

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del catálogo en línea, página web y Repositorio Institucional del CRAI-USTA, así como en las redes sociales y demás sitios web de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor, nunca para usos comerciales.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

**Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-USTA
Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

Sistema de Apoyo Diagnóstico Periodontal con Deep Learning para las Clínicas Odontológicas de la Universidad Santo Tomas, 2020: Fase I - Insumos y Criterios Radiográficos

Laura M. Galvis Zambrano, Liz Dayana Amaris Brujes, Luis A. Galeano Torres

Trabajo presentado como requisito para optar el título de Especialista en Periodoncia

**Director
Julio Cesar Plata
Periodoncista**

**Asesor Tecnológico:
Christian Manjarres
Estudiante de Facultad Mecatrónica USTA, Semestre X.**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga
División de Ciencias de la salud
Especialización en Periodoncia
2020**

Gracias a todas las personas que hicieron posible este proyecto en su etapa inicial por su entrega y compromiso.

*“Ahora bien, la fe es la garantía de lo que se espera,
la certeza de lo que no se ve”
Hebreos 11:1*

Contenido

	Pág.
1. Introducción	11
1.1 Planteamiento del Problema.....	11
1.2 Justificación.....	12
2. Marco Teórico	12
2.1 Definición y Clasificación de la Enfermedad Periodontal.....	12
2.2 Nueva Clasificación de la Enfermedad Periodontal y Peri-Implantar, y Condiciones	13
2.2.1 La Salud Periodontal, Condiciones y Enfermedades Gingivales	14
2.2.1.1 Gingivitis inducida por Biofilm dental	14
2.2.1.2 Enfermedad Gingival: No Inducida por Biofilm Dental	14
2.2.1.3 Periodontitis.....	14
2.3 Sistema de Recolección de datos en periodoncia (periodontograma)	20
2.3.1 Radiografías.....	20
2.3.2 Sistemas Interactivos para recolección de la información... ..	22
2.3.2.1 Machine Learning (Aprendizaje automático).....	22
3 Objetivos	26
3.3 Objetivo General.....	26
3.4 Objetivos Específicos.....	26
4 Materiales y Métodos.....	26
4.3 Tipo de Estudio.....	26
4.4 Selección de Población y Muestra	26
4.4.2 Población	26
4.4.3 Criterios de inclusión	27
4.4.4 Criterios de Exclusión	27
4.5 Variables.....	27
4.6 Procedimientos	28
4.7 Imágenes y Anotaciones	30
4.8 Plan de Análisis	34
4.9 Implicaciones Bioéticas.....	35
5 Resultados	35
5.3 Etiqueta de imágenes periapicales radiográficas: diente, clase diente.....	35
5.4 Validación de los Criterios e Insumos	37
5.5 Descripción de los Criterios Diagnósticos	38
6 Discusión.....	40
6.3 Conclusiones.....	41
6.4 Recomendaciones	42
7 Referencias Bibliográficas	53
Apéndices	57
A. Consentimiento Informado para participación en Investigación y/o docencia de la USTA	57
B. Protocolo de toma de radiografías periapicales USTA	58

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de la enfermedad periodontal y peri-implantar, y condiciones	14
Tabla 2. Clasificación de la periodontitis según la severidad, la complejidad y la extensión y distribución según Workshop 2017.....	18
Tabla 3. Resumen de los métodos radiográficos.....	22
Tabla 4. Operacionalización de variables	28
Tabla 5. Medidas morfológicas promedio de los dientes según Ash	30
Tabla 6. Métrica Binaria.....	35
Tabla 7. Métricas recolectadas por el equipo investigativo en el modelo computacional.....	38

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Esquema. Manifestaciones periodontales de enfermedades sistémicas y condiciones de desarrollo y adquiridas	21
Figura 2. Distintas operaciones matemáticas aplicadas a una imagen	24
Figura 3. Operador matemático de Soel en configuración horizontal y vertical.....	24
Figura 5. Ejemplo de modelo de CNN con Deep Learning	25
Figura 6. Flujograma sobre trabajo de investigación general	29
Figura 7. Flujo de trabajo adaptado de Zhang y col.....	32
Figura 8. El ejemplo del procedimiento del sistema	32
Figura 9. Imágenes de muestra para anotaciones hechas por el modelo computacional en grupo de prueba	33
Figura 10. Distribución de sujetos que aportaron imágenes radiográficas, según sexo	36
Figura 11. Distribución de tipo de dientes, según denominación dental	36
Figura 12. Proceso de etiquetado	37
Figura 13. Anatomía dental y del hueso alveolar	39
Figura 14. Cresta alveolar.....	40
Figura 15. A. Relación optima 2:3. B Relación mínima para prótesis fija.....	40

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Consentimiento Informado Para participación en Investigación y/o Docencia de la USTA.....	69
Apéndice B. Protocolo de Toma de Radiografías Periapicales de la USTA.....	70
Apéndice C. Ficha Técnica de la Placa de Fosforo	76

Resumen

El diagnóstico de la periodontitis genera diversidad de criterios que puede llevar a que la decisión del clínico sea subjetiva. El Deep learning como aprendizaje automático es una herramienta computarizada que permiten el manejo de la información en forma veraz rápida y oportuna, además de contar con un alto grado de confiabilidad y precisión, aportando nuevas perspectivas para el diagnóstico, pronóstico y la planificación del tratamiento. Desarrollar un sistema para la interpretación radiográfica periapical digitalizada como apoyo al diagnóstico periodontal basado en Deep Learning: Fase I Criterios e insumos radiográficos. La población de estudio conformada por una totalidad de 727 imágenes diagnósticas digitalizadas (radiografías periapicales) almacenadas en centro radiológico de la USTA en los años 2019-2020. *Criterios de exclusión:* Imágenes radiográficas periapicales elongadas, espacios alveolares que albergan implantes. 727 imágenes extraídas, correspondieron a 72 sujetos, 45 mujeres (62 %) y 27 hombres (38%), El promedio de dientes aportados por persona fue de $24,5 \pm 4,4$ dientes, de otro lado, la media de pérdida dental fue de $7,3 \pm 3,3$ dientes. Las métricas obtenidas son similares a otros estudios, encontramos así, que los insumos generados en la Fase I son correctos para el uso en la Fase II, es decir, para dar continuidad, para lo cual solo se tienen las observaciones generadas en el balance poblacional (en términos de distribución por sexo) y en el tamaño de la muestra (en términos imágenes radiográficas). Este sistema de red neuronal está desarrollado para identificar dientes en su fase inicial y será de gran ayuda al clínico, pudiendo procesar gran número de imágenes con los criterios específicos apoyando en el diagnóstico de manera eficiente.

Palabras claves: Pérdida ósea, radiografía periapical, Deep Learning.

Abstract

The diagnosis of periodontitis generates a variety of criteria that can lead to the clinician's decision being subjective. Deep learning as machine learning is a computerized tool that allows the information to be handled truthfully, quickly and in a timely manner, in addition to having a high degree of reliability and precision, providing new perspectives for diagnosis, prognosis and treatment planning. To develop a system for digitized periapical radiographic interpretation to support periodontal diagnosis based on Deep Learning: Phase I Radiographic criteria and supplies. The study population made up of a total of 727 digitized diagnostic images (periapical radiographs) stored in the USTA radiological center in the years 2019-2020. Exclusion criteria: Elongated periapical radiographic images, alveolar spaces that house implants. 727 images extracted corresponded to 72 subjects, 45 women (62%) and 27 men (38%). The average number of teeth contributed per person was 24.5 ± 4.4 teeth, on the other hand, the mean of dental loss was 7.3 ± 3.3 teeth. The metrics obtained are similar to other studies, thus we found that the inputs generated in Phase I are correct for use in Phase II, that is, to give continuity, for which only the observations generated in the population balance (in terms of sex distribution) and in the sample size (in terms of radiographic images). This neural network system is developed to identify teeth in their initial phase and will be of great help to the clinician, being able to process many images with specific criteria, supporting the diagnosis efficiently.

Keywords: bone loss, periapical radiography, Deep Learning.

1. Introducción

La periodontitis es una enfermedad inflamatoria que afecta los tejidos de soporte de los dientes (1,2). En la nueva clasificación la definición es debatida y se acepta como un caso, con la característica principal, como es la pérdida de soporte de los tejidos periodontales y peri implantares, habitualmente se utiliza un umbral de pérdida de inserción clínica interproximal de ≥ 2 mm o ≥ 3 mm en dos o más dientes no adyacentes (3). Se inicia por la formación de biopelículas bacterianas en el diente y en la superficie radicular, estas bacterias agrupadas en una matriz generan una respuesta inmunológica provocando cambios inflamatorios en el epitelio gingival, ligamento periodontal, cemento radicular y el hueso alveolar, esta enfermedad se caracteriza por la migración apical del epitelio de unión, la destrucción de la unión de las fibras de colágeno del tejido conectivo, la profundización del tejido y la pérdida de hueso alveolar que sostiene los dientes (4). Uno de los desafíos clave en la inteligencia artificial es cómo llevar este conocimiento,

sobre los criterios radiográficos que apoyan en el diagnóstico de la periodontitis, a una computadora. Varios proyectos de inteligencia artificial han tratado de codificar el conocimiento sobre el mundo en lenguajes formales. Una computadora puede razonar sobre declaraciones en estos lenguajes formales automáticamente usando reglas de inferencia lógica. Los sistemas necesitan la capacidad de adquirir su propio conocimiento, extrayendo patrones de datos en bruto. Esta capacidad se conoce como aprendizaje automático. La introducción del aprendizaje automático permitió a las computadoras abordar problemas relacionados con el conocimiento del mundo real y hacer decisiones que parecen subjetivas. El rendimiento de estos algoritmos simples de aprendizaje automático depende en gran medida sobre la representación de los datos que se les dan (5).

La gestión de la información ha sido una de las mayores preocupaciones de las organizaciones, se han venido creando y desarrollando herramientas que cumplen con la tarea de ayudar a la obtención de información y diagnóstico. En este aspecto, las tecnologías informáticas han puesto a disposición de la humanidad una serie de herramientas computarizadas que permiten el manejo de la información en forma veraz rápida y oportuna, además de contar con un alto grado de confiabilidad. En un principio se manejó el procesamiento de archivos, luego aparecieron en escena las bases de datos, que en sus diferentes tipos y aún vigentes, han venido ofreciendo solución a una serie de requerimientos y necesidades de información. Desde el momento en que comienzan a generarse archivos físicos sin ningún control dentro de las instituciones, empieza también a crearse una dificultad la verificación de la información de forma rápida y oportuna (6). El software de diagnóstico asistido por computadora (CAD) en el campo médico se ha utilizado para obtener segundas opiniones, pero el diseño y ajuste de CAD convencional tiende a ser muy arduo. Recientemente, las técnicas de aprendizaje profundo se han integrado en CAD, con resultados prometedores para diversas aplicaciones médicas (7). Las aplicaciones cualitativas y cuantitativas del aprendizaje profundo en odontología también se están expandiendo, pero ciertas áreas deben complementarse para promover el desarrollo continuo de la investigación del aprendizaje profundo en radiología oral y maxilofacial (8).

Por esto, en el mercado actual se digitan documentos de texto en un computador, consignando la información del paciente, sin embargo, es necesario mejorar la captura de la información y la búsqueda de los documentos, para lograr una mejor consistencia de la información y evitar la pérdida de datos es tan importante el control sobre las historias clínicas en especial el periodontograma para una mayor facilidad en el acceso y eficacia en el diagnóstico. Con esta idea se crea una herramienta capaz de brindar una solución a esta situación de orden, dándole al usuario un esquema o procedimiento a seguir con el fin de organizar, archivar y acceder con facilidad a la documentación de la historia clínica.

Por todo lo anterior, nos proponemos evaluar los insumos radiográficos para el diseño de un sistema de apoyo diagnóstico de enfermedad periodontal basado en la Técnica Deep Learning que sirva para ser desarrollado e implementado en la Clínicas odontológicas de la Universidad Santo Tomás y se convierta en referente tecnológico para nuevos procesos de investigación.

1.1 Planteamiento de Problema

Entendiendo que la periodontitis es una enfermedad de origen bacteriano, inflamatoria, crónica que afecta los tejidos de soporte de los dientes y que tiene que ver con la respuesta de los pacientes es importante establecer un diagnóstico preciso, un pronóstico y un adecuado plan de tratamiento. La periodontitis se encuentra entre las enfermedades crónicas más comunes que afectan a casi el 10% de la población mundial (9), en Colombia a nivel nacional se evidencia una prevalencia del 72% de los adultos y a nivel regional con un menor porcentaje (5.84 %) en los Santanderes, según el más reciente Estudio Nacional de Salud Bucal (ENSAB IV) (10) y es una de las principales causas de pérdida de dientes (11).

Tradicionalmente, el diagnóstico de la enfermedad periodontal se realiza mediante un análisis visual, clínico y radiográfico, una vez que la enfermedad se diagnostica y se clasifica, es posible planificar el tratamiento efectivo. Sin embargo, el problema es que la decisión del clínico puede ser subjetiva, y puede haber errores en los odontólogos, especialistas y estudiantes para el diagnóstico. Se han ideado y mejorado varios métodos quirúrgicos y no quirúrgicos para el tratamiento de dientes periodontalmente comprometidos y las estructuras de soporte, y también se han realizado numerosos estudios sobre tejidos periodontales regenerativos (12,13). A pesar de los avances en las modalidades de tratamiento, todavía no ha habido una mejora significativa en la metodología para diagnosticar y predecir el tratamiento de los dientes afectados por la periodontitis. Aunque las radiografías panorámicas / periapicales y las sondas periodontales, son herramientas que se utilizan a diario el diagnóstico y el pronóstico dependen en gran medida de la decisión subjetiva y de la evidencia empírica de los profesionales (14).

