



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DESCRIPCIÓN Y USO DEL SISTEMA CAD-CAM
3SHAPE DENTAL SYSTEM™ EN ODONTOLOGÍA.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N O D E N T I S T A

P R E S E N T A:

JAIRO DE JESÚS AYALA SÁNCHEZ

TUTOR: Esp. EDUARDO GONZALO ANDREU ALMANZA



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



Agradezco:

A Dios:

Doy gracias a Dios por la oportunidad que me dio de llegar hasta aquí y culminar una meta importante para mí.

A mis padres:

A ellos les debo todo, gracias por el apoyo que me han brindado, son el gran pilar en mi vida. Mamá gracias por tu amor y cariño, nunca me dejaste solo. Papá, gracias por llegar a mi vida, es lo mejor que me pudo pasar. Los amo mucho

A mi familia:

Carlos, gracias por ser como mi hermano y darme muchos consejos, que aunque no lo creas me han servido, para formarme como ser humano. Gracias a mi Mamá Sony, mis tíos Graciela Medellín, Ramón Ayala, Graciela y Silvia Aguilar, ya que siempre han confiado en mí. A mis hermanos Ale, César y Andy.



A mis padres adoptivos:

Dra., Maru gracias por motivarme siempre a superarme académicamente y por la confianza que me sigue dando.

Al Dr., Andreu, mi agradecimiento por la paciencia que me ha tenido para realizar este trabajo, espero no defraudarlo. Ambos son increíbles seres humanos.

A mis amigos:

*Isabel, muchas aventuras nos esperan. Edhít gracias por creer en mí.
Chris, Lau, May, Adry y Karen, los quiero.
A mi nueva compañera Carmen.*

A mi alma máter:

La Universidad Nacional Autónoma de México y a mi Facultad de Odontología.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	5
OBJETIVO.....	7
CAPÍTULO I. SISTEMA ASISTIDO POR COMPUTADORA- MANUFACTURA ASISTIDA POR COMPUTADORA (CAD-CAM).....	8
1.1 Antecedentes	8
1.2 Componentes del sistema CAD-CAM.....	10
1.3 Diferentes tipos de sistemas CAD-CAM	15
1.4 Ventajas y desventajas de los sistemas CAD- CAM.....	25
CAPÍTULO II. SISTEMA CAD-CAM 3SHAPE DENTAL SYSTEM™	26
2.1 Funcionamiento del sistema	27
2.2 Sistema de escaneo.....	31
2.3 Diseño por software	34
2.4 Unidad de fresado.....	41
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LAS DIFERENTES VERSIONES DE ESCÁNERES 3SHAPE DENTAL SYSTEM™	42
3.1 Diferentes tipos de escáneres.....	43
3.2 Indicaciones y contraindicaciones.....	51
3.3 Ventajas y desventajas	52
3.4 Revisión de un caso clínico.....	54
CONCLUSIONES.....	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58



INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, la odontología, rama de la medicina ha estado en constante cambio e innovación, buscando e investigando para beneficio, comodidad y seguridad del paciente y del odontólogo.

Esto obliga al campo de la odontología a adaptarse a nuevas tecnologías, tal es el caso de la adopción de los sistemas computacionales, estos sistemas ayudan al diagnóstico, planificación, elaboración de prótesis dentales y en intervenciones quirúrgicas, por eso, es importante conocer los principios básicos y las aplicaciones de estas nuevas tecnologías.

A lo largo del tiempo, la humanidad siempre ha perdido órganos dentales debido a una gran variedad de causas, entre ellas estaban los sacrificios, estética o pérdida por enfermedades.

El Cirujano Dentista siempre ha buscado una rehabilitación que sea funcional y en la actualidad estética, esto nos lleva a buscar materiales restaurativos cada vez más precisos, exactos, duraderos y biocompatibles.

Conforme la tecnología avanza lo va haciendo la odontología, es por ello que en esta tesina describiremos un sistema computacional que nos sirve de apoyo en nuestra práctica en el área de rehabilitación.



Se trata de un novedoso Sistema CAD-CAM, 3Shape Dental System™, donde identificaremos los componentes y las aplicaciones en odontología, así como el procedimiento para realizar diferentes tipos de tratamientos.



OBJETIVO

Describir el sistema CAD-CAM, 3Shape Dental System™, identificar ventajas y desventajas del sistema, así como indicaciones y contraindicaciones.



CAPÍTULO I. SISTEMA ASISTIDO POR COMPUTADORA- MANUFACTURA ASISTIDA POR COMPUTADORA (CAD-CAM)

Al igual que la medicina, la odontología ofrece una gran variedad de soluciones a diversas necesidades de pacientes, en especial en restauraciones protésicas, esto permite a los pacientes recuperar la función y estética de la cavidad oral.¹

En las últimas tres décadas la odontología está experimentando un avance tecnológico significativo, uno de ellos es el sistema CAD- CAM.

1.1 Antecedentes

El sistema CAD tiene su origen de la palabra inglés (Computer Aided Design), que significa “Diseño Asistido por Computadora” y es el nombre genérico de los sistemas computacionales (software) utilizados por la ingeniería, geología, arquitectura, medicina y diseño, e indica un proceso que permite realizar diseños técnicos en 3D.

El acrónimo CAM (Computer Aided Manufacturing) significa “Manufactura Asistida por Computadora” y contraponiéndose al CAD, el CAM se encarga del proceso de producción y/o fabricación.¹

El sistema CAD-CAM se introdujo en la Odontología en el año de 1971, siendo al principio más experimental y teórico que clínico.



En 1979, Heitlinger y Rodder, luego Mörmman y Brandestini, en 1980, empezaron a trabajar en este campo y durante esta década aparecieron diferentes sistemas, como los de Duret, el sistema Minnesota y el sistema Cerec.² Figura 1



Figura 1 Dr. Mörmann e Ing. Brandestini.³

El primer prototipo se presentó en la conferencia de *Entretiens de Garancière*, en Francia en 1983 . Duret realizó una demostración fabricando una corona para un órgano dental posterior, a su esposa en 1985.

Para 1986 en Zúrich, Mörmman se independizó y presentó su propio sistema CEREC mejorado, aunque como ya se sabía en 1983 François Duret habría publicado el método de producción para prótesis dentales de porcelana pura, pero hasta 1986 que publicaría su artículo titulado: *Computerized Dentistry*, el cual describió a detalle el sistema de diseño y manufactura asistido por computadora denominado CAD-CAM.²



En 1996 Weigh daría a conocer un sistema innovador llamado IPS Empress de cerámica pura y para 1998 reveló el sistema IPS para cerámica prensada, siendo en el año 2001 cuando salió al mercado como CEREC In Lab y en ese mismo año se instituyó la Escuela de Atenas, la cual proponía la reconstrucción estética basada en coronas de cerámica pura.⁴

1.2 Componentes del sistema CAD-CAM

Un sistema CAD-CAM completo está formado por diferentes partes:

- Un escáner intraoral, para detectar impresiones ópticas directamente en boca.
- Un escáner de laboratorio, que detecta la morfología de los pilares a partir de modelos en yeso.
- Un software o CAD, que transforma los datos adquiridos a partir del escaneo en modelos virtuales tridimensionales y permite la planificación de las prótesis.
- Un software CAM, que genera los comandos para la máquina utensilio (recorrido del utensilio, estrategia del fresado).
- Una fresadora (máquina utensilio), que realiza la prótesis a partir de un bloque en bruto.

La construcción de las prótesis es realizada mediante fases con modalidades análogas independientemente del sistema: la preparación de los pilares, la detección de la impresión con escáner óptico intraoral (obteniendo directamente del archivo con los datos de elaboración) o con impresiones con elastómeros y el sucesivo escaneo a partir del modelo en yeso,



la planificación del CAD, el fresado CAM, la adaptación de la prótesis sobre el modelo en yeso o en boca, el acabado y la ceramización, y el cementado (figura 2).⁵

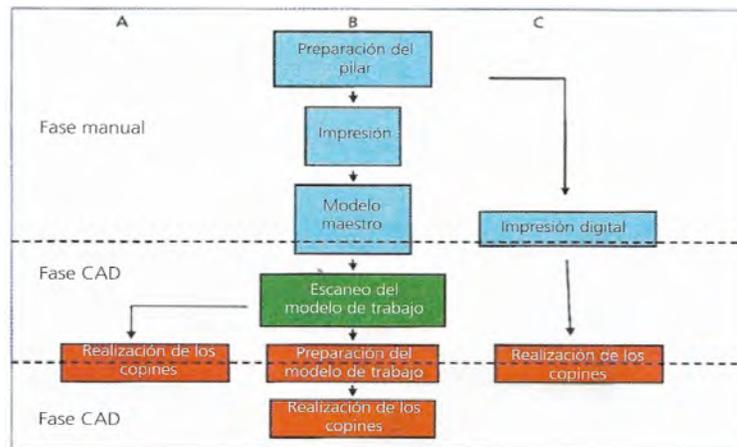


Figura 2 Diagrama de flujo de la elaboración CAD-CAM.

Algunos sistemas CAD-CAM se producen en formas aisladas, que pueden interactuar y completarse con productos de otras marcas (por ejemplo, escáner de un fabricante con fresador de otra marca) utilizando idiomas informáticos abiertos, los cuales son denominados sistemas abiertos o *stand alone*.

Las restauraciones CAD-CAM o asistidas por computadora, se logran a partir de sistemas controlados y estos constan de tres fases. La digitalización, el diseño, el maquinado y dentro de este proceso la producción CAD-CAM.⁶



✓ Digitalización

En este primer paso se logra el registro tridimensional de la preparación del órgano dental a través de un escáner, se realiza una “impresión óptica”, existen dos tipos de registros intraoral sin necesidad de una impresión de la preparación o extraoral tomando una impresión al paciente; dependiendo del sistema en el mercado existen dos tipos de escáneres: contacto y el óptico o láser.

