



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**FLUJO DE TRABAJO DIGITAL EN ORTODONCIA
INTERCEPTIVA**

TESINA

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
CIRUJANA DENTISTA**

P R E S E N T A:

CARMEN JAQUELIN PÉREZ GARCÍA

TUTOR: Mtro. RICARDO ORTIZ SÁNCHEZ

MÉXICO, Cd. Mx.

2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Quiero agradecer a mis papás, a mi papá por ser el sustento económico en todos estos años de esta carrera y que nunca me dijo no, en segundo lugar quiero agradecer a mi mamá por siempre estar ahí para mí, dejando todo de lado para hacerme la vida más fácil.

A mis amigas que conocí en la Facultad y que me hicieron pasar momentos increíbles y que atesoraré por el resto de mis días, a Lizbeth, Sofia, Edith y en especial a Stephanie que fue mi mejor amiga en la carrera, nunca olvidaré todas las risas que compartimos juntas, espero que nuestra amistad perdure por muchos años más.

A mi asesor el Dr. Ricardo Ortiz muchas gracias por siempre estar para mí para resolver mis dudas y estar con la mayor de las disposición; así como ayudar en la elaboración de esta tesina.

Muchas gracias a todos los profesores y profesoras de la Facultad por haberme transmitido su conocimiento y por haber marcado huella en mi formación tanto personal como académica.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme las herramientas necesarias, pero en específico a la Facultad de Odontología por haberme brindado maravillosas experiencias y una muy buena calidad educativa.

Se que no es muy común, pero me gustaría agradecer a mis perros por que si bien no llevamos mucho tiempo juntos, siempre me hacen sentir mejor.

Trabajo realizado con el apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME-
Proyecto PE206223

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1. ORTODONCIA

1.1 Definición

1.2 Oclusión

1.3 Maloclusión

1.4 División de la Ortodoncia

1.5 Importancia de la Ortodoncia Interceptiva en la Odontología

CAPÍTULO 2. FLUJO DIGITAL EN ODONTOLOGÍA

2.1 Definición

2.2 Antecedentes del flujo digital

2.3 Importancia del flujo digital

2.4 Ventajas y desventajas del flujo digital en odontología

2.5 Escaneo intraoral

2.5.1 Tipos de escáner

2.6 Diseño asistido por computadora

2.7 Impresión 3D

2.7.1 Técnicas y materiales de impresión 3D.

2.7.2 Formatos de impresión 3D

CAPÍTULO 3. FLUJO DIGITAL EN ORTODONCIA

1. Historia Clínica

2. Auxiliares de diagnóstico

a. Radiografía

b. Fotografía

c. Modelos de estudio

3. Influencia del flujo digital en el pronóstico y plan de tratamiento

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

La odontología en los últimos años ha registrado importantes avances en el ámbito tecnológico, con el desarrollo de nuevas aplicaciones, materiales y herramientas como auxiliares para el diagnóstico y tratamiento odontológico.

Un flujo de trabajo digital es considerado como todas aquellas herramientas, ya sea en cuestión de dispositivos, aparatos, materiales o softwares, etc. que se pueden emplear en la consulta odontología desde el inicio del tratamiento hasta el final de él.

Un flujo de trabajo digital si bien engloba el CAD/ CAM (Diseño asistido por computador/ Fabricación Asistida por Computadora); no representa la totalidad de este, es solo una parte de todo el sistema. Un flujo de trabajo digital completo puede ser aplicado en cualquier especialidad odontológica, pero debido a los altos costos iniciales, tienen un mayor enfoque y desarrollo para tratamientos correctivos que suelen ser más costosos, como en el área de prótesis, para la colocación de implantes y diseño de restauraciones. En el área de la ortodoncia inicialmente se limitaron a la predicción de sonrisa, la cual funciona como una guía explicativa virtual y no real de los resultados del tratamiento del paciente, a la fabricación de retenedores y de Alineadores Invisibles para casos sencillos como los ofrecidos por los sistemas Moons e Invisalign®.

Los últimos avances tecnológicos en el área odontológica se centran en la obtención de modelos; los cuales pueden tomarse digitalmente directamente de la boca del paciente, o pueden ser vaciados en yeso y posteriormente digitalizarse con un escáner de mesa; posteriormente se modifican los modelos para crear una malla 3D y obtenerse un archivo STL en donde se diseñará el aparato; por último se realizará la impresión 3D de este trabajo por técnica directa o indirecta en cualquiera de los

materiales deseados, siguiendo los distintos procedimientos que requiere cada uno de los materiales.

Uno de los principales retos, aparte de la curva de aprendizaje, que requiere cada sistema, es que los usuarios inexpertos de estos sistemas suelen diseñar en base puramente estética, sin tomar en cuenta la función o la biomecánica de los tejidos involucrados.

CAPÍTULO 1. ORTODONCIA

1.1 Definición

La ortodoncia es una especialidad de la odontología; la palabra “ortodoncia”, la cual proviene de los dos vocablos griegos: “orthos”, que significa enderezar o corregir, y “dons” que significa diente. ¹

Angle consideraba que el objetivo de la ortodoncia era “la corrección de las maloclusiones de los dientes”. ¹

De igual forma se puede definir como rama de la odontología que se encarga de prevenir, diagnosticar, interceptar y tratar las maloclusiones dentales y trastornos maxilofaciales. ²

La Ortodoncia también se puede definir como aquella especialidad de la Odontología que se ocupa de la supervisión, guía y corrección de las estructuras dentofaciales tanto las que están en crecimiento como las ya maduras. En estas situaciones se incluyen las que requieren movimientos de dientes o la corrección de las maloclusiones y malformaciones de las estructuras relacionadas mediante la modificación de las relaciones entre dientes y huesos faciales por la aplicación de fuerzas y/o la estimulación y redirección de fuerzas funcionales dentro del complejo craneofacial. ³

Entre las principales responsabilidades de la ortodoncia se incluyen el diagnóstico, prevención, interceptación y tratamiento de todas las formas de maloclusión de los dientes y de las alteraciones asociadas en sus tejidos circundantes; el diseño, aplicación y control de las aparatologías funcionales y correctivas; y la guía de la dentición y de sus estructuras de soporte para conseguir y mantener unas relaciones óptimas en armonía fisiológica y estética entre la cara y las estructuras craneales. ³

1.2 Oclusión

El estudio de la oclusión no solamente se trata de la descripción morfológica; sino que engloba las variaciones de los componentes del sistema estomatognático y a su vez considera los posibles efectos por la edad, modificaciones funcionales y patológicas. ¹

Otra definición es el contacto existente entre los dientes; el contacto puede ser de manera estática, es decir, cuando se encuentran en un estado de máxima intercuspidadación o en un estado dinámico, es decir, cuando los dientes se deslizan entre ellos en el movimiento mandibular. ⁴

La definición de oclusión publicada por el Glosario de Términos Odontológicos, versión 8 (GTO-8), tiene dos acepciones:

1. “El acto o proceso de cierre, o corte”
2. “La relación estática entre las superficies de corte o masticación de los dientes maxilares y mandibulares análogos”

Una oclusión funcional es el contacto entre dientes maxilares y mandibulares durante la masticación y deglución. ^{5,6}



Figura 1. Oclusión céntrica desde una vista lateral. ¹⁷

1.3 Maloclusión

Maloclusión es “Aquella condición donde hay un alejamiento de la relación normal de los dientes con los otros del mismo arco y con los del arco antagonista.” ⁷

Cuando se habla de maloclusiones se refiere a aquella expresión de un desarrollo que no es armónico en aquellos componentes del aparato estomatognático. ⁷

Cuando se habla de maloclusiones se refiere a desviaciones en la oclusión deseada; además de que el término maloclusión es un término meramente dental. ⁸

Hay distintos factores involucrados en el desarrollo de una maloclusión, entre los cuales se encuentran:

- a. Tamaño del maxilar
- b. Tamaño de la mandíbula (rama como del cuerpo)
- c. Factores que determinan la relación entre las dos bases esqueléticas, tal como la base de cráneo y los factores ambientales
- d. Forma de la arcada
- e. Tamaño y morfología de los dientes
- f. Número de dientes presentes
- g. Morfología de los tejidos blandos y el comportamiento de los labios, lengua y musculatura peribucal. ⁹

1.4 División de la ortodoncia

La ortodoncia se subdivide en tres ramas:

Ortodoncia preventiva. Son todas aquellas acciones que se aplican para preservar lo que se considera como oclusión normal. De igual forma es la rama que estudia los procesos y medidas para así evitar la aparición de maloclusiones. ¹⁰

Estas acciones no solo deben aplicarse por parte del ortodoncista, si no que el odontólogo general debe de aplicar ciertas acciones en cuanto al diagnóstico y remisión al ser el primer contacto con el paciente.

Entre las acciones que puede realizar el odontólogo está el correcto reconocimiento de lesiones cariosas, que pueda afectar el perímetro de las arcadas; la detección y eliminación de hábitos perniciosos, así como la colocación de mantenedores de espacio en caso de ser necesario.