Las redes neuronales convolucionales (CNN), que son el último modelo básico de redes neuronales artificiales y aprendizaje profundo en visión por computadora, se han desarrollado rápidamente desde aproximadamente 2010 (15). Dado que los datos médicos se almacenan digitalmente y se acumulan cuantitativa y cualitativamente, los CNN profundos con sistemas de detección asistida por computadora (CAD) tienen claras oportunidades para ser aplicados en el

campo médico, y esta nueva área de investigación de rápido crecimiento ha arrojado resultados impresionantes en términos de diagnóstico y predicción en la investigación radiológica y patológica (16,17). Por lo tanto, el rendimiento de inteligencia artificial reportado más recientemente se ha basado en el aprendizaje profundo y se desarrolló principalmente para la clasificación de imágenes médicas (18,19) Aunque el análisis de imágenes radiográficas se usa convencional y ampliamente para diagnosticar y predecir la EP, todavía tiende a usarse como un medio auxiliar de diagnóstico y predicción clínica, y los estudios sobre el diagnóstico dientes periodontalmente comprometidos que usan CNN profundos con CAD son limitados (20).

De lo anterior surge la siguiente pregunta, ¿cuáles son los insumos radiográficos para evidenciar la anatomía dental y criterios anatómicos para el diseño de un sistema de apoyo diagnóstico de enfermedad periodontal basado en la Técnica Deep Learning en su primera fase de aprendizaje?

1.2 Justificación

El diagnóstico de la enfermedad periodontal se realiza mediante un análisis clínico, visual y radiográfico situación que genera diversidad en los criterios y puede llevar a que la decisión del clínico se torne subjetiva a la hora de hacer un diagnóstico de las enfermedades periodontales.

El creciente desarrollo de la información, las bases de datos y las formas de conocimiento han hecho que se desarrollen tecnologías que ayuden a realizar tareas complejas en áreas de la odontología como la periodoncia y específicamente en el diagnóstico de las enfermedades periodontales, el papel de la inteligencia artificial (IA) dispone estas herramientas que aportan nuevas perspectivas para el diagnóstico, clasificación, pronóstico y la planificación del tratamiento de las enfermedades periodontales minimizando los posibles errores humanos.

La tecnología busca transformar el entorno para satisfacer las necesidades del hombre, en algunas ocasiones las necesidades surgen debido a la existencia de barreras que limitan sus capacidades, estas barreras pueden ser, intelectuales o incluso físicas, es importante que se realicen trabajos interdisciplinarios como este, donde se logren desarrollar herramientas de inteligencia artificial (IA) que sean explicables y fáciles de manejar, la interacción hombre máquina podría ser útil en el entorno odontológico incluso debería ser parte integral de la odontología moderna, esta interacción IA y radiología podrían ayudar a los odontólogos en la toma de decisiones, mejorar el diagnóstico y plan de tratamiento, minimizar los costos y realizar una odontología personalizada de tal forma que se obtenga el mejor resultado posible para cada paciente.

2. Marco Teórico

2.1 Definición y Clasificación de la Enfermedad Periodontal

La periodontitis se define como una enfermedad inflamatoria crónica multifactorial asociada con un biofilm disbiótico y genera una destrucción progresiva de los tejidos de soporte del diente. Su característica primaria es la pérdida de inserción que se detecta mediante la evaluación circunferencial de la dentición erupcionada con una sonda periodontal estandarizada teniendo como referencia a la unión cemento-esmalte (CEJ) (21), a la pérdida radiográfica de hueso alveolar, determinando la presencia de bolsas periodontales, recesiones de los tejidos y sangrado gingivales. Se considera un problema de salud pública por su alta prevalencia y su influencia en la pérdida de calidad de vida de los pacientes que la padecen, además de tener un efecto negativo en la salud general (22).

La periodontitis es el resultado de la pérdida de equilibrio (homeostasis) entre la microbiota comensal residente y el microbioma oral que permanece en el huésped, la infección crónica y la inflamación de esta enfermedad si no se resuelven conducen a la destrucción de los tejidos periodontales blandos y duros incluido el hueso alveolar (23). La inflamación que queda limitada a la encía es el resultado de una simbiosis (equilibrio) entre la biopelícula y los tejidos del huésped, mientras que la periodontitis es el resultado de la descomposición o desequilibrio de esta simbiosis que con el paso del tiempo afectan los tejidos de soporte de los dientes. El conocimiento del microbiota periodontal es fundamental para la implementación de una terapia periodontal exitosa. Las bolsas periodontales contienen aproximadamente 400 especies de bacterias organizadas en forma de biopelícula para protegerse de la respuesta inmune y del tratamiento antimicrobiano.

La comunidad microbiana subgingival es diferente en la salud periodontal y en la enfermedad, la condición infecciosa de la periodontitis sugiere que el tratamiento mecánico es insuficiente y no puede resolver los casos de la enfermedad por lo tanto el tratamiento debe ir orientado a un control eficaz tanto supra como subgingival de los agentes patógenos por medios mecánicos buscando evitar una mayor pérdida de los tejidos, el fracaso del tratamiento en gran medida se debe a la incapacidad para poder controlar la inflamación (24)

2.2. Nueva Clasificación de la Enfermedad Periodontal y Peri-Implantar, y Condiciones Workshop 2017

La clasificación de la enfermedad periodontal se lleva a cabo sobre la base de las recomendaciones del Consenso de la Academia Americana de Periodoncia y la Federación Europea de Periodoncia las dos entidades de referencia a nivel mundial de la Periodoncia, esta clasificación busca proporcionar a los profesionales un lenguaje común y global sobre las condiciones y patologías periodontales y periimplantarias (3).

La clasificación de enfermedades periodontales recientemente introducida (25) tiene como objetivo identificar entidades clínicas bien definidas utilizando criterios claros que pueden vincular el diagnóstico con la prevención y el tratamiento, avanzando hacia la precisión y la odontología individualizada. Define criterios específicos para los siguientes diagnósticos.

Tabla 1. *Clasificación de la enfermedad periodontal y peri-implantar, y condiciones. Workshop 2017 (25).*

I. Salud Periodontal, Enfermedades y Condiciones Gingivales			Ii. Periodontitis			Iii. Condiciones Que Afectan El Periodonto				
Salud periodontal y salud gingival	Gingivitis : inducida por biofilm dental	Enfermedad gingival: no inducida por biofilm dental	Enfermedades periodontales necrotizantes	Periodontitis	Periodontitis como manifestación de enfermedades sistémicas	Enfermedades sistémicas o condiciones que afectan los tejidos de soporte periodontales	Abscesos periodontales y lesiones endo-perio	Deformidades y condiciones mucogingivales	Fuerzas oclusales traumáticas	Factores relacione s a dientes y prótesis

Enfermedades Peri-Implantarias y Condiciones			
Salud Peri-Implantaria	Mucositis PeriImplantaria	Peri-Implantitis	Deficiencias de los Tejidos Blandos y Duros Peri-Implantarios

Nota: Clasificación de las enfermedades periodontales y peri implantares. Adaptado de: Caton JG, et al. 2018. Salud periodontal y salud gingival definición (25).

2.2.1 La Salud Periodontal, Condiciones y Enfermedades Gingivales. La salud periodontal se basa en ausencia de enfermedad, pero no solo en pacientes que no han padecido la enfermedad, también incluye a pacientes que hayan tenido una historia de tratamiento exitoso de gingivitis y periodontitis u otras condiciones periodontales, y hayan sido capaces de mantener su dentición sin signos de inflamación clínica gingival. Los parámetros clínicos que definen la salud clínica gingival son la ausencia de sangrado al sondaje, eritema, edema y síntomas por parte del paciente.

2.2.1.1 Gingivitis inducida por Biofilm dental. La gingivitis inducida por el Biofilm dental se define como la lesión inflamatoria que resulta de la interacción entre el Biofilm dental y la respuesta inmune-inflamatoria del paciente.

Está contenida dentro de la encía y no se extiende a la inserción periodontal (cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar). La inflamación no se extiende más allá de la línea mucogingival y es reversible si se reducen los niveles de placa en el margen gingival (26). La gingivitis puede afectar a un periodonto intacto o a un periodonto reducido ya sea en un paciente que no haya tenido periodontitis o en un paciente periodontal cuyo tratamiento fue exitoso. El parámetro clínico que se tiene que utilizar para realizar el diagnóstico es el sangrado al sondaje (27, 28).

2.2.1.2 Enfermedad Gingival: No Inducida por Biofilm Dental. Las lesiones gingivales no inducidas por la placa generalmente son manifestaciones de alteraciones sistémicas que pueden representar cambios patológicos limitados a los tejidos gingivales. Se propone una clasificación, basada en la etiología de las lesiones e incluye: trastornos genéticos / del desarrollo; Infecciones específicas; Enfermedades y lesiones inflamatorias e inmunes; Procesos reactivos; Neoplasias;

Enfermedades endocrinas, nutricionales y metabólicas; Lesiones traumáticas; y pigmentación gingival. (29).

2.2.1.3. Periodontitis. La pérdida del soporte del tejido periodontal debido a la inflamación es la característica principal de la periodontitis. A nivel interproximal, CAL de ≥ 2 mm o ≥ 3 mm en ≥ 2 dientes no adyacentes y la pérdida de inserción observada no sea atribuible a factores traumáticos o etiologías no relacionadas con periodontitis tales como :1) recesión gingival de traumática origen; caries dental que se extiende en el área cervical del diente; 3) la presencia de CAL en el aspecto distal de un segundo molar y asociado con la malposición o extracción de un tercer molar, 4) un lesión endodóntica que drena a través del periodonto marginal; y 5) la ocurrencia de una fractura de raíz vertical (31). Los odontólogos suelen confirmar la presencia de pérdida de tejido óseo interproximal a través de evaluaciones radiográficas.

Las descripciones clínicas de periodontitis deben incluir la proporción de sitios que sangran al sondear, y el número y la proporción de dientes con profundidad de sondeo por encima de 3mm. Se exceptúan los casos en los que puede variar en el diagnóstico teniendo otros factores etiológicos y modificadores que pueden llegar a alterar los tejidos de soporte de los dientes, como condiciones sistémicas que pueden 1) influir en el curso de la periodontitis o 2) afectando los tejidos de soporte periodontales independientemente de inflamación inducida por biofilm dental.(síndrome de Papillon Lefevre, Síndrome, deficiencia de adhesión leucocitaria e hipofosfatemia)(32), fractura(Bolsa periodontal única) entre otras.

Según la fisiopatología, se han identificado tres formas claramente diferentes de periodontitis:

- Periodontitis necrosante
- Periodontitis como manifestación directa de enfermedades sistémicas.
- Periodontitis

El diagnóstico diferencial se basa en el historial y los signos y síntomas específicos de la periodontitis necrotizante, o la presencia o ausencia de una enfermedad sistémica poco común que altera la respuesta inmune del huésped. La periodontitis como manifestación directa de una enfermedad sistémica (32, 33) debe seguir la clasificación de la enfermedad primaria de acuerdo con los respectivos códigos de Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas de Salud (ICD).

Los casos clínicos restantes de periodontitis que no tienen las características locales de periodontitis necrotizante o las características sistémicas de un trastorno inmune raro con una manifestación secundaria de periodontitis deben diagnosticarse como "periodontitis".

La periodontitis necrotizante es un proceso inflamatorio del periodonto caracterizado por la presencia de necrosis / úlcera de las papilas interdetales, sangrado gingival, halitosis, dolor y pérdida ósea rápida. Otros signos / síntomas asociados con esta afección pueden incluir la formación de pseudomembrana linfadenopatía y fiebre (34), la prevalencia de enfermedades periodontales necrotizantes es baja, sin embargo, es importante tenerlas en cuenta ya que cuando están asociadas a Biofilm dental se genera una destrucción rápida de tejido (35).

Las enfermedades periodontales y algunas enfermedades sistémicas comparten factores ambientales y /o genéticos, que pueden afectar los tejidos de soporte de los dientes generando pérdida de inserción y destrucción del tejido óseo de soporte.

Muchos de estos trastornos son poco frecuentes, pero pueden influir en la respuesta inflamatoria mediante mecanismos diferentes a los que se generan en la enfermedad periodontal otros causan defectos de la encía o el tejido conectivo (36). Las manifestaciones periodontales pueden ser los primeros signos de la enfermedad se puede realizar un diagnóstico precoz de estas enfermedades sistémicas y una mejora en la calidad de vida de estos pacientes.

El diagnóstico diferencial se basa en el historial y los signos y síntomas específicos de la periodontitis necrotizante, o la presencia o ausencia de una enfermedad sistémica poco común que altera la respuesta inmune del huésped. La periodontitis como manifestación directa de una enfermedad sistémica (32, 33) debe seguir la clasificación de la enfermedad primaria de acuerdo con los respectivos códigos de Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas de Salud (ICD).

Los casos clínicos restantes de periodontitis que no tienen las características locales de periodontitis necrotizante o las características sistémicas de un trastorno inmune raro con una manifestación secundaria de periodontitis deben diagnosticarse como "periodontitis".

La periodontitis necrotizante es un proceso inflamatorio del periodonto caracterizado por la presencia de necrosis / úlcera de las papilas interdentes, sangrado gingival, halitosis, dolor y pérdida ósea rápida. Otros signos / síntomas asociados con esta afección pueden incluir la formación de pseudomembranas, linfadenopatía y fiebre (34), la prevalencia de enfermedades periodontales necrotizantes es baja, sin embargo, es importante tenerlas en cuenta ya que cuando están asociadas a Biofilm dental se genera una destrucción rápida de tejido (35).

Las enfermedades periodontales y algunas enfermedades sistémicas comparten factores ambientales y /o genéticos, que pueden afectar los tejidos de soporte de los dientes generando pérdida de inserción y destrucción del tejido óseo de soporte.

Muchos de estos trastornos son poco frecuentes, pero pueden influir en la respuesta inflamatoria mediante mecanismos diferentes a los que se generan en la enfermedad periodontal otros causan defectos de la encía o el tejido conectivo (36). Las manifestaciones periodontales pueden ser los primeros signos de la enfermedad se puede realizar un diagnóstico precoz de estas enfermedades sistémicas y una mejora en la calidad de vida de estos pacientes.

Los abscesos periodontales se pueden definir como una acumulación localizada de pus dentro de la pared gingival de la bolsa periodontal, generando una alteración de los tejidos y con síntomas clínicos fácilmente detectables (37). Representan una de las urgencias dentales más comunes que requieren un tratamiento inmediato y pueden provocar la destrucción rápida del periodonto con un impacto negativo en el pronóstico del diente afectado. En ciertas circunstancias, puede tener graves consecuencias sistémicas (37).

