

**ANÁLISIS DE CUATRO SOFTWARES QUE SOPORTAN ARTICULADORES
VIRTUALES**

Marly Johana Ramírez Martínez

Lina María Romero Rodríguez

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE
PROGRAMA DE PROSTODONCIA- FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
BOGOTÁ DC- OCTUBRE 2022**

HOJA DE IDENTIFICACIÓN

Universidad	El Bosque
Facultad	Odontología
Programa	Prostodoncia
Título:	Análisis de cuatro softwares que soportan articuladores virtuales.
Grupo de investigación	Unidad de Epidemiología Clínica Oral - UNIECLO
Línea de investigación:	Odontología digital
Otras Instituciones participantes:	Centro de odontología digital Laboratorio digital de Prostodoncia UEB
Tipo de investigación:	Posgrado/Grupo
Estudiantes:	Marly Johana Ramírez Martínez Lina María Romero Rodríguez
Director:	Martha C. Tamayo M.
Codirectores	Cecilia Ruiz Rubiano Leonardo Pérez Hernández
Otros asesores	Álvaro Andrés Rodríguez

DIRECTIVOS UNIVERSIDAD EL BOSQUE

OTTO BAUTISTA GAMBOA	Presidente del Claustro
JUAN CARLOS LÓPEZ TRUJILLO	Presidente Consejo Directivo
MARIA CLARA RANGEL GALVIS	Rector(a)
NATALIA RUÍZ ROGERS	Vicerrector(a) Académico
RICARDO ENRIQUE GUTIÉRREZ MARÍN	Vicerrector Administrativo
GUSTAVO SILVA CARRERO	Vicerrectoría de Investigaciones.
CRISTINA MATIZ MEJÍA	Secretaria General
JUAN CARLOS SANCHEZ PARIS	División Postgrados
MARIA ROSA BUENAHORA TOVAR	Decana Facultad de Odontología
MARTHA LILILIANA GOMEZ RANGEL	Secretaria Académica
DIANA MARIA ESCOBAR JIMENEZ	Director Área Bioclínica
ALEJANDRO PERDOMO RUBIO	Director Área Comunitaria
JUAN GUILLERMO AVILA ALCALÁ	Coordinador Área Psicosocial
INGRID ISABEL MORA DIAZ	Coordinador de Investigaciones Facultad de Odontología
SANDRA HINCAPIÉ NARVÁEZ	Coordinador Postgrados Facultad de Odontología
EDGAR RENE ROJAS	Director del programa de Prostodoncia
LEONARDO PEREZ HERNÁNDEZ	Coordinador del programa de Prostodoncia

“La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

In memoriam

Dra. Cecilia Ruiz – Rubiano- Codirectora del proyecto.

Por sus enseñanzas, dedicación y su extraordinaria calidad humana

GUÍA DE CONTENIDO

Resumen

Abstract

	Págs.
Introducción	1
2. Antecedentes	6
3. Justificación	20
4. Objetivos	21
4.1 Objetivo general	21
4.2 Objetivos específicos	21
5. Metodología del Proyecto	23
5.1. Tipo de estudio	23
5.2. Población y muestra	23
5.3. Métodos y técnicas para la recolección de la información	24
5.4 Plan de tabulación y análisis.	35
6. Consideraciones éticas y en propiedad intelectual	37
7. Resultados	38
8. Conclusiones	60
9. Referencias	61