- Escáner óptico

El objetivo de este escáner es obtener estructuras tridimensionales a partir de un proceso llamado triangulación activa, consiste en un sensor que capta la información, se genera una luz sobre la preparación del órgano, esta es proyectada para que el sensor capte la información. Así la computadora puede calcular los datos de la imagen obtenida del receptor, la proyección puede ser luz blanca o láser.^{4,6}

- Escáner mecánico

Para obtener la digitalización es necesario lograr a través de una impresión convencional, un modelo para que este sea leído por el sensor o bola de zafiro . El registro de la superficie de yeso con este método puede ser afectado por la geometría del objeto, las irregularidades y el tamaño del sensor.⁴



✓ Programa de diseño

Se traslada la información obtenida con el escáner al programa, para crear un diseño deseado sobre la prótesis dental. Una vez que se obtiene los parámetros anatómicos como línea cervical y la configuración de los pilares se puede obtener la anatomía dental, y sus componentes de una prótesis dental propiamente dicha. En este programa se puede diseñar desde restauraciones parciales hasta carillas. Esta información es almacenada en un archivo y puede ser enviado al centro de producción.^{6,7}

✓ Equipo de maquinado

Un robot controlado sistemáticamente se encarga de procesar toda la información obtenida para lograr el diseño que se requiere, esto se logra mediante el fresado de diferentes materiales. Estos equipos sobresalen por distintos ejes de maquinado, entre mas ejes tenga, el maquinado será mas complejo, esto no garantiza que sea de calidad el trabajo final, si no depende de la digitalización y la información.

Existen fresadoras de 3, 4 y 5 ejes generalmente los fresadores de 5 ejes son de dimensiones medias a dimensiones industriales y son utilizados en centros de producción. Y por el contrario, los fresadores de 3 o 4 ejes son de pequeñas dimensiones y su uso puede ser en consultorio odontológico o en laboratorio dental.⁷

-Producción CAD-CAM

La fabricación o producción de la restauración determina el procedimiento y el protocolo y existe tres tipos: consultorio odontológico , laboratorio dental y centro de producción (figura 3).⁴



Figura 3 Proceso en un sistema CAD-CAM.



1.3 Diferentes tipos de sistemas CAD-CAM

Existen numerosos sistemas CAD-CAM en el mercado como: CEREC[®], iTERO, E4D, LAVA[®], PROCERA[®] y 3Shape.

✓ Sistema CEREC[®]

CEREC es el acrónimo de *chairside economical restoration of esthetic ceramics* (restauración en cerámica estética de realización en la unidad dental) producida por Sirona Dental System GMBH. Este sistema se desarrolló a principios de los años 80. Existe dos versiones, el CEREC 3, introducido en el año 2000, de uso en la consulta, y el CEREC inLab para uso en el laboratorio protésico, presentado en 2002.⁸

El CEREC 3 efectúa la lectura óptica de la preparación mediante una cámara intraoral con la que cuenta el sistema.

El sistema CEREC inLab presenta una unidad de fresado similar a la del CEREC 3 pero incorpora además un escáner láser para escanear el modelo.

En ambos sistemas la información es captada por un software de diseño, el cuál la información es transmitida a un instrumento rotatorio, y finalmente se utiliza una maquina de fresado para realizar la restauración según el diseño por el ordenador.

Este sistema puede usar los siguientes bloques: VITABLOCS Mark II (porcelana feldespática de grano fino), VITABLOCS Triluxe (cerámica caracterizada por su gradación de sombras: cuerpo, esmalte y cuello).



Con este sistema pueden fabricarse inlays, onlays, carillas y coronas en una sola sesión odontológica. Al realizar la restauración en una sola sesión, no se requiere realizar restauraciones provisionales.

Dado que el proceso de sinterizado conlleva una contracción de aproximadamente el 20%, el sistema CEREC InLab, fresa una estructura sobredimensionada, que posteriormente, tras la sinterización a alta temperatura, contraerá hasta su tamaño final obteniendo sus propiedades definitivas.⁹ Figura 4



Figura 4 Sistema CEREC, con escáner intraoral.¹⁰



✓ Sistema iTERO

El sistema iTERO intraoral es producido por CADENT LTD y utiliza una técnica de imagenología confocal (incrementa el contraste y reconstruye imágenes tridimensionales) paralela. La luz láser pasa a través de la óptica de enfoque, cuya posición es regulada por un motor, de manera que puedan determinarse los distintos planos focales sobre el objeto.¹¹ Figura 5



Figura 5 Sistema iTERO.¹²

El rayo ilumina la superficie dentaria con puntos luminosos y la intensidad de la luz reflejada es medida por los sensores en distintas posiciones del plano focal determinando la posición específica de los puntos.¹³

Posteriormente se registra una imagen bidimensional en colores del diente, con la misma orientación y ángulo de proyección, de manera que cada punto de la imagen 2D corresponda a una análoga 3D. La integración de los datos obtenidos por las imágenes 2D y 3D permite la representación virtual del modelo.⁵



Una vez terminado el proceso de escaneado se envía a CADENT LTD, donde editan la impresión, para que no haya registrados innecesarios.

CADENT LTD reenvía el modelo depurado al laboratorio de elección, donde diseñan con un software de CAD el trabajo obtenido. El laboratorio envía el archivo de las restauraciones que ha diseñado al centro de fresado para que fabriquen la prótesis dental, en una fresadora industrial de 5 ejes.¹⁴

✓ Sistema E4D

Este sistema es producido por D4D Technologies LLC y está compuesto por un escáner (Intraoral Digitizer), una consola de planificación (computadora y monitor) y una unidad de desgaste; permita la realización de las prótesis directamente en el consultorio dental.⁸

El sistema E4D, se desarrolló en 2008, es actualmente además de CEREC el único sistema que permite restauraciones en la misma sesión. El sistema E4D cuenta con un centro de diseño, escáner y unidad de fresado.

El escáner configurado como una tomografía óptica de coherencia de fase (OTC), que posee una fuente de luz láser, un cable de fibra óptica, un acoplador y un detector.¹¹

El escáner se coloca cerca del órgano dental a una distancia específica del área que está siendo escaneada.

A medida que se toma cada imagen, el software crea gradualmente una imagen tridimensional. La imagen se puede ver desde cualquier ángulo para confirmar que la exploración está completa. Los datos se transmiten a la fresadora o a un laboratorio dental. La fresadora fabricará la restauración a partir de los bloques de cerámica.

Actualmente, una ventaja de E4D es que se puede realizar hasta dieciséis restauraciones en una sesión.¹⁵ Figura 6



Figura 6 Sistema E4D.¹⁶



✓ Sistema LAVA[®] (3M ESPE)

Este sistema está formado por un centro de producción y fresado, incluye un escáner especial de proyección de luz, libre de contacto (Lava Scan[®]), una máquina de fresado (Lava Form[®]), un horno de sinterización (Lava Therm[®]) y su propio programa de diseño. Las preparaciones de detalles y demás estructuras necesarias son completamente escaneadas con un sistema óptico sin contacto mediante un patrón de franjas de luces blancas.¹⁷ Figura 7.



Figura 7 Lava[®].⁵

El archivo digital es enviado a los centros 3M ESPE, que pueden generar modelos estereolitográficos para el laboratorio de mecánica dental o producir directamente las estructuras protésicas.



Indicaciones con el Sistema LAVA

- Coronas anteriores y posteriores
- Prótesis de 3 a 6 unidades

Una vez diseñada la estructura, la maquina de fresado realiza una estructura alargada en un 20- 25% para compensar la contracción del material. El maquinado tiene duración promedio de 35 minutos por corona y de 75 minutos para una estructura de tres unidades. La estructura de zirconia Lava[®], es llevada al horno para ser altamente sinterizada en un proceso sistematizado que dura 8 horas incluyendo el tiempo de enfriamiento.¹⁷

✓ Sistema PROCERA[®]

Desarrollado por el Dr. Motts Andersson, en Suecia, introducido al mercado por el la industria Nobel-Biocare. El principio básico es la lectura de un troque de yeso o matriz de un encerado mediante un escáner de contacto. El escáner PROCERA[®], utiliza un sensor o bola de rubí de diferentes diámetros; la finalidad es realizar el barrido de la superficie del patrón y convertir a información obtenida en puntos tridimensionales logrando una reproducción del patrón de alta fidelidad, convirtiéndolo así en una imagen digital que es procesada en el PROCERA[®] Software, este sistema diseña la estructura y se especifica el material deseado: alúmina altamente sinterizado o zirconia. Los datos digitalizados son enviados vía internet a un centro de producción donde es elaborado y confeccionado un troquel sobredimensionado del patrón enviado, sobre este modelo se inyecta bajo presión isostática (proceso de fabricación utilizado para reducir la porosidad de los metales y la

influencia de la densidad de algunos materiales cerámicos) el material de la estructura y luego se maquina y se sinteriza (figura 8).^{17, 18}

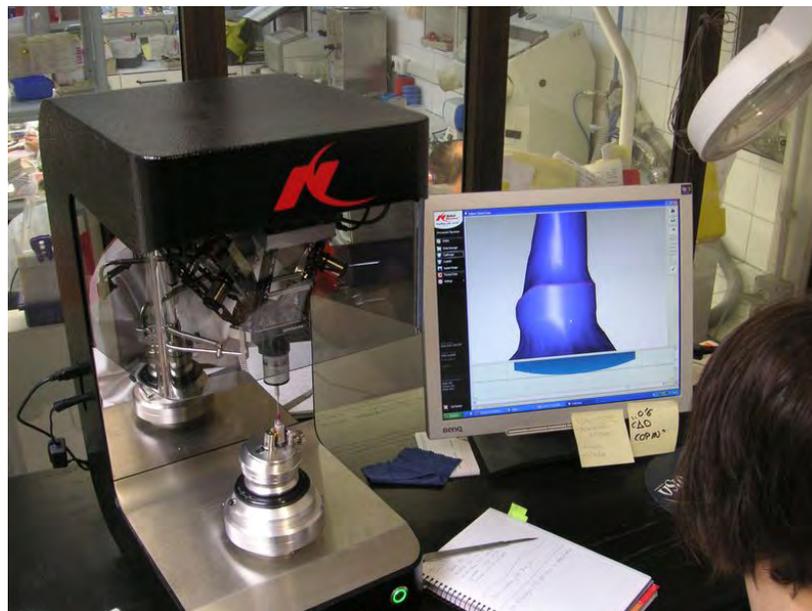


Figura 8 Sistema CAD-CAM PROCERA®.