Diferentes factores etiológicos pueden explicar la aparición de abscesos en los tejidos periodontales, como la necrosis pulpar (abscesos endodónticos, periapicales o dentoalveolares), infecciones periodontales (absceso gingival o periodontal) (38) pericoronitis (absceso peri coronal), trauma, cirugía, (39) o impactación de cuerpos extraños.

Lesiones Endoperiodontales: son afecciones clínicas que afectan tanto a la pulpa como a los tejidos periodontales y pueden presentarse en formas agudas o crónicas. Cuando se asocian con un evento traumático o iatrogénico reciente (p. Ej., Fractura de raíz o perforación), la manifestación más común es un absceso acompañado de dolor. Sin embargo, en sujetos con periodontitis, normalmente presenta progresión lenta y crónica sin síntomas evidentes.

Los signos y síntomas más comunes asociados con un diente afectado por una lesión endoperiodontales son bolsas periodontales profundas que alcanzan o se acercan al ápice y una respuesta negativa o alterada a las pruebas de vitalidad pulpar. Los otros signos y síntomas informados, en orden de prevalencia, son: resorción ósea en la región apical o de furca, dolor espontáneo o dolor a la palpación y percusión, exudado purulento, movilidad dental, tracto sinusal, corona y alteraciones del color de los tejidos gingivales (34).

Las deformidades mucogingivales y la recesión gingival son un grupo de afecciones que afectan a un gran número de pacientes. Dado que la esperanza de vida está aumentando y las personas retienen más dientes, es probable que la recesión gingival y los daños relacionados a la superficie de la raíz sean más frecuentes. La recesión gingival se define como el desplazamiento apical del margen gingival con respecto a la unión cemento-esmalte (32) está asociado con la pérdida de inserción y con la exposición de la superficie de la raíz al entorno oral.

Trauma oclusal y fuerzas traumáticas oclusales: La fuerza oclusal traumática, que reemplaza el término fuerza oclusal excesiva que se define como la fuerza oclusal que excede la capacidad reparadora del tejido de inserción periodontal, lo que resulta en trauma oclusal y / o causa desgaste dental excesivo (pérdida) (40, 41). La oclusión traumática es un término usado para describir lesiones que resultan en cambios tisulares, incluyendo periodontal ligamento, que soporta hueso alveolar y cemento, como resultado de fuerzas oclusales (42) pueden provocar un traumatismo oclusal (la lesión) y desgaste excesivo o fractura de los dientes (43). Hay falta de evidencia de estudios humanos que implican trauma oclusal en la progresión de la pérdida de inserción en la periodontitis (44).

Prótesis y factores relacionados con los dientes: La sección sobre factores relacionados con prótesis se amplió en la nueva clasificación. El término ancho biológico fue reemplazado por Tejido de inserción supracrestal (43) procedimientos clínicos implicados en la fabricación de restauraciones indirectas se agregaron debido a los nuevos datos que indican que estos procedimientos pueden causar recesión y pérdida de inserción clínica (45).

La periodontitis es una enfermedad irreversible que resulta en una pérdida progresiva de inserción, que finalmente conduce a la pérdida de dientes (45). La periodontitis es la sexta enfermedad más prevalente de la humanidad (46) y es un problema de salud pública, ya que causa discapacidad y deteriora la calidad de vida de los pacientes además de tener un efecto negativo en la salud general.

La enfermedad de la periodontitis se caracteriza por tres factores:

- La pérdida de los tejidos de soporte, manifestada a través de la pérdida de inserción clínica (PIC/CAL) y la pérdida de hueso alveolar, valorada radiográficamente.
- La presencia de bolsas periodontales.
- Sangrado gingival.

En el contexto de la atención clínica, un paciente es considerado un "caso de periodontitis"

cuando:

1. Se detecta pérdida de inserción clínica interdental en ≥ 2 dientes no adyacentes, o
2. Se detecta pérdida de inserción clínica en caras libres vestibular/lingual ≥ 3 mm con profundidad al sondaje >3 mm en ≥ 2 dientes, pero la pérdida de inserción clínica no se debe a situaciones diferentes a la periodontitis.
3. Un caso individual de periodontitis debe caracterizarse además utilizando una matriz simple que describe el Estadio y el Grado de la enfermedad (47).

La Pérdida ósea alveolar marginal: una característica secundaria clave de periodontitis: se combina con pérdida de inserción por mediadores inflamatorios. La presentación clínica difiere según la edad del paciente y la lesión. número, distribución, gravedad y ubicación dentro del arco dental.

El Estadio depende en gran medida de la gravedad de la enfermedad y la presentación, así como sobre la complejidad del tratamiento de la enfermedad y además incluye una descripción de la extensión y distribución en la dentición (47). Siempre se deberá comenzar estableciendo el estadio. La clasificación en estadios define que tan grave esta la enfermedad y que tan complejo es su tratamiento. Una vez se establece el estadio se añade la extensión y la distribución de la patología. (47, 48).

Para establecer la gravedad se determina el sitio que tenga la mayor pérdida de inserción clínica (estadio I de 1 a 2 mm; estadio II de 3 a 4 mm y estadios III y IV mayor de 5 mm), también se debe tener en cuenta la pérdida ósea radiográfica (estadio I menos del 15% del tercio coronal; estadio II entre un 15-33% del tercio coronal y estadios III y IV cuando ya se extiende la pérdida de hueso al tercio medio y apical de la raíz) y se debe considerar la determinación de la pérdida de dientes que ha ocurrido como resultado de periodontitis. Que, además, refleja la complejidad anticipada del tratamiento requerido para erradicar / reducir el nivel de infección e inflamación y para restaurar al paciente la función masticatoria. (estadios I y II cuando no hay pérdida de dientes debido a la periodontitis; estadio III cuando hay 4 o menos dientes perdidos por periodontitis y estadio IV cuando hay 5 o más dientes perdidos) (49).

El índice de complejidad está basado en la dificultad para el tratamiento del caso. Toma en consideración factores entre los que se incluyen presencia de grandes profundidades de sondaje, defectos verticales, afectaciones de furca, hipermovilidad dentaria, migración y/o abanicamiento de los dientes, defectos de cresta y pérdida de función masticatoria.

El Grado brinda la información sobre las características biológicas de la enfermedad, incluyendo una la historia y análisis basada en la tasa de progresión de la periodontitis; nos determina como ha sido la progresión de la enfermedad en el tiempo, evalúa el riesgo de mayor progresión y análisis de pobres resultados del tratamiento (47, 48).

El Grado debe usarse como un indicador de la tasa de progresión de la periodontitis. Los criterios principales son evidencia directa o indirecta de progresión. Siempre que esté disponible, se utiliza evidencia directa que consiste en la observación longitudinal disponible, es decir evaluando las radiografías previas (de los últimos 5 años) que tenga el paciente, si no se cuenta con este recurso se debe hacer una estimación indirecta que se basa en la evaluación de la pérdida ósea en el diente más afectado en función de la edad (medida como pérdida ósea radiográfica en porcentaje de la longitud de la raíz dividida por la edad del sujeto) y la extensión debe escribirse después de definir el estadio mediante una operación matemática como ("

localizada (<30% de los dientes involucrados periodontalmente), generalizada (>30% de los dientes involucrados periodontalmente) o patrón incisivo/molar "). esto determina el porcentaje de dientes a nivel de gravedad y transmite información significativa al especialista, ya que representa el % de los dientes que están gravemente afectados y que probablemente requieran un tratamiento de mayor complejidad.

Tabla 2. Clasificación de la periodontitis según la severidad, la complejidad y la extensión y distribución según Workshop 2017. (18,22).

Periodontitis		Grado I	Grado II	Grado III	Grado IV
Severidad	LAC Interdental (En el sitio de mayor pérdida)	1 a 2 mm	3 a 4 mm	≥ 5 mm	≥ 5 mm
	Pérdida ósea radiográfica	(<15%)	(15% a 33%)	Extendido a tercio medio o apical de la raíz	Extendido a tercio medio o apical de la raíz
	Pérdida de dientes por periodontitis	Sin pérdida de dientes		≤ 4 dientes	≥ 5 dientes
Complejidad	Local				Además de la complejidad de Grado III.
		Sondaje ≤ 4 mm	Sondaje ≤ 5 mm	Además de la complejidad de Grado II. Sondaje ≥ 6mm.	Necesita tratamiento por rehabilitación oral por presentar:
		Pérdida ósea horizontal	Pérdida ósea horizontal	Pérdida ósea vertical ≥3mm. Compromiso de Furca grado II o III. Defecto moderado de la cresta.	• Disfunción masticatoria. • Trauma Oclusal secundario (Grado de movilidad dental ≥2). • Defecto severo de la cresta. • Menos de 20 dientes presentes (10 pares opuestos).
Extensión y distribución	Añadir a la etapa como descriptor	Según su extensión se puede describir como localizada (<30% de los dientes involucrados) Patrón generalizado, o patrón incisivo/molar.			

Nota: Clasificación de periodontitis según severidad, complejidad y extensión Adaptado de: Papapanou PN et al,workshop 2017 con formato español (Colombia).

Manifestaciones Periodontales de Enfermedades Sistémicas, Desarrollo y Condiciones Adquiridas

1. Enfermedades sistémicas o afectaciones que afectan los tejidos de soporte periodontal.
2. Otras condiciones periodontales
- a) Abscesos periodontales
- b) Lesiones endo-periodontales

- 3. Deformidades y condiciones mucogingivales alrededor del diente.**
 - a) Fenotipo gingival
 - b) Recesión gingival de tejidos blandos
 - c) Ausencia de encía
 - d) Profundidad vestibular disminuida
 - e) Frenillo aberrante / posición muscular
 - f) Exceso gingival
 - g) Color anormal
 - h) Condición de la superficie radicular expuesta
- 4. Fuerzas oclusales traumáticas**
 - a) Trauma oclusal primario
 - b) Trauma oclusal secundario
 - c) Fuerzas ortodónticas
- 5. Factores relaciones con prótesis y dientes que modifican o predisponen a enfermedades gingivales inducidas por placa y periodontitis**
 - a) Factores localizados relacionados con el diente
 - b) Factores localizados relacionados con prótesis dental. (32)

Figura 1. Esquema. Manifestaciones periodontales de enfermedades sistémicas y condiciones de desarrollo y adquiridas.

2.3 Sistemas de Recolección de datos en periodoncia (periodontograma)

El Periodontograma es un instrumento que representa de una manera gráfica el estado actual periodontal del paciente. Este documento básicamente diligencia los valores obtenidos en el sondaje periodontal y representa el compromiso de los tejidos de soporte, además aporta información necesaria para constituir un diagnóstico, pronóstico y una estrategia de tratamiento periodontal.

2.3.1 Las Radiografías. Las radiografías son un componente integral para la evaluación periodontal en aquellos pacientes con evidencia clínica de destrucción periodontal. Cuando hacemos un examen periodontal las radiografías juegan un papel fundamental es en la planificación del tratamiento (50).

En general, se acepta ampliamente que las radiografías complementan el examen clínico para establecer el diagnóstico y guiar el plan de tratamiento para un paciente afectado por aquellas enfermedades periodontales que han contribuido a la destrucción de los tejidos periodontales (50). Existen signos relevantes de la periodontitis que son evidentes en una imagen radiográfica, las radiografías pueden proporcionar información clave para la toma de decisiones que no pueden capturarse mediante un examen clínico, como la longitud de la (s) raíz (s), se utilizan para evaluar el soporte óseo en cuanto a pérdida ósea con diferentes métodos de procesamiento como señala la tabla, la relación corona raíz y algunas estructuras anatómicas que sirven de referencia para el diagnóstico periodontal.

La radiografía en vista periapical ha sido diseñada para minimizar la distorsión con respecto a la relación hueso-raíz mientras toma el área del ápice radicular. Para lograr una representación precisa de la altura del hueso a lo largo del superficie de la raíz, el rayo central debe ser perpendicular al área de interés y a la película intraoral, es la más indicada para diagnosticar los defectos óseos periodontales, este tipo de radiografía se caracteriza por tener una alta especificidad, pero una baja sensibilidad (51), son susceptibles de error del operador, especialmente en las regiones molares maxilares. Por lo tanto, la película resultante puede exhibir un hueso distorsionado en relación dental, manifestada como escorzo o elongamiento, y el hueso puede incluso parecer cubrir el esmalte de los dientes, haciendo un diagnóstico erróneo posible (52). Entre las ventajas que ofrecen encontramos: la definición de la imagen, la adquisición por el profesional tratante, además son la primera elección para completar el examen clínico, proporcionando una visión de la conformación internas de la pieza dentaria y de las estructuras de soporte, evidenciando caries, pérdida ósea alveolar, lesiones apicales y una amplia gama de condiciones óseas.

Con respecto a las técnicas intrabucales que están disponibles para la toma de radiografías periapicales (bisectriz y paralelismo) En la **técnica de bisectriz**, se determina con la **bisectriz** imaginaria; el rayo central se dirige perpendicular a la **bisectriz** imaginaria, cual tiene varias desventajas implicadas en la toma lo que resulta a veces en una imagen distorsionada. En la **técnica de paralelismo**, la angulación vertical del rayo central se dirige perpendicular a la película y al eje longitudinal del diente, con ayuda del uso de dispositivos de posicionamiento en paralelo ayudan al técnico estandarizar la relación entre película, objeto y fuente de rayos X minimizando la distorsión de la imagen.