LISTADO DE TABLAS

		Págs.
Tabla 1	Selección de palabras claves por temática <i>Diseñada por Martha Tamayo. Datos suministrados por Ramírez Martínez & Romero Rodríguez</i>	27
Tabla 2	Estrategia de búsqueda por temática <i>Diseñada por Martha Tamayo. Datos suministrados por Ramírez Martínez & Romero Rodríguez</i>	28
Tabla 3	Resultados aplicación de estrategia de búsqueda por temática PUBMED <i>Diseñada por Martha Tamayo. Datos suministrados por Ramírez Martínez & Romero Rodríguez</i>	29
Tabla 4	Preselección de artículos por temática <i>Diseñada por Martha Tamayo. Datos suministrados por Ramírez Martínez & Romero Rodríguez</i>	29
Tabla 5	Selección de artículos por temática <i>Diseñada por Martha Tamayo. Datos suministrados por Ramírez Martínez & Romero Rodríguez</i>	34
Tabla 6	Estrategia de búsqueda Temática 1 <i>Diseñada por Martha Tamayo. Datos suministrados por Ramírez Martínez & Romero Rodríguez</i>	43
Tabla 7	Estrategia de búsqueda Temática 2 <i>Diseñada por Martha Tamayo. Datos suministrados por Ramírez Martínez & Romero Rodríguez</i>	44

RESUMEN

ANÁLISIS DE CUATRO SOFTWARES QUE SOPORTAN ARTICULADORES VIRTUALES

Antecedentes: Los articuladores virtuales [AV] son softwares que hacen parte de la odontología digital. Estos permiten la visualización dinámica de las condiciones oclusales con fines diagnósticos y dentro del flujo de trabajo para la elaboración de prótesis CAD- CAM. Existen varios softwares en mercado y cada uno tiene sus indicaciones y limitaciones para el uso en prostodoncia. Sin embargo, a la fecha no se han analizado comparativamente desde la evidencia científica que los soporta, ni desde la parte técnica para su uso en prostodoncia. **Objetivo:** Analizar las características, alcances y límites de cuatro softwares que soportan 4 articuladores virtuales. **Metodología:** Este estudio se desarrolló en dos fases: La primera fase explora el funcionamiento, las limitaciones y el alcance de los articuladores virtuales -3Shape, Inlab SW de Dentsply Sirona, Exocad DentalCAD, NemoCast de NEMOTEC- mediante el análisis directo del software que soporta estos articuladores y sus manuales y la segunda fase consistió en una revisión temática con fines de investigación en la que se planteó una pregunta de investigación como directriz para su desarrollo, a partir de la cual se establecieron dos temáticas: 1) Softwares que soportan articuladores virtuales – evaluación y resultados 2) Softwares que soportan articuladores virtuales que han usado arco facial y registros oclusales electrónicos, – evaluación y resultados. Para cada una se crearon estrategias de búsqueda aplicadas en la base de datos PUBMED. Se eligieron artículos científicos sin restricciones de idioma que abordaran los objetivos de la revisión. Los datos de cada artículo seleccionado se extrajeron mediante registros bibliográficos con criterios de extracción acordes a cada temática. **Resultados:** a partir del análisis de cada uno de los softwares se encontró que 3Shape, Exocad y Nemotec sirven como herramienta diagnóstica (análisis de oclusión) y terapéutica (diseño y elaboración de prótesis CAD/CAM) y el software Sirona solo como herramienta terapéutica. Los cuatro softwares analizados reciben archivos STL, los cuales no requieren ser capturados por una marca específica de escáner. Los articuladores virtuales soportados por 3Shape, Exocad y Nemotec permiten sustraer información a partir del uso de arcos faciales digitales de la misma marca comercial y el único AV no cuenta con arco facial digital, es el soportado por Sirona A partir de la evidencia científica se observó que el AV más estudiado ha sido el soportado por Exocad seguido por el AV soportado por 3Shape. El articulador soportado por Nemotec no presenta a la fecha ninguna publicación que haya evaluado su desempeño.

Palabras claves: Articulador Virtual, Montaje Virtual, Exocad, 3Shape, Inlab Sw 20, Nemotec, evaluación por evidencia.

