

Aplicación de Windows Desktop para obtener el cálculo cefalométrico de Steiner como auxiliar de diagnóstico dental.

Trabajo Terminal No. 23-2-0012

*Alumno: *Ortega Estrada Ismael*

Directores: López Rojas Ariel, Cruz Meza María Elena

**e-mail: iortega1800@alumno.ipn.mx*

Resumen – La cefalometría es empleada para describir y predecir el desarrollo craneofacial de un paciente. Aunque los odontólogos pueden realizar el cálculo cefalométrico de Steiner mediante un trazado manual, este requiere tiempo y material adicional. En el mercado actual las aplicaciones ofertadas para realizar este cálculo digital son limitadas y tienen un costo elevado. Por lo tanto, la siguiente propuesta tiene como objetivo desarrollar una aplicación de Windows desktop para auxiliar a los odontólogos con el diagnóstico dental de un paciente, utilizando una radiografía lateral de cráneo y el cálculo cefalométrico de Steiner.

Palabras clave – Cefalometría, Windows Desktop, Diagnóstico dental.

1. Introducción

La medición es una herramienta fundamental en la ciencia, se define como la acción de comparar una cantidad con su respectiva unidad, con el fin de averiguar cuántas veces la segunda está contenida en la primera [1].

La cefalometría es la medición de un conjunto de planos generados por alguna combinación de puntos cefalométricos marcados en una radiografía lateral de cráneo; las medidas generadas por este estudio son una herramienta descriptiva y predictiva del desarrollo craneofacial del paciente [2].

La historia del análisis cefalométrico se remonta a 1985, junto con el descubrimiento de los rayos x por Wilhelm Conrad Roentgen. Broadbent en 1931, basándose en técnicas antropométricas, se inicia el estudio del macizo cráneo facial aun en ausencia de los rayos x. [3]

El análisis cefalométrico es un conjunto de puntos anatómicos situados en una radiográfica, que al unirse formaran planos, la unión de ciertos planos formaran ángulos, la conformación y medición de estos ayudaran al odontólogo a realizar un diagnóstico y un plan de tratamiento adecuado. Existen distintos análisis cefalométricos que han surgido con el tiempo, todos estos buscando realizar un diagnóstico en particular o perfeccionar las técnicas de medición anteriores los autores que destacan al crear técnicas de medición cefalométrica son Broadbent, Bolton, Hofrath, Korkhaus, Ubaldo Carrea, De Nevreze, Paul Simon y Dreyfus, Margolis, Weingart, Thurow, Bjork, Freeman-Rasmussen, Reboul, Steiner, Andrews, Ricketts, Holdaway, McNamara, Interlandi, etc.

Los odontólogos realizan el análisis cefalométrico mediante un trazado manual, siguiendo los puntos de referencia otorgados por Steiner [2], para así obtener los planos y ángulos necesarios para el análisis. Este análisis requiere de tiempo y material adicional para realizarse (negatoscopio, herramientas de medición y marcaje de puntos, hoja translúcida), y presenta ciertas variables que pueden afectar esta medición como la identificación de los puntos, mal calibración de las herramientas de medición y una mala técnica de medición por parte del odontólogo [4].

Dado lo anterior el personal de salud, en especial odontólogos utilizan la cefalometría como un método de diagnóstico, debido a que la medición de planos y ángulos proporciona una serie de datos de relevancia sobre los aspectos esqueléticos (óseos), dentales y de tejidos blandos de los pacientes [5]. Pero no solo ayuda en el diagnóstico del paciente, también será un apoyo en el diseño del tratamiento de ortodoncia y cirugía bucal [6].

Actualmente en el mercado existen herramientas realizar la medición y obtener el cálculo cefalométrico de forma digital, en la *Tabla I* podemos observar las diferentes aplicaciones que están disponibles.