La ortodoncia preventiva actúa desde el momento en que comienzan a erupcionar los dientes deciduos hasta el recambio dental y contempla todas aquellas medidas preventivas como lo son: un correcto cepillado dental, selladores de fosetas y fisuras, aplicación tópica de flúor y buenos hábitos alimenticios.

Ortodoncia Interceptiva. La Ortodoncia Interceptiva a su vez comprende todas aquellas medidas que se pueden tomar desde que aparecen los primeros signos clínicos de la enfermedad, como por ejemplo: la eliminación de dientes retenidos, reconstrucción adecuada del diente, colocación de mantenedores de espacio para evitar un daño al perímetro del arco, eliminación de hábitos nocivos, tratamiento temprano de mordidas cruzadas, detección y eliminación de problemas respiratorios, eliminación de frenillos de inserción patológica, tratamiento de alteraciones de tamaño y forma de los dientes; corrección de disfunciones musculares; detección y tratamiento de enfermedades sistémicas, etc. ¹⁰

Ortodoncia correctiva. Este tipo de ortodoncia se da cuando no se ha realizado un tratamiento interceptivo, o no se ha podido corregir la naturaleza de la maloclusión con el tratamiento anterior; es decir, cuando ya se tiene una maloclusión ya consolidada.

Se recomienda iniciar estos tratamientos a la edad de los 10 o 12 años, pero eso no quiere decir que no se puede llevar a cabo un tratamiento más avanzado en la adolescencia o bien en la edad adulta. Hay ciertos casos en los que el problema sea muy extremo y solo con aparatología no pueda ser corregido; en ese caso se tendrá que combinar la ortodoncia con la cirugía. ¹¹

1.5 Importancia de la Ortodoncia Interceptiva en la Odontología

La ortodoncia o tratamiento Interceptivo se utiliza con el fin de corregir problemas de maloclusión y/o hábitos perniciosos, los cuales pueden llegar a interferir con el patrón de crecimiento normal de la cara y de los maxilares.

Hay distintos tipos de maloclusiones que surgen de hábitos como la succión digital, onicofagia, etc, que pueden llegar a corregirse al eliminar dicho hábito.

La Ortodoncia Interceptiva, en concreto se enfoca en la corrección de aquella alteración incipiente, que, de no ser corregida, empeorara la maloclusión. ¹²

La ortodoncia actual se enfoca principalmente en la intercepción de la maloclusión en la fase de dentición mixta, ya que esta es la época más adecuada para actuar de manera ortopédica sobre el desarrollo óseo y la erupción dentaria. ¹²



Figura 2. Maloclusión clase II subdivisión I. 17

CAPÍTULO 2. FLUJO DIGITAL EN ODONTOLOGÍA

2.1 Definición

Se define al flujo de trabajo digital como la secuencia de pasos caracterizada por la ayuda computarizada que abarca distintas etapas: la adquisición de imágenes, diseño asistido por computadora (CAD) y fabricación asistida por computadora (CAM) y la postproducción del resultado logrado. ¹³

Integra el uso de fuentes digitales que son más precisas, sus archivos se pueden transmitir y almacenar de manera más eficiente y en mayor cantidad que en un sistema analógico. y así va generando distintas etapas que tienen como objetivo final el diseño y la creación de los elementos que se va a utilizar en la práctica odontológica, ya sea para la exploración, diagnóstico, planificación, ejecución del tratamiento, control y mantenimiento. ¹¹

2.2 Antecedentes

Una de las grandes tecnologías aplicadas a la odontología fue desarrollada por el Dr. F. Duret en el año de 1971, ya que fue el primero en idear la odontología asistida por un computador. Con dicho sistema, Duret fue el pionero en impresión óptica, a partir del cual se podía diseñar y fresar un diente pilar.

Posteriormente en el año de 1983 el Dr. Mörmann de la Universidad de Zurich y Marco Brandestini de Brains Inc, se dieron a la tarea de fabricar la primera restauración cerámica en consultorio y no fue hasta el año de 1986, que el sistema CEREC ® (Dentsply Sirona); salió al mercado; el sistema consistía en una cabeza de escáner para la impresión digital con el módulo de fabricación de la restauración en una sola unidad.

En el año de 1996, salió el sistema CEREC ® 2; y posteriormente se creó CEREC ® Scan (CEREC InLab) principalmente para uso de laboratorio y CEREC ® 3 para uso en clínica, un sistema dividido en dos unidades, una para escaneo de preparaciones y diseño de la restauración y otra para la fabricación.

La impresión 3D por su parte no tiene tantos años de su invención, ya que fue hasta 1984 que Charles Hull, un investigador del campo de la óptica iónica, realizó distintas pruebas en el laboratorio con varias resinas fotopolimerizables por luz UV; a través del rayo láser, se encarga de solidificar determinadas partes de las resinas, lo cual le permite crear objetos controlando el láser por computadora.

En el año de 1986, el Dr. Hull se encargó de patentar el sistema y crear una empresa alrededor de esta tecnología. En los años siguientes vinieron nuevas tecnologías como lo es el modelo de depósito fundido (FDM), el cual fue desarrollado por Scott Crum.¹⁴

2.3 Flujo digital hoy en día

El flujo de trabajo digital hoy en día se ha visto incrementado debido al uso de tecnologías como lo son los escáneres intraorales y softwares.¹⁵

En la actualidad todos los procedimientos realizados en la odontología ocupan un recurso digital. Como por ejemplo en la ortodoncia, vemos que no puede funcionar en la actualidad sin la presencia de una serie fotográfica, que es un recurso digital; de una serie radiográfica que utilizan proceso digital y una cefalometría que en general incluye un software de cálculo cefalométrico. De igual forma, los tratamientos endodónticos se ayudan de exploraciones radiológicas digitales en 2 y en 3 dimensiones como lo son la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT).¹⁶

Los sistemas informáticos han permitido el desarrollo de varias ramas como el diseño asistido por ordenador (CAD), ingeniería inversa (RE), digitalización 3D, la ingeniería asistida por ordenador (CAE), el mecanizado por ordenador (CAM), la fabricación rápida (RM), prototipado rápido (RP), la inspección asistida por ordenador (CAI), la calidad asistida por ordenador (CAQ) y más. ¹⁴

El flujo de trabajo digital no es lo mismo que CAD/CAM si no que solo es un parte del flujo de trabajo, la tecnología CAD/CAM nos permite fabricar de manera digital restauraciones como incrustaciones, coronas, carillas, prótesis parciales y además permiten al dentista colocarlas el mismo día. También se puede utilizar para tratamientos de cirugía e implantología, haciendo que estos tratamientos sean mínimamente invasivos, con unos resultados muy favorecedores y mucho más precisos por ejemplo con el uso de férulas guía para la colocación de implantes.

El procedimiento de diseño de sonrisa digital sustituye los tradicionales encerados, y permite mostrar al paciente tener una visión más cercana de cómo va a quedar el final del tratamiento y mantenerlo más motivado durante las fases de este. ¹⁷

2.4 Ventajas y desventajas

Ventajas

Reducen tiempos de trabajo al ser un proceso automatizado. ¹⁸

Desventajas

Fuerte inversión económica, ya que para recuperar los gastos en equipo se debe de contar con un gran número de pacientes. ¹³

Aumentan exactitud y precisión de los trabajos finales debido a la maquinaria implementada. ¹⁸	La mayoría de los sistemas son de tipo “cerrados”, ya que la fabricación se debe de realizar con la misma empresa que lleva a cabo la digitalización. ¹³
Mayor comodidad, fiabilidad para el paciente como odontólogo, ya que se requieren de menos citas, y a través de este sistema puedes ver como se planeará el diseño del tratamiento y así poder mostrárselo al paciente. ¹⁸	Requiere una curva de aprendizaje que conlleva tiempo y práctica. ¹³ Los avances tecnológicos pueden hacer que el equipo quede obsoleto en pocos años.
A través del flujo digital podemos digitalizar el trabajo y evitarnos de la múltiple papelería. ¹⁸	Requiere la implementación periódica de respaldos de los archivos. Los programas nuevos pueden no ser compatibles con versiones antiguas.

2. 5 Escaneo intraoral

Es el primer paso en el CAD-CAM, el cual se obtiene a partir de estructuras tridimensionales y puede ser a través de un escaneo intraoral directamente de la boca del paciente, es decir, una digitalización directa; o mediante el escaneo de modelos de yeso o de impresiones, a lo que se llama una digitalización indirecta.

a. Digitalización indirecta (Realizada mediante un escáner de mesa). Esta técnica emplea un láser y los modelos impresiones y/o registros de mordida. Se colocan sobre una plataforma que gira e inclina

para que la cámara lo visualice generando un **modelo STL**. Posterior a ello el modelo o el objeto escaneado puede ser desechado. 19

Estos escáneres son capaces de digitalizar modelos de yeso e impresiones mediante sistemas de registro óptico. 9



Figura 3. Escáner láser portátil Shining 3D Ex Pro

Fuente propia

b. Digitalización directa (Escáner intraoral). Consiste principalmente en una estación móvil de trabajo que es la encargada de recolectar los datos, de igual forma se cuenta con un monitor para visualizar los datos, una cámara intraoral que es la que se encarga de recabar la información de la boca del paciente. El mecanismo por el cual funciona mediante un láser que se proyecta desde la cámara intraoral hacia el objeto y se refleja de nuevo sobre el sensor dentro de la cámara. 19



Figura 4. Escaneo intraoral realizado en paciente. 30

2.5.1 Tipos de escáneres

Existen 3 tipos:

1. Escáner de mesa. Se obtiene a partir de una impresión convencional.
2. Escáner intraoral. Es utilizado directamente en la boca del paciente.
3. Tomógrafo. Mejor conocida como CBCT.