ABSTRACT

ANALYSIS OF FOUR SOFTWARE FOR VIRTUAL ARTICULATORS

Background: Virtual articulators (VA) are software forming part of digital dentistry. These allow a dynamic visualization of occlusal conditions for diagnosis and for CAD-CAM prostheses. There are several software available, each with its indications and limitations. However, there has not been a comparison based on scientific or technical evidence for their use in prosthodontics. **Objective:** To analyse the characteristics, scope and limitations of four software which support four VA. **Methods:** The study was developed in two phases: the first explored the functioning, limitations and scope of 3Shape, Inlab SW by Dentsply Sirona, Exocad DentalCAD, NemoCast by NEMOTEC Vas by means of direct analysis. The second phase was a thematic review for research with a question as a guideline from which two topics were established: 1, software which support Vas-evaluation and results, 2, software which support VAs which have used facial arch and electronic occlusal records-evaluation and results. A search strategy was developed for Pubmed, scientific articles were chosen without language restriction, data was extracted by bibliographic registries per topic. **Results:** 3Shape, Exocad and Nemotec are good diagnostic (occlusion analysis) and therapeutic (design and development of CAD-CAM prostheses) tools, while Sirona is only a therapeutic tool, all software use STL files without the need of a specific scanner, 3Shape, Exocad and Nemotec allow to acquire information from digital dental arches from the same brand, Sirona is the only one without facial arch, Exocad has been the most reviewed followed by 3Shape and Nemotec has not been evaluated so far.

Key words: virtual articulator, virtual mount, Exocad, 3Shape, Inlab Sw 20, Nemotec, evaluation by evidence.

1. INTRODUCCIÓN

Un articulador se define como un instrumento mecánico que representa las articulaciones temporomandibulares y componentes de los maxilares para simular el movimiento de estos últimos ([Glossary of Prosthodontic Terms, 2017](#)). El articulador semiajustable es el más utilizado para el análisis oclusal, ya que permite individualizar algunos parámetros guía del paciente utilizando un arco facial con el que se puede correlacionar la orientación espacial del modelo superior respecto a un plano craneal de referencia como lo es el plano horizontal de Frankfurt (porción-orbital) y permite hacer 3 tipos de ajustes individuales para cada paciente: la inclinación condílea, el ángulo de Bennet y la distancia intercondílea. Dentro de las principales ventajas que tienen estos articuladores se encuentran las siguientes: 1) Permiten el ajuste de los elementos condilares mecánicos para reproducir los movimientos mandibulares de manera aproximada mediante el uso de registros interoclusales tomados a los pacientes, 2) Permiten la orientación del modelo del maxilar superior en una relación apropiada con el eje de la bisagra condilar mediante el uso del arco facial, 3) Permiten una mejor visualización de todas las caras del diente y 4) Presentan un tamaño similar al de la articulación temporomandibular en humanos. ([Manns et al., 2003](#); [McCullock, 2003](#); [Phillips et al 2010](#); [Nazir et al., 2012](#)):

Sin embargo, también tiene algunas limitaciones y desventajas como la restricción de reproducir la complejidad de los movimientos excéntricos más allá de los límites de borde a borde y la distorsión y deformación de la mandíbula durante las condiciones de apertura lo que conlleva problemas para la reproducibilidad de modelos durante la toma de impresión ([Korda et al, 2002](#))

A partir del montaje de los modelos en este articulador se realizan análisis intra-arco e inter- arco. En el análisis intra-arco se evalúa la morfología de los arcos, tamaño, ausencias, malposiciones dentales, y facetas de desgaste. Con el análisis inter- arco se realizan estudios en relación estática y dinámica. En la posición estática se determina la clasificación molar y canina de angle, la sobremordida horizontal y vertical, el acople de dientes anteriores, la intercuspidadación dentaria y los planos oclusales; en el análisis de la relación dinámica se evalúa la guía anterior de desoclusión y se identifican los

contactos prematuros e interferencias durante los movimientos excéntricos. (Shetty *et al.*, 2016, Ahlers *et al.*, 2018).