Tabla I
Resumen de productos similares

NOMBRE	CARACTERÍSTICAS	PRECIO EN EL MERCADO
Dolphin Ceph Tracing	<ul style="list-style-type: none"> - Es una imagen (.iso) de la aplicación Dolphin Imaging. - Compatible con Windows. - Tiene cuatrocientas variaciones de análisis lateral. - Se pueden colocar más de cuarenta puntos de Steiner. - Entrega un informe de resultados y el trazado de la radiografía. - Ofrece capacitación a sus clientes. 	Precio de la Imagen \$15,000
OrisCeph Mac Rx3 CE	<ul style="list-style-type: none"> - Compatible con macOS. - Tiene treinta variaciones de análisis lateral. - Se pueden colocar más de cuarenta puntos de Steiner. - Entrega un informe de resultados y el trazado de la radiografía. - Costo del producto muy elevado en comparación con su competencia. 	Versión Completa \$70,000 Actualizaciones \$6,000 Soporte \$4,000/anual
CefMed	<ul style="list-style-type: none"> - Es una aplicación web. - Compatible con cualquier navegador web. - Tiene veinticuatro variaciones de análisis lateral. - Se pueden colocar un máximo de veinticuatro puntos de Steiner. - Entrega un informe de resultados y el trazado de la radiografía. - Su precio está basado en la cantidad de pacientes por mes. - Ofrece por un costo adicional el trazado automático de los puntos de Steiner. 	Cálculo con Trazado Manual 3 pacientes \$384/mes 5 pacientes \$470/mes 10 pacientes \$750/mes 20 pacientes \$1300/mes Cálculo con Trazado Automático 3 pacientes \$565/mes 5 pacientes \$864/mes 10 pacientes \$1508/mes 20 pacientes \$2639/mes
OneCeph	<ul style="list-style-type: none"> - Compatible con dispositivos Android. - Solo cuenta con el cálculo cefalométrico de Steiner. - Se pueden colocar un total de dieciocho puntos de Steiner. - Entrega un informe de resultados y el trazado de la radiografía. 	Gratuito

Podemos observar en la *Tabla I*, que las aplicaciones ofertadas para computadora son limitadas y los precios de compra no son económicos, así como también que las aplicaciones no realizan el análisis cefalométrico de Steiner completo ya que se requiere colocar cuarenta y un puntos [2] para generar un cálculo integro, por lo que los odontólogos optan por seguir utilizando el trazado manual, aunque este requiera un mayor tiempo de elaboración.

Dado lo anterior los odontólogos afrontan el problema de obtener un análisis cefalométrico eficaz, de bajo costo y con el cual se pueda disminuir tiempos, para optimizar su trabajo teniendo mayor precisión en la colocación de puntos y en la medición de planos y ángulos, a diferencia de un trazado manual y las aplicaciones actuales en el mercado.

Para solucionar esta problemática se propone crear una aplicación que obtenga el cálculo cefalométrico de Steiner y sirva como auxiliar de diagnóstico dental, desarrollada para el sistema operativo Windows, la cual cuente con una versión de paga a un costo inferior en comparación con las actualmente ofertadas en el mercado, además de una versión simplificada gratuita que permita ingresar una radiografía en formato de imagen, misma que se calibre mediante la medida entre dos puntos conocidos, en donde se puedan colocar hasta cuarenta y un puntos de Steiner para la versión de pago y para la versión simplificada solo se puedan colocar dieciocho puntos de Steiner para obtener como salida un informe de resultados en PDF, además del trazado de la radiografía en formato de imagen.

En la *Tabla II*, se puede muestra la comparación de las aplicaciones actuales en el mercado con la solución propuesta, respecto a sus funcionalidades, requisitos y limitantes.

Tabla II
Comparación de Aplicaciones

	Dolphin Ceph Traicing	OrisCeph Max Rx3 CE	CefMed	OneCeph	Solución Propuesta
Compatibilidad	Windows	MacOs	Web	Android	Windows
No. de Puntos de Steiner	41	41	24	18	41 y 18
Tipo de Análisis	Completo	Completo	Completo	Simplificado	Completo y Simplificado
Resultados	- Informe PDF - Trazado de Radiografía	- Informe PDF - Trazado de Radiografía	- Informe PDF - Trazado de Radiografía	- Informe PDF - Trazado de Radiografía	- Informe PDF - Trazado de Radiografía
Precio	\$15,000	\$70,000	\$1300	Gratuito	\$1000 y Gratuito
Tipo de Pago	Único	Único	Mensual	-	Único
Descarga	Contactar por correo	Contactar por correo	Link de descarga directa	Play Store	Link de descarga directa
CPU	Intel Core i5	Intel Core i7	Intel Core i3	-	Intel Core i3
RAM	8GB	16GB	16GB	4GB	4GB
Disco Duro	40GB	128GB	-	3.83MB	124MB
Resolución	1280x1024	1920x1080	1280x1024	-	1920x1080
Conexión a Internet	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Tiempo de entrega de resultados	20 minutos	15 minutos	1 hora	1 minuto	2 minutos