Tabla 3. *Resumen de los métodos radiográficos.*

	Periodontitis				Implants	
	Interpretation	Measurement			Bone height	Bone width
	Existing bone loss	Existing bone loss	Progressive bone loss >0.5 mm	Progressive bone loss <0.5 mm		
Periapicals: high-quality routine clinical film	×	×	×		×	*
Bitewings: high-quality routine clinical films	×	×	×			
Periapicals: standardized	×	×	×	×	×	
Vertical bitewings: standardized	×	×	×	×	×	
Direct digital radiographs	×	×	×		×	*
Panoramic radiographs					×	
Tomograms					×	
Computed tomography					×	×

*Assumes that film or detect can image the entire area of interest

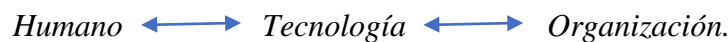
Nota: Métodos radiográficos. Adaptado de Jeffcoat et al 1995 (52)

Con el paso de los años, la radiografía dental se ha vuelto imprescindible en todas las ramas de la odontología y esencial en el diagnóstico, prevención, tratamiento y seguimiento de los casos clínicos. La técnica radiográfica del paralelismo se califica como la más precisa entre todas las técnicas radiográficas periapicales, pero al igual que todas también presenta un grado de distorsión, que se atribuye principalmente al aumento de tamaño de las estructuras presentadas en la toma radiográfica, como consecuencia de una técnica radiográfica incorrecta (54).

2.3.2 Sistemas Interactivos (SI) para recolección de la información. El termino sistema de información ha sido empleado en el tiempo en varios campos y disciplinas y se le han atribuido algunos significados. En la *teoría general de sistemas* un SI, es un sistema automático o manual, que comprenden personas, máquinas y/o métodos organizados para agrupar, procesar, transmitir y diseminar datos que representen información para el usuario (55).

En *telecomunicaciones*, un sistema de información es cualquier tipo o sistema interconectado de equipos de computación o telecomunicación que es utiliza en la adquisición, almacenamiento, manipulación, administración, movimiento, control, presentación, conmutación, intercambio, transmisión, o recepción de voz y/o datos, e incluye software, firmware, hardware (56).

En sistema de información, un sistema de información se compone de tres componentes: sistema humano, tareas y aplicación.



Los datos que automáticamente pueden ser procesados por el sistema de aplicación. En el contexto que el individuo es el que interpreta los datos son los que producen la información. Esta información se transforma en conocimiento cuando el individuo conoce (entiende) y evalúa la información para una tarea específica (57).

2.2.2.1 Machine Learning (Aprendizaje Automático). Arthur Samuel en 1959 definió aprendizaje automático como la ciencia y el arte de la programación de computadores que pueden aprender de los datos. Es el campo de estudio que brinda a las computadoras la capacidad de aprender sin ser programado explícitamente.

Los sistemas de aprendizaje automático se utilizan para identificar objetos. en imágenes, transcribe el discurso en texto, coincide con noticias, publicaciones o productos con los intereses de los usuarios y seleccione resultados relevantes de búsqueda. Cada vez más, estas aplicaciones hacen uso de una clase de técnicas llamadas aprendizaje profundo (*deep learning*) (58). En el enfoque *Deep Learning* se usan estructuras lógicas que se asemejan en mayor medida a la organización del sistema nervioso de los mamíferos, teniendo capas de unidades de proceso (neuronas artificiales) que se especializan en detectar determinadas características existentes en los objetos percibidos.

En previas investigaciones encontramos soluciones desarrolladas que dependían de una persona, donde a esta se le presentaba la imagen periapical a la cual se le aplicaban diferentes operaciones para realzar los contornos, contrastes, textura y otras operaciones. Todas estas encapsuladas en una capa de “Pre-Procesamiento de Imagen” la cual se busca modificar la imagen de tal manera que tenga una mejor calidad durante el proceso de extracción de características. Durante el proceso se observa una alta influencia en el resultado del sistema desarrollado pues este depende del criterio aplicado a la imagen durante el “Pre-Procesamiento de Imagen”, aquí queda la incógnita ante lo que ocurriría si se cambia esta persona o si de un día para otro esta cambiase su método de análisis y decisión durante este proceso.

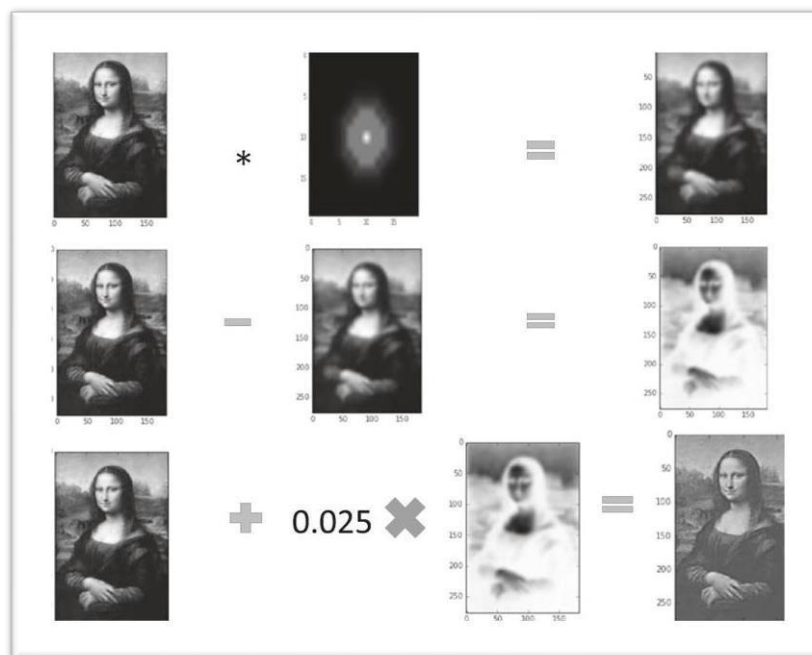


Figura 2. Distintas operaciones matemáticas aplicadas a una imagen. Tomado de Gerón,2017 (58).

Las redes neuronales de tipo Deep Learning no solo nos permiten ingresar la imagen en bruto sin importar su distribución de histograma, tamaño específico, contraste, etc., sino también permiten construir características robustas como la capacidad de detectar un diente a partir de operación sencillas como la derivada de un operador Sobel que nos permiten detectar los bordes en una imagen.

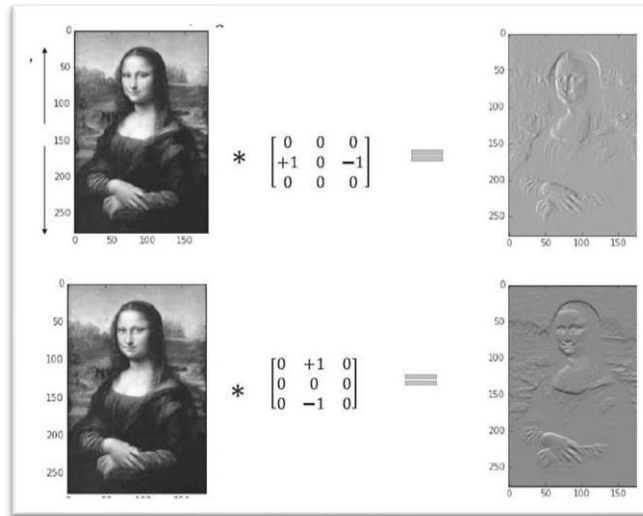


Figura 3. Operador matemático de Sobel en configuración horizontal y vertical respectivamente. Adaptado de Gerón,2017 (58).

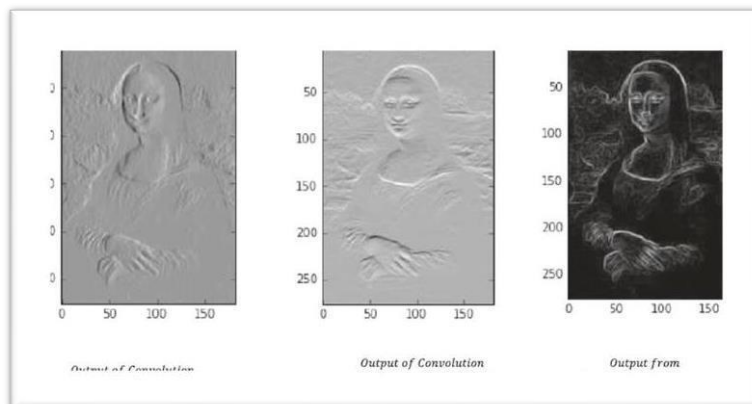


Figura 4. Suma de los resultados del operador matemático de Sobel. El cual muestra una imagen en escala de blancos la cual muestra perfectamente los bordes en la Mona Lisa. Adaptado de Gerón,2017 (58).

Aventajándonos de esta increíble capacidad de construir filtros a partir de filtros más básicos usando la convolución como método de aplicación en los datos de manera matricial Deep

Learning nos permite ingresar la imagen en bruto y enfocarnos mayoritariamente en la calidad y grueso de la información pues la investigación ha demostrado que aplicaciones complejas de manera general para la inteligencia artificial requieren de cantidades grandes de datos. cantidades que un ser humano le tomaría años aprender y revisar, pero una red de tipo Deep Learning la revisa, aprende, corrige y repite el ciclo una y otra vez hasta aprender acorde a la calidad de la información en horas.

Esencialmente las redes de tipo Deep Learning tienen una entrada en este caso la imagen periapical seguidas de una cantidad específica de capas convolucionales las cual buscan extraer características simples y reconfigurar la información para que en la siguiente capa convolucional se extraigan características más complejas hasta tener una cantidad específicas de datos organizadas en un vector para lo cual un simple perceptrón multicapa codificado a la salida no permite entrenar un modelo computacional con estructura Deep Learning para la detección de objetos u otra aplicación. Véase figura 4 en referencia a la estructura de una red.

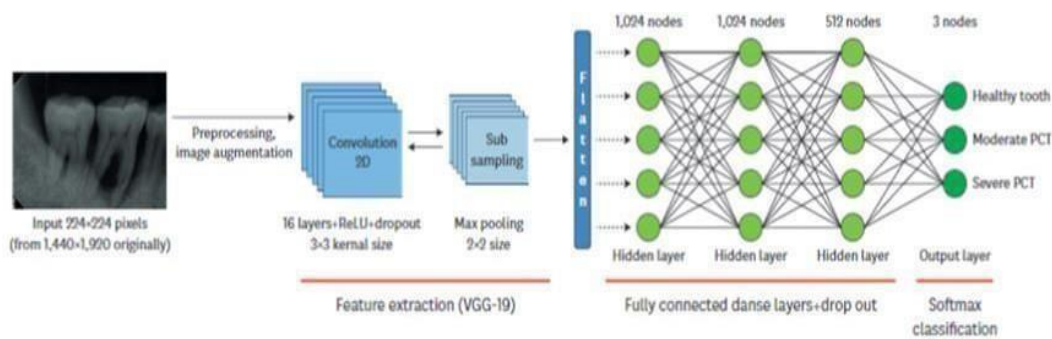


Figura 5. Ejemplo de modelo de CNN con Deep Learning. Adaptado de estudio de Lee J (65).

La visión por computadora, el aprendizaje automático y las redes neuronales profundas se están volviendo más efectivas y ahora pueden realizar diagnósticos automáticos y precisos de varias enfermedades (59). Estos sistemas automatizados de apoyo en el diagnóstico mediante imágenes radiográficas dentales puede ayudar a superar problemas de baja confiabilidad logrando precisiones similares o superiores a las de especialistas examinadores (60). Evaluaciones automatizadas con redes neuronales han sido exitosas como guía diagnóstica del cáncer de mama en mamografías (61), cáncer de piel en exámenes clínicos de detección (62) o retinopatía diabética en exámenes del ojo (63). En odontología, las redes neuronales convolucionales (CNN) han sido aplicado para detectar lesiones cariosas en mordida radiografías (64) o pérdida ósea periodontal en radiografías periapicales (60,65,66).

El gran avance en cuanto a las nuevas tecnologías utilizadas en el campo de la salud ha sido un impulso a la presente investigación, uno de ellos para el diagnóstico periodontal a través de las redes imagen diagnósticas y una aplicación Deep Learning. Las cuales nos permitirán resolver mediante probabilidades una amplia gama de problemas, entre los que se encuentra el diagnóstico de enfermedades periodontales; permitiendo además acelerar el tiempo de procesamiento de información. Cuando se analiza problemas de salud, la población busca alternativas de solución con bajo costo. Los casos de estudio utilizados se basan en historiales de pacientes de consultorios. Teniendo acceso a los diferentes análisis de los pacientes. En este caso la determinación de la estructura interna de la red es utilizar algoritmo por medio de

imagen para propagación de evidencia para redes con Deep Learning (67,68).

Los programas de computadora pueden analizar la información en las radiografías de origen y presentarlo en una forma que el clínico interpreta más fácilmente o puede proporcionar una medida cuantitativa de la pérdida o ganancia. Dichos métodos se denominan técnicas de procesamiento de imágenes. El procesamiento de imágenes por computadora de alta calidad hace posible detectar menos del 5% de cambio óseo con mejor del 90% de sensibilidad, especificidad y precisión general (69,70).

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema para la interpretación radiográfica periapical digitalizada como apoyo al diagnóstico periodontal basado en Deep Learning: Fase I - Criterios e insumos radiográficos.

3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar los insumos radiográficos iniciales en términos de variables demográficas y anatómicas para la confección y desarrollo de la red mediante el etiquetado de las imágenes periapicales radiográficas: diente, clase de diente.
- Validar los insumos para el desarrollo de un sistema de apoyo para el diagnóstico periodontal basado en Deep Learning.
- Identificar los criterios diagnósticos utilizados habitualmente en la lectura de la imagen radiográfica periapical, los cuales serán necesarios para la Fase II de este macroproyecto.

4. Materiales y Métodos

4.1 Tipo de Estudio

El diseño de este estudio es de evaluación de tecnologías diagnósticas mediante la técnica Deep Learning. Esta primera fase del macroproyecto el cual consta de 3 fases en su totalidad, con imágenes radiográficas digitalizadas (placas de fosforo) en formato JPG de la base de datos de la USTA.

4.2 Selección de Población y Muestra

4.2.1 Población y muestra. Inicialmente la población que se había determinado fue de 2000

radiografías periapicales digitalizadas para este estudio implementando la cronología descendente desde 2020 hasta el año 2017, sin embargo debido a la actual situación pandémica que generó crisis económica y social a nivel mundial tomando como medidas la cuarentena y con esto el cierre de actividades de todo obligando a la disminución de la muestra deseada, la cual se conformó por una totalidad de 727 imágenes diagnósticas (radiografías periapicales) almacenadas en centro radiológico de la USTA en los años 2019-2020. Fueron entregadas a conveniencia por el tecnólogo en radiología USTA teniendo en cuenta que fueran juegos periapicales completos, luego, seleccionadas por los estudiantes aplicando los criterios descritos a continuación. Las imágenes entregadas tienen un tamaño de 476-612 x 476-612 pixeles todas constituidas en escala de grises, se informa por parte del tecnólogo en radiología USTA que estas imágenes no tienen modificación alguna para lo cual estas son guardadas en el servidor tal cual como el equipo las entrega.

