóstico clínico realizado por la especialista en endodoncia.

La especificidad del 93.3% fue menor a la obtenida en el estudio de Soto (2018), quien obtuvo una especificidad de 100% aplicando inteligencia artificial en la tomografía computadorizada respecto al hiperparatiroidismo primario. La especificidad del 93.3% fue menor a la obtenida en el estudio realizado por Mendoza (2019), quien obtuvo 100% de especificidad; ya que en ese estudio se utilizó el método Kappa para la obtención de datos identificando la cantidad necesaria de manera positiva.

BinDhim et al. (2014) sostuvieron que las aplicaciones de un Smartphone son cruciales para gestionar, cooperar y ayudar en el cuidado de intervenciones de salud

(p. 28). Por último, la sensibilidad de 89.6% fue mayor a 85% la que fue obtenida con métodos de exámenes visuales de Cerón (2015) y también fue mayor al 83% obtenido con aplicación móvil por Oromendia et al. (2015). Como también, la especificidad de 93.3% fue menor al 100% obtenido con tomografía computarizada de Soto (2018) como también fue menor al 100% obtenido con el método Lin para la validación del modelo arquitectónico (Mendoza, 2019).

VI. CONCLUSIONES

En este capítulo se sintetiza las conclusiones finales de la investigación, las cuales son las siguientes:

1. Se mejoró el proceso de diagnóstico de los pacientes, dado que la sensibilidad fue 89.6% (incrementando en un 43.59%) y la especificidad fue 93.3% (incrementando en un 16.63%) con respecto al diagnóstico clínico realizado por la odontóloga especialista en endodoncia.
2. El sistema puede identificar la posición afectada del diente para una mejor precisión de diagnóstico de la caries. Esto ayuda a proporcionar la imagen como una radiografía para que al odontólogo le sea más fácil ver el área afectada y guardar el historial de su paciente. Esto ayudará a reducir el tiempo en la atención al paciente para el odontólogo.

VII. RECOMENDACIONES

En este capítulo se menciona algunas recomendaciones para futuras investigaciones:

1. Investigar la opinión de los odontólogos sobre cómo detectar un diente con caries en varios centros odontológicos, ya que esa información ayudará a tener una mejor precisión y diagnóstico en la detección de caries.
2. Ampliar la cantidad de parámetros de medición como la precisión y la exactitud, ya que ayudará a evaluar mejor los resultados y a compararlos con otros algoritmos, así como a reducir el tiempo de diagnóstico.
3. Realizar una investigación en más de un consultorio dental para recolectar información de los dientes y la población sea más amplia con respecto al diagnóstico de caries.
4. Implementar la aplicación móvil en iOS para que el reconocimiento de imágenes del sistema experto se tenga también en equipos Apple. Esto ayudará al dentista a realizar los diagnósticos preliminares de caries de sus pacientes en sus domicilios.
5. Fusionar algoritmos para lograr una mejor precisión diagnóstica de la caries. Estos algoritmos podrían ser los siguientes: el algoritmo de red neuronal artificial RNA y el algoritmo de aprendizaje profundo, ya que estos algoritmos ayudarán a nuevos proyectos ser más exactos con la detección de un sistema predictivo de caries.

REFERENCIAS

- AMADOR, L. *Inteligencia artificial y sistemas expertos. Universidad de Córdoba, Servicio de Publicaciones, 176-205, 1996* [en línea]. [consultado: 22 de junio de 2022]. I.S.B.N.: 84-7801-346-6 (Online). Disponible en: <http://hdl.handle.net/10396/6938>
- ARIAS CABALLERO, V.H. *Sistema experto para el diagnóstico de enfermedades respiratorias crónicas en el distrito la Esperanza – provincia de Trujillo* [en línea]. Tesis de licenciatura. Universidad Privada del Norte, 2019 [consultado: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/14972>
- BADARÓ, S., IBAÑEZ, L.J. and AGÜERO, M.J. Sistemas expertos: fundamentos, metodologías y aplicaciones. *Ciencia y tecnología* [en línea]. 2013, no 13, p. 349-364 [consulta: 22 de junio de 2022]. ISSN 2344-9217. Disponible en: <https://bit.ly/3HMqMGC>
- BALDA, R., SOLÓRZANO, A.L. and GONZÁLEZ, O. Lesión inicial de Caries: Parte II. métodos de diagnóstico. *Acta Odontológica Venezolana* [en línea]. 1999, vol. 37, no 3, p. 67-71 [consulta: 22 de junio de 2022]. ISSN 0001-6365. Disponible en: <https://bit.ly/3xKtqYS>
- BARRENO, K.M. and MACÍAS, S.M. Prevalencia de asimetrías mandibulares en pacientes de Quito Ecuador medidas mediante radiografías panorámicas. *Universitas Odontológica* [en línea], 2018, vol. 37, no 79 [consulta: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3yg8ieo>
- BERNAL, C. *Metodología de la investigación. Pearson educación, 56-73, 2012* [en línea]. [consultado: 22 de junio de 2022]. I.S.B.N.: 978-958-699-128-5 (Online). Disponible en: <https://bit.ly/3OwDqvq>
- BETANCUR, G.E. La ética y la moral: paradojas del ser humano. *Revista CES psicología* [en línea], 2016, p. 109-121 [consulta: 22 de junio de 2022]. ISSN 2011-3080. Disponible en: <https://bit.ly/3boxcQd>
- BINDHIM, F., et al. Depression screening via a smartphone app: cross-country user characteristics and feasibility. *Journal of the American Medical Informatics Association* [en línea], 2015, vol. 22, no 1, p. 29-34 [consulta: 22 de junio de 2022]. ISSN 1067-5027. Disponible en:

<https://doi.org/10.1136/amiajnl-2014-002840>

BRINGAS ASMAT, V.D. *Sistema experto en el proceso de planificación del entrenamiento deportivo en Arom Gym SAC*. 2017 [en línea]. Tesis de licenciatura. Universidad César Vallejo, 2017 [consultado: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/69763>

BUSQUETS ALIBÉS, E. *Bioeticaweb* [en línea]. *Principio de autonomía y beneficencia. Dos principios en tensión*, marzo, 2008 [consulta: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/2xzLkPN>

CABEZAS GÓMEZ, E.V. *Reconocimiento de patrones de imágenes médicas para establecer diagnósticos previos en trastornos pulmonares*. 2019 [en línea]. Tesis de Maestría. Universidad Técnica de Ambato, 2019 [consultado: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29180>

CARRILLO, C. Recursos actuales en el diagnóstico de caries. *Revista ADM* [en línea], 2018, vol. 75, no 6 [consulta: 22 de junio de 2022]. ISSN 0001-0944. Disponible en: <https://bit.ly/3OAmDRP>