	Ventajas	Desventajas
Escáner de mesa	Superficies lisas y regulares. Tejidos muy detallados (paladar y zona retromolar) Buena configuración	Se requiere de una toma de impresión y/o vaciado previo.

de las caras y vértices.

Más practicidad para técnico dental.

Escáner intraoral	Captura detalladamente los dientes. Mayor resolución. En caso de solo utilizar un diente o segmentos pequeños es más conveniente. Más rápido al eliminar el proceso de vaciado. Más eficiencia. Se puede obtener el color más fiel. Practicidad para dentista.	Limitaciones en captura de dientes, encía, zona oclusal, paladar. Requiere reducción de puntos antes de ser utilizado, es decir, un paso adicional. Manipulación difícil en ciertas zonas.
Tomógrafo	Registra huesos y dientes	Para mantener baja la radiación, el muestreo es de máximo un tercio de milímetro. lo que proporciona modelos con menos definición que las otras alternativas. Alto costo. Mayor radiación al momento de capturarlo. No es útil en restauraciones pequeñas o más detalladas. 20



Figura 5. InEos ® escáner de mesa.
Fuente propia



Figura 6. Escáner iTero ®.
Fuente propia

2.7 Diseño asistido por computadora (CAD)

La Fase CAD, como se expuso anteriormente es aquella que abarca todo lo correspondiente al diseño asistido por ordenador, es decir los software que se emplean para llevar a cabo dicho diseño y posteriormente fabricación. ¹³

El fabricante proporciona un software, y cada marca registrada tiene un software propio. ¹⁹

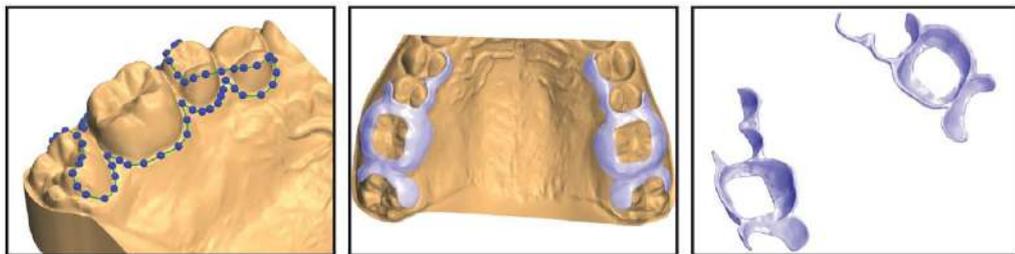


Figura 7. Expansor diseñado digitalmente con “islas” metálicas de cobertura parcial en molares y premolares maxilares y aberturas oclusales en los primeros molares. ³¹

2.8 Impresión 3D

Se conoce como impresión 3D o fabricación aditiva, es un proceso por el cual se crean objetos con formas geométricas precisas utilizando escáneres de diseño asistido por computadora (CAD-CAM) o escáneres de objetos 3D. La fabricación aditiva consiste en la construcción capa por capa, difiere de la fabricación tradicional ya que en la primera no se requiere de un mecanizado o técnicas para sustraer el exceso de material.

El proceso inicia con el diseño del objeto que se desea construir, posteriormente este último se lleva a un archivo digital, para que con ayuda de un programa de modelado 3D, se pueda preparar el diseño para el sistema y material en el que se va a imprimir. ²¹

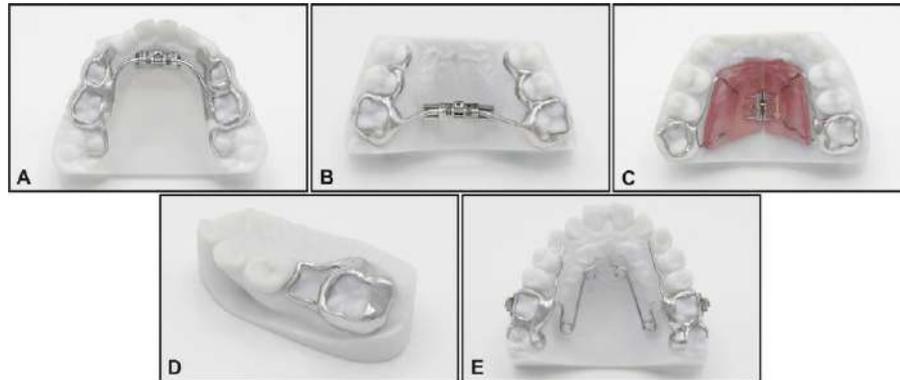


Figura 8. Ejemplo de aparatología metálica impresa a través de la impresión 3D. 32

2.8.1 Técnicas y materiales de impresión 3D

Los aparatos se pueden obtener por impresión directa por sinterización selectiva por láser, al fusionar granos de metal, y por estereolitografía (SLA) con polímeros de grado médico, o de forma indirecta por Estereolitografía (SLA) con polímeros regulares y técnica de cera perdida.

A continuación, se mencionan algunas de las técnicas, así como materiales a utilizar en cada una de ellas y los usos que se les da en una impresión en 3D:

Modelado por deposición fundida (FDM). Creación de capas de abajo hacia arriba, en donde un filamento termoplástico se calienta hasta alcanzar un estado semilíquido y se va extruyendo a través de un cabezal en forma de gotas ultrafinas.

Utiliza materiales como los polímeros termoplásticos como el ácido poliláctico (PLA) y principalmente se usa en impresiones de baja resolución o en impresión de prototipos de piezas grandes.

Es una tecnología limpia y fácil de utilizar, que permite la esterilización en autoclave, y desinfección con peróxido de hidrógeno, óxido de etileno, rayos GAMMA, etc. Otra de sus ventajas es el bajo costo de producción.

Sinterización selectiva por láser (SLS). Emplean un láser para fusionar granos de metal, resina o plástico capa por capa.

Utiliza resinas para fotopolimerización, resinas con relleno cerámico y se emplea en modelos dentales, guías quirúrgicas y férulas, dispositivos ortodóncicos (alineadores y retenedores), coronas moldeables y puentes.

Tiene buena reproducción de detalles y geometrías complejas; además de que produce estructuras muy resistentes al impacto y a altas temperaturas. Como desventajas está la gran pérdida de material (alrededor de un 30%); además del excesivo tiempo de producción. Estos equipos suelen ser impresoras de gran tamaño; lo que las hace ideales para producción en gran escala.

Impresión directa en metal DMP (direct metal printing) o DMLS (direct metal laser sintering). Impresión de metal o aleación metálica las cuales provienen de un archivo CAD; en el cual se sinteriza el metal en polvo y un láser de alta precisión se dirige hacia a las partículas de metal en polvo para así crear delgadas capas de metal una a una.

Esta técnica produce pequeñas piezas y de alta complejidad, con un mejor acabado, alta precisión y mayor reproducción

Estereolitografía (SLA). Endurece la superficie de un polímero fotosensible con la ayuda de un láser o fuente de luz sobre él. Se eleva de forma vertical en el contenedor junto con un polímero y así se puede endurecer y crear un objeto 3D.

Emplea polvos como el aluminio, poliamida rellena con partículas de vidrio, goma como el poliuretano. Es utilizado en impresión directa con polímeros de grado médico, o de forma indirecta con polímeros regulares y técnica de cera perdida.

Permite la impresión de una gran cantidad de objetos con una gran calidad de detalle y en un lapso de tiempo relativamente corto; se utiliza en impresiones detalladas de mayor tamaño; no produce desperdicio de material y apenas requiere de un post-procesamiento.

Requiere de soportes durante la producción del patrón y los objetos impresos se deforman en altas temperaturas.

Procesamiento digital por luz (resina) (DLP). Un fotopolímero líquido es activado a través de la proyección de luz, solidificando las capas en forma de bloques rectangulares (voxel).

Se utiliza para fabricar implantes de zirconio; dentro de las ventajas se contempla que esta técnica cuenta con una mayor velocidad de impresión en comparación con SLA. ; además que permite impresión de objetos pequeños, con mayor calidad de detalles.

Como aspectos negativos no permite una impresión en serie de varios objetos pequeños, requiere de soportes especiales en su producción y un post-procesamiento.

Impresión Polyjet. Dos materiales solidifican al contacto de la luz UV, pero a diferencia de los demás sistemas, la resina fotopolimerizable está contenida en cartuchos y se deposita mediante cabezales antes de ser polimerizados.