El articulador virtual (AV) puede definirse como una herramienta tipo software que ha incorporado sistemas CAD, esta herramienta combina sistemas hardware como los dispositivos de escaneo que tienen como ventaja el poder recibir y publicar archivos STL (Standard Triangle Language) que se pueden compartir con cualquier otro sistema que sea abierto (Davidowitz y Kotick, 2011, Koralakunte *et al.*, 2014, Lepidi *et al.*, 2021). A diferencia del mecánico, este articulador permite una visualización dinámica de las condiciones oclusales cuando se ejecuta la animación del movimiento mandibular, el usuario puede ver los puntos de oclusión que se desplazan por las superficies de los dientes, sincronizados con los movimientos mandibulares; además el sistema ofrece visualizaciones tridimensionales separadas del maxilar y la mandíbula, con una perspectiva superior y general de ambas arcadas. Los modelos pueden manipularse utilizando un plano de sección que facilita el análisis detallado de cada región de interés y a su vez, modifica y corrige las superficies oclusales de restauraciones virtuales permitiendo estos movimientos sin interferencias y evitando así ajustes finales de dichas restauraciones en boca del paciente (Korda *et al.*, 2002, Koralakunte *et al.*, 2014). Entre los tipos de AV se encuentran los completamente ajustables (CA) y los simulados matemáticamente (MS). El AV de tipo CA requiere la importación de archivos que registran los movimientos de la mandíbula del paciente por medio de dispositivos adicionales como es el arco facial digital. Los tipos MS implican la importación de datos relacionados con parámetros adicionales basados en valores promedio y su indicación clínica está dada en los casos donde se requiere planificar la morfología oclusal de la prótesis (Lepidi *et al.*, 2021).

Las principales limitaciones del articulador AV son: que requiere del conocimiento de la tecnología y la habilidad técnicas por parte del usuario (Korda *et al.*, 2002; Solabarrieta *et al.*, 2015 a,b,c; Koralakunte *et al.*, 2014). Necesita un arco facial electrónico y el sensor electrónico para registros interoclusales para reproducir con precisión la localización del maxilar y su relación con la mandíbula ((Korda *et al.*, 2002; Solabarrieta *et al.*, 2015 a,b,c; Koralakunte *et al.*, 2014). Algunos de los softwares como

el sistema 3Shape no cuentan con esta tecnología por lo que se requiere el montaje convencional previo en articulador semiajustable para la obtención de datos tales como ángulo de Bennett, ángulo de inclinación condílea y rangos de movimientos extrusivos bordeantes (Leyva & Ramos 2016; Barrera- Castillo & Fernández – Valencia, 2019).

En la Universidad El Bosque se inició una línea con el fin de evaluar la exactitud y la precisión del articulador virtual soportado por el sistema 3Shape-Dental™ para la localización de interferencias oclusales durante movimientos excéntricos, se realizaron dos estudios- en los dos se utilizó como método de referencia el análisis de oclusión realizado por dos expertos calibrados [ICC 0.9] a través de dos métodos combinados; la evaluación clínica sobre pacientes y la evaluación sobre montajes en el articulador semiajustable Whip Mix 2240, en los dos se usó una muestra probabilística de 50 montajes para evaluar la exactitud y 35 montajes para evaluar la precisión en tres mediciones repetidas (Leyva & Ramos 2016; Barrera- Castillo & Fernández – Valencia, 2019). En el primero se evaluó con el articulador virtual Whip Mix-Denar-330 soportado en el software versión 2014 y se encontró que la fuerza de acuerdo fue de **regular a moderada** [<0.75 ICC] para la **exactitud** y la fuerza de acuerdo fue **muy buena** [>0.75 ICC] para **precisión** (Leyva & Ramos 2016). En el segundo se evaluaron 5 articuladores virtuales - Whipmix-Denar-330, Bio-Art-A7 plus, kaVo-PROTAR, SAM-2P y ShofuIV- soportados en el sistema 3Shape-Dental™ versión 2018 y se encontró que todos los articuladores presentaron una fuerza de concordancia muy buena [CCI ≥ 0.87] para la exactitud en todos los movimientos articulares y una fuerza de concordancia muy buena [CCI=1, 95%IC = 1 y p=1.0] para precisión también en todos los casos (Barrera- Castillo & Fernández – Valencia, 2019).