CASALI, E. Soft sub-leading divergences in Yang-Mills amplitudes. *Journal of High Energy Physics* [en línea], 2014, vol. 2014, no 8, p. 1-5 [consulta: 22 de junio de 2022]. ISSN 1404-5551. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/JHEP08\(2014\)077](https://doi.org/10.1007/JHEP08(2014)077)

CEGARRA, J. *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Díaz de Santos, 43-55, 2004 [en línea]. [consultado: 22 de junio de 2022]. I.S.B.N.: 84-7978-624-8 (Online). Disponible en: <https://bit.ly/3OIOXy0>

CERÓN, X.A. The ICDAS system as a complementary method for the diagnosis of dental caries. *CES Odontología* [en línea], 2015, vol. 28, no 2, p. 100-109 [consulta: 22 de junio de 2022]. ISSN 0120-971X. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ceso/v28n2/v28n2a08.pdf>

DE LA CRUZ, C. Metodología de la investigación tecnológica en ingeniería. *Ingenium* [en línea], 2016, vol. 1, no 1 [consulta: 22 de junio de 2022]. ISSN 2519-1403. Disponible en: <https://bit.ly/3QKjNSD>

- ECURED. *Revista Cubana* [en línea]. *Sistemas Expertos*, 2015 [consulta: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/2FFTT1Q>
- FLORES RIVERA, L.D. *Sistema de Control de Termografía 3D y su incidencia en el Mantenimiento Predictivo de los Equipos de la Dirección de Educación a Distancia y Virtual*, 2019 [en línea]. Tesis de Maestría. Universidad Técnica de Ambato, 2019 [consultado: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3ydd8Jr>
- GIBBONS, R., et al. Development of a computerized adaptive test for depression. *Archives of general psychiatry* [en línea], 2012, vol. 69, no 11, p. 1104-1112 [consulta: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://jamanetwork.com/ on 06/23/2022>
- GONÇALVES, L. *ADAPT Methodology* [en línea]. *Qué es la metodología Ágil*, 2019 [consulta: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3OzgfRX>
- GUTIÉRREZ LOZANO, F. y HERNÁNDEZ VALDERRAMA, S.R. *Implementación de un sistema experto para el diagnóstico de desnutrición en niños menores de 5 años utilizando lógica fuzzy* [en línea]. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de Trujillo, 2015 [consultado: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3A12p6k>
- HERNÁNDEZ, R, et al. *Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill Interamericana*, 2014 [en línea]. [consultado: 22 de junio de 2022]. I.S.B.N.: 978-1-4562-2396-0 (Online). Disponible en: <https://bit.ly/2JLPtUM>
- HIRSCH, A. La ética profesional basada en principios y su relación con la docencia. *Edetania, Estudios y propuestas socioeducativos* [en línea], 2013, no 43, p. 97-111 [consulta: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://revistas.ucv.es/edetania/index.php/Edetania/article/view/218/186>
- LEIVA, I. and VILLALOBOS, M. Método ágil híbrido para desarrollar software en dispositivos móviles. *Ingeniare, Revista chilena de ingeniería* [en línea], 2015, vol. 23, no 3, p. 473-488 [consulta: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3OEnZBG>
- LIZARRAGA MEZA, D.A. *Propuesta de una solución de inteligencia de negocios con aplicación móvil para el apoyo en la toma de decisiones en un centro*

privado traumatológico, 2020 [en línea]. Tesis de licenciatura. Universidad Norbert Wiener, 2020 [consultado: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/4282>

MARIÑO, S., et al. Los sistemas expertos para apoyar la gestión inteligente del conocimiento. *Revista vínculos* [en línea], 2014, vol. 11, no 1, p. 101-108 [consulta: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3u1aeFb>

MELÉNDEZ, J.E., COSIO, H. and SARMIENTO, W. Sensibilidad y especificidad de la Escala de Alvarado en el diagnóstico de pacientes atendidos por apendicitis aguda en Hospitales del Cusco. *Horizonte Médico* [en línea], 2019, vol. 19, no 1, p. 13-18 [consulta: 22 de junio de 2022]. ISSN 1727-558X. Disponible en: <https://bit.ly/3nbSxif>

MENDOZA LEÓN, O.E. *Aplicación de un sistema experto para apoyar el proceso de identificación de la orientación vocacional en estudiantes de educación secundaria del 5to año del colegio Dante Alighieri en el año 2018* [en línea]. Tesis doctoral. Universidad Privada Antenor Orrego, 2019 [consultado: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3xQsBhb>

MORALES, J., et al. *Principios de ética, bioética y conocimiento del hombre. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2011* [en línea]. [consultado: 22 de junio de 2022]. I.S.B.N.: 978-607-482-177-2 (Online). Disponible en: <https://bit.ly/3tZHvAv>

MUÑOZ, J.M. Análisis de Calidad Cartográfica mediante el estudio de la Matriz de Confusión. *Pensamiento matemático* [en línea], 2016, vol. 6, no 2, p. 9-26 [consulta: 22 de junio de 2022]. ISSN 2174-0410. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5998855>

MURADAS, Y. *OpenWebinars* [en línea]. *Las 3 metodologías ágiles más usadas*, 2018 [consulta: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/2O0geGi>

NOGALES CASTEDO, D.F. *Sistema experto para el diagnóstico de la depresión de un geronte basado en lógica difusa, 2015* [en línea]. Tesis de licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés, 2015 [consultado: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3zZUsy9>

- OCAÑA, Y., VALENZUELA, L.A. and GARRO, L.L. Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior. *Propósitos y Representaciones* [en línea], 2019, vol. 7, no 2, p. 536-568 [consulta: 22 de junio de 2022]. ISSN 2307-7999. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.274>
- Organización Mundial de la Salud. *Who* [en línea]. *Problema mundial de las enfermedades bucodentales*, 2019 [consulta: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/oral-health>
- OROMENDIA, P., BONILLO, A. and MOLINUEVO, B. Web-based screening for Panic Disorder: Validity of a single-item instrument. *Journal of Affective Disorders* [en línea], 2015, vol. 180, p. 138-141 [consulta: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3xRhpAT>
- OTZEN, T. and MANTEROLA, C. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of morphology* [en línea], 2017, vol. 35, no 1, p. 227-232 [consulta: 22 de junio de 2022]. ISSN 0717-9502. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- PALLARES CABRERA, F. *Desarrollo de un Modelo Basado en Machine Learning para la predicción de la demanda de habitaciones y ocupación en el sector hotelero, 2014* [en línea]. Tesis de maestría. Universidad Tecnológica de Bolívar, 2014 [consultado: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <http://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0068209.pdf>
- PIÑÓN, J. *Justificación técnica y económica de proyectos de cooperación para ONGD* [Diapositivas]. Madrid: Gobierno de Navarra, 2016.
- RIVAS, R., MORENO, J. and TALAVERA, J.O. Investigación clínica XVI. Diferencias de medianas con la U de Mann-Whitney. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social* [en línea], 2013, vol. 51, no 4, p. 414-419 [consulta: 22 de junio de 2022]. ISSN 0443-5117. Disponible en: <https://bit.ly/3NhbuLk>
- RODGERS, P. *Proyecto de manejo y conservación de los recursos naturales renovables de la cuenca del Rio Chixoy. Guatemala: República de Guatemala*, 2015 [consulta: 22 de junio de 2022].