Imprime distintos fotopolímeros y se utiliza en la fabricación de implantes craneofaciales, sofisticados modelos anatómicos, guías, prótesis faciales (ojos, nariz y orejas).

Esta técnica nos brinda impresiones precisas, muy buena resolución, superficies lisas, suaves. geometrías complejas; no requiere de un soporte y tiene una alta compatibilidad con distintos materiales y colores.; además de que es menor el costo y tiempo de impresión. Aunque el proceso es un poco más lento en comparación con una SLA y DLP. ^{21,22}



Figura 9. Impresora 3D de alta velocidad NextDent ®

Fuente propia



CROWNTEC for NextDent
3D Print resin for the manufacturing of biocompatible permanent crowns



NextDent Ortho Flex
Transparent 3D print material for Splints and Retainers



NextDent Denture 3D+
3D Print resin for the manufacturing of removable denture bases



NextDent Cast
3D Print resin for the manufacturing of castable parts



NextDent Gingiva Mask
3D Print resin for the manufacturing of gingiva masks on dental models



NextDent Tray
3D Print resin for the manufacturing of Individual Impression trays



NextDent Model 2.0
3D Print Resins for the manufacturing of prosthodontic and orthodontic models



NextDent Ortho Rigid
3D Print resin for the manufacturing of dental splints



NextDent Ortho IBT
3D Print resin for the manufacturing of Indirect bonding trays.



NextDent C&B MFH
Micro Filled Hybrid 3D print resin for the manufacturing of long-term temporaries



NextDent Try-In
3D Print resin for the manufacturing of try-in devices



NextDent SG (Surgical Guide)
3D Print resin for the manufacturing of dental surgical guides

Figura 10 . Materiales plásticos dentales utilizados para impresión 3D. 33



Figura 11. Materiales disponibles para impresoras 3D. Tecnología Direct Metal Printing, MultiJet Printing, Stereolithography. 33

2.7.2 Formatos de impresión 3D

Son aquellos archivos digitales que pueden ser usados y tienen cierta compatibilidad con las impresoras 3D; en ellos se puede diseñar el objeto a imprimir. Deben ser confiables y tan buenos como el resultado final, en general los formatos son muy precisos. Casi todas las impresoras 3D de uso odontológico son sistemas de arquitectura abierta capaces de trabajar con formatos STL, algunas pueden trabajar con otros formatos abiertos, PLY o un rango de otros formatos de modelos CAD 3D.

Estos archivos son diseñados por un software CAD e impresos mediante una aplicación CAM. Si bien existe un alto grado de personalización previa del objeto a imprimir, la mayoría de las aplicaciones CAD CAM automatizan los procesos para que sea muy fácil el proceso de envío de datos e impresión.

Existe también una compatibilidad del material a utilizar. En todas las impresoras para uso odontológico se utiliza como material resina (polímero) líquida de fotopolimerización, pero no todas las impresoras ofrecen compatibilidad de resinas para la producción de un objeto, ya sea por un factor económico, por las distintas presentaciones en las que puede venir la resina y la compatibilidad con el sistema o por la técnica utilizada por la impresora, lo que permite el uso de un tipo u otro de resina. 22

CAPÍTULO 3. FLUJO DIGITAL EN ORTODONCIA

1. Historia Clínica

La historia clínica puede definirse como un registro ordenado, secuencial de los fenómenos clínicos que se le realizan al paciente mediante el interrogatorio. Se le considera un documento reglamentario con una validez ya sea clínica y legal, el cual contiene datos clínicos y el proceso del tratamiento; el cual debe de contener las exploraciones complementarias y el consentimiento informado. 16 La historia clínica es un instrumento médico-legal, que sustenta a los médicos ante un ámbito judicial y que además se utiliza en el reconocimiento forense o arbitrajes penales. 23

Una historia clínica en ortodoncia debe de contener los siguientes elementos:

- Datos de filiación del paciente.
- Motivo de la consulta.
- Antecedentes: médicos, odontológicos, ortodóncicos, familiares y sociales.
- Exploración clínica: bucodental y funcional.
- Estado del crecimiento físico.
- Exploraciones complementarias: análisis facial, análisis de modelos, estudio fotográfico, análisis de modelos, estudio fotográfico, estudio radiográfico y cefalometría. 17

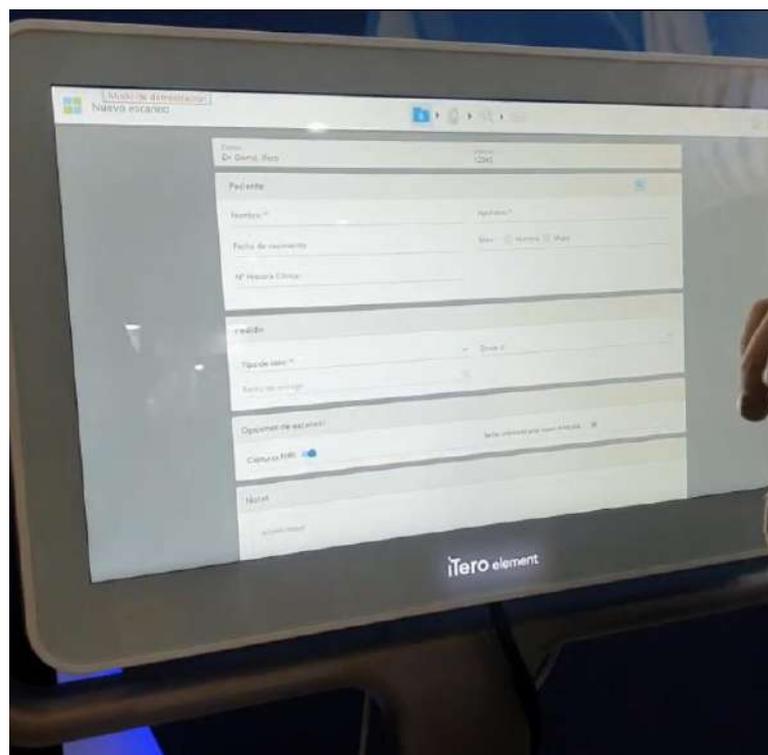


Figura 12. Llenado de historia clínica electrónica.

Fuente propia

Historia Clínica Electrónica

No puede ser modificada sin autorización si se implementan claves y técnicas de respaldo.

Se puede acceder a ella desde cualquier lugar.

Está disponible a toda hora para las personas que estén habilitadas.

Requiere implementar sistemas con backup.

Con técnicas de backup permanecen intactas.

Historia Clínica Tradicional

Puede volver a realizarse total o parcialmente.

Solo se puede acceder a ella desde un mismo lugar.

Depende de la accesibilidad de los archivos físicos.

Copia única, alto riesgo de extravío.

Debido a que es papel, sufre deterioro con el tiempo debido

a su uso.

Legibilidad.

Algunas veces ilegible.

Garantiza la legalidad a través de la firma digital.

Se garantiza la legalidad si esta completa, clara y concisa.

Cuenta con temporalidad (fecha y hora) precisa.

A veces cuenta con fecha y hora.

Menor número de errores.

A veces inexacta.

No requiere costos de imprenta.

Requiere de costos de imprenta.

Reduce el tiempo de consulta.

Aumenta el tiempo de consulta.

Mayor disponibilidad de datos para estadística. ²⁴

Proceso más tedioso para su uso en estadística. ²⁴



Figura 13. Llenado de historia clínica electrónica por parte de un alumno en la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Fuente propia

2. Auxiliares de diagnóstico

a. Radiografía

Radiología se designa a las aplicaciones médicas de las radiaciones. Las aplicaciones de los rayos X fueron descritas en el año de 1895 por Wilhelm Conrad Roentgen.¹⁶ y se le definen como ondas o paquetes de energía invisibles, las cuales atraviesan las diferentes densidades en los objetos opacos.

Una radiografía por su parte se define como las imágenes producidas y observadas en una película o en un dispositivo con pantalla digital.²⁵

En ortodoncia se utilizan múltiples radiografías extraorales, entre las que destacan:

Ortopantomografía

La ortopantomografía es una radiografía extraoral, por medio de la cual se percibe la cronología de recambio dental, el tipo de dentición, estadios de calcificación, presencia de agenesia o supernumerarios, dientes retenidos o incluidos, dirección de erupción, ubicación de los terceros molares, patología dentaria (caries, obturaciones, endodoncias, etc.) y patologías óseas (pérdida de hueso por periodontitis, quistes, tumores) y morfología de la articulación temporomandibular.¹⁷



Figura 14. Ortopantomografía digital. 17

Telerradiografía lateral de cráneo.

Es una exploración radiográfica a distancia, en la cual se estudia la cara y cráneo en posición lateral, de ahí su nombre. Se realiza con ayuda de un cefalostato, el cual determina la orientación de la cabeza y la relación precisa de los rayos X.