✓ Sistema 3Shape

Este sistema tiene un software de diseño CAD donde se puede crear modelos dentales 3D, ofrece el soporte para indicaciones dentales, el software aumenta notablemente la productividad gracias a su gran nivel de automatización.⁸



Entre las herramientas que ofrece se incluyen:

Diseño de coronas y prótesis fija en cerámica prensada, vitro cerámica, y zirconio fresado. También ofrece articulación dinámica virtual, reconoce la búsqueda del ajuste oclusal.¹⁹

Este sistema cuenta con dos sistemas: uno de laboratorio sistema 3Shape Dental System™ y otro intraoral llamado TRIOS, este sistema está constituido a partir de una imagen única registrada por el sensor, mediante la triangulación con una imagen sobre un plano de referencia.^{5,20}

Después de adquirir la imagen del órgano dental que se va a rehabilitar, se diseñan mediante el software de 3Shape llamado Dental System Premium. Posteriormente, este modelo virtual se fresa en la máquina Roland DWX4, es una máquina de la casa comercial Roland para el fresado, recomendado por el sistema 3Shape.²¹



Análisis comparativo de algunos sistemas CAD-CAM

Sistema	Tecnología de escaneo	Eje de rotación	Número de platinas	Número de objetivos	Tiempo de escaneo	Precisión
Echo	Luz estructurada	2	2	14	25s' por pilar, 1 min para una arcada completa	10- 20 μ m
Kavo	Luz estructurada	2	1	1	4 minutos	20 μ m
Sirona	Óptico	Canaladura de posición	1	1	20s' por pilar, 1 minuto para una arcada completa	No disponible
Cercon	Láser	1	1	1	60s' por pilar	<20 μ m
Lava	Luz estructurada	2	1	1	1, 40 minutos por arco de 3 piezas	No disponible
Etkon	Láser	1	1	1	45s' por pilar, 2-3-minutos por arco de 3 piezas	<10 μ m
3Shape	Láser	2	1	1	45s' por pilar; 4-5 minutos por arcada completa	20 μ m
Láser dental	Láser	5	1	1	90s' por pilar; 7 minutos una arcada completa	20 μ m
Smart Optics	Luz estructurada	2	1	1	2minutos por pilar; 7 minutos una arcada completa	\pm 20 μ m

Cuadro 1 Análisis comparativo de algunos sistemas CAD-CAM.⁵



1.4 Ventajas y desventajas de los sistemas CAD- CAM

Las ventajas son las siguientes:

Reducción de tiempo de trabajo puesto que nos permite eliminar algunos pasos del proceso que se realiza en el laboratorio clínico. Por otra parte no podemos olvidar que a través de este sistema podemos obtener restauraciones provisionales de gran precisión y cuentan con unos valores de ajuste marginal dentro de los límites aceptados. A través de este sistema el especialista podrá utilizar diferentes materiales tales como la cerámica, resina compuesto o titanio por lo que estamos ante un proceso que nos ofrece todo tipo de variedades en este sentido y que nos permitirá elegir aquel tipo de material que mejor se ajuste a la situación y necesidades del paciente. ¹¹

Desventajas

- Falta de conocimiento del sistema y equipo.
- Equipos complejos de manejar.
- Costo de adquisición de los equipos.
- Costo de mantenimiento.
- Necesidad de trabajar con un laboratorio autorizado en algunos casos.
- Requieren de una mayor separación de los márgenes subgingivales y controlar los fluidos. ²



CAPÍTULO II. SISTEMA CAD-CAM 3SHAPE DENTAL SYSTEM™

Los escáneres tridimensionales permiten tomar impresiones digitales que eliminan este proceso manual, creando un archivo electrónico de la restauración listo para enviarse a un sistema de diseño y fabricación CAD-CAM .

3Shape Dental System, se desarrolló en el año de 2001 por dos jóvenes estudiantes de posgrado de la Universidad Técnica de Dinamarca y la Escuela de Negocios de Copenhague: Tais Clausen y Nikolaj Deichmann. Tais estaba terminando la tesis para su máster en tecnología con escáneres tridimensionales y Nikolaj su maestría en Economía y Finanzas (figura 9).²²



Figura 9 Los fundadores Nikolaj Deichmann y Tais Clausen.



Primero se acercaron a empresas del sector auditivo con la idea de desarrollar un sistema de control de calidad para audífonos y piezas intracanal para personas con problemas de audición. Estos dispositivos tenían que ajustarse al canal auditivo del paciente, para lo cual había que tomar una impresión del oído de la cual se hacía en un molde, procedimiento que llevaba tiempo y era similar a una restauración dental.

Tais y Nikolaj sabían que la tecnología de digitalización tridimensional tenía enorme potencial y se interesaron en los laboratorios dentales, donde los procesos de fabricación eran similares a los de las prótesis auditivas. En 2004, la cantidad de compañías dentales interesadas en la tecnología de 3Shape empezó a crecer.^{13, 22}

2.1 Funcionamiento del sistema

El Sistema CAD-CAM 3Shape Dental System inicia con el escaneo, el objetivo del escaneo es la adquisición de una nube de puntos geométricos de muestreo que se ubican sobre la superficie del objeto para reconstruir el volumen; las distancias son registradas y matematizadas con algoritmos específicos a partir del software CAD.⁵

El procedimiento prevé una secuencia de eventos realizados en tiempo breve para el muestreo de la superficie y el volumen del objeto:

- La fuente luminosa (proyector) proyecta sobre el objeto un haz de radiaciones (marcador).



-
- Las radiaciones reflejadas vuelven a penetrar en la óptica del escáner para ser focalizadas y registradas a partir de una matriz de sensores ópticos (CCD).
 - De esta forma se construye una nube de puntos; en la que cada dato expresa la distancia del objeto a partir del sensor.
 - Los CCD traducen en diferencia de potencial la intensidad de la luz que reciben.
 - Las señales eléctricas (denominadas continuas o análogas) son enviadas a un convertidor analógico/digital (ADC), que las digitaliza transformándola en código binario.
 - Mediante algoritmos, las informaciones binarias son elaboradas en modelos matemáticos; por lo general son expresados en formato STL (*standard triangulation language*) y diseñados como *mesh* triangulares (modelado poligonal, es una forma matemática de representar formas en tres dimensiones: altura anchura y profundidad)
 - El acercamiento de todos los píxeles individuales produce una sola imagen en la pantalla (expresada en RGB o escala de grises) en el que cada uno de los píxeles corresponde con un punto de la nube.
 - Las imágenes en forma individual pueden ser compuestas por el software (*stitching, matching*) para construir un modelo virtual único.

La matriz de sensores ópticos está formada de sensores por dispositivos de carga acoplada (CCD; *charge-coupled device*) que son circuitos integrados formados por una rejilla de elementos semiconductores (diodo).^{19, 23, 24}



Su función consiste en acumular una carga eléctrica (*charge*) proporcional a la intensidad de la radiación electromagnética (luz reflejada por el objeto) y transferir el impulso eléctrico a otros elementos adyacentes finalmente transformando una secuencia temporizada de impulsos luminosos.¹⁷