- RODRÍGUEZ PAREDES, J.D. *Desarrollo de un sistema experto basado en reglas para el tratamiento preventivo correctivo de enfermedades gastrointestinales en mascotas caninas para la Sociedad Protectora de Animales Sueño Compartido*, 2018 [en línea]. Tesis de licenciatura. Universidad Continental, 2018 [consultado: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/4886>
- SÁNCHEZ, N.A. ¿Son la sensibilidad y la especificidad medidas obsoletas para determinar la bondad de una prueba diagnóstica? *Revista Facultad Nacional de Salud Pública* [en línea], 2002, vol. 20, no 1 [consulta: 22 de junio de 2022]. ISSN 0120-386X. Disponible en: <https://bit.ly/3A1k1ic>
- SOTO, M. *Sistema experto de Diagnostico del Síndrome de Guillian Barre*, 2018 [consulta: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3OotNISG>
- SOTOMAYOR RAMIREZ, D.M. *Sistema experto para el diagnóstico de trastornos psicológicos en la Red de Salud Túpac Amaru*, 2016 [en línea]. Tesis de licenciatura. Universidad César Vallejo, 2016 [consultado: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/18493>
- TABARES GIRALDO, J. and RODRIGUEZ ALVAREZ, J, A. *Implementación de un sistema experto para la predicción de nuevos sectores de influencia de un producto o servicio a partir de la red social twitter*, 2016 [en línea]. Tesis de licenciatura. Universidad de San Buenaventura Medellín, 2016 [consultado: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3xNn62V>
- TABARES, H.A., MONSALVE, D.A. and DIEZ, D. Modelo de sistema experto para la selección de personal docente universitario. *TecnoLógicas* [en línea], 2013, no 30, p. 51-70 [consulta: 22 de junio de 2022]. ISSN 0123-7799. Disponible en: <https://bit.ly/3OotTXN>
- TORTOLINI, P. Sensibilidad dentaria. *Avances en Odontoestomatología* [en línea], 2003, vol. 19, no 5, p. 233-237 [consulta: 22 de junio de 2022]. ISSN 0213-1285. Disponible en: <https://bit.ly/3tZSk5B>
- UNIVERSIA [en línea]. ¿Qué es y para qué sirve Python?, 2017, julio. [consulta: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3A1yV8d>
- VALDERRAMA, S. *Pasos para proyectos de investigación científica*.

Cuantitativa, cualitativa y mixta. Editorial San Marcos, 2015, mayo [en línea]. [consultado: 22 de junio de 2022]. I.S.B.N.: 978-612-302-878-7 (Online). Disponible en: <https://bit.ly/3HVlhnZ>

VEGA VILLAMONTE, D.A. *Sistema experto como soporte a la programación con lenguaje Python 3. x basado en microsoft bot framework*, 2018 [en línea]. Tesis de licenciatura. Universidad Privada Telesup, 2018 [consultado: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3HR2V8B>

VERA, B. *Diagnóstico de caries*. [Diapositivas]. 2013, abril [consultado: 22 de junio de 2022].

VERA, D. *Revista El comercio* [en línea]. Perú ocupa el puesto 3 en el índice de caries después de Haití, 2016, diciembre [consulta: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3ygV15j>

VIZCAÍNO, G.J. Importancia del cálculo de la sensibilidad, la especificidad y otros parámetros estadísticos en el uso de las pruebas de diagnóstico clínico y de laboratorio. *Medicina y laboratorio* [en línea], 2017, vol. 23, no 7-8, p. 365-386 [consulta: 22 de junio de 2022]. ISSN 0123-2576. Disponible en: <https://doi.org/10.36384/01232576.34>

YAMAMOTO, N, et al. Final overall survival in JO22903, a phase II, open-label study of first-line Erlotinib for Japanese patients with EGFR mutation-positive non-small-cell lung cancer. *International Journal of Clinical Oncology* [en línea], 2017, vol. 22, no 1, p. 70-78 [consulta: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3bqaZkA>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

Tabla 4

Matriz de Consistencia

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | | |
|--|---|---|---|--|--|
| General | General | General | Dependiente | | |
| ¿Cuál fue el efecto del algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage en el diagnóstico preliminar de caries? | Determinar el efecto del algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage en el diagnóstico preliminar de las caries. | HG: El algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage incrementó la sensibilidad y la especificidad en el diagnóstico preliminar de las caries | | Sensibilidad (Fernández y Pértegas, 2015, p. 21) | Incremento de la sensibilidad (Fernández y Pértegas, 2015) |
| Específicos | Específicos | Específicos | | | |
| ¿Cuál fue el efecto del algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage en la sensibilidad del diagnóstico preliminar de caries? | Determinar el efecto del algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage en la sensibilidad del diagnóstico preliminar de las caries. | H1: El algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage incrementó la sensibilidad del diagnóstico preliminar de las caries. (Oromendia, et al., 2015, p. 138). | VD: Efecto del uso del sistema de diagnóstico preliminar de caries y Detección de caries por posición dental (Carillo 2018, p. 13). | | |
| ¿Cuál fue el efecto del algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage en la especificidad del diagnóstico preliminar de caries? | Determinar el efecto del algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage en la especificidad del diagnóstico preliminar de las caries. | H2: El algoritmo basado en la búsqueda de píxeles y la librería Skimage incrementó la especificidad del diagnóstico preliminar de las caries. (Mendoza, 2019, p. 69) | | Especificidad (Fernández y Pértegas, 2015, p. 27) | Incremento de la especificidad (Fernández y Pértegas, 2015) |

Anexo 2: Matriz de Operacionalización

Tabla 5

Matriz de Operacionalización

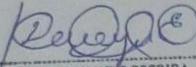
| Variable | Definición Conceptual | Definición Operacional | Dimensión | Indicador | Instrumento |
|---|--|---|---|---|---------------------------|
| <i>VD: Efecto del uso del sistema de diagnóstico preliminar de caries y Detección de caries por posición dental</i> | Apreciación del esmalte dental cual es necesitado cebar en el recorrido presencial de observación de la laceración al seco, tratando de localizar cambios ligeros en la translucencia dental (Carrillo, 2018). | Preservar el diagnóstico mediante las imágenes de la posible aparición de las caries, además, que se utilizaran parámetros de medición para facilitar los resultados. | Sensibilidad (Fernández y Pértegas, 2015, p. 27) | $\text{Sensibilidad} = \frac{VP}{VP + FN}$ (Fernández, 2015) Incremento de la sensibilidad | Hoja de tabulación |
| | | | Especificidad (Fernández y Pértegas, 2015, p. 27) | $\text{Especificidad} = \frac{VN}{VN + FP}$ (Fernández, 2015) Incremento de la especificidad | |