4.2.2 Criterios de inclusión

- Sólo imágenes de mayores de edad (mayores de 18 años).
- Dientes con estructura anatómica intacta (corona y raíz).
-

4.2.3 Criterios de exclusión

- Imágenes radiográficas periapicales elongadas.
- Espacios alveolares que albergaran implantes.

4.3 Variables

Tabla 4. *Operacionalización de Variables.*

Variables	Definición	Naturaleza	Escala	Valor que asume
Sexo	Concepto social de la función, comportamiento, actividad y atributos que cada sociedad considera apropiada para la definición de hombre o mujer	Cualitativa	Binomial	1: Hombre 0: Mujer
Diente	Pieza ósea dura y blanca que crece junto con otros, en la boca del hombre que sirve para cortar y triturar los alimentos.	Cualitativa	Politómica	Valor de 1º8
Clase de Diente	Consecuencia de la destrucción y desaparición del tejido duro dental de acuerdo con la edad	Cualitativa	Continua	Central, lateral
Numero de dientes perdidos	Ausencia de un órgano dental por patología periodontal	Cuantitativa	Continua	Número
Dientes Remanentes	Dientes que se encuentran en boca al momento del examen clínico	Cuantitativa	Continua	Número

Nota: Se realiza la operacionalización de variables.

4.4 Procedimientos

La primera parte se desarrolló con la intención de identificar, describir y evaluar los criterios e insumos clínicos y radiográficos, a continuación, se describen los pasos:

Previamente se realizó un marco base con una investigación previa (61) teniendo como puntos de referencia los criterios usados en la delimitación de todos los casos disponibles; así como las variables para la caracterización (sexo, anatomía -nomenclatura dental- dientes presentes y perdidos) de las imágenes radiográficas periapicales digitalizadas archivadas entre 2019 al presente año en el centro radiológico de la USTA.

Las actividades realizadas se delimitaron de la siguiente manera.

- a. Investigaciones previas con foco en el método.
- b. Investigaciones previas con foco en el área.
- c. Desglose de los materiales y métodos usado en investigaciones previas.
- d. Análisis y caracterización de los resultados encontrados.
- e. Diseño de posible ruta de trabajo basado en información previa.
- f. Recolección y compilación de información usada.

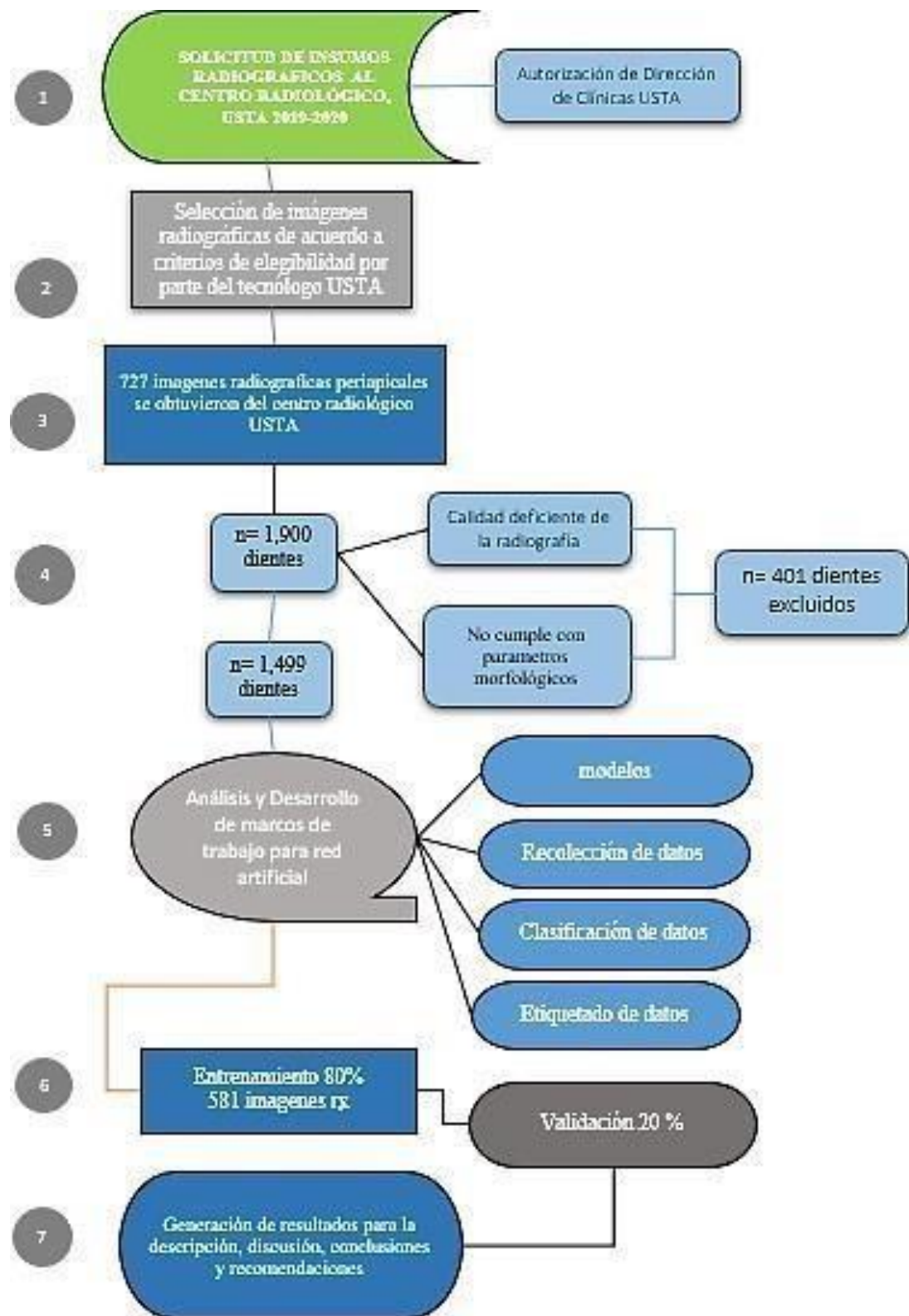


Figura 6. Flujograma sobre trabajo de investigación general

4.5 Imágenes y Anotaciones.

Se recuperaron después de realizar la búsqueda manual en los informes del centro radiológico en el periodo correspondiente (2019-2020) un total de 727 películas periapicales dentales digitalizadas del centro de Radiología de la Universidad Santo Tomás de Aquino, sede Floridablanca. Las imágenes fueron tomadas de forma estandarizada de acuerdo con lo descrito en el Apéndice B.

Los criterios e insumos radiográficos se identificaron de las radiografías periapicales digitalizadas tomadas con placa de fosforo con unas dimensiones de 476-612 x 476-612 pixeles todas constituidas en escala de grises.

La radiografía periapical intraoral nos permite ver una o dos piezas dentarias, es utilizada para evaluar integralmente las piezas dentarias, en su presencia o ausencia, y también la patología que esta pueda presentar. Se convierte en el primer insumo para el desarrollo del sistema Deep learning.

Las radiografías periapicales digitales tienen ventajas. Son más rápidas que una radiografía convencional, reducen el número de repeticiones que ocurre debido a la falla durante el procedimiento de la toma de la radiografía, se pueden obtener múltiples copias de la misma imagen sin distorsión, se pueden obtener 256 tonos de grises, mientras que una radiografía convencional solo nos aporta 25 tonos de grises, ajuste de capacidad y mejora de las imágenes, lo que permite cambios de contraste y densidad, la expresión y la colocación de colores, textura en las imágenes ayudan al diagnóstico. A pesar de esto la radiografía tiene una limitación como lo es la pérdida de la nitidez.

Posteriormente, los tres estudiantes de periodoncia (investigadores A, B y C), con más de 10 años de experiencia clínica, junto con el estudiante en ingeniería anotaron un cuadro delimitador rectangular para enmarcar cada diente intacto (incluyendo la corona y raíz), los cuales van a ser el eje de análisis, se clasificaron según parámetros morfológicos referentes en la tabla según Ash (60), con estas características se enumeraron cada diente de 1 a 8 según correspondía. Al realizar las anotaciones se tomó en cuenta los siguientes casos.

- Se anotó una caja mínima que contenga a los dientes en la radiografía.
- Si el diente no está completo en cualquier posición en la radiografía no se genera la anotación

Tabla 5. *Medidas morfológicas promedio de los dientes según Ash (71)*

Diente	Diámetro M-D coronal	Altura Coronal	Longitud radicular	Longitud Total del diente
Central superior	8.5 mm	10.5 mm	13 mm	23.5 mm
Lateral superior	6.5 mm	9 mm	13 mm	22 mm
Canino superior	7.5 mm	10 mm	17 mm	27 mm
1er Premolar superior	7 mm	8.5 mm	14 mm	23.5 mm
2do premolar superior	7 mm	8.5 mm	14 mm	22.5 mm
1er molar superior	10.17 mm	7.5 mm	12.5 mm	20 mm
2do molar superior	10.16 mm	7 mm	11.5 mm	18.5 mm

Diente	Diámetro M-D coronal	Altura Coronal	Longitud radicular	Longitud Total del diente
Central inferior	5 mm	9 mm	12.5 mm	21.5 mm
Lateral inferior	5.5 mm	9.5 mm	14 mm	23.5 mm
Canino inferior	7 mm	11 mm	16 mm	26 mm
1er Premolar inferior	7 mm	8.5 mm	14 mm	22.5 mm
2 do premolar inferior	7 mm	8 mm	14 .5 mm	22.5 mm
1er molar inferior	11 mm	7 mm	14 mm	21.5 mm
2do molar inferior	10.5 mm	7.5 mm	13 mm	m

Nota: En la siguiente tabla se muestra las medidas morfológicas según clase de diente. Adaptado de Anatomía dental, fisiología y oclusión de Wheeler. 6a ed.

Los casos anotados se dividieron en dos grupos: el grupo de entrenamiento con 581 imágenes y el grupo de validación con 146 imágenes. Los cuáles serán usados en la Fase II para el entrenamiento y validación de un modelo computacional basado en redes artificiales de tipo Deep Learning utilizando Python como Lenguaje de programación.

Posteriormente, tomando lo anteriormente descrito, la población total fue segmentada en dos grupos, cada grupo es usado durante las etapas de entrenamiento donde la red extrae características automáticas de las imágenes junto con procesos de ajuste y mejora en cada imagen, en la etapa de validación la red se autoevalúa durante cada época para generar métricas de avance en su madurez durante el proceso de entrenamiento hasta cumplir con métricas internas de errores lo cual indica finalización del entrenamiento y la etapa de verificación donde buscamos evaluar el comportamiento de la red como evaluación final de resultado.

Es importante que en esta etapa de verificación se usen individuos (radiografías) nuevos nunca vistos por la Red, a método de evaluación en aplicación real in situ.

Etiquetado de datos. Teniendo la población segmentada en los tres grupos se debe generar la información (Parámetros) de la cual la Red va a aprender, evaluar, corregir e iterarse una y otra vez hasta cumplir con los valores internos de error y desempeño. Usando la información recolectada en la etapa investigativa se decide dividir el problema en múltiples modelos para simplificar y evitar inconvenientes durante el entrenamiento como algunas investigaciones lo han demostrado.

- Capa 1 – objeto dientes

Este proceso de etiquetado busca generar la información para crear y entrenar la primera capa del modelo el cual debe generar una caja que albergue el diente, siendo este el objeto a reconocer en esta capa.

- Capa 2– Etiqueta superior – inferior

Este proceso de etiquetado busca generar la información para crear y entrenar la segunda capa del modelo la cual debe generar una etiqueta indicadora de la posición del diente reconocido en la capa anterior a fin de identificar un cuadrante superior o inferior.

No se puede identificar los cuatro cuadrantes en la boca debido a la naturaleza 2D de una imagen.

- Capa 3– Etiqueta tipo diente

Como complemento, usando otra investigación de referencia en la validación se observa un flujo de trabajo similar al planteado por Chen y col, esta vez desarrollado por Zhang y col (72) en Beijing, china. En esta investigación se desarrolló un sistema de tres capas para lo cual informan el propósito de capa para todo el macro modelo.

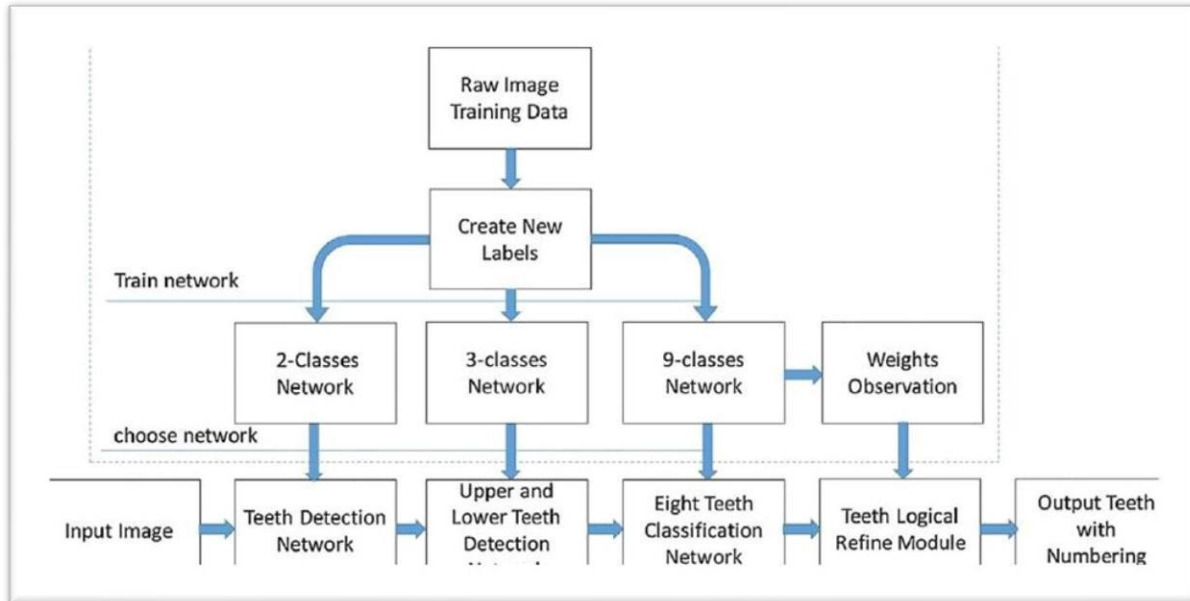


Figura 7. Flujo de trabajo adaptado de Zhang y col (72).