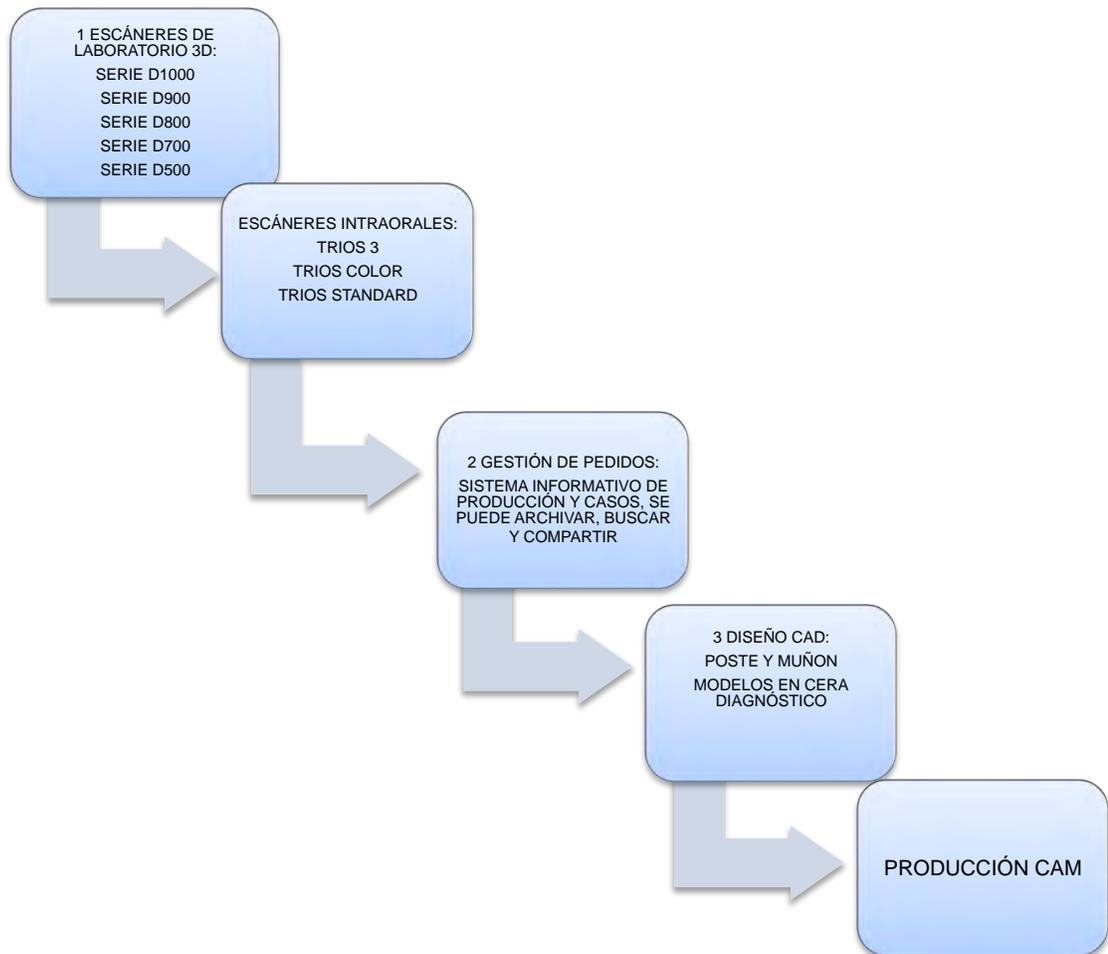
La información puede ser utilizada directamente en su forma analógica, para reproducir la imagen sobre un monitor o ser convertida en formato digital, para almacenamiento en un archivo.²⁵

La calidad del resultado depende de tres factores:

- Calidad de los componentes electrónicos.
- Gama y profundidad de los colores reconocibles (gama dinámica y gama de densidad).
- Resolución real del escaneo.
- Resolución del hardware del monitor.²⁰



Funcionamiento del sistema 3Shape Dental System™



Cuadro 2 Funcionamiento del sistema 3Shape Dental System™. ^{FD}



2.2 Sistema de escaneo

El tipo de escáner que utiliza el sistema 3Shape Dental System™, es un escáner activo, es decir, son dispositivos que emiten y registran cualquier forma de radiación: luz visible; láser de ultrasonidos, rayos X, electrones.

Estos sistemas son denominados también “campo completo” debido a que por que cada punto sensible del sistema de adquisición (sensor CCD) se obtiene datos que corresponde a un voxel (unidad cúbica que compone un objeto tridimensional) de la pantalla y permiten la digitalización en tiempo real de varios centenares de miles de puntos.

El sistema utiliza radiaciones luminosas (láser y luz estructurada) que deben ser moduladas de acuerdo con esquemas conocidos, para poder realizar mediciones cuidadosas y evitar fenómenos de aberraciones y difracciones, que están, por otra parte, presentes en la luz visible producida por lámparas incandescentes.²³

Los escáneres ópticos activos funcionan en base a un principio común:

- Un proyector (fuente luminosa).
- Una matriz de sensores que registra los rayos reflejados.
- A través de algoritmos de fotogrametría, el software reconstruye tridimensionalmente la forma de la superficie iluminada.¹⁷



✓ Fuente luminosa láser

El láser presenta óptimas características debido a sus propiedades de coherencia, colimación (homogenizar trayectorias emitidas por una fuente), monocromaticidad (especificidad de la luz en una sola longitud de onda definida), modulabilidad de la pulsación (emisión de luz en forma de flashes) y elevada sensibilidad. El láser mueve un proyector recorriendo toda la superficie (como un cepillo) y disparando rápido una serie de fotogramas con óptimos resultados de precisión. Este tipo de láser lo utilizan los escáneres de laboratorio D500, D700, y D800.²⁶

✓ Fuente luminosa de luz LED

La luz visible de onda corta y elevada frecuencia (blanca azulada, blanca negra) es emitida por un LED (*light emitting diode* o diodo de emisor de luz), el cual aprovecha las propiedades ópticas de algunos materiales semiconductores para producir fotones de luz visible a través del fenómeno de emisión espontánea cuando son polarizados.

Presenta características favorables por duración de funcionamiento, escaso mantenimiento, cromaticidad restringida (figura 10).⁵

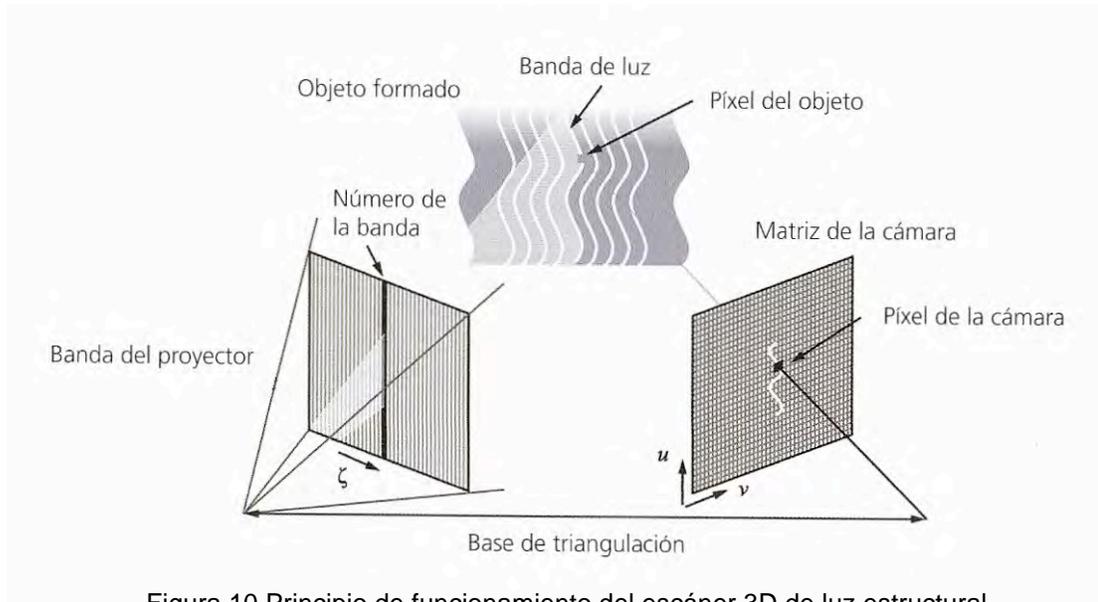


Figura 10 Principio de funcionamiento del escáner 3D de luz estructural.

Con el término de luz estructurada se hace referencia a una técnica de detección tridimensional, que utiliza rayos luminosos con un esquema conocido (patrón codificado), lentes de focal corto tomada a través de videocámaras.

El marcador óptico puede estar conformado por diferentes tipos de luz: bandas blancas y negras o blancas y azules, líneas paralelas o rejillas. Los escáneres que utilizan este tipo de luz LED son los escáneres de laboratorio D900, D1000, D2000, y los escáneres intraorales TRIOS.^{5, 27}



2.3 Diseño por software

Con el software de diseño CAD de 3Shape se puede crear modelos dentales 3D, la aplicación coincide con los flujos de trabajo en diseño conocidos en los laboratorios, el software aumenta la productividad por su nivel de automatización. El sistema 3Shape Dental System cuenta con el respaldo de un servicio de soporte técnico (figura 11).²⁴