La propuesta anterior pretende desarrollar una aplicación orientada principalmente al médico odontólogo para optimizar la medición al hacer el análisis cefalométrico, los resultados obtenidos del análisis, el odontólogo los puede utilizar como auxiliar en la planificación de tratamientos de ortodoncia, cirugía bucal (ortognática), tratamiento de asimetrías (óseas o dentales) y seguimiento del desarrollo craneofacial de los pacientes

2. Objetivos

Objetivo general.

Desarrollar una aplicación de Windows desktop para auxiliar a los odontólogos con el diagnóstico dental de un paciente, utilizando una radiografía lateral de cráneo y el cálculo cefalométrico de Steiner.

Objetivos específicos.

1. Investigar profundamente sobre el cálculo cefalométrico de Steiner.
2. Identificar los requerimientos, las reglas del negocio y los riesgos en el desarrollo de la aplicación.
3. Definir las entradas y salidas de la aplicación.
4. Detallar las pantallas de la aplicación.
5. Implementar cada uno de los subsistemas de la arquitectura del sistema.
6. Establecer comunicación entre los subsistemas desarrollados.
7. Probar los subsistemas.
8. Documentar las actividades realizadas.

3. Justificación

Actualmente, en México, la odontología ocupa el puesto número 22 en términos de profesiones con mayor cantidad de profesionistas dedicados a esta carrera, según el Instituto Mexicano de Competitividad [7].

Según la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) [8], se estima que en el segundo trimestre del 2021 había alrededor de 134,000 odontólogos activos registrados. Estos profesionistas ganan un salario promedio mensual es de \$5550 pesos y trabajan alrededor de 32.2 horas a la semana.

Con los datos estadísticos anteriores se puede concluir que en México hay un gran número de odontólogos que podrían beneficiarse de una aplicación que les ayude en su trabajo. Sin embargo, es importante que el costo de la aplicación debe estar ajustado al salario promedio de los odontólogos.

En el campo dental, especialmente en la rama de ortodoncia, se ha vuelto obligatorio realizar un análisis cefalométrico en una radiografía lateral de cráneo como auxiliar de diagnóstico.

La cefalometría consiste en una serie de mediciones lineales y angulares realizadas de manera manual o digital [9], analizando el patrón esquelético, posición de los incisivos superiores e inferiores, posición labial y biotipo facial del paciente [10]

La radiografía se ha vuelto una herramienta obligatoria como complemento en el diagnóstico dental, en ortodoncia se vuelve elemental realizar un cálculo cefalométrico para conocer las proporciones faciales, dentales y esqueléticas que presenta el paciente, para poder así elaborar un adecuado diagnóstico y plan de tratamiento.

El odontólogo para realizar estos cálculos cuenta con el apoyo de los centros de radiodiagnóstico, teniendo como desventaja el tiempo de entrega de dichas mediciones; En el mercado se encuentran herramientas que elaboran cálculos cefalométricos, sin embargo las principales desventajas que estos muestran son; análisis incompleto debido a la falta de colocación de puntos de Steiner, es decir, excluyen mediciones cefalométricas que podrían ser fundamentales en el diagnóstico dental, costos elevados y tiempos lentos de entrega.

Para solucionar la problemática anterior se elaborará una aplicación de Windows Desktop, donde el usuario ubique manualmente los puntos cefalométricos en una radiografía lateral de cráneo, y obtener así los cálculos y mediciones de Steiner de manera íntegra, instantánea, offline y económica. Se pretende abrir la posibilidad de que más odontólogos puedan utilizar esta aplicación en su trabajo cotidiano para facilitar el proceso del cálculo cefalométrico de Steiner y emplearlo como auxiliar en los diagnósticos de sus pacientes

4. Productos o Resultados esperados

Este trabajo terminal tiene como objetivo desarrollar una aplicación de Windows desktop para auxiliar a los odontólogos con el diagnóstico dental de un paciente, a partir de una radiografía lateral y obteniendo el cálculo cefalométrico de Steiner. Para explicar cómo se pretende realizar la aplicación, es necesario conocer qué entradas son requeridas para ser transformadas en las salidas esperadas. Esto se puede ver en la Figura 1.