Figura 15. Telerradiografía digital lateral de cráneo. 17

Tomografía computarizada

La palabra “tomografía” proviene del griego, *tomos* (partes) y *graphos* (registro), se trata de la toma de imágenes del cuerpo en varios cortes ¹⁶. Este aparato se introdujo a principios de la década de 1970 y las imágenes que se obtienen a partir de una TC son generadas por computadora. ²⁵

Existen de dos tipos, según el formato del haz de rayos X:

1. TC convencional de haz de rango (fan beam)
2. TC volumétrica de haz volumétrico o cónico (cone beam)

Una TC convencional, requiere de un sensor que debe de dar cierto número de vueltas completas como el número de cortes realizados de la estructura a analizar, lo que quiere decir que se requiere de una mayor radiación y en la CBCT la radiación es significativamente menor. 17

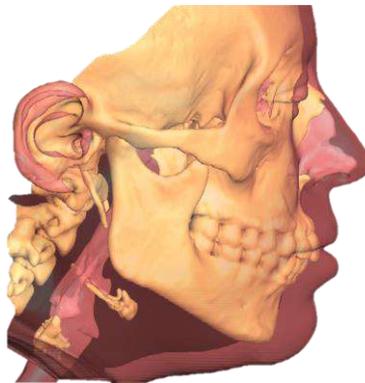


Figura 16. Reconstrucción TC Vista isométrica.

Fuente propia



Figura 17. Reconstrucción TC Vista volumétrica.

Fuente propia



Figura 18. Reconstrucción TC Vista lateral.

Fuente propia

Tomografía computarizada

Ventajas

Elimina superposición de imágenes de estructuras superficiales o profundas del área de interés.

La imagen mejorada hace más fácil y precisa la interpretación

Permite distinguir entre densidades de tejido. ²⁵

Desventajas

Mayor dosis de radiación en comparación con una película

Mayor costo comparado con el de una película

Se producen artificios significativos a causas de objetos metálicos (restauraciones) que se encuentran en el plano. ²⁵

La TC de haz cónico (CBCT, *cone beam computerized tomography*) aporta mayores beneficios en comparación con otras formas de toma de imágenes bidimensionales, ya que la CT es más efectiva tanto como en la identificación de los distintos puntos cefalométricos como en la medición de estructuras.

La CT consigue erradicar los errores tanto en la baja resolución, error de magnificación, distorsión de la imagen y superposición de estructuras. ¹⁷

Tomografía computarizada de haz cónico

Ventajas

Menos radiación comparada con una TC convencional

Menor tiempo de adquisición de la imagen.

Mayor precisión que una radiografía bidimensional ²⁵, ya que las radiografías presentan magnificación y distorsión. ¹⁷

Con ayuda de software, se pueden realizar las cefalometrías. ¹⁷

Desventajas

Mayor riesgo de radiación ionizante, especialmente en niños en comparación con una radiografía convencional. ²⁶

Mayor costo en comparación con una radiografía convencional. ¹⁷

No permite visualizar de forma adecuada tejidos blandos. ¹⁷

Cabe recalcar que para estudios ortodónticos basta con la ortopantomografía y la lateral de cráneo; en casos donde se requiera de más detalle habrá que considerar el uso de una CT de

cabeza ¹⁶. En odontología no solamente se emplea para planear implantes dentales, si no para evaluar dientes retenidos o supernumerarios o patologías orales. ²⁵

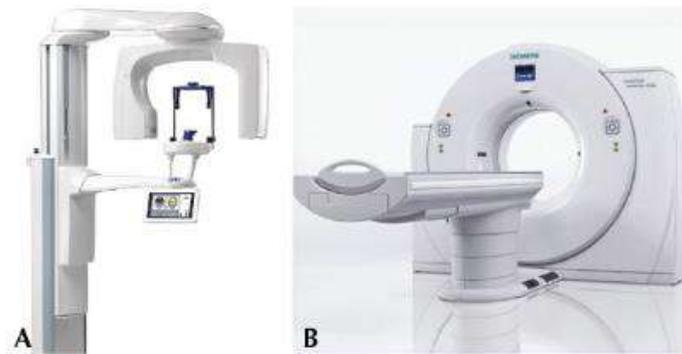


Figura 19. Aparato de CBCT y de TC convencional. ¹⁷

Imagenología digital

La imagen digital se define como aquella imagen formada mediante el uso de sensores electrónicos y que se están conectado a un dispositivo, en este caso una computadora. Los sensores electrónicos se encargan de registrar la penetración de los fotones de los rayos X y dicha información es enviada a la computadora para digitalizarla.

Se requieren de ciertos elementos básicos, entre los que se encuentran:

1. Aparato de rayos X
2. Sensor electrónico o detector
3. Convertidor de análogo a digital.
4. Computadora (laptop)
5. Monitor

En la actualidad existen tres tecnologías diferentes en el ámbito de la radiología digital:

1. *Radiografía digital directa.* Emplea un sensor conectado al computador.
2. *Radiografía digital indirecta* (radiología con fósforo fotoestimulable). Este sistema inalámbrico emplea una placa de material fosforescente fotoestimulable y escaneo con haz de láser para así producir la imagen.
3. *Radiografía digital de escaneo óptico.* A través de una radiografía terminada se escanea y digitaliza.

Radiología digital	Radiología convencional
Mayor costo económico	Menor costo económico.
Reducción de la dosis de exposición	Mayor dosis de exposición.
Eliminación del procesado químico	Necesidad de procesado químico.
Requiere de una manipulación cuidadosa.	Su manipulación no es tan cuidadosa.
Obtención rápida de la imagen	Mayor tiempo de adquisición de la imagen.
No posee valor jurídico.	Posee valor jurídico.
Reutilización	No se puede volver a procesar.
Contaminación cruzada por parte de los sensores	Elimina la posibilidad de contaminación cruzada.
Almacenamiento de imágenes	Menor practicidad en el almacenamiento de imágenes.
Resolución inferior.	Mayor resolución.

Ajuste y manipulación de la imagen, No se puede manipular la tanto en saturación y contraste de esta. imagen.

Cuenta con la posibilidad de una consulta remota. Solo se puede analizar en el lugar donde se encuentra.

Educación al paciente a través de la imagen. Menor interacción en la consulta por parte del paciente.

Consultorio sin la necesidad de papel o químicos. Requiere de radiografías y químicos para revelar. 25

La principal diferencia entre sistema digital y sistema analógico radica en que el primero es mucho más preciso y la información se puede almacenar de manera más eficiente y en mayor cantidad que en un sistema analógico.



Figura 20. Aparatos de rayos X portátil y sensor intraorales de radiografías periapicales.

Fuente propia

b. Fotografía

La palabra fotografía viene de los vocablos griegos “*phos*” que significa luz y “*graphis*” (pluma, pincel) o “*graphê*” (representación mediante líneas o dibujar), y significa “dibujar con la luz”

Las fotografías que se debe de contener en el expediente son por lo menos siete fotografías intraorales y cinco fotografías extraorales:

- Fotografías extraorales: dos de frente, dos de perfil derecho y dos de perfil izquierdo (reposo y sonrisa). Es útil efectuar las fotografías en tres cuartos (perfil social), pues es la posición en que mejor se aprecian las alteraciones faciales producidas por el tratamiento ortodóntico.
- Fotografías intraorales: una frontal, una lateral izquierda, una lateral derecha (arcadas en oclusión), una oclusal superior e inferior.

El fondo ideal de las fotografías extraorales es un fondo de color claro. Las orejas descubiertas, y se debe retirar joyería y maquillaje excesivo.

Hoy en día las fotografías digitales presentan una calidad equiparable a la de las fotografías convencionales. Tanta ha sido la evolución que algunas marcas de cámaras convencionales han dejado de fabricarlas y solo mantienen algunos modelos para los sectores profesionales. 17



Figura 21. Fotografías extraorales y fotografías de sonrisa. 17

Una foto para diagnóstico es más que un retrato. Es la imagen de un paciente que conserva las características de isometría e isomorfismo

A pesar de los avances en fotografía digital, el lente y la óptica con una distancia focal adecuada es más importante que la cámara.

La distancia focal es la distancia entre el centro óptico del objetivo, y el sensor o plano focal sobre el cual se proyecta la imagen. Se conoce también como «longitud focal», y se mide en milímetros.

La distancia focal no se mide desde el sensor hasta el lente frontal del objetivo, sino que se mide desde el punto en donde los rayos de luz se cruzan dentro de este y son dirigidos hacia el sensor.