Con la misma muestra de pacientes se planeó el mismo tipo de validación para los articuladores virtuales soportados en los sistemas **Inlab SW Dentsply Sirona** y **NemoCast de NEMOTEC**;, sin embargo, durante la fase piloto se observó que cada uno de estos sistemas presenta funciones, aplicaciones, características y requerimientos diferentes a los que se necesitan con el sistema 3 Shape-Dental, por lo que no se pudo llevar a cabo el estudio.

En efecto Lepidi et al [2021] hacen una descripción de las características de algunos de los programas de articulador virtual que hay en el mercado- tanto MS como CA. Exocad, es uno de los software más populares que permite el montaje de modelos en sus dos módulos, CA y MS. Este ofrece numerosas opciones para diferentes marcas y módulos de articuladores, incluidos los articuladores Bio-art A7 Plus, Bio-art A7 Plus-Ajustable, Denar Mark 330, Tipo A, Tipo P y Tipo S; Entre los paramentos ajustables están el ángulo de Bennett, el ángulo condilar, la dimensión vertical de oclusión (VDO), la inclinación de la mesa incisal, el inserto de Bennett y el inserto condilar, este AV es compatible con el arco facial digital ZEBRIS JMA optic DEVICE y está en proceso de integrar el MODJAW. El Exocad utiliza modelos en archivos tipo STL obtenidos tanto de impresiones intraorales como extraorales (Lepidi et al., 2021). Por otra parte el AV de AMANN- GIRRBACH, funciona bajo la denominación Ceramill®mind como CA y como MS, mediante el módulo Ceramill®artex. Su función como CA es compatible con el arco facial electrónico ZEBRIS JMA optic DEVICE (Lepidi et al., 2021). El AV de DENTSPLY SIRONA viene incluido en los softwares CEREC e INLAB como un modo de trabajo para la planificación de la restauración, este necesita adjuntar los datos obtenidos de un montaje análogo o de una medición electrónica que se obtiene por medio de un arco facial como el descrito anteriormente o el SICAT-JMD+ device. El articulador 3SHAPE también es de tipo MS, el módulo de AV que usa es Dynamic articulator y su software CAD es el TRIOS, esta herramienta a diferencia del DENTSPLY SIRONA emplea un dispositivo accesorio que es el Dynamic occlusion 3SHAPE (Lepidi et al., 2021) , este sistema presenta una vinculación de los flujos de trabajo físicos y virtuales; Dental System™ es compatible con los articuladores más reconocidos del mercado como lo son SAM 2P, Whip mix® Denar Mark 330, ACR (Artex™ Compatible) y KaVo PROTAR, esto proporciona una experiencia al usuario óptima y garantiza que los ajustes del software sean totalmente compatibles al ejecutar el control de calidad final de la restauración física (3Shape Dental System, 2014, Barrera- Castillo & Fernández – Valencia, 2019)

Como se puede observar, cada software que soporta los articuladores virtuales tiene sus características, funciones y requerimientos particulares, y aunque el estudio de Lepidi et al., (2021), es de los únicos que reporta alguna información al respecto, no es

suficiente para plantear proyectos que permitan continuar con la línea de investigación. Actualmente en Colombia se cuentan con 4 softwares de AV que son los más utilizados, Articulador Virtual Dinámico 3Shape, Inlab SW Dentsply Sirona, Exocad DentalCAD y NemoCast de NEMOTEC, pero no existe al respecto de ellos un análisis detallado que facilite su uso en investigación y en la práctica clínica.

2. ANTECEDENTES

Resumen de la búsqueda de información

Se definieron las siguientes variables:

- Articulador: es un instrumento mecánico que representa la articulación temporomandibular, en el que se pueden adjuntar modelos maxilares y mandibulares para simular algunos o todos los movimientos mandibulares ([Glossary of Prosthodontic Terms, 2017](#)).
- Concordancia: Los estudios de concordancia tienen como objetivo, establecer el grado de comparación entre los resultados de dos pruebas diagnósticas o instrumentos de medición, para así determinar si las dos pruebas o instrumentos producen resultados lo suficientemente comparables que los haga intercambiables ([Argimon-Pallas & Jimenez- Villa, 2019](#)).
- Análisis oclusal: examen sistemático de la oclusión con especial consideración a las relaciones interoclusales para la planificación de un tratamiento que permita corregir las maloclusiones y obtener una oclusión correcta de ambas arcadas dentarias ([Glossary of Prosthodontic Terms, 2017](#)).