También se encuentra una muestra del funcionamiento del modelo desarrollado, como se observa en siguiente figura.

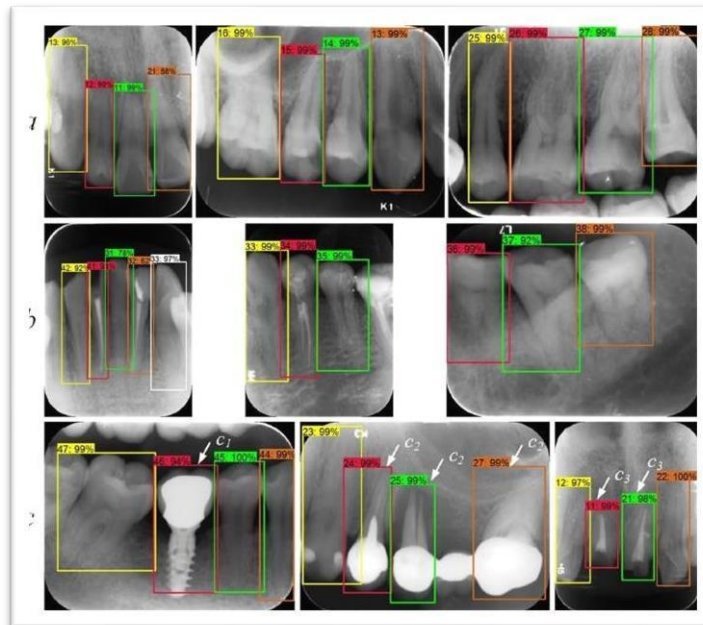


Figura 8. El ejemplo del procedimiento del sistema. Adaptado de Chen et al (73).

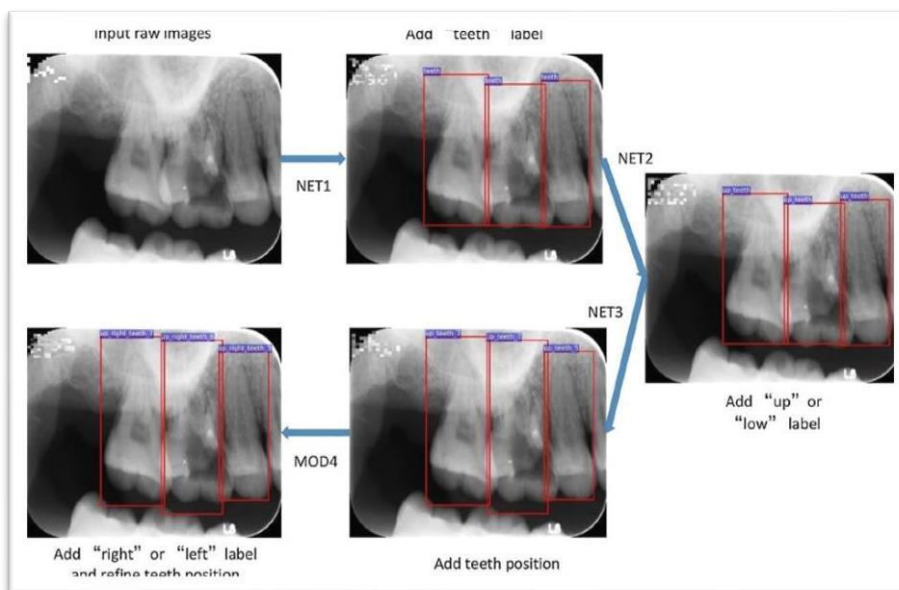


Figura 9. Imágenes de muestra para anotaciones hechas por el modelo computacional en grupo de prueba: (a) dientes superiores y (b) dientes inferiores incluyendo incisivos, caninos, premolares y molares; (c) casos complicados en la detección incluyendo (C_1) implantes, (C_2) prótesis y coronas, (C_3) Dientes. Tomado de Chen y col (73).

Donde tienen como entrada la imagen periapical en bruto a la primera capa la cual detecta los diente y entrega una caja que lo alberga a la segunda capa la cual agrega la etiqueta “superior” y “inferior” y lo entrega a la tercera capa la cual detecta la posición o tipo del 1 al 8 finalmente toda la información pasa por un módulo matemático para la corrección de etiquetado ante los casos de pérdida de un diente y la mala detección de un diente.

En esta investigación encontramos métricas inferiores a la encontradas por Chen y col. (73) para lo cual obtuvo una precisión general del 95.8% y un Recall general del 96.1%, aunque estos valores cambian si se escoge un análisis detallado para cada diente.

Este proceso de etiquetado busca generar la información para crear y entrenar la tercera capa del modelo la cual debe generar una etiqueta indicadora del tipo de diente codificado del 1 al 8 albergado en la caja entregada por la primera capa.

Entrenamiento En el entrenamiento buscamos que la red aprenda a extraer características de las imágenes radiográficas que van acorde a la salida para lo cual usando el grupo de datos de entrenamiento el cual posee el 80% de la población total. En el entrenamiento se le entrega un vector de datos a la entrada y un vector de datos o etiqueta codificada a la salida con el fin de evaluar, corregir e iterar los pesos y desfases internos de la red, esta técnica es conocida como aprendizaje supervisado donde se indica la entrada y su relación a la salida.

Se toma la descripción general de la actividad buscando generar (3) modelos distintos tomando de referencia las capas previamente descritas.

- Entrenamiento Modelo 1 – Resnet

1. Capa 1 – Dientes
2. Capa 2 – Etiqueta superior – inferior
3. Capa 3 – Etiqueta tipo diente
-Entrenamiento Modelo 2 – RetinaNet
4. Capa 1 – Dientes
5. Capa 2 – Etiqueta superior – inferior
6. Capa 3 – Etiqueta tipo diente
-Entrenamiento Modelo 3 – Yolo V3
7. Capa 1 – Dientes
8. Capa 2 – Etiqueta superior – inferior
9. Capa 3 – Etiqueta tipo diente

Recolección y compilación de información usada. Tomando la información generada durante el proceso de entrenamiento podremos validar el comportamiento de cada modelo en cada capa desarrollada a fines de evaluar una estructura homogénea por el mismo modelo en cada capa o una estructura híbrida compuesta por diferentes modelos en cada capa.

4.6 Plan de Análisis

Se realizó un análisis descriptivo para caracterizar los insumos través de medidas de tendencia central y dispersión, media y desviación estándar, respectivamente, para las variables continuas, y conteos y proporciones para las variables categóricas por medio de una base de datos en Excel se realizó la operacionalización de las variables.

Fue utilizando el software *labell image* (paquete de herramientas de Python) para proporcionar una interfaz gráfica y crear una caja milimétrica que contenía los dientes visualizados en los juegos periapicales. Fueron calculadas la precisión y el Recall (exhaustividad) a través de métricas binarias (verdadero-negativo (TN), verdadero-positivo (TP), falso-positivo (FP) y falso-negativo (FN)).

Tabla 6. *Métrica Binaria*

		Modelo	
		0	1
Realidad (imagen +investigador)	0	TN	FP
	1	FN	TP

Nota: En la tabla se observa las conjugaciones de la métrica Binaria.

4.7 Implicaciones Bioéticas

Esta es considerada una investigación sin riesgo de acuerdo con el artículo 11 de la Resolución 8430 de 1993. Como condición fundamental para la recolección de la información las historias clínicas deberán incluir el anexo de consentimiento informado con fines de investigación. Ver Apéndice A. De acuerdo con los principios de la Declaración de Helsinki y las Pautas CIOMS: 1- se garantizará la autonomía; 2- no se afectará el principio de no maleficencia; 3- se protegerá la información confidencial, sensible y la intimidad de los pacientes; 4- no se afectará el principio de justicia; 5- este estudio no tendrá efecto directo sobre el principio de beneficencia; 6- este tipo de estudio ya ha sido realizado previamente en seres humanos sin que generen un daño potencial o real al grupo evaluado; 7- los datos que se pretenden producir en el presente estudio no pueden ser obtenidos a partir de simulaciones, de fórmulas matemáticas o investigación en animales, u otras muestras; y 8- los investigadores tienen idoneidad en su formación académica y no presentan conflictos de interés económico, legal o personales asociados a este problema de investigación. Ver Apéndice A.

5. Resultados

5.1 Etiqueta de imágenes periapicales radiográficas: diente, clase diente.

En este apartado se presenta el análisis de los datos obtenidos 727 imágenes periapicales radiológicas (tamaño aproximado de cada imagen fue de 472 a 628 x 472-628 pixeles) como insumos para la creación de una red con Técnica Deep Learning que aportan 1.499 dientes. Estas 727 imágenes extraídas, correspondieron a 72 sujetos, 45 mujeres y 27 hombres (figura 9). El promedio de dientes aportados por persona fue de $24,5 \pm 4,4$ dientes, de otro lado, la media de pérdida dental fue de $7,3 \pm 3,3$ dientes.

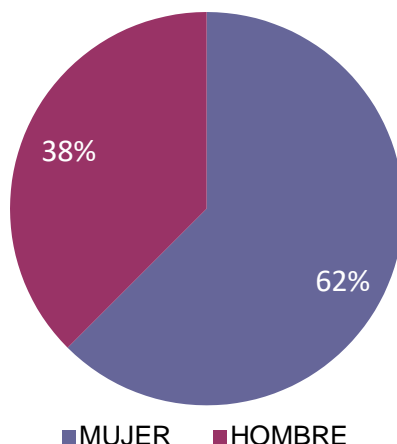


Figura 10. Distribución de sujetos que aportaron imágenes radiográficas, según sexo.

La distribución por tipo de dientes se muestra en la figura 10, 211 centrales (14,08%), 263 laterales (17,55%), 237 caninos (15,81%), 262 primeros premolares (17,48%), 227 segundos premolares (15,14%), 114 primeros molares (7,61%), 131 segundos molares (8,74%) y 54 terceros molares (3,60%).

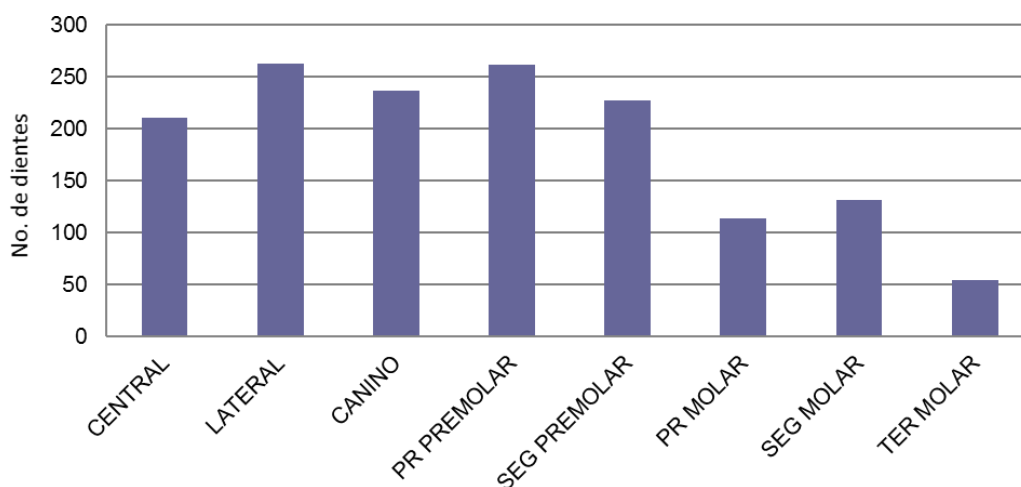


Figura 10. Distribución de tipo de dientes, según denominación dental.

Posteriormente, fue realizado el proceso de etiquetado que basado en la demarcación de la estructura dental en la radiografía periapical digitalizada, delimitada desde el ápice radicular hasta el borde incisal o vértice cuspídeo de las coronas, utilizando un software llamado *labellmg* que proporciona una interfaz gráfica para la creación de la caja milimétrica que contiene el diente y lo guarda en archivo de texto con una codificación específica indicando el nombre y la numeración (1 a 8 según la morfología dental) de la imagen etiquetada.

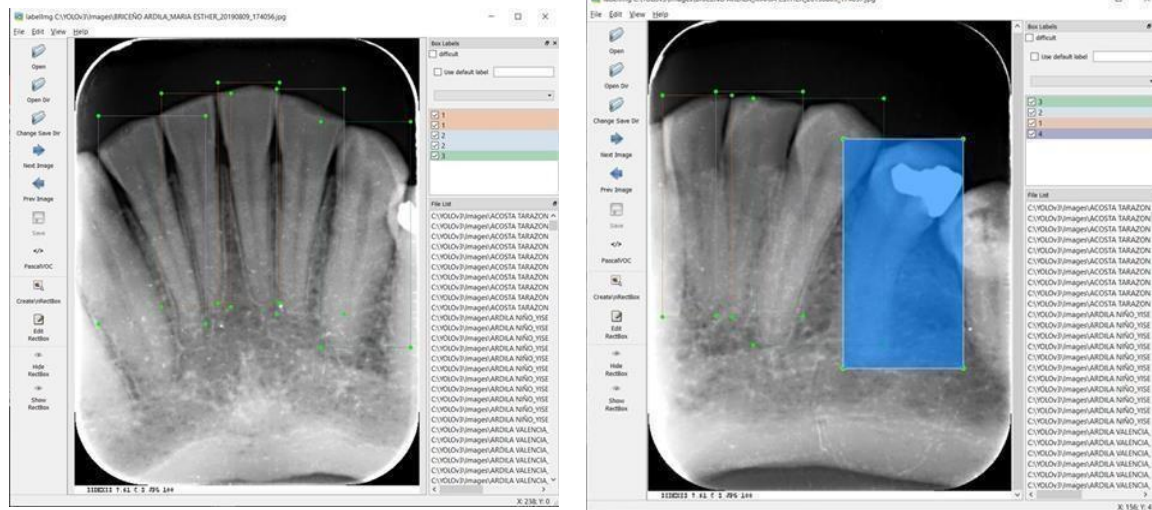


Figura 12. Proceso de etiquetado.