Cuando se usa un objetivo con una distancia focal corta, como 10 mm, (cámaras de teléfono celular) la foto tiene un ángulo de visión más amplio pero la luz que llega a ella es más divergente y si se toman retratos de cerca la cara presenta distorsión de barril lo que causa que el tercio medio se vea más ancho. Los objetivos con distancias focales más largas, como de 70 a 100 mm (cámaras réflex), ofrecen ángulos de visión más estrechos y captan la luz de manera más paralela. Por lo que las fotos de la cara del paciente presentan menos distorsión. 27

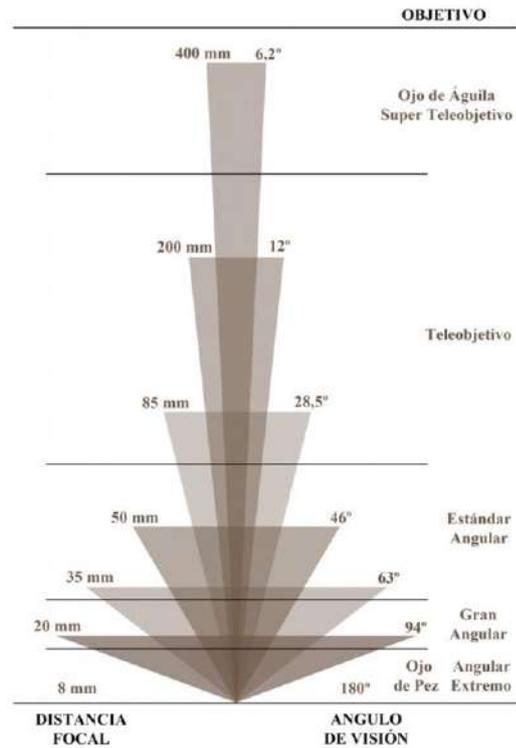


Figura 22. Distancia focal. 34

Otro aspecto a considerar son los megapíxeles; se definen como la menor unidad de tamaño en fotografía digital, y se le representa como un pequeñísimo punto o cuadrado que cambia de color; a mayor cantidad de píxeles mayor será su resolución. Por otro lado, un megapíxel es un millón de píxeles; y en el ámbito de la fotografía los megapíxeles indican tamaño y resolución de la fotografía; a su vez entre mayor la cantidad de megapíxeles mayor será el tamaño del archivo.

Los megapíxeles tienen la finalidad de conservar una buena calidad de fotografía al momento de realizar zoom, ser recortada o imprimir en mayor tamaño (p.ej. poster).

En la historia clínica y presentaciones, solo es necesario que las fotografías posean una resolución suficiente para que puedan ser mostradas en la pantalla del dispositivo.

Cuando se habla de videoproyectores, la resolución en una pantalla más común XGA 1024X 768 (0.78 megapíxeles), por otro lado, en una pantalla se requiere de una resolución Full HD o de 1920 x 1080 pixeles (2.07 megapíxeles)

La resolución de la imagen dependerá de distintos factores: recorte, edición, almacenamiento disponible y uso de la imagen. Al ser editada la imagen, la imagen se guardará en una resolución de 2 o 3 megapíxeles, la cual es la adecuada para ser visualizada en la mayoría de las pantallas.

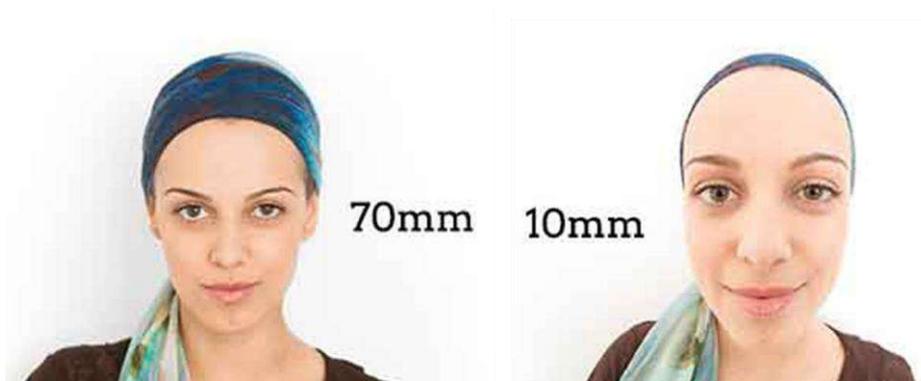


Figura 23. Distancia desde la cámara hasta el objeto a fotografiar. 35

c. Modelos de estudio

Los modelos de estudio se consideran una reproducción en positivo, fiel y detallada de las estructuras de la boca. 17

Modelos digitales

Ventajas

Almacenamiento electrónico de datos.

Desventajas

Mínimo espacio requerido de Requiere de conocimientos acerca

almacenamiento.

del software. 27

Catalogación simple y precisa.

Requiere de tecnología de punta para su digitalización y funcionamiento. 29

Rápida transmisión de registros para consulta. 26

Menor cantidad de desechos del laboratorio.

Mayor comodidad para el paciente.28

Elimina el riesgo de dañar el modelo por manipulación y transporte. 29

Se pueden realizar directamente los análisis de modelos en ellos. 29

Precisión similar a los modelos de estudio convencionales. 29

Uno de los usos más comunes que se les da a los modelos digitales es la individualización de los aparatos a la morfología de las coronas del paciente. 26

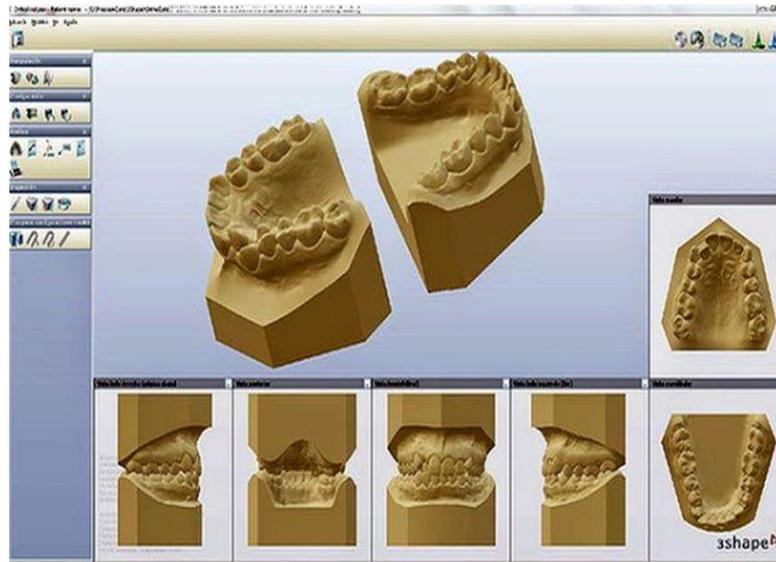


Figura 24. Modelos digitales 3D.³⁶

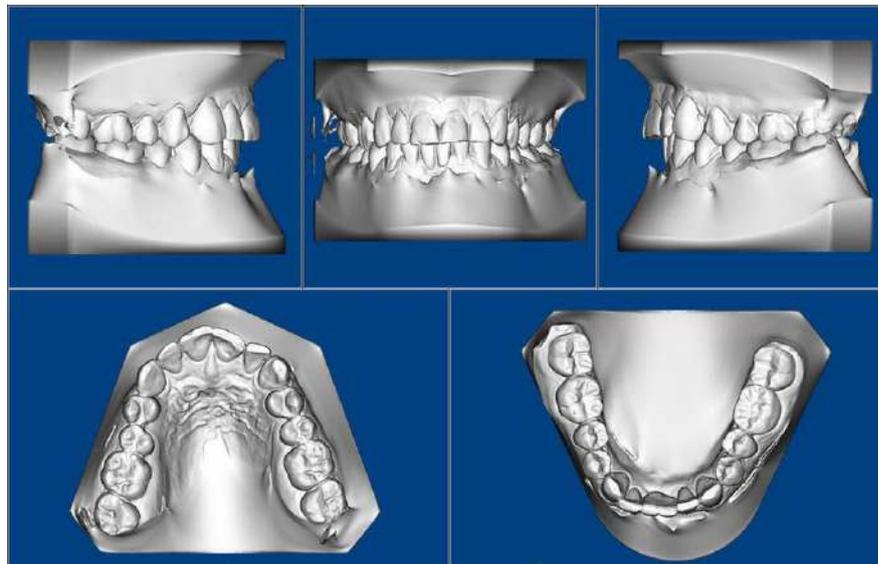


Figura 25. Modelos de estudio digitales.³⁷

3. Influencia del flujo digital en el pronóstico y plan de tratamiento

Hay múltiples procedimientos que se pueden realizar en un flujo de trabajo digital; un ejemplo de ellos son los modelos digitales a través de los cuales se puede hacer una simulación del tratamiento y así escoger la

opción más viable; además de valorar anticipadamente las condiciones del tratamiento. Para llevar todo esto a cabo, se fusionan distintas tecnologías como la CBCT con los modelos digitales, y así poder visualizar la posición de los dientes y de las raíces, así como la relación con distintas estructuras como la cortical ósea y seno maxilar.

Con la ayuda de un software se puede llevar a cabo el proceso de reconstrucción, el cual puede llegar a crear una imagen bidimensional a través de cortes transversales

Con la ayuda de la tecnología 3D podemos tener más elementos a la hora del diagnóstico, ya que se puede observar la posición de los dientes en el hueso alveolar y su relación con la cortical ósea; y es de vital importancia a la hora de comenzar un tratamiento de ortodoncia ya que se pueden evitar recesiones gingivales dadas al momento de protruir los incisivos o una expansión en el sector lateral.