Anexo 3: Autorización de la base de datos de imágenes

AUTORIZACION PARA LA REALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN

Por medio del presente documento, Yo Julieta E. Donayre
Escriba, identificado con DNI N° 22093196
y representante legal de
Adentis autorizo a Moises Emmanuel
Peña Parco identificado con DNI N° 47655540 y Juan Augusto Cuellar Pinedo identificado con
DNI N° 70903873 a realizar la investigación titulada: "SISTEMA DE DIAGNOSTICO PRELIMINAR
DE CARIES" y a difundir los resultados de la investigación utilizando el nombre de
Adentis

Lima, 9 de Dic de 2019

FIRMA Y SELLO 

C.D. Esp. **JULIETA DONAYRE ESCRIBA**
Especialista en Cariología - Endodondia
C.O.P. 12640 R.N.E. 1455

DNI N° 22093196

Anexo 4: Gant del proyecto

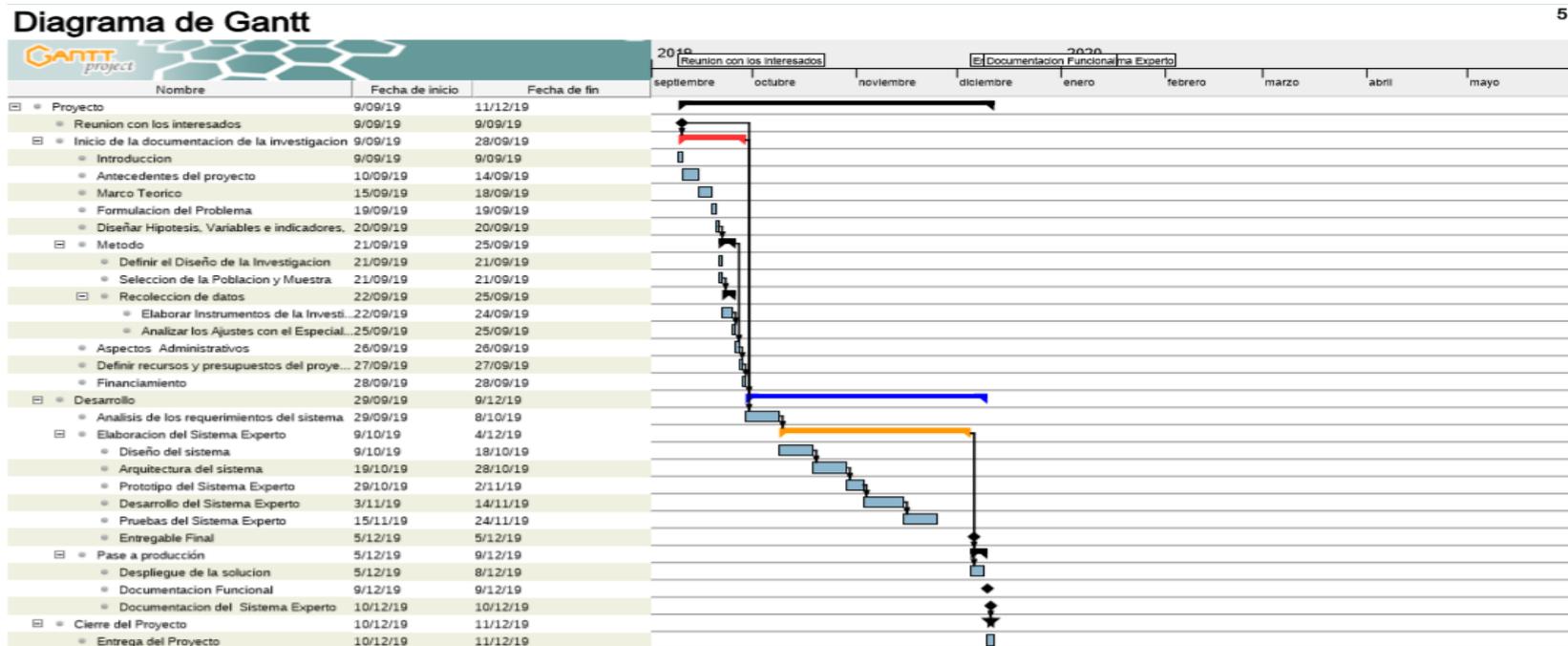


Figura 3 Gant del proyecto

SISTEMA DE DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE CARIES Y POSICION DENTAL

1. Introducción

En este aspecto se desarrolla el sistema de diagnóstico preliminar de caries y posición dental, asimismo, se observa el ciclo de vida, documentos y artefactos cuales se elaboran para direccionar las tareas del ordenador, por otra parte, se indica las personas que están a cargo en cada gestión.

1.1 Propósito

Compartir información relevante a los involucrados en el proyecto respecto a su diagnóstico preliminar y de posición dental.

1.2 Alcance

A nivel empresarial dentro del centro odontológico y, a su vez, a la muestra involucrada e incluida en el proyecto realizado.

2. Descripción

2.1 Fundamentación

La valoración del sistema permite la obtención de datos con mayor frecuencia para proporcionar un adecuado y establecido diagnóstico de caries para los clientes residuales del servicio.

2.2 Valores de trabajo

- Liderazgo del equipo
- Fidelidad en el equipo
- Autodisciplina de equipo
- Focus en las actividades
- Integridad y veracidad de información

3. Personas y roles del proyecto

Tabla 6

Responsables del proyecto

| Persona | Contacto | Rol |
|--------------------------------|---------------------------|-------------|
| Juan Augusto Cuellar Pinedo | juan.95.4@hotmail.com | Coordinador |
| Moisés Emanuel Peña Parco | Enmanuel_1010@hotmail.com | Coordinador |

4. Herramientas:

- Pila de producto o Product Backlog
 - ✓ **Levantamiento sobre información**
 - ❖ Análisis de Impacto
 - ❖ Variables de información
 - ❖ Investigación de diagnósticos
 - ✓ **Recolección de datos**
 - ❖ Data de imágenes
 - ✓ **Aplicación Web**
 - ❖ Levantamiento del entorno web
 - ❖ Login
 - ❖ Registro de pacientes
 - ✓ **- Algoritmo de predicción**
- Pila de sprint o Sprint Backlog

Tabla 7

Sprint

| Actividades | Detalle | Tiempo |
|------------------------------|--|-----------|
| Análisis del Impacto | Determinación del tema y limitación de los recursos a utilizar, evaluación del nivel crítico de la investigación | 2 semanas |
| Variables de Información | Determinación de nuestras variables | 1 semana |
| Investigación de diagnóstico | Búsqueda de información de detección de diagnóstico de caries. | 1 semana |
| Data de Imágenes | Imágenes para poder evaluar el sistema de detección de caries | 2 semanas |

4.1 Pila de producto

5. Gestión que realiza el coordinador o persona a cargo, como se observa en la figura la prioridad y sus descripciones.

| Id | Prioridad | Descripción | Est. | Por |
|----|-----------|---|------|-----|
| 1 | Muy alta | Plataforma tecnológica | 30 | AR |
| 2 | Muy alta | Interfaz usuario | 40 | LR |
| 3 | Muy alta | Un usuario se registra en el sistema | 40 | LR |
| 4 | Alta | El operador define el flujo y textos de un expediente | 60 | AR |
| 5 | Alta | Etc... | 999 | XX |

Figura 4 Pila de producto

4.2. Pila del sprint

Aquella que alberga las responsabilidades del coordinador del producto.