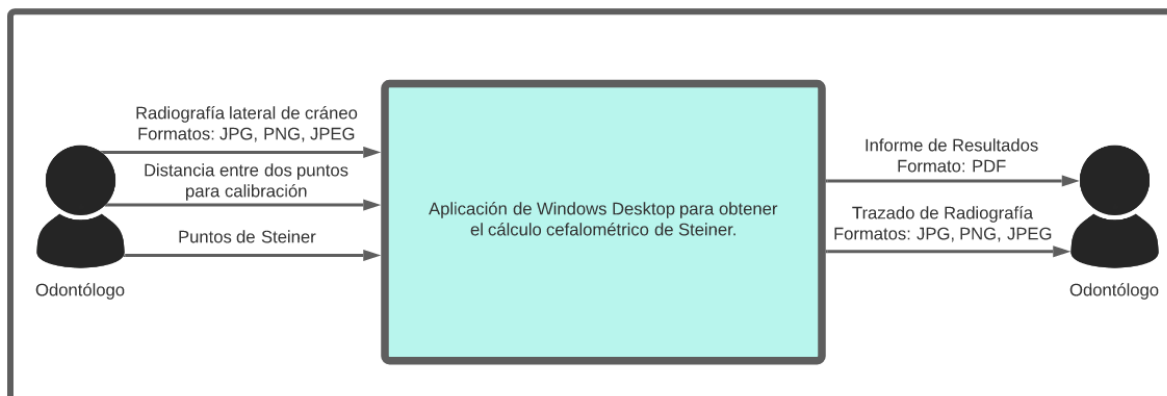


Fig. 1 Diagrama de Contexto

Como se observa en la Figura 1, la arquitectura tendrá tres entradas principales, a saber: la radiografía lateral de cráneo en formato JPG, PNG o JPGE, dos puntos y la distancia entre ellos, y por último los puntos de Steiner que el odontólogo desee ingresar. El odontólogo deberá ingresar la imagen de la radiografía lateral de cráneo, usualmente la radiografía contendrá una regla, esta se usará para que el sistema se calibre, el odontólogo deberá colocar dos puntos sobre la radiografía e introducir cuál es la distancia entre ellos. Una vez que la radiografía este calibrada el odontólogo podrá colocar hasta cuarenta y un puntos de Steiner que se enlistarán más adelante. Y como salidas, el odontólogo recibirá un informe del análisis de los resultados en formato PDF y el trazado de la radiografía en formato de imagen (JPG, PNG o JPGE).

La aplicación a su vez la integrarán cinco subsistemas, cada uno con una tarea específica e interacción entre ellos. La Figura 2 muestra la propuesta de arquitectura del sistema, los subsistemas y las conexiones entre los subsistemas que se tiene contemplado son requeridos para obtener los resultados esperados.