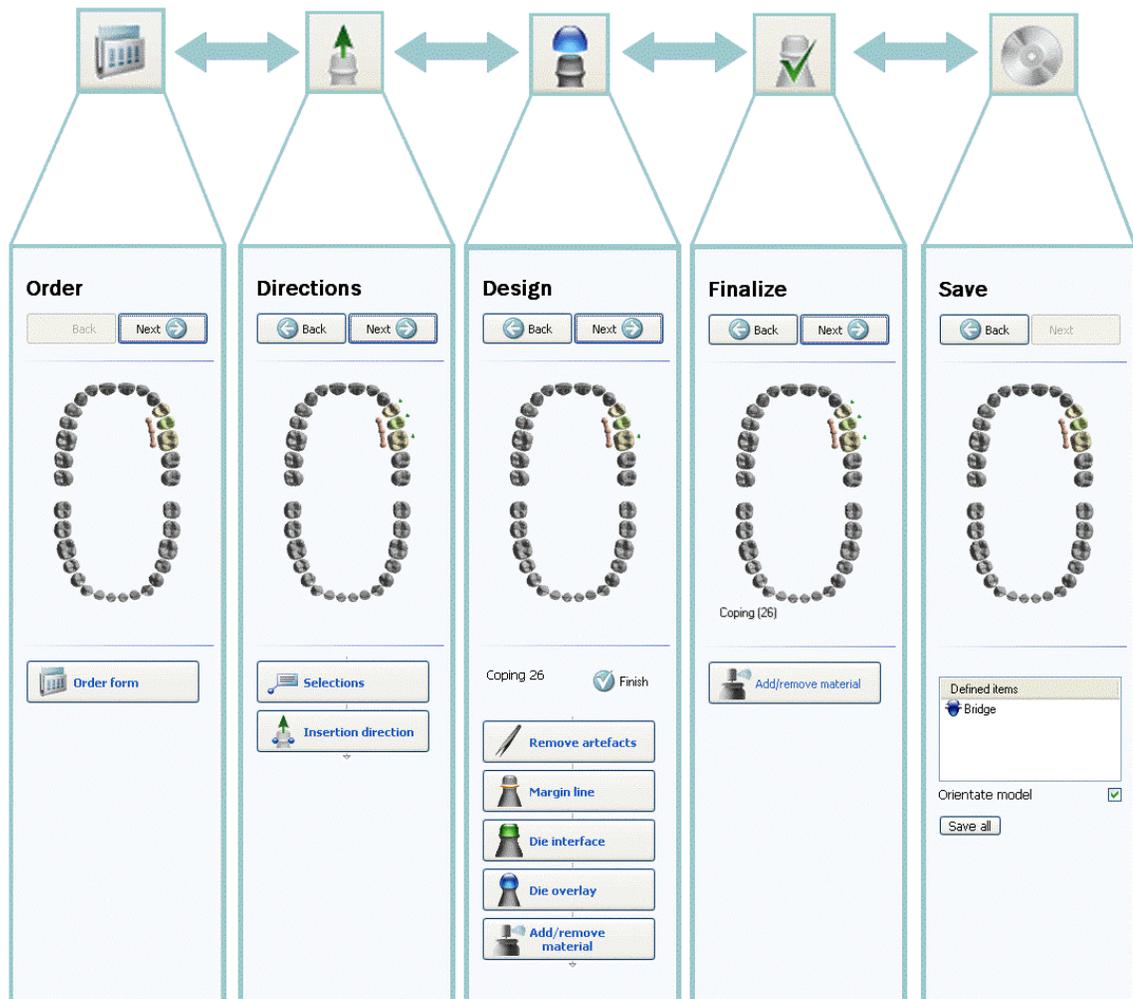


Figura 11 Esquema del proceso de diseño.



El diseño por software esta dividido por fases.

✓ Fase 1 Envío de datos

Antes de empezar una sesión de diseño, es necesario definir un envío de datos, el formulario de pedido estará seguido por uno o varios cuadros de diálogo que permiten importar en el pedido los archivos de escaneado creados en el diseño (figura 12).²⁴

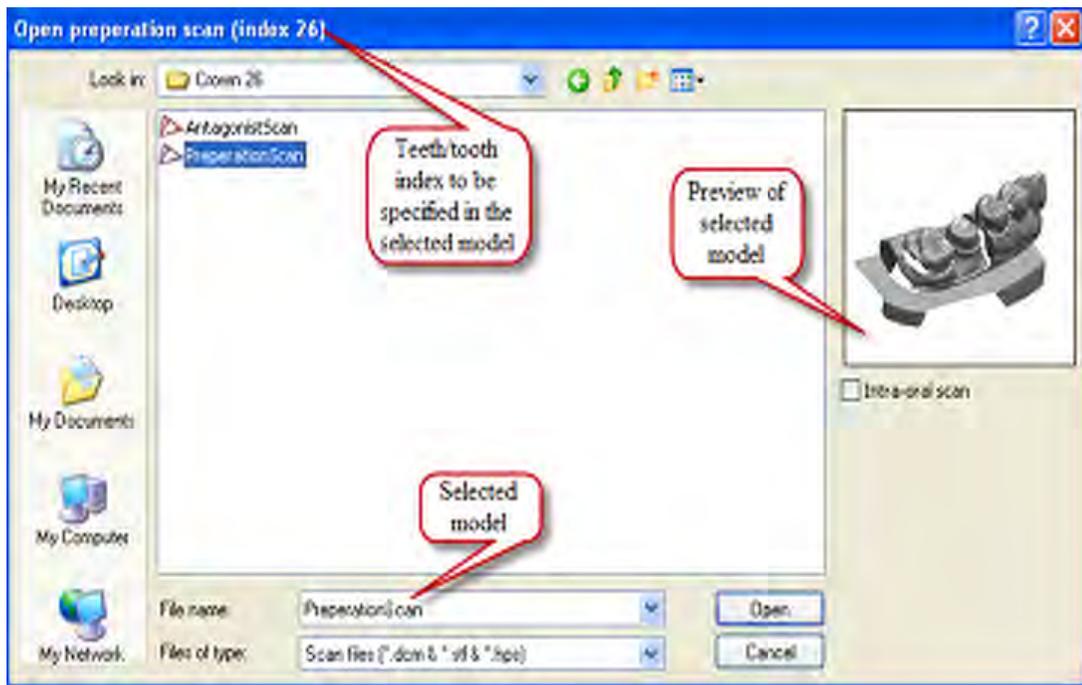


Figura 12 Importación de un escaneado de preparación en un pedido.



✓ Fase 2 Eliminación defectos, ángulos y diseño

- Eliminación de defectos

El propósito de este paso es eliminar los defectos que derivan del proceso de escaneado, se puede corregir mediante el software, si no se pueden corregir los defectos se tendrá que escanear nuevamente (figura 13).²⁴

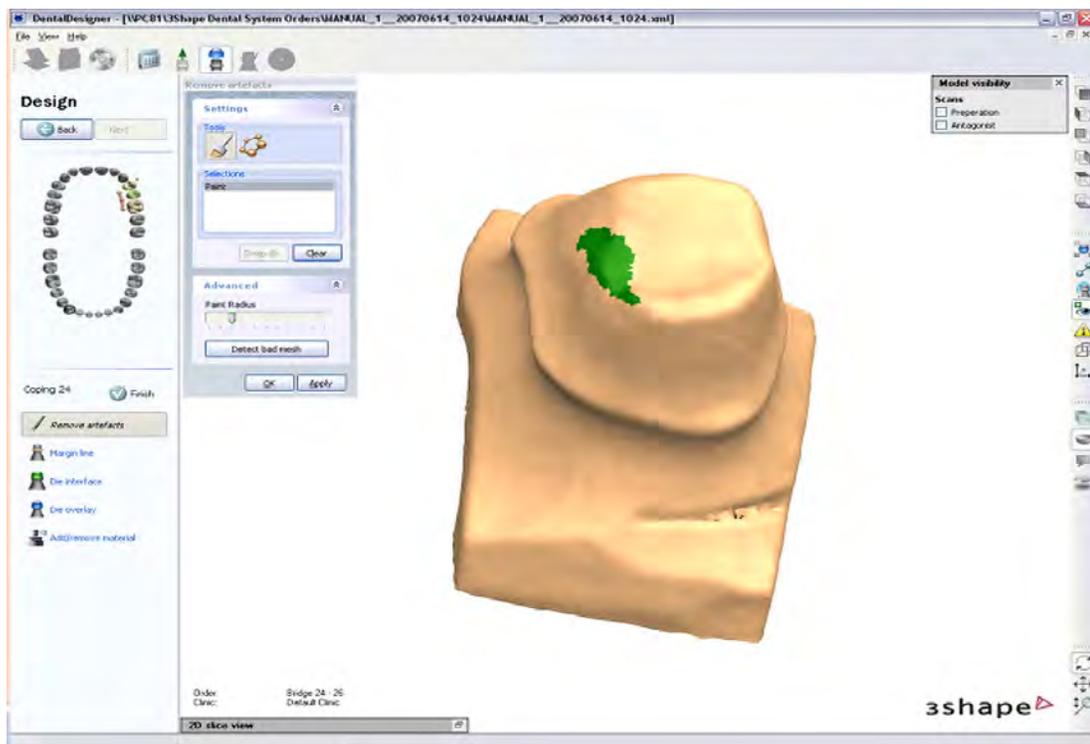


Figura 13 Eliminación de los defectos del escaneado con la herramienta de selección de pintura.

La línea de margen debe ser exacta para el elemento que se modela. Una línea de margen bien definida es fundamental para obtener una adaptación final óptima y, por lo tanto, este paso es uno de los más importantes de todo el proceso de modelación. Este paso sólo define la línea de margen. El corte real del muñón se realiza en el paso siguiente de la modelación (figura 14).²⁴

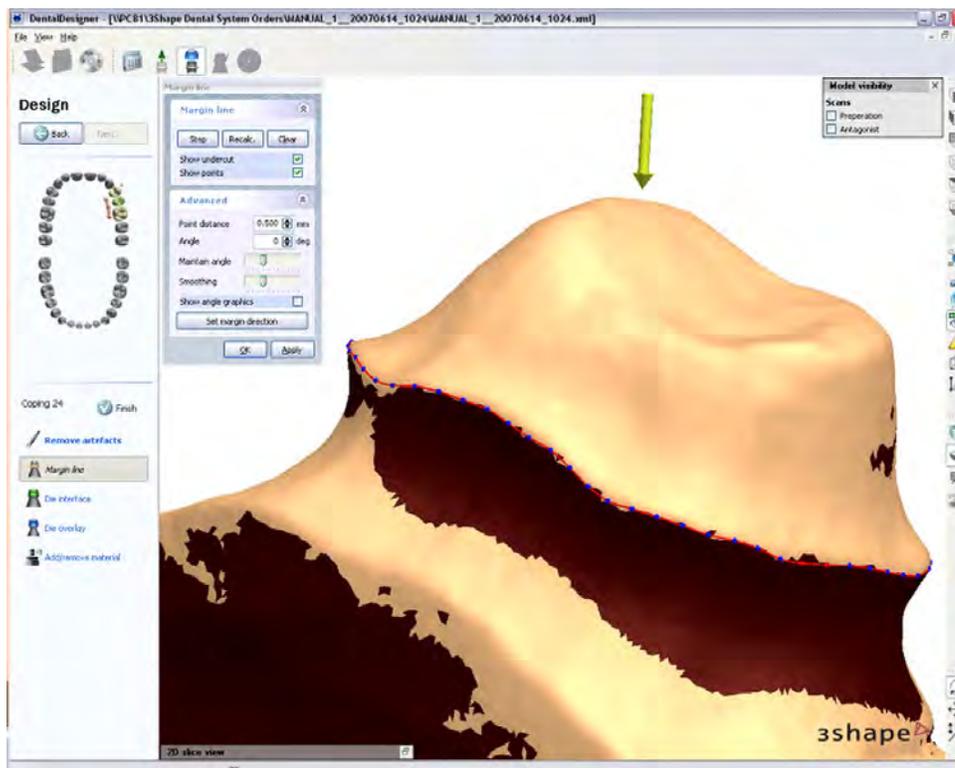


Figura 14 Forma automática una serie de puntos sobre la línea de margen del modelo