5.2 Validación de los Criterios e Insumos

Estadística recolectada. Al analizar la muestra final se obtuvo una distribución balanceada entre las clases de dientes, desde los incisivos centrales hasta los segundos premolares (1 al 5), de igual manera para los dientes molares (6 al 8), lo que permite inferir que existen dos grupos poblacionales en términos de tamaño por tipo individual.

Al analizar la variable sexo de los sujetos que aportaron las imágenes radiográficas se encontró una razón mujer/hombre de 1,7, es decir, se evidenció una diferencia cuantitativa con respecto a la precisión de procesos a realizar en la fase II para lo cual es deseable el equilibrio de la muestra ingresando individuos masculinos para lograr una proporción cercana 50-50.

Al analizar el número de dientes se encontró que las mujeres aportaron 955 dientes y los hombres 544 dientes, esta diferencia física en los dientes aportados por cada grupo no modifica el comportamiento de operaciones futuras en la fase II.

Corroboración con investigaciones previas. Revisando los resultados que se obtuvieron con la ayuda del software labelling se realizó un comparativo del sistema computacional junto con cuatro modificaciones (investigador A, B y C, Estudio referente Chen y col). Se lograron métricas de precisión y Recall (exhaustividad) cercanas y en comparación con el estudio de referencia de Chen y col (diferencia promedio de 0,2).

Tabla 7. Métricas recolectadas por el equipo investigativo en el modelo computacional.

Objeto	Modelo Computacional	Investigador A	Investigador B	Investigador C	<u>Chen y col.</u> Referente (73)
Imágenes de prueba	250	250	250	250	250
Dientes Anotados	871	871	871	871	871
Dientes Detectados	868	869	866	873	871
Precisión de detección	0,988	0,993	0,991	0,995	0,838
Recall de detección	0,985	0,991	0,985	0,998	0,791
Precisión de numeración	0,917	0,938	0,93	0,975	0,771
Recall de numeración	0,914	0,936	0,924	0,977	0,728

Nota: Se evidencia en la tabla la evaluación de métricas. Fuente: Christian Manjarres.

5.3 Descripción de los Criterios Diagnósticos

Es necesario resaltar la importancia del conocimiento de la anatomía normal para la interpretación radiográfica. Solo con una clara apreciación del rango de lo normal es posible identificar la anomalía. Las radiografías se utilizan para obtener una imagen visual del soporte óseo alrededor de un diente o implante dental. Son las únicas herramientas clínicas disponibles ampliamente puede evaluar el soporte óseo in situ. A continuación, se describen los criterios diagnósticos utilizados habitualmente en la lectura de las imágenes periapicales radiográficas.

- *Anatomía Dental normal.* Estructura dental

Esmalte: ya que es la estructura más densa que se encuentra en el cuerpo humano; es la capa radiopaca más externa de la corona de un diente.

Dentina: que se encuentra por debajo de la capa de esmalte del diente y rodea la cavidad pulpar, se ve radiopaca y constituye la mayor parte de la estructura dental, no es tan radiopaca como el esmalte.

Unión dentina Esmalte (UDE): se ve como una línea donde el esmalte (muy radiopaca) se encuentra con la dentina (menos radiopaca).



Figura 13. Anatomía dental y del hueso alveolar. Adaptado de (74)

-*Anatomía Hueso alveolar.* La imagen radiográfica tiende a presentar pérdida ósea menor que la real. La diferencia entre la altura real de la cresta alveolar y la altura que aparece en la radiografía varía de 0 a 1.6 mm.

- *La densidad de la lámina dura:* Radiográficamente aparece como una línea blanca continua. La lámina dura representa la superficie ósea que reviste el alveolo dentario, la forma y la posición de la raíz, y los cambios en la angulación de los rayos X producen variaciones considerables en su aspecto. En la evaluación radiológica esta se describe como: continua o discontinua. La presencia de una lámina dura radiográficamente visible puede ser utilizada como un indicador de una situación periodontal estable, y su ausencia, como un indicador de una situación de deterioro periodontal así lo evaluaron Rams y col (75) en 1.809 sitios interproximales en radiografías periapicales y de aleta de mordida. La ausencia de lámina dura alveolar crestral mostró una elevada sensibilidad para predecir la pérdida de inserción, aunque una baja especificidad y un valor pronóstico positivo.

-*Cresta alveolar:* Es la porción más coronal del hueso alveolar que se encuentra entre los dientes y en la radiografía tiene un aspecto de red; radiográficamente se observa radiopaca, localizada normalmente a 1.50 a 2 mm por debajo de la unión de la corona a superficies radiculares (unión cemento esmalte). En la evaluación radiológica esta se describe como: Altura de cresta normal o disminuida. En condiciones normales, tanto el ancho como la forma de la cresta varían según la convexidad de las superficies dentales y la posición de las piezas con respecto a la altura de las uniones cemento esmalte de los dientes contiguos. La angulación de la cresta suele ser paralela a una línea imaginaria que se traza entre las uniones cemento-esmalte de las piezas dentarias vecinas. La Localización de la cresta alveolar en relación con la longitud de la raíz o del diente.

Hugoson y Jordan (76) propusieron una clasificación de la gravedad de la enfermedad periodontal basada en la localización de la cresta alveolar en relación con la longitud de la raíz: dentro de $< 1/3$, entre $1/3$ y $2/3$, y $> 2/3$ de la longitud radicular total. En la nueva clasificación de la enfermedad periodontal Workshop 2017 la severidad de la pérdida ósea puede ser estimada

dividiendo en tercios la distancia desde la CEJ hasta el ápice del diente así con rangos porcentuales: 1/3 cervical, <10 % (inicial, leve), 1/3 medio 10-33% (moderada) y 1/3 apical Grave: > 33% (1/2 longitud de la raíz o más).

-*Espacio del ligamento periodontal*: es el que se encuentra entre la raíz del diente y la lámina dura. El valor normal es de 0.25 mm +/- 50% -- de 0. 13 a 0. 38 de mm. En la radiografía se ve una línea radiolúcida delgada alrededor de la raíz.

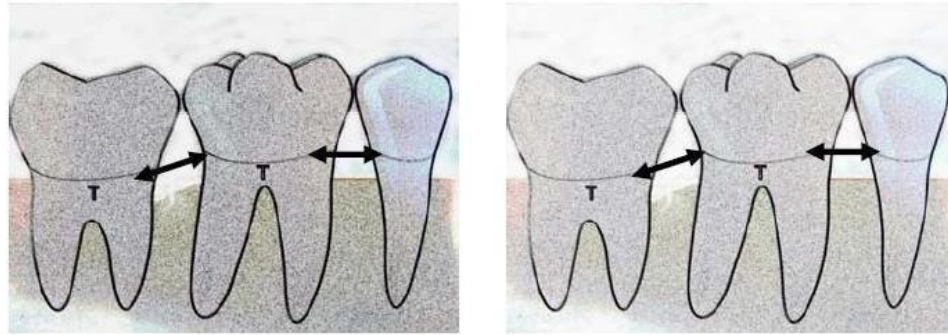


Figura 13. Cresta alveolar. Adaptado de Orozco, M (77).

-*Proporción corona-raíz*: Es una medida de longitud del diente, desde oclusal hasta la cresta ósea alveolar, en contraposición a la longitud radicular dentro del hueso.

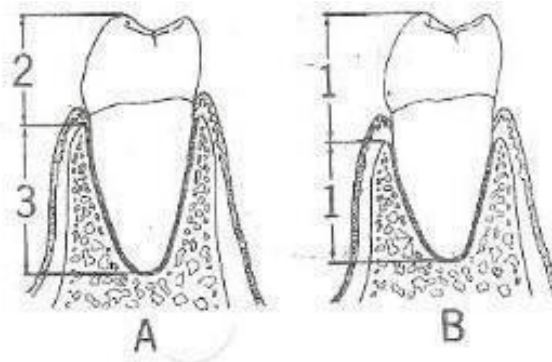


Figura 14. A. Relación óptima 2:3. B Relación mínima para prótesis fija. Tomado de fuente (78)

6.Discusión

Las películas periapicales pueden capturar imágenes de dientes intactos, anteriores y posteriores, así como sus alrededores. hueso, que es extremadamente útil para que un profesional visualice una caries potencial, la pérdida ósea periodontal y lesiones apicales (73). Son representaciones bidimensionales del hueso alveolar, diente y tejido blando. Este mapeo bidimensional es altamente susceptible al error de angulación inducido cuando el técnico dental coloca las películas y la cabeza del tubo de rayos X. Con respecto a las imágenes digitalizadas (placa de fosforo) utilizadas en esta investigación se obtuvieron del centro radiológico de la USTA, fueron seleccionadas base de datos del primer semestre del 2019 (n= 727

imágenes), lo cual limitó la muestra en comparación al estudio de referencia de Chen, y col, donde desarrollaron un modelo de computación utilizando redes de tipo “faster R-CNN” para lo cual extrajeron un total de 1.250 imágenes digitales (con sensor), encontrando similitudes en la precisión y el recall obtenido por los investigadores (A, B y C) del presente estudio (0,2 en promedio para las métricas).

En cuanto al etiquetado nuestro sistema se basó en la demarcación de la estructura dental desde el ápice hasta la corona, este proceso coincide con el sistema de etiquetado empleado por Kailai Zhang 2019 (72), quienes usando un software proporciona una interfaz gráfica que genera una caja milimétrica que contiene el diente y lo guarda en el archivo de texto con un código específico indicando la identificación de la imagen etiquetada.

Como fortaleza podemos resaltar la experiencia única y el gran aprendizaje en el área de Inteligencia artificial (Deep learning) y el trabajo interdisciplinario en el sistema de redes neuronales desarrollado en la Fase I donde se identifica estructuras dentales según su anatomía, lo cual es de gran ayuda para la clínica, con este modelo se propuso describir los criterios radiográficos y por primera vez la introducción de este tipo de red neuronal convolucional en periodoncia para apoyo en el diagnóstico. En cuanto a las contribuciones realizadas el objetivo principal de este proyecto fue presentar un método funcional y sencillo de introducción de información explícita como un modelo predictivo de ayuda diagnóstica de la periodontitis. Con la descripción de estos criterios se da cimiento para la segunda Fase de este macroproyecto.

Como limitaciones, se resalta la poca muestra en comparación con otros estudios (64,72,73) y la representación de esta, en términos de distribución por sexo y edad, dado que la última variable no fue capturada en la recolección. También cabe resaltar que pese a la experiencia de los investigadores revisores (más de 10 años de experiencia clínica), no hubo revisión pareada.

6.1 Conclusiones

Con este sistema que se empezó a desarrollar en este estudio se quiere aprovechar la flexibilidad de información digital, para permitir la corrección de varias acciones en contraste, almacenamiento en computadora y técnicas avanzadas de medición, que conducirán a un uso más amplio en periodoncia clínica del futuro y reduciendo varios de los conceptos erróneos sobre la interpretación visual que pueda tener el profesional.

Las métricas obtenidas son similares a las observadas en otros estudios, encontramos así, que los insumos generados en la Fase I son correctos para el uso durante la Fase II, es decir, para dar continuidad, para lo cual solo se tienen las observaciones generadas en el balance poblacional (en términos de la distribución por sexo) y en el tamaño de la muestra (en términos de las imágenes radiográficas).

Este sistema de red neuronal está desarrollado para identificar dientes en su fase inicial y será de gran ayuda al clínico, pudiendo procesar gran número de imágenes con los criterios específicos apoyando en el diagnóstico de manera eficiente.

6.2 Recomendaciones

Es recomendable aumentar la muestra para lograr una validación más robusta. Respecto a las métricas obtenidas esperamos que al cumplir con la expansión de la muestra se tengan insumos representativos. Suponemos que el aprendizaje será más eficiente con respecto a este primer ejercicio.

Esta experiencia de trabajo multidisciplinar permite ver la necesidad de interactuar con áreas como la ingeniería que cuentan con equipos de alto desempeño informático y competencias en el desarrollo de software, que unidos a la experiencia clínica permiten el desarrollo de nuevas líneas de investigación.

Debido a la versatilidad de la técnica Deep Learning recomendamos su implementación en otras áreas de la odontología para la optimización de recursos diagnósticos. Llevar un registro del uso del material para la toma de radiografías periapicales (placa de fosforo) por parte del centro radiológico de la USTA para evitar los sesgos en las próximas Fases.