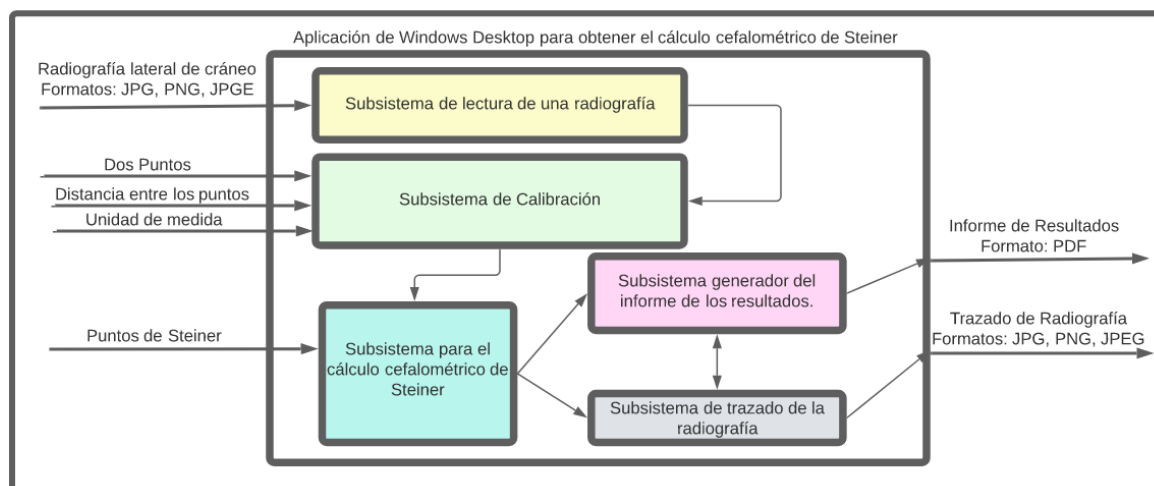


Fig. 2 Arquitectura del Sistema

El subsistema de lectura de una radiografía será el que permita al usuario subir una imagen en formato JPG, PNG o JPGE, sin embargo, el subsistema no podrá ser capaz de detectar si el odontólogo está cargando otra imagen que no sea la radiografía.

Para el subsistema de calibración se necesitarán tres entradas, el odontólogo deberá ingresar una distancia entre dos puntos que conozca junto con su unidad de medida (cm, mm, pulgadas), para que este subsistema pueda realizar una correcta calibración en la radiografía.

El subsistema para el cálculo cefalométrico de Steiner será el encargado de recibir los puntos de Steiner que el odontólogo desee ingresar, como mínimo se deberán ingresar dieciocho puntos para poder realizar el cálculo simplificado de Steiner y como máximo cuarenta y uno puntos para realizar el cálculo completo, los puntos disponibles para el odontólogo se muestran en la *Tabla II*.

Tabla III
Puntos de Steiner

	Puntos Óseos	Puntos Dentarios	Puntos Tejidos Blandos
Cálculo simplificado (Versión Gratuita)	1. Punto S 2. Punto N 3. Punto A 4. Punto B 5. Punto D 6. Punto Go 7. Punto Gn 8. Punto Pg	9. Punto AIS 10. Punto IIS 11. Punto AII 12. Punto III 13. Punto OMI 14. Punto OMS	15. Punto Pg' 16. Punto LI 17. Punto LS 18. Punto A'
Cálculo Completo (Versión de Paga)	19. Punto Ba 20. Punto Or 21. Punto Po 22. Punto Pt 23. Punto ENA 24. Punto ENP 25. Punto Me 26. Punto Co 27. Punto G 28. Punto Pr 29. Punto Sn 30. Punto Ar 31. Punto Tm		32. Punto N' 33. Punto Prn 34. Punto Tr 35. Punto Sn' 36. Punto Go' 37. Punto Gn' 38. Punto Me' 39. Punto St 40. Punto B' 41. Punto G'

Con los puntos de la *Tabla II* el subsistema para el cálculo cefalométrico de Steiner calculará los segmentos y ángulos disponibles para enviárselos al subsistema generador del informe de los resultados, el cuál generará un PDF con los resultados para enviarlo como salida al odontólogo.

EL subsistema de trazado de la radiografía se encargará de unir los puntos mediante líneas y marcar los ángulos dentro de la radiografía, para que al finalizar el odontólogo pueda descargar su radiografía con el trazado.

Una vez terminada la aplicación, los productos que se esperan obtener son:

1. Aplicación de Windows Desktop para el cálculo cefalométrico de Steiner como auxiliar de diagnóstico dental.
2. Manual de usuario.
3. Documento técnico.

5. Metodología

Para desarrollar este trabajo terminal se hará uso del modelo incremental, el cual se ha elegido principalmente porque es útil cuando el tiempo de entrega es corto y el personal necesario para la implementación es reducido [11] como es el caso de esta propuesta dado que el tiempo para la entrega es de alrededor de cinco meses y solo se cuenta con un integrante en el equipo. Como puede notarse, este modelo resulta optimo ante las necesidades del trabajo terminal el cual requiere de manera indispensable la pronta entrega de prototipos con el propósito de que se puedan efectuar los cambios y ajustes pertinentes en tiempo y forma derivados de las evaluaciones con los directores y los sinodales que evaluarán este trabajo terminal.