- Ángulos

Especificar qué parte del escaneado de la preparación (diente o muñón o encía) corresponde al área de restauración. Identificar aproximadamente la línea de margen (o línea de preparación): Esto significa que el usuario tiene que señalar el borde donde se encuentra aproximadamente la línea de margen y luego el algoritmo de 3Shape se encargará de encontrar la posición exacta de la línea de margen para que el usuario pueda posteriormente modificarla. La acción de señalar el punto en el que se encuentra la línea de margen se realiza simplemente colocando el punto de control azul cerca del punto en que se encuentra la línea de margen (figura 15).²⁴

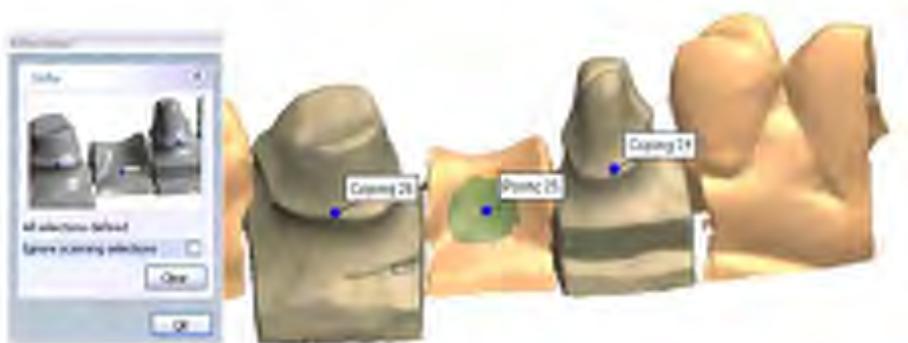


Figura 15 Colocación correcta de las secciones en las líneas de margen.

Definir el ángulo de inserción: es el ángulo de acuerdo con el cual la restauración se inserta sobre el muñón. Cuando se trabaja con una corona telescópica, se trata simplemente del ángulo con el que la corona telescópica se inserta sobre el muñón.



- Diseño

La fase del diseño es el núcleo de 3Shape: en esta fase, se modela por separado cada restauración (por ej. una cofia independiente) o cada unidad de restauraciones más complejas.

Se construye la interfaz del muñón, es decir la interfaz entre la superficie del muñón y la corona telescópica, con la línea de margen como borde inferior (figura 16).²⁴

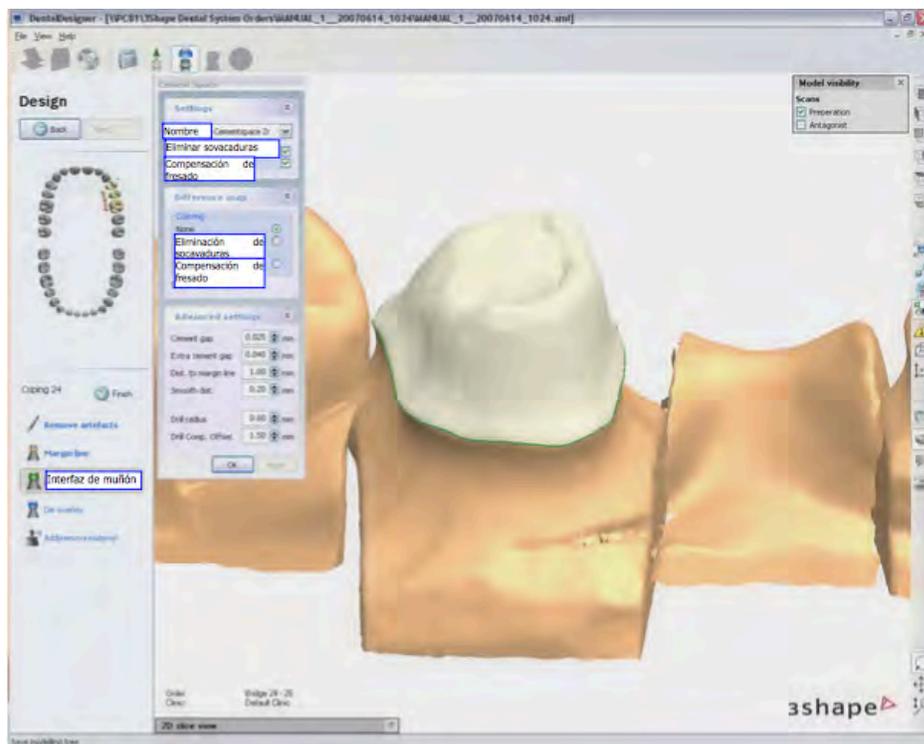


Figura 16 Interfaz del muñón.

Después se construye la superficie de la corona telescópica primaria basándose en el ángulo primario de la corona.

Por último se puede añadir o eliminar pequeñas cantidades de material de la superficie exterior de la corona telescópica.²⁴

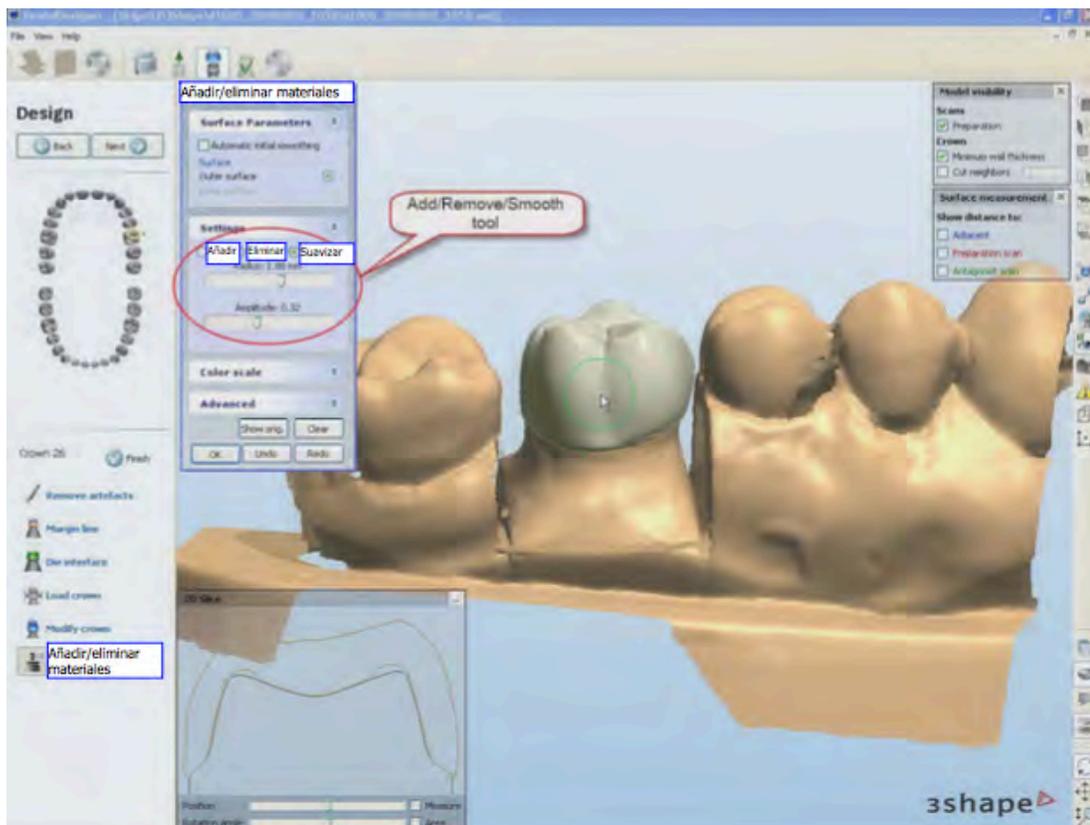


Figura 17 Herramienta para añadir/eliminar/suavizar.



✓ Fase 3 Finalizar y Guardar

Ésta es la última fase del proceso de modelación y es la fase en la que se guarda el modelo informático 3D de restauración dental que se ha modelado en un formato adecuado para la producción por medio de equipos de producción asistidos por ordenador.

2.4 Unidad de fresado

El fabricante 3Shape recomienda el uso de las fresadoras DWX, de la casa comercial Roland este tipo de fresadoras están diseñadas de forma compacta con una operación silenciosa y un fresado de alta calidad para la creación de cofias, coronas, en materiales difíciles de mecanizar tales como el zirconio, PMMA (polimetilmetacrilato) y resinas híbridas.

Impulsada por un tornillo de bola, capaz de fresar restauraciones complejas, la DWX es un dispositivo estable y su uso opera en los ejes X, Y y Z, rotando simultáneamente bloques y discos. La inclinación en el eje B permite cortes de revés profundos y el fresado complejo de restauraciones grandes de arcos y otras prótesis de boca completa.