7. Referencias Bibliográficas

1. Hirohata N, Aizawa S. Periodontitis y trastornos sistémicos. *Rev Asoc Méd Univ Nihon*. 2014; 73:211-218.
2. Laine ML, Moustakis V, Koumakis L, Potamias LB. Modelado de susceptibilidad a periodontitis. *J Dent Res*. 2013; 92:45–50.
3. Papapanou PN, Sanz M, Buduneli N, Dietrich T, Feres M, Fine DH, et al. Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Clin Periodontol*. 2018; 89 Suppl 1: S173-S182.
4. Di Benedetto A, Gigante I, Colucci S, Grano M. Periodontal disease: linking the primary inflammation to bone loss. *Clin Dev Immunol* [en línea]. 2013. [accesado 5 May 2020]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23762091/>
5. Park WJ, Park JB. History and application of artificial neural networks in dentistry. *Eur J Dent*. 2018; 12(4):594-601.
6. Albus JS. Outline for a theory of intelligence. *IEEE Trans Sys Man Cybern*. 1991; 21(3):473– 509.
7. Cheng JZ, Ni D, Chou YH, Qin J, Tiu CM, Chang YC, et al. Computer-aided diagnosis with deep learning architecture: applications to breast lesions in US images and pulmonary nodules in CT scans. *Sci Rep* [en línea]. 2016. [accesado 5 May 2020]. Disponible <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27079888/>
8. Suzuki K. Overview of deep learning in medical imaging. *adiol Phys Technol*. 2017; 10(3):257– 73.
9. Peres MA, Macpherson LMD, Weyant RJ, Daly B, Venturelli R, Mathur MR, et al. OMS. Oral diseases: a global public health challenge. *Lancet* [en línea]. 2019. [accesado 5 May 2020]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673619311468>
10. Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. IV Estudio Nacional de Salud Bucal. [en línea]. Bogotá. 2014. [accesado 5 May 2020].
11. Tonetti MS, Jepsen S, Otomo J. Impact of the global burden of periodontal diseases on health, nutrition and wellbeing of mankind: a call for global action. *J Clin Periodontol*. 2017; 44:456–62.
12. Graziani F, Karapetsa D, Alonso B HD. Nonsurgical and surgical treatment of periodontitis: how many options for one disease?. *Periodontol 2000*. 2017; 75(1):152–88.
13. Martins SH, Novaes AB, Taba M Jr, Palioto DB, Messoria MR, Reino DM, et al. Effect of surgical periodontal treatment associated to antimicrobial photodynamic therapy on chronic periodontitis: a randomized controlled clinical trial. *J Clin Periodontol*. 2017; 44(7):717–728.
14. Ainamo J, Barmes D, Beagrie G, Cutress T, Martin, Sardo J. Development of the World Health Organization (WHO) community periodontal index of treatment needs (CPITN). *Int Dent J*. 1982;32(3):281–91.
15. Sklan JE, Plassard AJ, Fabbri D, Landman BA. Toward content-based image retrieval with deep convolutional neural networks. *Proc SPIE Int Soc Opt Eng* [en línea]. 2015. [accesado 5 May 2020]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25914507/>
16. Rajpurkar P, Irvin J, Zhu K, Yang B, Mehta H, Duan T, et al. CheXNet: radiologist-level pneumonia detection on chest X-rays with deep learning. [en línea]. Arxiv E-Print. 2017. [accesado 5 May 2020]. Disponible en <https://arxiv.org/pdf/1711.05225.pdf>

17. Rajpurkar P, Hannun AY, Haghighpanahi M, Bourn NA. Cardiologist-level arrhythmia detection with convolutional neural networks. *Nat Med*. 2019;25(1):65-69.
18. Garcia-Hernandez JJ, Gomez-Flores, Rubio-Loyola J. Analysis of the impact of digital watermarking on computer-aided diagnosis in medical imaging. *Comput Biol Med* 20. 2016;68:37–48.
19. Litjens G, Kooi T, Bejnordi BE, Setio AAA, Ciompi F, Ghafoorian M, et al. A survey on deep learning in medical image analysis. *Med Image Anal*. 2017;42:60-88.
20. Kim TS, Obst C, Zehaczek S, Geenen C. Detection of bone loss with different X-ray techniques in periodontal patients. *J Periodontol*. 2008; ;79(7):1141-1149.
21. Tonetti MS, Greenwell H, Kornman KS. Staging and grading of periodontitis: Framework and proposal of a new classification and case definition. *J Clin Periodontol*. 2018;45 Suppl 20:S149- S161.
22. Page RC, Eke PI. Case Definitions for use in population-based surveillance of periodontitis. *J Periodontol*. 2007;78 Suppl 7S:1387-1399.
23. Bashutski JD, Eber RM, Kinney JS, Maitra, S., Braun, T, McCauley, L. The impact of vitamin D status on periodontal surgery outcomes. *J Dent Res*. 2011;90(8):1007–12.
24. Ramseier CA, Warnakulasuriya S, Needleman IG, et al. Consensus report: 2nd European Workshop on Tobacco Use Prevention and Cessation for Oral Health Professionals. *Int Dent J*. 2010;60(1):3–6.
25. Caton JG, Armitage G, Berglundh T, Chapple ILC, Jepsen S, Kornman KS, et al. A new classification scheme for periodontal and peri-implant diseases and conditions - Introduction and key changes from the 1999 classification. *J Clin Periodontol*. 2018;45 Suppl 20:S1-S8.
26. Trombelli L, Farina R, Silva CO, Tatakis DN. Plaque-induced gingivitis: Case definition and diagnostic considerations. *J Clin Periodontol*. 2018;45 Suppl 20:S44-S67.
27. Chapple ILC, Mealey BL, Van Dyke TE, Bartold PM, Dommisch H, Eickholz P, et al. Periodontal health and gingival diseases and conditions on an intact and a reduced periodontium: Consensus report of workgroup 1 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Clin Periodontol*. 2018;89 Suppl 1:S74-S84.
28. Murakami S, Mealey BL, Mariotti A, Chapple ILC. Dental plaque-induced gingival conditions. *J Clin Periodontol*. 2018;45 Suppl 20:S17-S27.
29. Holmstrup P, Plemons J MJ. Non-plaque-induced gingival diseases. *J Periodontol*. 2018;89 Suppl 1:S28-S45.
30. Papapanou PN, Sanz M et al. Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Periodontol*. 2018;89 Suppl 1:S173-S182.
31. Friedewald VE, Kornman KS, Beck JD, Genco R, Goldfine A, Libby P, et al. The American Journal of Cardiology and Journal of Periodontology Editors' Consensus: Periodontitis and Atherosclerotic Cardiovascular Disease. *J Periodontol*. 2009;80(7):1021-1032.
32. Jepsen S, Caton JG, Albandar JM, Bissada NF, Bouchard P, Cortellini P, et al. Periodontal manifestations of systemic diseases and developmental and acquired conditions: Consensus report of workgroup 3 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Clin Periodontol*. 2018;89 Suppl 1:S237-S248.
33. Albandar JM, Susin C, Hughes FJ. Manifestations of systemic diseases and conditions that affect the periodontal attachment apparatus: Case definitions and diagnostic considerations. *J Clin Periodontol*. 2018;45 Suppl 20:S171-S189.
34. Herrera D, Retamal-Valdes B, Alonso B FM. Acute periodontal lesions (periodontal

abscesses and necrotizing periodontal diseases) and endo-periodontal lesions. *J Periodontol*. 2018;89 Suppl 1:S85-S102.

35. Herrera D, Alonso B, de Arriba L, Santa Cruz I, Serrano C SM. Acute periodontal lesions. *Periodontol* 2000. 2014;65(1):149-177.

36. Albandar JM, Susin C, Hughes FJ. Manifestations of systemic diseases and conditions that affect the periodontal attachment apparatus: case definitions and diagnostic considerations. *J Periodontol*. 2018;89 Suppl 1:S183-S203.

37. Herrera D, Roldan S, Sanz M. The periodontal abscess: a review. *J Clin Periodontol*. 2000;27(6):377-386

38. Meng HX. Periodontal abscess. *Ann Periodontol*. 1999;4(1):79-83.

39. Gill Y SC. Orofacial odontogenic infections: review of microbiology and current treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1990;70(2):155-158.

40. Karolyi M. Beobachtungen über pyorrhea alveolaris. *Osterr Ung Viertel Jahresschr Für Zahnheilkd*. 1901;17:279.

41. Stillman P. What is traumatic occlusion and how can it be diagnosed and corrected. *J Am Dent Assoc*. 1925;12:1330-1338.

42. American Academy of Periodontology. Glossary of periodontal terms. [en línea]. 2001 [accesado 5 May 2020]. Disponible en <https://www.perio.org>

43. Fan J, Caton JG. Occlusal trauma and excessive occlusal forces: Narrative review, case definitions, and diagnostic considerations. *J Clin Periodontol*. 2018 Jun;45:S199-206.

44. Ercoli C, Caton JG. Dental prostheses and tooth-related factors. *J Clin Periodontol*. 2018;45 Suppl 20:S207-S218.

45. Tonetti MS, Eickholz P, Loos BG, Papapanou P, Van Der U., Armitage G. Principles in prevention of periodontal diseases. *J Clin Periodontol*. 2015;42:S5-S11.

46. Kassebaum NJ, Bernabe E, Dahiya M, Bhandari B, Murray CJL MW. Global burden of severe periodontitis in 1990-2010: A systematic review and meta-regression. *J Dent Res*. 2014;93:1045-1053.

47. Periodontología SA. Resumen y traducción de los documentos de Consenso. 2019.

48. Tonetti MS, Greenwell H, Kornman KS. Staging and grading of periodontitis: Framework and proposal of a new classification and case definition. *J Clin Periodontol*. 2018 Jun;45:S149-61.

49. Kornman KS, Papapanou PN. Clinical application of the new classification of periodontal diseases: Ground rules, clarifications and “gray zones.” *J Periodontol*. 2020;91(3):352-360.

50. Corbet EF. Radiographs in periodontal disease diagnosis and management. *Aust Dent J*. 2009;54 Suppl 1:S27-S43.

51. Pepelassi EA, Tsiklakis K, Diamanti-Kipioti . Radiographic detection and assessment of the periodontal endosseous defects. *J Clin Periodontol*. 2000;27(4):224-230.

52. Jeffcoat MK, Wang IC, Reddy MS. Radiographic diagnosis in periodontics. *Periodontol* 2000. 1995;7:54-68.

53. Ravi V, Lipee P, Rao CVN, Lakshmikanthan L. Direct digital radiography versus conventional radiography - assessment of visibility of file length placed in the root canal: An in vitro study. *J Pharm Bioallied Sci*. 2012; 4 Suppl:S285-S289.

54. Vázquez J., Errecaborde M, Estévez A, Osende N, Ramírez MJ., Carvajal E. Utilización de la técnica radiográfica de Fitzgerald como método de diagnóstico en implantología oral y periodoncia. *Av Odontoestomatol* [en línea]. 2009 [accesado 5 May 2020] ; 25(4); 203-208.

Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-

1285200900 040000 5&lng=es.

55. Murdick R. *Sistemas de información administrativa*. 2ª ed. Mexico: Prentice Hall. 1989.
56. Institute for Telecommunication Sciences. Federal Standard 1037C. MIL-STD-188. Institute for Telecommunication Sciences; 1999.
57. Longatt F. *Introducción a los sistemas de información: Fundamentos*. Universidad Politécnica de la fuerza armada. 2007.
58. Gerón A. *Hands-on Machine learning with sakit-learn and TensorFlow*. O'Reilly Media. 2017.
59. Ekert T, Krois J, Meinhold L, Elhennawy K, Emara R, Golla T, et al. Deep Learning for the Radiographic Detection of Apical Lesions. *J Endod*. 2019;45(7):917-922.e5.
60. Lin PL, Huang PY, Huang PW. Automatic methods for alveolar bone loss degree measurement in periodontitis periapical radiographs. *Comput Methods Programs Biomed*. 2017; 148:1–11.
61. Becker AS, Marcon M, Ghafoor S, Wurnig MC, Frauenfelder T, Boss A. Deep Learning in Mammography. *Invest Radiol*. 2017;52(7):434-440.
62. Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, Ko J, Swetter SM, Blau HM, et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*. 2017;542(7639):115-118.
63. Gulshan V, Peng L, Coram M, Stumpe MC, Wu D, Narayanaswamy A, et al. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal Fundus Photographs. *JAMA*. 2016;316(22):2402-2410.
64. Lee J-H, Kim D-H, Jeong S-N, Choi S-H. Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *J Dent*. 2018; 77:106-111
65. Lee J-H, Kim D, Jeong S-N, Choi S-H. Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *J Periodontal Implant Sci*. 2018;48(2):114-123.
66. Lin PL, Huang PW, Huang PY, Hsu HC. Alveolar bone-loss area localization in periodontitis radiographs based on threshold segmentation with a hybrid feature fused of intensity and the H- value of fractional Brownian motion model. *Comput Methods Programs Biomed*. 2015;121(3):117-126.
67. Greenstein G. Current interpretations of periodontal probing evaluations: diagnostic and therapeutic implications. *Compend Contin Educ Dent*. 2005;26(6):381-399.
68. Aberin S, Goma J. Detecting periodontal disease using convolutional neural networks. En: *IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM)*; Baguio City. 2018; p.1-6.
69. Jeffcoat MK, Page R RM et al. Use of digital radiography to demonstrate the potential of naproxen as an adjunct in the treatment of rapidly progressive periodontitis. *Periodontal Res*. 1991;26(5):415-421.
70. Hausmann E, Dunford R, Wikesjö U, Christersson L, McHenry K. Progression of untreated periodontitis as assessed by subtraction radiography. *J Periodontal Res*. 1986;21(6):716-721.
71. Ash M, Lebedeff I. *Anatomía dental, fisiología y oclusión de Wheeler*. 6a ed. México, Nueva Editorial Interamericana, 1986.
72. Zhang K, Wu J, Chen H, Lyu P. An effective teeth recognition method using label tree with cascade network structure. *Comput Med Imaging Graph*. 2018;68:61-70.
73. Chen H, Zhang K, Lyu P, Li H, Zhang L, Wu J, et al. A deep learning approach to

automatic teeth detection and numbering based on object detection in dental periapical films. *Sci Rep*. 2019;9(1):3840.

74. Hwang JJ, Jung YH, Cho BH, Heo MS. An overview of deep learning in the field of dentistry. *Imaging Sci Dent*. 2019;49(1):1-7.

75. Rams TE, Listgarten MA, Slots J. Utility of radiographic crestal lamina dura for predicting periodontitis disease-activity. *J Clin Periodontol*. 1994;21(9):571-576.

76. Hugoson A, Jordan T. Frequency distribution of individuals aged 20–70 years according to severity of periodontal disease. *Community Dent Oral Epidemiol*. 1982;10(4):187-192.

77. Orozco TM. *Diagnostico Radiológico Periodontal*. Manual de prácticas de periodoncia. 2006.

78. Herbert T. Shillingburg, Jr, Sumiya Hobo, Lowell D. Whitsett, Richard Jacobi SEB. *Fundamentos Esenciales en Prótesis Fija*. 3a ed. Quitenssense; 20.