Dentro del ciclo de cada incremento se tomarán en cuenta las fases que se muestran en la *Figura 3*, dentro del trabajo terminal la propuesta de arquitectura del sistema se compone por cinco subsistemas, por lo que serán necesarios cinco incrementos como mínimo para concluir con el trabajo terminal.

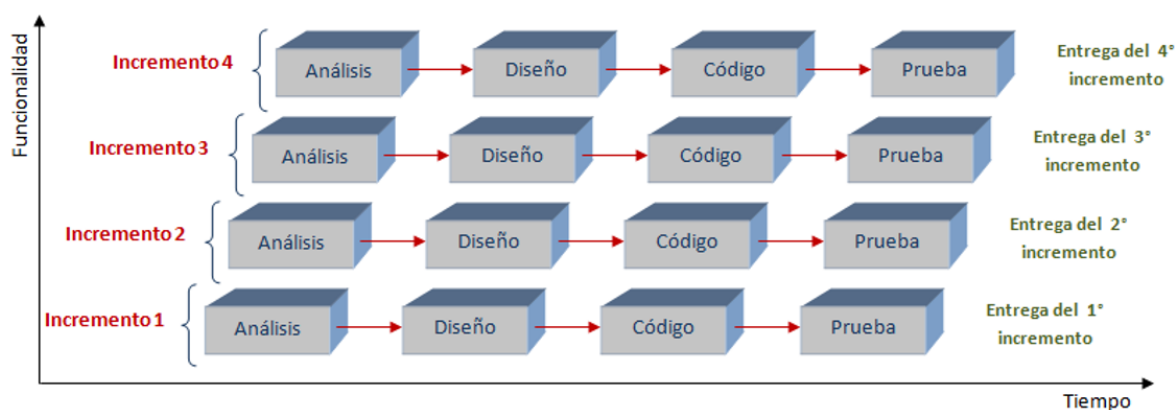


Fig. 3 Modelo Incremental. [12]

- Análisis: Obtener los requerimientos, definir las tecnologías a emplear y analizar los riesgos.
- Diseño: Definir el alcance del prototipo y realizar el maquetado de las pantallas.
- Codificación: Implementar el prototipo establecido.
- Pruebas: Comprobar que lo diseñado concuerde con lo desarrollado, en este punto es donde se debe realizar la retroalimentación en caso de que se necesite modificar algo.

Para los incrementos iniciales del ciclo de vida del trabajo terminal, se deberán atender los requerimientos más esenciales, la elección de prioridad de los requerimientos se podría establecer una vez realizado el análisis de riesgos con el fin de obtener prototipos funcionales para cada entrega.

6. Cronograma

A continuación, se muestra el calendario de actividades que se tienen contempladas para la realización de este trabajo terminal.

Nombre del alumno: Ortega Estrada Ismael

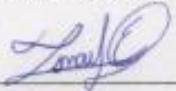
ID	Actividad	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Incremento 1						
Análisis	Investigar profundamente sobre el tema y redactar el marco teórico, establecer las tecnologías a emplear.					
Diseño	Definir las entradas y salidas del sistema.					
Codificación	Codificar el subsistema de lectura de radiografía.					
Pruebas	Crear la lista de cotejo para la evaluación y revisar el subsistema desarrollado.					
Incremento 2						
Análisis	Definir los requerimientos del sistema y establecer las reglas del negocio.					
Diseño	Diseñar los diagramas necesarios.					
Codificación	Codificar el subsistema de calibración.					
Pruebas	Crear la lista de cotejo para la evaluación y revisar el subsistema desarrollado.					
Incremento 3						
Análisis	Analizar los riesgos del trabajo terminal					
Diseño	Diseñar las pantallas de todos los subsistemas.					
Codificación	Codificar el subsistema de para el cálculo cefalométrico de Steiner.					
Pruebas	Crear la lista de cotejo para la evaluación y revisar el subsistema desarrollado.					
Incremento 4						
Análisis	Definir las reglas derivadas del sistema.					
Diseño	Definir la comunicación entre los subsistemas.					
Codificación	Desarrollar el subsistema generador del informe de resultados y el subsistema de trazado de la radiografía. Codificar la comunicación entre los subsistemas.					
Pruebas	Crear la lista de cotejo para la evaluación y revisar que todos los subsistemas funcionen correctamente					
Presentación	Presentar el TT.					
	Actividades Persistentes					
A	Generar el manual de usuario.					
B	Generar el reporte técnico.					