Aunado a esto, su ionizador retira la electricidad estática, lo que hace a este sistema ideal para fresar materiales de polimetilmetacrilato (PMMA). La fresadora permite trabajar con diversos materiales y con software CAD-CAM y escáneres.²⁸



CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LAS DIFERENTES VERSIONES DE ESCÁNERES 3SHAPE DENTAL SYSTEM™

El escaneado de impresiones está aumentando su popularidad en los laboratorios debido a la mejora en las tecnologías de escaneado, a las nuevas opciones de diseño y a la impresión en 3D de alto rendimiento a menor costo, el sistema 3Shape tiene una gran variedad de escáneres que a continuación se describirán algunos de ellos.

La calidad de un escáner esta definida por los siguientes conceptos y mediciones: la resolución lineal, la repetibilidad, la minuciosidad y la precisión.

La resolución lineal o poder de resolución es la distancia mínima entre dos objetos para que el sistema óptico los pueda distinguir con imágenes nítidas y separadas.

La repetibilidad, que es el grado de concordancia entre una serie de medidas de un mismo objeto tomadas varias veces en condiciones inmutadas.

La minuciosidad o exactitud es el grado de correspondencia de las mediciones con el dato real.

La precisión es el grado de convergencia o dispersión de los datos detectados en forma individual con respecto al valor promedio de la serie a la cual permanecen.²⁹



3.1 Diferentes tipos de escáneres

De laboratorio

✓ Escáner D500

El escáner D500 tiene una solución eficiente en relación a su costo y un fácil acceso a la tecnología CAD-CAM para todo tipo de laboratorios independientemente de su tamaño o adquisición económica .

Características:

Dos cámaras de 1.3 Mp, láser rojo

Precisión de 10 micras

Tiempo de escaneado de troquel: 40 segundos

Tiempo de escaneado de arcada completa: 115 segundos (figura 18).³⁰



Figura 18 Escáner D500.



✓ Escáner D700

Es un escáner de alto rendimiento y productividad. Está indicado para laboratorios de tamaño medio, cuyo objetivo sea conseguir un alto rendimiento.

Características:

Dos cámaras de 1.3 Mp, LED azul

Precisión de 10 micras

Tiempo de escaneado de troquel: 25 segundos

Tiempo de escaneado de arcada completa: 55 segundos

Interior y exterior y alimentador multi-troquel (figura 19).²⁷



Figura 19 Escáner D700.



✓ Escáner D800

El escaneado de texturas y las cámaras de alta resolución 5MP hacen que el D800 sea indicado para laboratorios de tamaño medio que demandan la mayor precisión.

Características:

Dos cámaras de 5 Mp, LED azul

Precisión 7 micras

Tiempo de escaneado de troquel: 25 segundos

Tiempo de escaneado de arcada completa: 55 segundos

Interior extendido y alimentador multi- troquel

Escaneo textura (figura 20).²⁷

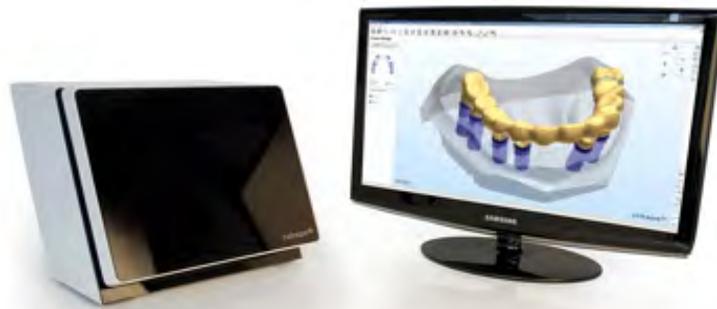


Figura 20 Escáner D800.



✓ Escáner D900

Las cuatro cámaras de alta resolución 5 MP y la tecnología sin manchas de LED azul ofrecen una extraordinaria y una alta precisión en el escaneado de color. Indicado para laboratorios grandes o con mucho volumen de producción.

Características:

Cuatro cámaras de 5 Mp

Precisión de 7 micras

Tiempo de escaneado de troquel: 15 segundos

Tiempo de escaneado de arcada completa: 35 segundos

Interior y extendido y alimentador multi- troquel

Escanea textura a color (Figura 21).²⁶



Figura 21 Escáner D900.



✓ Escáner 1000

La tecnología LED azul multilínea incorporada en el escáner D1000 permite escanear un muñón directamente en el modelo. Esto es posible por las cuatro cámaras de 5MP de alta resolución. El resultado es una velocidad de escaneo, es adecuado para laboratorios con gran volumen de producción de restauraciones digitales.

Características:

Cuatro cámaras de 5 Mp, LED azul

Precisión 7 micras

Tiempo de escaneado de troquel: 15 segundos

Tiempo de escaneado arcada completa: 25 segundos

Interior extendido y alimentador multi- troquel

No necesita exploración de troqueles

Escanea texturas a color (figura 22).³¹



Figura 22 Escáner D1000.



✓ Escáner D2000

El escáner tiene tecnología LED azul multilínea, además ofrece dos bandejas de escaneado. Esta combinación permite al usuario escanear modelos de trabajo, muñones y antagonistas en un solo paso. El escáner es adecuado para laboratorios.

Características:

Cuatro cámaras de 5 Mp, LED azul Multi-line

Precisión: 5 micras

Tiempo de escaneado de troquel: 15 segundos

Tiempo de escaneado de arcada completa: 25 segundos

Interior extendido y alimentador multi- troquel

Escanea texturas a color (figura 23).²⁷



Figura 23 Escáner D2000.



✓ Intraorales

El escáner TRIOS es un sistema de archivo abierto. La versión actual, el TRIOS escanea en color, el escaneado en color permite al clínico identificar fácilmente los márgenes de preparación. El sistema TRIOS lee automáticamente los tonos de los dientes adyacentes, también toma fotografías digitales intraorales, permitiendo así la adquisición de fotos de alta definición para fines de documentación o comunicación. Los objetos no deseados (lengua, mejillas o labios) se detectan automáticamente y se eliminan digitalmente de la impresión digital en tiempo real, permite una mayor movilidad, y es similar al dispositivo que utiliza un ordenador portátil en el que el escáner se conecta a través de un puerto USB (figura 24)^{11, 20}



Figura 24 TRIOS Color.



Escáneres dentales en 3D de 3Shape Dental System™

Modelos de escáner	Serie D500	Serie D700	Serie D800	Serie D900	D1000	D2000
Cámaras	2 cámaras 1,3 Mp	2 cámaras 1,3 Mp	2 cámaras 5,0 Mp	4 cámaras 5,0 Mp	4 cámaras 5Mp	
Tecnología de luz	Láser rojo	Láser rojo	Láser rojo	LED azul	LED azul	LED azul
Precisión	20 micras	20 micras	15 micras	15 micras	5 micras	5 micras
Escaneado de modelo en yeso	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Escaneado de impresiones	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Escaneado de múltiples troqueles		✓ (710 modelos)	✓ (810 modelos)	✓ (nueva tecnología)	✓	✓
Escaneado de texturas			Textura estándar	Textura de color	Textura de color	Textura de color
Tiempo de escaneado: Troquel único	50 – 55 segundos	25- 30 segundos	25- 30 segundos	15- 19 segundos	15 segundos	15 segundos
Tiempo de escaneado: puente 3 unidades	160- 185 segundos	100- 125 segundos	100- 125	65- 85 segundos	25 segundos	25 segundos

Cuadro 3 Escáneres dentales en 3D de 3Shape Dental System™. ³²



3.2 Indicaciones y contraindicaciones

Cubre una amplia gama de indicaciones y produce datos 3-D de alta calidad, que pueden ser fácilmente interpretados por cualquier laboratorio (cuadro 4).³²

Indicaciones del sistema 3Shape Dental System™			
Coronas y prótesis removibles	Indicaciones avanzadas	Indicaciones en implantes	Prótesis parciales y totales
Armazones para removibles y cofias	Restauraciones temporales digitales	Diseños de aditamentos	Detaduras completas
Diseño de anatomías completas	Modelados en cera diagnósticos virtuales	Barras y puentes de implantes	Diseño de prótesis parciales removible
Diseño multicapa	Perno-Muñón y muñón	Guías de fresado y planificación	
Articulación dinámica virtual	Coronas telescópicas		
Restauraciones intracavitarias, coronas parciales y venteres (carillas)			

Cuadro 4 Indicaciones del sistema 3Shape Dental System™.



✓ Contraindicaciones

Se encuentra contraindicado en pacientes que presenten:

- Bruxismo
- Disfunción cráneo-mandibular.
- Pacientes con hábitos como onicofagia, queilofagia.
- Pacientes que presenten hipersensibilidad a los materiales, aunque no se han reportado casos.
- Pacientes poco colaboradores.¹⁷

3.3 Ventajas y desventajas

La innovación aportada por el CAD-CAM en el laboratorio de mecánica dental con respecto a las tecnologías tradicionales incluye diversas ventajas:

- La disminución de las fases y etapas de trabajo
- La estandarización de los resultados en cuanto a precisión y control de la calidad
- La facilidad y rapidez con la cual es posible modificar
- El intercambio de datos entre sistemas CAD-CAM
- Compatibilidad con una amplia gama de restauraciones
- Sistema rápido para una alta productividad

✓ Desventajas

La compra del equipo es costosa

Se necesita de entrenamiento para efectuar el sistema

El software de CAD consume grandes cantidades de potencia de procesamiento de la computadora. Esto requiere de hardware de alta calidad



que puede ser costoso. CAM requiere dispositivos avanzados de fabricación. El costo del hardware es una desventaja significativa de CAD-CAM y un serio obstáculo para un despliegue más amplio de las tecnologías CAD-CAM.^{9, 33}

3.4 Revisión de un caso clínico

Paciente masculino se presenta a consulta con la necesidad de restaurarse dos cuadrantes en inferior, el paciente es aparentemente sano. Una vez revisada la zona, se procede a la restauración del órgano dental 37.