4.3. Sprint

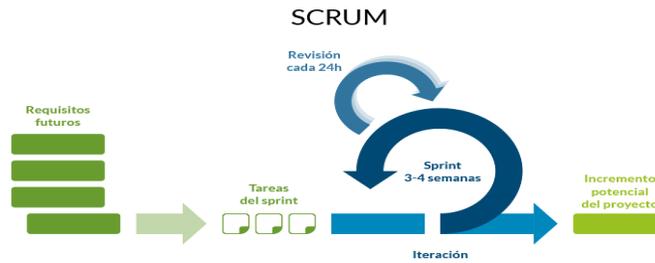


Figura 5 Ciclo de Sprint

4.4. Incremento

Visualización de los logros alcanzados demostrados por medio del sprint.

4.5. Gráfica de producto (Burn Up)

Estimación de los temas a tratar dentro del proyecto a realizar como también considerar los criterios de validación que aporte el gestor scrum.

| Id | Temas | Trabajo | Criterio de validación | |
|----|------------|---------|---|------------------------|
| 1 | Tema A 1.0 | 150 | Lorem ipsum dolor sit amet | Estimación: 950 PUNTOS |
| 2 | Tema B 1.0 | 250 | consectetur adipiscing elit | |
| 3 | Tema C 1.0 | 250 | Aliquam vehicula accumsan tortor | |
| 4 | Tema D 1.0 | 300 | Pellentesque turpis | |
| 5 | Tema A 1.1 | 250 | Phasellus purus orci | Versión 1.0 → |
| 6 | Tema D 1.1 | 350 | penatibus et magnis dis partur | 1.700 PUNTOS |
| 7 | Tema E 1.0 | 150 | Quisque volutpat ante sit amet velit | Versión 1.1 → |
| 8 | Tema B 1.1 | 500 | Cras iaculis pede eu tellus | 2.550 PUNTOS |
| 9 | Tema C 1.1 | 150 | Vestibulum vel diam sed pede | |
| 10 | Tema E 1.1 | 200 | Suspendisse aliquam felis et turpis | |
| 11 | Tema F 1.0 | TBD | Nullam imperdiet lorem vitae justo | |
| 12 | Tema A 1.2 | TBD | Suspendisse potenti. In nec nunc | Versión 1.2 → |
| 13 | Tema B 1.2 | TBD | Nam eros tellus, facilisis sed, pretium | |
| 14 | Tema F 1.1 | TBD | Morbi arcu tellus, condimentum | |

Figura 6 Gráfica Burn up

Para lo cual se debe interpretar los avances de forma eficiente y óptima para sus posibles modificaciones en las próximas reuniones.

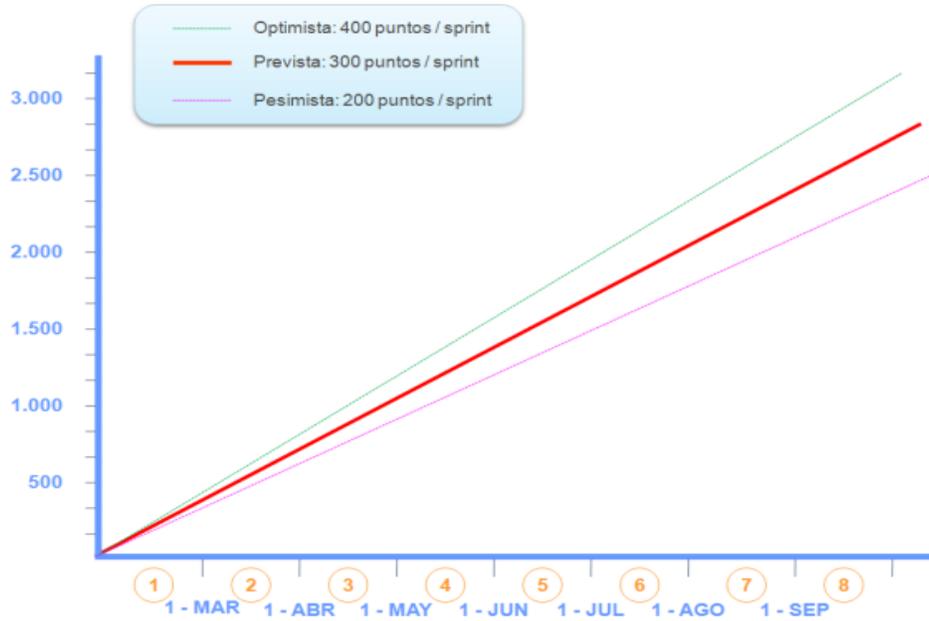


Figura 7 Línea de velocidad

4.6. Gráfica de avance (Burn Down)

Gráfico que muestra el estado de avance del trabajo del sprint en curso.



Figura 8 Gráfica Burn Down

4.7. Reunión de inicio de sprint

Se valida la participación del equipo de trabajo, dada las razones en

interpretar mejor la información y tomar decisiones correctivas de acuerdo los resultados que se obtienen en el sprint.

4.8. Reunión técnica diaria

Con el objetivo de mejorar la comunicación grupal y analizar el comportamiento del sprint que va tomando curso dentro de las semanas de actividades priorizando los tiempos, así como las responsabilidades de cada miembro del equipo.

4.9. Reunión de cierre de sprint y entrega del incremento.

Se presenta los resultados obtenidos siendo viables y fiables para ser compartidos ante todo el equipo, viendo los cambios desde el inicio a fin, teniendo en cuenta los aportes de cada miembro siendo gestor o supervisor a cargo de las delegaciones para cada actividad.