Con ayuda de la CBCT podemos percibir en el maxilar la relación de los premolares y molares con el seno maxilar, senos nasales y foramen incisivo. En el sector de la mandíbula se puede percibir el tamaño, contorno óseo y la forma de la sínfisis mandibular; además se puede analizar los terceros molares y el apiñamiento en sector posterior.

Con la ayuda del 3D podemos percibir la angulación de los dientes, fracturas radiculares, fracturas o tumores de cóndilo, podemos observar las vías aéreas. A través de la CBCT se puede realizar un análisis cefalométrico con mayor exactitud ya que se pueden percibir las verdaderas zonas anatómicas, así como los puntos de referencia anatómicos. ¹⁷



Figura 26. Impresora 3D formlabs ® 38

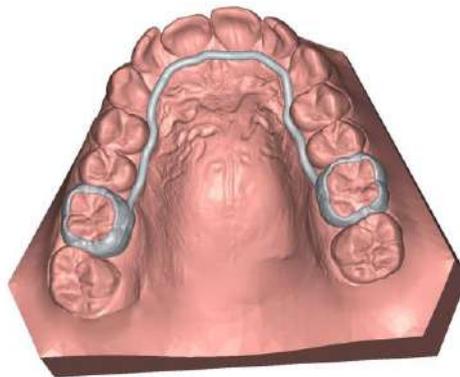


Figura 27. Diseño asistido por computador de un arco dental y bandas en los primeros molares. 39

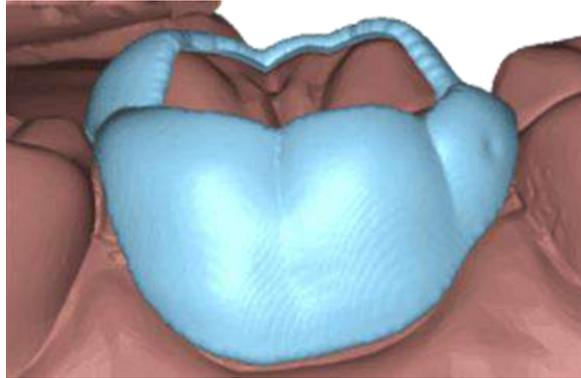


Figura 28. Diseño asistido por computador de una banda en el molar. 39

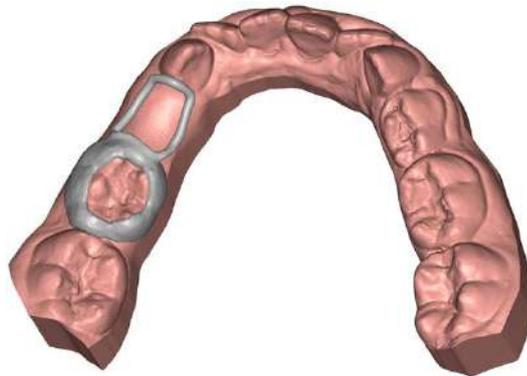


Figura 29. Mantenedor de espacio realizado a través del software.

39

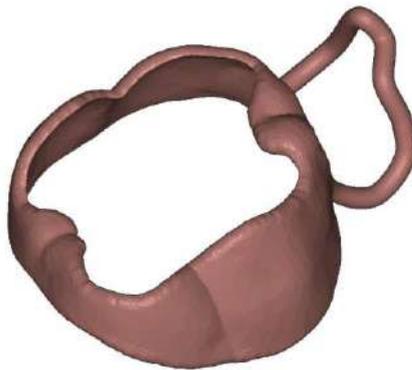


Figura 30. Aparato ortodóncico realizado con ayuda del flujo de trabajo digital. 39

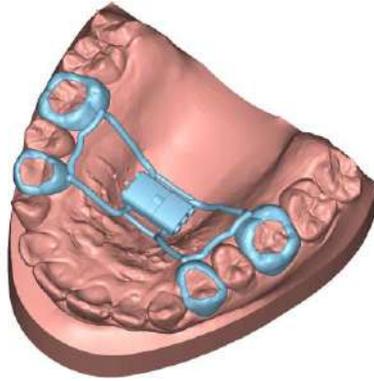


Figura 31. Expansor tipo Hyrax realizado a través de la tecnología CAD. 39

CONCLUSIONES

Hay múltiples dispositivos o tecnologías en la actualidad que forman parte del flujo de trabajo digital; por ejemplo una tablet facilita el llenado del expediente clínico; un teléfono inteligente ayuda al momento de capturar fotografías para así poder realizar un análisis fotográfico; otro ejemplo característico que podemos ver hoy en día es que en años anteriores era necesaria la adquisición de una cámara profesional y en la actualidad la mayoría de las personas disponen de teléfonos y tablets que cuentan con cámaras integradas de muy buena resolución.

Dentro de los múltiples artefactos inmersos en el flujo digital se encuentra el escaner digital, el cual va ser elegido de acuerdo a las necesidades del usuario; por ejemplo un escáner de mesa es más conveniente para un técnico dental debido a la precisión y un escáner intraoral ahorra más pasos y es más dinámico tanto para el paciente como para el operador.

Cuando hablamos de los auxiliares de diagnóstico como lo son las radiografías o CBCT, podemos concluir que va variar el uso de cada uno ellos; ya que hay distintas consideraciones a tener en cuenta como lo es el costo, la radiación, el tipo de paciente así como el tratamiento a realizar; sin embargo todas estos auxiliares están definitivamente inmersos en una era digital.

Por su parte las cámaras de teléfonos inteligentes están mejorando continuamente, y pueden proporcionar a los médicos una herramienta de trabajo que puede ayudar satisfactoriamente a la documentación fotográfica y la comunicación basada en imágenes, y hoy en día es muy fácil de sumarla a las herramientas en el diagnóstico ya que casi todas las personas cuentan con un teléfono inteligente y dependiendo de la marca y la técnica fotográfica, es equiparable con marcas de cámaras profesionales.

Los mayores avances se han implementado en la diseño y fabricación asistida por computadora, los costos iniciales siguen siendo altos, por lo que lo más importante al momento de elegir una impresora o analizar un grupo de impresoras es que sean compatibles con los procesos y materiales de otras especialidades para poder compartir costos.

Las impresoras para impresión directa en metal, todavía grandes y voluminosas por lo que actualmente son solo usadas a nivel de laboratorio, para la creación de estructuras metálicas la mayoría sigue usando técnicas indirectas como la de creación de estructuras calcinables.

Si bien las herramientas digitales ha existido desde ya hace algunas cuantas décadas, en los últimos años en la ortodoncia ha significado una revolución en cuanto al desarrollo de tecnologías que ayudan en el diagnóstico y tratamiento; el flujo digital nos permite optimizar los tiempos de trabajo ya que con ayuda de los datos obtenidos de manera digital, el profesional puede analizar de manera más exacta los resultados de los auxiliares de diagnóstico, establecer el plan de tratamiento, fabricar la aparatología y dar seguimiento al tratamiento, así como a los resultados, y todo esto lo hace mucho más eficiente tanto para el paciente como para el especialista.

En campo de la ortodoncia, podemos concluir que si bien las predicciones ortodóncicas, son una aproximación de los posibles resultados del tratamiento, el profesional sigue siendo el responsable de interpretar los resultados de los auxiliares de diagnóstico para planear un tratamiento que respete las normas de la biomecánica y fisiología de los tejidos vivos.

REFERENCIAS

1. Graber L. *Ortodoncia Teoría y Práctica*. 3a ed. México: Interamericana. 1974
2. Quirós O. Introducción a la ortodoncia. *Acta odontol. venez* [Internet]. 2004 Sep [citado 2022 Oct 14] ; 42(3): 230-231. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652004000300015&lng=es.
3. Proffit W. Malocclusion and Dentofacial Deformity in Contemporary Society. In: Proffit W R, Fields H W (Eds). *Contemporary Orthodontics 2nd Edition*. St. Louis: Mosby, 2000: 2-22.
4. Davies S, Gray R. What is occlusion? *Brit Dent J*, 2001; 191: 235-245.
5. The glossary of prosthodontic terms. *J Prosthet Dent*, 2005; 94: 21-22.
6. Clark JR, Evans RD. Functional occlusion: I a review. *J Orthod*, 2001; 28: 76-81.
7. White T. *Introducción a la Ortodoncia y Ortopedia Craneofacial*. 1a ed. Londres, Argentina: Editorial Mundi; 1977.
8. Moyers R. *Tratado de ortodoncia*. Chicago: Editorial Interamericana Chicago; 1960.
9. Graber L. *Ortodoncia: Principios y práctica*. Buenos Aires: Editorial Mundi; 1965.
10. Martínez-Ramos M, George-Valles Y, Llópiz-Milanés Y, Pérez-Vidal B, Bosch-Marrero L. Características de la oclusión dentaria en niños de 4 y 5 años. *MEDISAN* [revista en Internet]. 2017 [citado 13 Nov 2022]; 21 (11) Disponible en: <http://www.medisan.sld.cu/index.php/san/article/view/1794>
11. Sociedad española de ortodoncia y ortopedia dentofacial. Lo que se debe de saber de la ortodoncia [Internet]. Madrid; 2016 [Citado el 13 de noviembre del 2022]: 17-18.