Paciente parcialmente edéntulo parcial ausencia dental del órgano dental 36, presentando desgaste de estructura dentaria en la cara oclusal del 37.

1) Toma de impresión con scanner intraoral TRIOS de 3SHAPE, determinación del espacio interoclusal y toma de registro de mordida virtual y selección de color (figura 25).



Figura 25 A) Fotografía oclusal, B) Preparación coronaria, C) Escaneado con 3Shape, D) Modelo de trabajo.

2) Montaje en el articulador virtual con modelo antagonista y modelo de trabajo, realizándose posteriormente el análisis oclusal (figura 26).

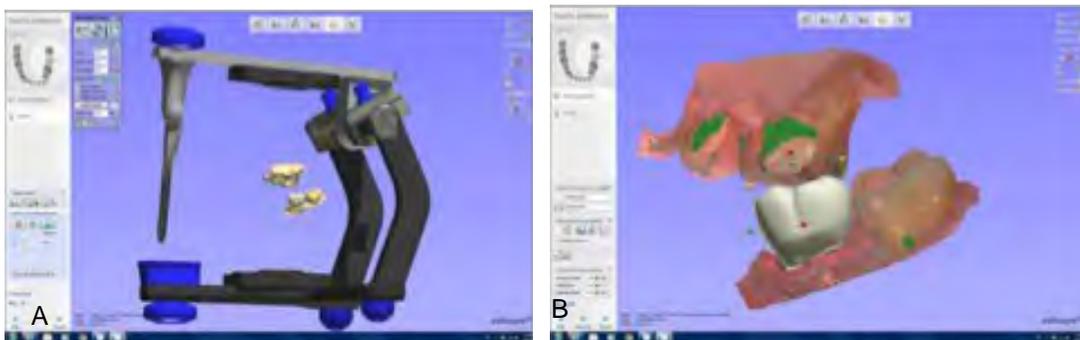


Figura 26 A) Articulación virtual, B) Análisis oclusal.

3) Envío de datos de fresado vía 3SHAPE, donde se diseñó la corona final, con el software.

4) Envío de archivo de datos a la fresadora DWX4 de Roland, donde se realizó el fresado de la corona con el uso de fresas tipo diamond-coated 2mm. y 0.1 mm., sobre un bloque de Lava™ Ultimate Restorative de la marca 3M, utilizando posteriormente tintes fotocurables para caracterización de la misma (figura 27).

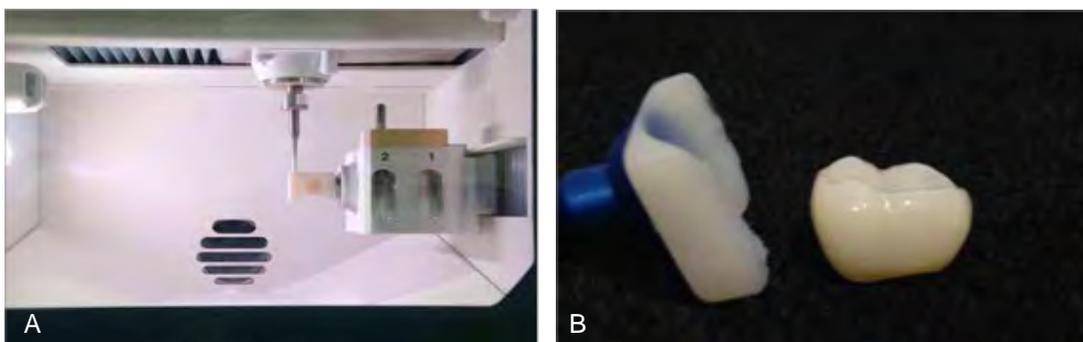


Figura 27 A) Fresado en curso B) Pulido.



5) Finalmente, se procedió al cementado definitivo con cemento Dual (figura 28).



Figura 28 Fotografía final.

Conclusiones

Con el uso de la tecnología CAD-CAM, se pueden realizar tratamientos de colocación de coronas en una sola consulta, cubriendo las expectativas del dentista y paciente desde el punto de vista de función y estética, obteniendo así el retorno de la inversión realizada con la adquisición de esta tecnología, en un tiempo menor al que se llevaría con procedimientos normales.

Con la tecnología CAD-CAM dental, facilitada por los escáneres dentales, de laboratorio u orales, las soluciones de software CAD y CAM dental, y las fresadoras, tales como la DWX4 y DWX50 de Roland ya no existen deficiencias en las restauraciones como cofias, coronas, puentes y emergentes personalizados. Se tiene una adaptación y resultados satisfactorios en los trabajos finales, además de que los tiempos de entrega de las piezas dentales y tratamiento se reducen considerablemente.²¹



CONCLUSIONES

En la odontología actual el Cirujano Dentista, así como el especialista debe de estar en una constante actualización ante nuevos productos de tecnología, ya que estos productos nos dan una gran variedad de beneficios.

En el mercado odontológico existe una gran variedad de sistemas CAD-CAM, pero en especial el sistema CAD-CAM 3Shape Dental System™, ofrece una gran variedad de alternativas para los tratamientos protésicos, siempre pensado en la rehabilitación en forma funcional hacia el paciente.

Este sistema posee diferentes escáneres desde el escáner básico hasta el mas sofisticado proponiendo al operador, rapidez, fidelidad de detalle, y control de calidad.

El inconveniente de este sistema es el alto costo de los escáneres y tomando en cuenta que se debe adquirir por separado el fresador o el sistema CAM hace que el valor de adquisición se eleve aun más.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acosi M, Velasco L. Diagnóstico 3D en Ortodoncia: Tomografía Cone-Beam aplicada. Brasil: Amolca; 2014. 362 p.
2. Mallat Callís E. Prótesis fija estética: Un enfoque clínico e interdisciplinario. 1a ed. España: Mosby; 2006. 382 p.
3. http://www.odontosalud.com/image/cerec_tec_4.jpg.
4. Electr M. Características de los materiales cerámicos empleados en la práctica odontológica actual. 2012;LXIX(4):157–63.
5. Montagna F, Barbesi M. Cerámicas, Zirconio y CAD/CAM. Venezuela: Amolca; 2013. 445 p.
6. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. Br Dent J. 2008;204(9):505–11.
7. Solaberrieta Mendez , Minguez Rodriguez R, Barrenetxea Apraiz L, Etxaniz Mendiguren O, Goicoechea Larracochea N, OTEGI OLASO JR, et al. Integración De La Ingeniería En La Odontología. Dyna Ing E Ind [Internet]. 2015;90(3):26–9.
8. Ali AO. Accuracy of Digital Impressions Achieved from Five Different Digital Impression Systems. Dentistry. 2015;5(5).
9. sanchez Jorge MI. Métodos CAD/CAM en prótesis. (Figura 1).
10. <http://www.sirona.com/ecomaXL/files/>.
11. America L. Evaluación del CAD / CAM para la restauración dental. :16–21.
12. <http://www.cityortho.ca/wp-content/>.
13. Marta D, Rubio R, Jaime P, Río D, Cam CAD. Ciencia. 2010;(6).
14. Zaraus Yañez C. Trabajo de investigación : 2012.



15. Davidowitz G, Kotick PG. The Use of CAD/CAM in Dentistry. *Dent Clin North Am.* 2011;55(3):559–70.
16. <http://c2-preview.prosites.com/110824/wy/images/e4d.jpg>.
17. PÉREZ CC, DUQUE VARGAS JA. Cad-Cam Restorations Systems and Ceramics : a Review. *Fac Odontol Univ Antioq.* 2010;22(1):88–108.
18. Oral M. Sistema Procera ®. 2007;IX(3):81–4.
19. Tsanova M, Manchorova-veleva N, Tsanova S. APPLICATION OF 3D DIGITAL SCANNING AND CAD / CAM SYSTEMS FOR ZIRCONIA INDIRECT. 2016;22(3):1320–3.
20. Latifa Z, Hamid B. Conventional Impression vs Optical Impression: The Battle has already Begun. *Periodontics Prosthodont [Internet]*. 2016;2(23):1–4.
21. Richard P, Rodríguez A. Restauración dental con fresadoras de última generación. 2015;10–2.
22. De E. El sostenido éxito de 3Shape. 2012;23–5.
23. Solaberrieta E, Minguez R, Etaxaniz O, Barrenetxea L. Improving the Digital Workflow : Articulador Avances en el flujo de trabajo digital : transferencia directa del paciente al articulador virtual. 2013;285–92.
24. Dental System by 3 s h a p e. 2008;
25. Kim KB, Kim WC, Kim HY, Kim JH. An evaluation of marginal fit of three-unit fixed dental prostheses fabricated by direct metal laser sintering system. *Dent Mater [Internet]*. 2013;29(7):e91–6.
26. Van As G. Laser dentistry. *Dent Today.* 2010;29(9):144.
27. Versátil gama de escáneres.



-
28. Information I. THAT PUSH WHO ' S LOOKING FOR DENTAL. 2014.
 29. Montagna F, Barbesi M. De la Cera a la Cerámica – Conocimientos Básicos para una Colaboración Eficaz entre Técnicos Dentales y Odontólogos. Venezuela: Amolca; 2008. 262 p.
 30. Zel JM Van Der, Vlaar S, Ruitter WJ De, Davidson C. The CICERO system for CAD / CAM fabrication of full-ceramic crowns. J Prosthet Dent. 2001;85(3):261–7.
 31. Kit M. ESSENTIAL The World ' s Largest News. 2017;
 32. 3Shape Dental System. 2013;
 33. Ripano, ESCRIBIENDO el futuro. 2012;7(1).