Anexo 6: Diagrama de flujo del sistema

APORTE DE INVESTIGACIÓN

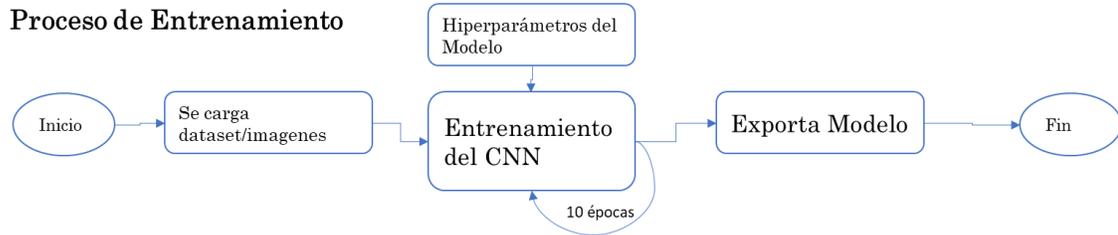


Figura 9 Diagrama de solución

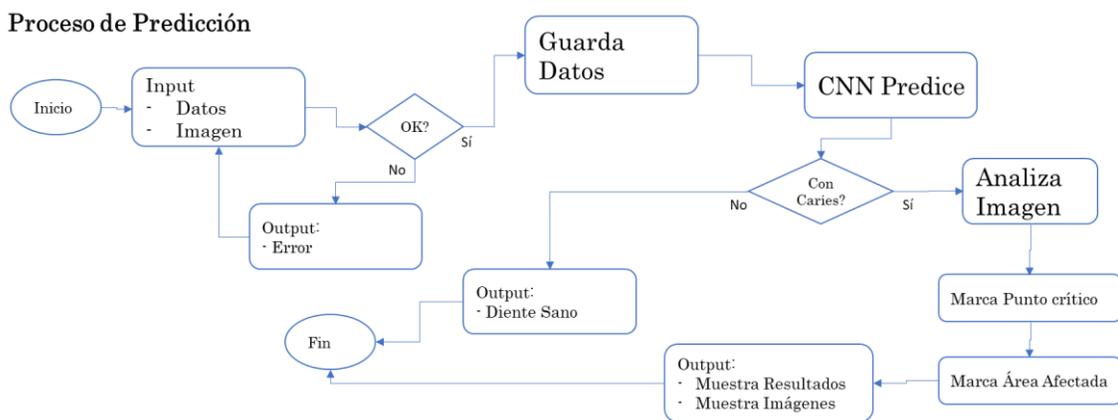
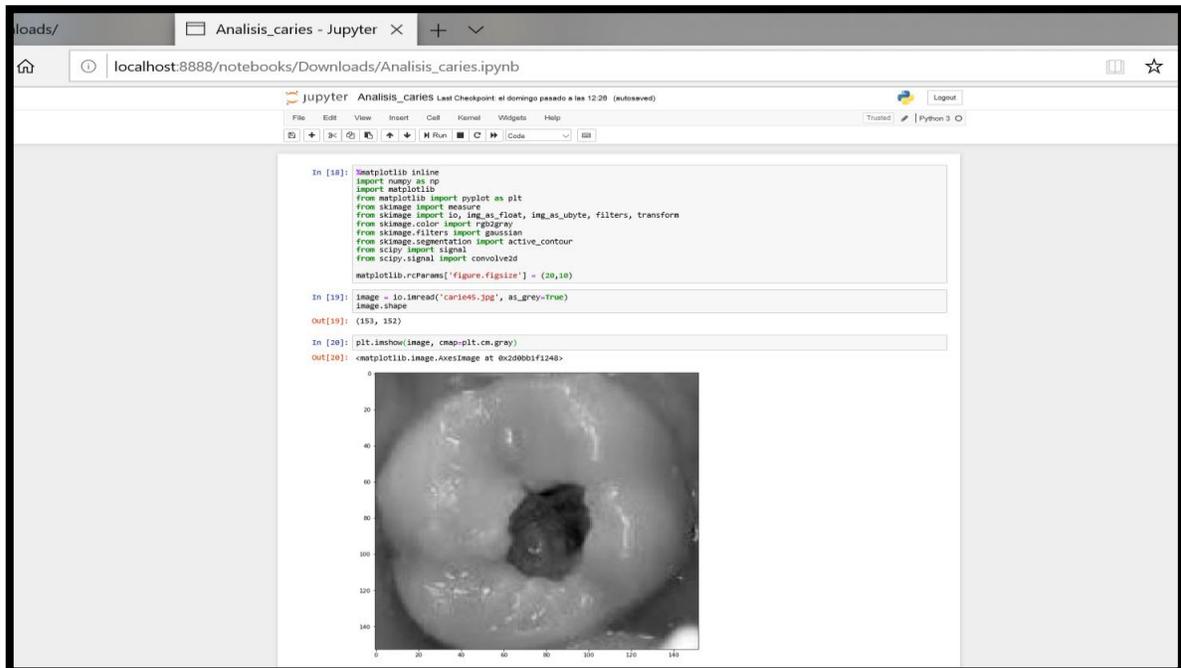


Figura 10 Proceso de predicción

Anexo 7: Manual de usuario del sistema experto de detección de caries y posición dental

PASO 1: Se importan las librerías de Python y se carga la imagen a analizar.



```
In [18]: %matplotlib inline
import numpy as np
import matplotlib
from matplotlib import pyplot as plt
from skimage import measure
from skimage import io, img_as_float, img_as_ubyte, filters, transform
from skimage.color import rgb2gray
from skimage.filters import gaussian
from skimage.registration import active_contour
from scipy import signal
from scipy.signal import convolve2d

matplotlib.rcParams['figure.figsize'] = (20,10)

In [19]: image = io.imread('caries.jpg', as_gray=True)
image.shape
Out[19]: (153, 152)

In [20]: plt.imshow(image, cmap=plt.cm.gray)
Out[20]: <matplotlib.image.AxesImage at 0x2000b1f248>
```

Figura 11 Importando librerías de Python

PASO 2: Mediante el algoritmo se define el área más afectada, que si se encuentra en un rango de número < 1 con las posiciones matplotlib en el rango horizontal y vertical será caries y si los rangos son número > 1 sano