7. Referencias


- [1] Real-Academia-Española, «Diccionario de la lengua española,» 23.^a ed., [versión 23.6 en línea]. <<https://dle.rae.es>>.
- [2] C. Steiner, «Cephalometrics for you and me,» *Am. J. Orthod.*, vol. 39, nº 1, pp. 729-755, 1953.
- [3] A. Companioni-Bachá, M. Rodríguez-Quinónez, V. Días-de-Villegas-Rushkova y R. Otaño-Lugo, «Bosquejo histórico de la Cefalometría Radiográfica,» *Rev Cubana Estomatol*, vol. 45, nº 2, 2008.
- [4] D. Roden-Johnson, J. English y R. Gallerano, «Comparison of hand-traced and computerized cephalograms: Landmark identification, measurement, and superimposition accuracy,» *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, vol. 133, pp. 356-364, 2008.
- [5] S. Pradip, S. Harish Kumar, K. Om Prakash y D. Ritu, «Comparison of reliability and validity of posteroanterior cephalometric measurements obtained from AutoCEPH© and dolphin© cephalometric software programs with manual tracing,» *J. Indian Orthod. Soc.*, vol. 51, nº 1, pp. 106-114, 2018.
- [6] M. Erkan, H. Gurel, M. Nur y B. Demirel, «Reliability of four different computerized cephalometric analysis programs,» *Eur. J. Orthod.*, vol. 34, nº 1, pp. 318-321, 2012.
- [7] «Informe del Instituto Mexicano para la Competitividad,» [En línea]. Available: <https://imco.org.mx/comparacarreras/ranking/profesionistas/2022/1>. [Último acceso: 22 02 2023].
- [8] «Data México,» [En línea]. Available: <https://datamexico.org/es/profile/occupation/dentistas>. [Último acceso: 22 02 2023].
- [9] L. Graber, R. Vanarsdall y K. Vig, «Ortodoncia : principios y técnicas actuales,» . 5^{ta} ed. Barcelona: Elsevier, pp. 17-30, 2013.
- [10] C. Rica, B. Cubillo, J. Benavides y J. Smith, «Principales análisis cefalométricos utilizados para el diagnóstico ortodóntico,» *Rev Científica Odontológica*, vol. 2, nº 1, pp. 11-27, 2006.
- [11] E. G. Maida y J. Pacienza, «Metodologías de Desarrollo de Software,» *Universidad Católica Argentina*, p. 117, 2015.
- [12] M. Costanzo, «Modelo de desarrollo incremental iterativo de Software,» [En línea]. Available: <https://mwebs.com.uy/blog/qu%C3%A9-es-el-desarrollo-incremental/23>. [Último acceso: 25 Enero 2023].

8. Alumnos y Directores


Ortega Estrada Ismael. – Alumno de la carrera de Ing. En Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta: 2019630035. Tel. 5540692606, correo: iortega1800@alumno.ipn.mx.

Firma: 

López Rojas Ariel. – Docente en ESCOM-IPN. E-mail: arlopez@ipn.mx. Tel. 5729-6000. Ext. 52032.

Firma: 

Cruz Meza María Elena. – Doctora en Educación, M. en C. de la Computación con especialidad en Reconocimiento de Patrones y Tratamiento Digital de Imágenes. Áreas de interés: Reconocimiento de Patrones, Análisis de Imágenes, Algoritmos Genéticos, Educación. E-mail: mcruzme@ipn.mx. Ext. 52032.

Firma: 

CARÁCTER: Confidencial
FUNDAMENTO LEGAL: Artículo 11 Fracc. V y Artículos 108, 113 y 117 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.
PARTES CONFIDENCIALES: Número de boleta y teléfono