12. Canut Brusola JA. Ortodoncia clínica y terapéutica. 2a ed. Barcelona: Masson; 2005.
13. Abad C. Flujos digitales en beneficio de una atención integral y complementaria del paciente con necesidades estéticas y funcionales. [Internet]. Ecuador: Gaceta Dental; 2021 [consultado el 13 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://gacetadental.com/2021/11/caso-clinico-tecnologia-digital-odontologia-28234/>
14. Blanca R. DEL NEOLÍTICO AL 3D: UN VISTAZO A LA EVOLUCIÓN DE LA PRÓTESIS DENTAL (y ii). Gaceta Dent [Internet]. 2021[consultado el 13 de noviembre del 2022]; (33): 90-91.
15. C. Prager M, Liss H. Assessment of digital workflow in predoctoral education and patient care in North American Dental Schools. Journal of Dental Education. 2019;83.
16. Pradiés G. ODONTOLOGÍA DIGITAL: El futuro es ahora. Revista SCO [Internet]. 2017 [consultado el 17 de noviembre del 2022]: 5
17. Ustrell J. Diagnóstico y tratamiento en ortodoncia [Internet]. Barcelona: Elsevier; 2016 [revisión oct-nov 2022/ citado el 17 de noviembre del 2022] p. 37, 63,65 67, 68, 72, 75-77. 80, 139, 140, 146
18. Sánchez Jorge M, Castillo de Oyagüe R, Sánchez Turrión A, García Fernández M. Métodos CAD/CAM en prótesis. Gaceta Dental. 2007;178: 88-105.
19. Filgueiras A. Gonçalves D. Lactim L. Ferraz de Oliveira M. Alacoque T. Salles B. Aplicabilidad de clínica dos avanços da tecnologia CAD-CAM em Odontología. HU Revista [Internet]. 2018 dic 12 [citado el 06 de noviembre del 2022]; 44(1): 29-34.
20. Blenderfor - Español ¿Qué ESCÁNER DENTAL elegir?. Comparación de tecnologías de escáner 3D para odontología. 4 de marzo del 2021. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=nDxZqVoMxBY>

21. Dhanraj K. et al, Three-dimensional printing – From a pediatric dentist's perspective, *Int J Pedo Rehab* 2022; 7(1):42-49.
22. Ulloa P. ANÁLISIS DE IMPRESORA 3D GUIA PARA REALIZAR UNA CORRECTA ELECCIÓN PARA EL USO CLÍNICO ODONTOLÓGICO. [Tesis Especialidad]. Concepción: Universidad del Desarrollo Facultad de Ciencias de la Salud; 2018. 53 p.
23. Rodríguez E. Ortodoncia contemporánea diagnóstico y tratamiento. 3ra ed. Venezuela: Amolca; 2019. pp: 3
24. Serna A. Ortiz O. Ventajas y Desventajas de la Historia Clínica Electrónica. *Actual. Enferm.* 2005; 8(2):14-17 Disponible en: <https://encolombia.com/medicina/revistas-medicas/enfermeria/ve-82/enfermeria8205-ventajas/>
25. Frommer H. Stabulas-Savage. Radiología dental. Manual moderno Pág. 2, 288, 292-294, 310, 315.
26. The digital decade in interdisciplinary orthodontics. pag. 3-4
27. Adobe. Qué es la distancia focal y cómo se usa [Internet]. [citado el 27 de noviembre del 2022]. Disponible en: <https://www.adobe.com/mx/creativecloud/photography/discover/focal-length.html>
28. Küffer, M.; Drescher, D.; Becker, K. Application of the Digital Workflow in Orofacial Orthopedics and Orthodontics: Printed Appliances with Skeletal Anchorage. *Appl. Sci.* 2022, pág. 2, 3820. <https://doi.org/10.3390/app12083820>
29. Instituto de Diagnóstico Maxilofacial Modelos de estudio digitales en Ortodoncia: Preguntas y respuestas [Internet] . 2018. Disponible en: <http://www.ortodoncia.org.pe/files/articulos/modelos-estudio-digitales-ortodoncia.pdf>
30. lorenteortodoncia. ¿Para qué sirve un escáner intraoral 3D en ortodoncia? / Escáner intraoral dentro de la boca de un paciente y digitalizado en la pantalla [Internet]. 2019 [citado el 27 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.lorenteortodoncia.com/blog/escaner-intraoral-3d/>

31. Coleman G. Digitally designed expander with partial-coverage metal “islands” on maxillary molars and premolars and occlusal openings at first molars. [Internet]. 2021 [citado el 27 de noviembre del 2022]. Disponible en: <https://www.ico-online.com/archive/2021/09/571-the-cutting-edge-cementation-and-removal-of-3d-printed-expanders/>
32. Motorcity Lab Works. Examples of 3D printed metals appliances. [citado el 27 de noviembre del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1053/j.sodo.2021.09.004>
33. 3d Systems. Dental Materials and Resins for 3D printing [Internet]. [citado el 08 de noviembre del 2022]. Disponible en: <https://www.3dsystems.com/materials/dental?ind=dental>
34. Foto321.com. Cómo leer nuestro objetivo – Tutorial de fotografía de Felipe Passolas [Internet]. 2015. [citado el 08 de noviembre del 2022]. Disponible en: <https://foto321.com/blog/tutoriales/como-leer-nuestro-objetivo-tutorial-de-felipe-passolas/>
35. Aula de Especialización Fotográfica. Las claves del retrato. 2ª parte [Internet]. [citado el 08 de noviembre del 2022]. Disponible en: <https://www.aulafoto.com/las-claves-del-retrato-2a-parte/>
36. Ovi Dental. ORTODONCIA. Modelos de estudio 3D. Ventajas e Inconvenientes [Internet]. 2019. [citado el 09 de Noviembre del 2022] Disponible en: <https://www.odontologiavirtual.com/2014/07/modelos-de-estudio-3d-ventajas-e.html>
37. Dicorsa. Ventajas de los modelos digitales - Dicorsa [Internet]. 2020. [citado el 09 de noviembre del 2022]. Disponible en: <https://dicorsa.com.mx/ventajas-de-los-modelos-digitales/>
38. formlabs. High Resolution SLA AND SLS 3D Printers for Professionals [Internet]. [citado el 08 de noviembre del 2022]. Disponible en: <http://www.formlabs.com>

39. Deltaface. Recursos - Deltaface [Internet]. [citado el 08 de noviembre del 2022] Disponible en:

<https://deltaface.com/ressources/>

ANEXOS

Figura 1. Fotografía de una vista lateral de un paciente en oclusión céntrica.

Figura 2. Maloclusión clase II subdivisión 11 según Angle, vista lateralmente.

Figura 3. Escáner láser portátil Shining 3D Ex Pro.

Figura 4. Escáner intraoral utilizado en la consulta odontológica.

Figura 5. Escáner de mesa InEos®.

Figura 6. Escáner ITero®.

Figura 7. Expansor diseñado digitalmente con “islas” metálicas de cobertura parcial en molares y premolares maxilares y aberturas oclusales en los primeros molares.

Figura 8. Ejemplo de aparatología metálica impresa a través de la impresión 3D.

Figura 9. Impresora 3D de alta velocidad NextDent®

Figura 10. Materiales plásticos dentales utilizados para impresión 3D.

Figura 11. Materiales disponibles para impresoras 3D.

Technology Direct Metal Printing, MultiJet Printing, Stereolithography.

Figura 12. Llenado de historia clínica electrónica.

Figura 13. Llenado de historia clínica electrónica por parte de un alumno en la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Figura 14. Ortopantomografía digital.

Figura 15. Telerradiografía lateral de cráneo. oct-nov 2022/ citado el 17 de noviembre del 2022]

Figura 16. Reconstrucción TC Vista isométrica.

Figura 17. Reconstrucción TC Vista volumétrica.

Figura 18. Reconstrucción TC Vista lateral.

Figura 19. Aparato de CBCT y TC convencional.

Figura 20. Aparato de rayos X portátil y sensor intraoral de radiografías periapicales.

Figura 21. Fotografías extraorales y fotografías de sonrisa.

Figura 22. La imagen ejemplifica la distancia focal entre el objeto y la cámara fotográfica.

Figura 23. Distorsión presentada en perspectiva desde los 10 mm y los 70 mm de distancia de una cámara fotográfica al objeto a fotografiar.

Figura 24. Modelos Digitales.

Figura 25. Modelos de estudio digitales.

Figura 26. Impresora 3D de la marca formlabs ®.

Figura 27. Diseño asistido por computador de un arco dental y bandas en los primeros molares.

Figura 28. Diseño asistido por computador de una banda en el molar.

Figura 29. Mantenedor de espacio realizado a través del software.

Figura 30. Aparato ortodóncico realizado con ayuda del flujo de trabajo digital.

Figura 31. Expansor tipo Hyrax realizado a través de la tecnología CAD.