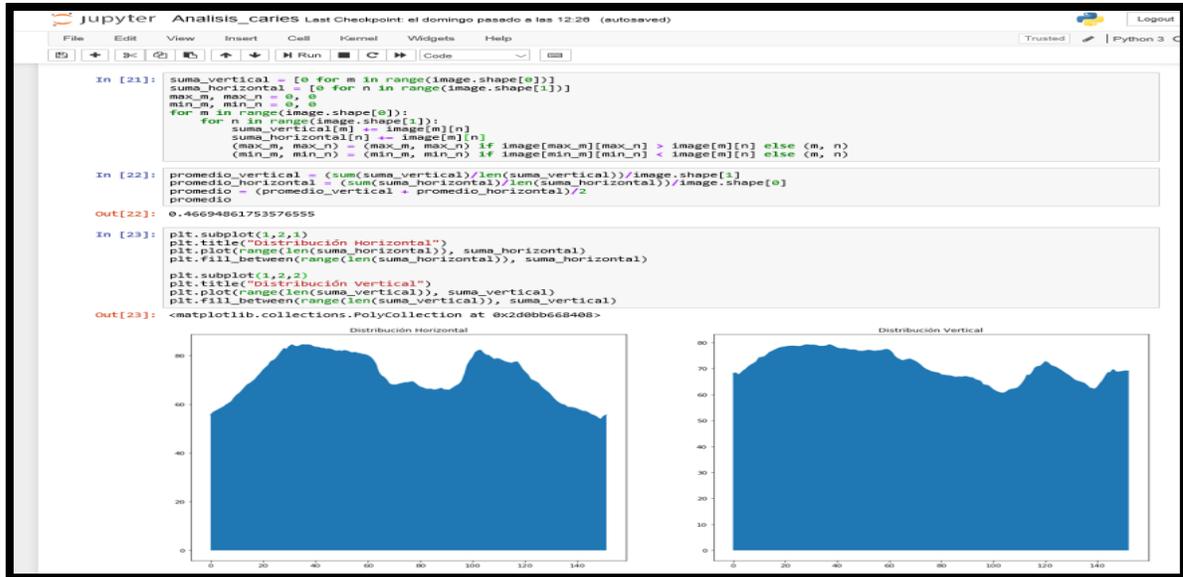


Figura 12 Algoritmo de las caries más afectadas

PASO 3: Este algoritmo determina el punto de la caries, gracias al algoritmo de posición que se detalla líneas arriba ya definiendo el punto de la infección con el numero <1

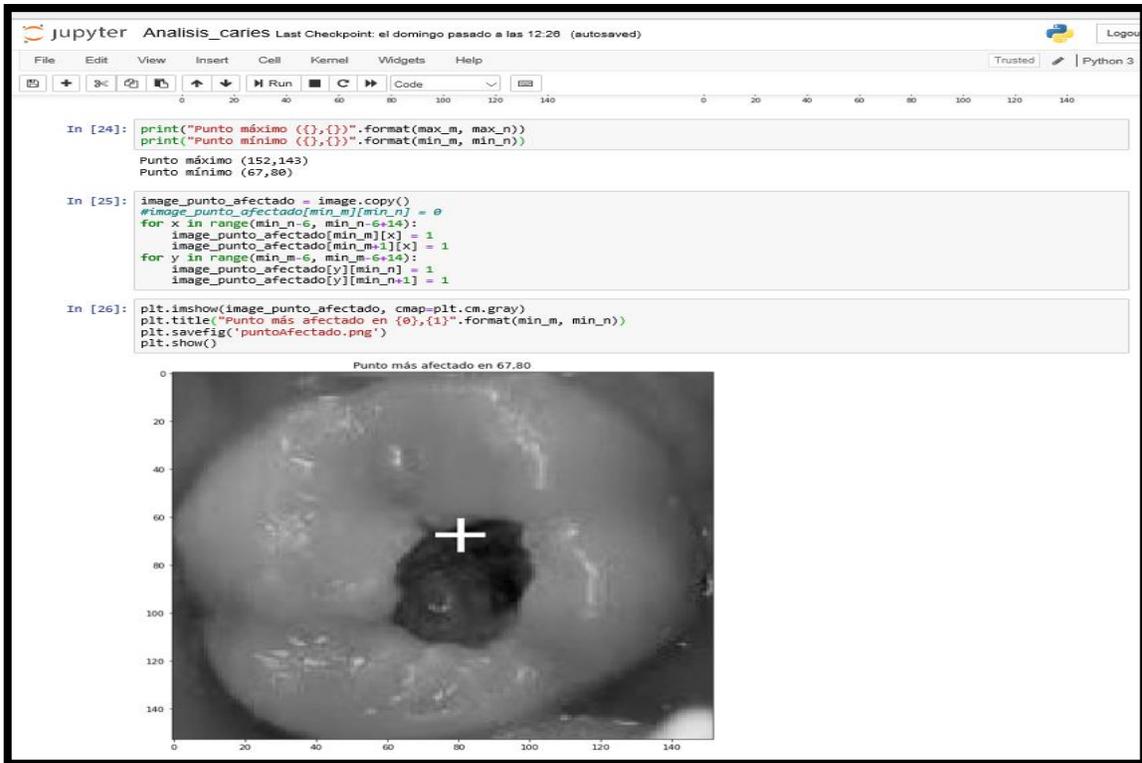


Figura 13 Análisis de caries

PASO 4: Con este algoritmo definimos de un color negro el área afectada.



Figura 14 Definición de área afectada

PASO 5: Creamos el algoritmo para determinar el área afectada mediante una circunferencia circular

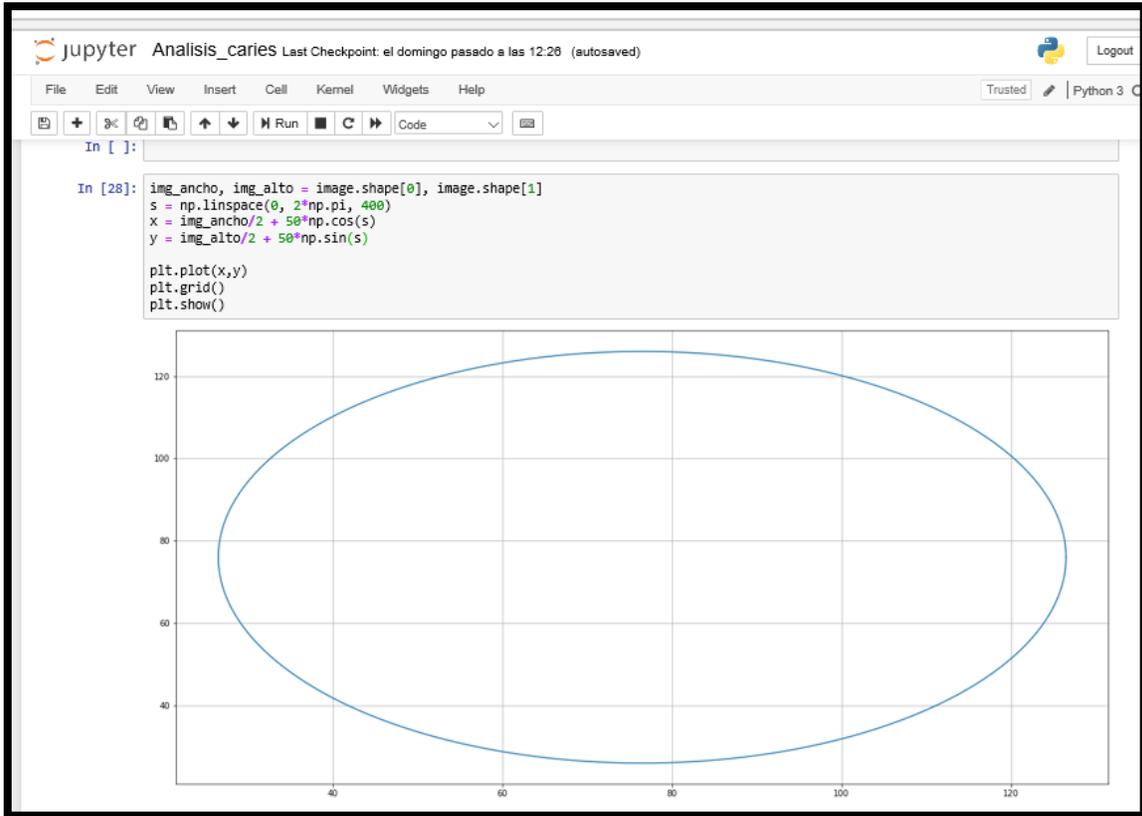


Figura 15 Circunferencia circular

PASO 6: Este algoritmo nos mostrara el área afectada tomando en cuenta la circunferencia media circular del área afectada, que se le tratara al paciente.

-----FIN DE LA GUIA DE USUARIO-----

Anexo 8: Convolutional Neuronal Network

La definición formal de la convolución:

$$(f * g)(t) \stackrel{\text{def}}{=} \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau) g(t - \tau) d\tau$$

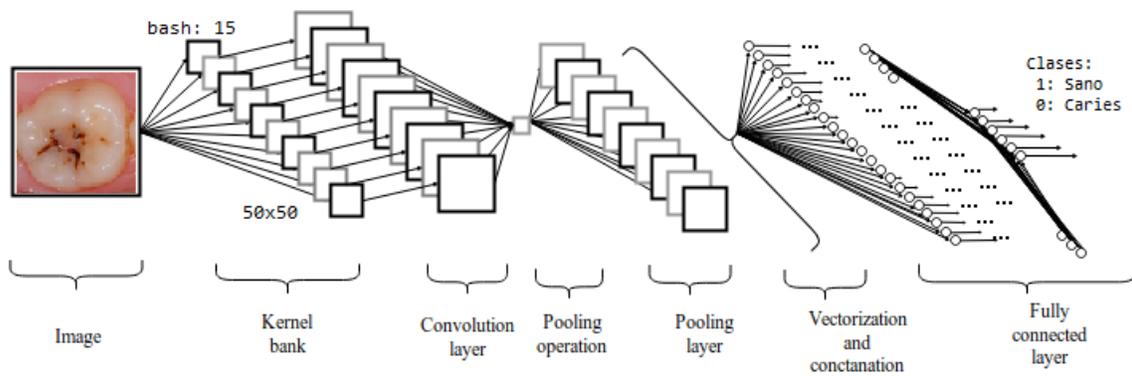


Figura 16 Arquitectura de la convolución

Anexo 9: Proceso Batch de 200 Imágenes

CLASIFICACIÓN DE DIENTES SANOS Y CON CARIES

PROCESO BATCH DE 200 IMÁGENES

| | |
|----------------------------|------------|
| Imágenes procesadas | 200 |
| Prueba Negativos | 75 |
| Prueba Positivos | 125 |



Figura 17 Muestra de la investigación

Anexo 10: Pseudocódigo análisis de imágenes (aporte)

Inicio

Inicializar Variables:

Imagen ← Leer Grayscale ArchivolImagen

M ← Imagen(Altura)

N ← Imagen(Ancho)

SumaM ← (M)

SumaN ← (N)

MinM ← 0

MinN ← 0

FuncionFoco ← $(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 \leq r^2$

Proceso de suma de pesos:

Para m ← 1 Hasta M Hacer

Para n ← 1 Hasta N Hacer

SumaM(m) ← SumaM(m) + Imagen(m, n)

SumaN(n) ← SumaN(n) + Imagen(m, n)

Si FuncionFoco(n,m) Entonces

Si MinM >= Imagen(m) Entonces

MinM ← Imagen(m)

FinSi

Si MinN >= Imagen(n) Entonces

MinN ← Imagen(n)

FinSi

FinSi

FinPara

FinProceso

Proceso Ploteo de Pesos

Plot vertical(SumaM), SumaM

Mostrar Plot

FinPlot

Plot horizontal(SumaN), SumaN

Mostrar Plot

FinPlot

FinProceso

Proceso marcar punto Minimo

Para x ← 1 Hasta 14 Hacer

 Imagen(MinM, x) ← 1

FinPara

Para y ← 1 Hasta 14 Hacer

 Imagen(y, MinN) ← 1

FinPara

FinProceso

Proceso identificar área

Ancho ← N

Alto ← M

S ← NumpyLinspace(0, 2π, 400)

X ← Ancho / 2 + 50*Coseno(S)

Y ← Alto / 2 + 50*Seno(S)

Snake ← SkImage.segmentation active_contour(
 SkImage.filters gaussian(Imagen, 3),
 Numpy array(X, Y).T,
 alpha ← 0.01, beta ← 0.1, gamma ← 0.001,
 w_line ← 3.0, w_edge ← 1.1, bc ← 'periodic'
)

Plot Imagen, Area(Snake(0), Snake(1));

Mostrar Imagen

Mostrar Lineas

FinPlot

FinProceso

Fin

COMPLEJIDAD ALGORÍTMICA:

Proceso de suma de pesos: de Orden semi cuadrática

$$O(N * M + 2 + 2 + 1 + 1) = O(M * N)$$

Proceso Ploteo de Pesos: de Orden semi cuadrática

$$O(M * N) + O(M * N) = O(2 * (M * N)) = O(M * N)$$

Proceso marcar punto Mínimo: de Orden constante

$$O(14 * 1) + O(14 * 1) = O(k)$$

Proceso identificar área: de Orden cúbica.

$$O(1 + 1 + N * 400 + 2 * 4 + N^3 + k + 2 * N^2) = O(N^3)$$

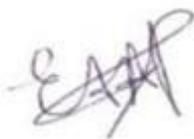
Complejidad Final: $O(N^3)$

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR

Yo, EMIGDIO ANTONIO ALFARO PAREDES, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas de la Universidad César Vallejo Campus Lima Este, revisor de la tesis titulada: “ALGORITMO PARA EL DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE CARIES Y ÁREA AFECTADA DEL DIENTE EN BASE AL ALGORITMO DE BÚSQUEDA DE PÍXELES Y LA LIBRERÍA SKIMAGE” de los estudiantes CUELLAR PINEDO JUAN AUGUSTO y PEÑA PARCO MOISÉS EMMANUEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 10% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y he concluido que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

7 de octubre de 2022



.....
DR. EMIGDIO ANTONIO ALFARO PAREDES

DNI: 10288238