Se consultaron las siguientes bases de datos: Pubmed

Se utilizaron las siguientes palabras clave: Virtual articulator, Dynamic Virtual Articulation, Dental articulator, articulators, Accuracy, Precision, Preciseness, Trueness, Data accuracy, Dimensional Measurement Accuracy, Data Accuracies, exactness

Se buscaron los siguientes tipos de estudios: Estudios de concordancia

Se utilizaron las siguientes estrategias de búsquedas

- | | |
|----|--|
| #1 | Virtual articulator OR Virtual Mounting Procedures OR VR articulator OR Dynamic Virtual Articulation OR 3D virtual articulator |
| #2 | Softwares OR Exocad OR 3Shape OR Inlab SW 20 OR Nemotec OR Blue Sky Bio OR Ceramill@mind OR Trios OR Zirkhonzahn OR Tizian CRT exocad OR Dws |
| #3 | Accuracy OR Data accuracy OR Agreement OR Exactitud OR Precision OR Trueness OR Concordance |

- #4 #1 OR #2 (Virtual articulator OR Virtual Mounting Procedures OR VR articulator OR Dynamic Virtual Articulation OR 3D virtual articulator) OR (Softwares OR Exocad OR 3Shape OR Inlab SW 20 OR Nemotec OR Blue Sky Bio OR Ceramill@mind OR Trios OR Zirkhonzahn OR Tizian CRT exocad OR Dws)
- #5 #4 AND #3 ((Virtual articulator OR Virtual Mounting Procedures OR VR articulator OR Dynamic Virtual Articulation OR 3D virtual articulator) OR (Softwares OR Exocad OR 3Shape OR Inlab SW 20 OR Nemotec OR Blue Sky Bio OR Ceramill@mind OR Trios OR Zirkhonzahn OR Tizian CRT exocad OR Dws)) AND (Accuracy OR Data accuracy OR Agreement OR Exactitud OR Precision OR Trueness OR Concordance)

No hubo restricción de lenguaje ni de fechas de publicación.

Se **encontraron** 45,084 artículos respectivamente en la siguiente base de datos Pubmed de los cuales fueron seleccionados por **título** 70, luego por **abstract** 20 y de estos se seleccionaron 13 por **relevancia**.

Se **excluyeron**, editoriales, abstracts que no hubieran sido seguidos por una publicación posterior, cartas o comentarios.

Marco de referencia.

Un **articulador ha sido definido** como un instrumento mecánico que representa la articulación temporomandibular, en el que se pueden adjuntar modelos maxilares y mandibulares para simular algunos o todos los movimientos mandibulares. ([Glossary of Prosthodontic Terms, 2017](#)).

Estos movimientos mandibulares que intentan simular los articuladores se producen a expensas de las articulaciones, dichos movimientos van en diversas direcciones; hacia adelante, los lados y en pocas ocasiones también hacia atrás en una pequeña extensión, estos son los llamados movimientos básicos como los de apertura y cierre, movimientos de protrusión y movimientos de laterotrusion. También se presentan los movimientos bordeantes, los cuales son reproducibles y se encuentran limitados por la tensión de los ligamentos capsulares de la articulación temporomandibular, dichos movimientos constituyen el marco de los los movimientos funcionales. A nivel condilar los movimientos pueden ser clasificados como rotación alrededor del eje transversal, rotación alrededor del eje sagital, rotación alrededor del eje vertical y movimiento de traslación ([Joshi 2018](#)).

Un articulador proporciona un medio para reproducir las relaciones oclusales fuera de la boca, y es una ayuda indispensable para la fabricación de coronas y puentes, el uso de estos instrumentos permite analizar los aspectos morfológicos y funcionales de la oclusión dentro del sistema masticatorio permitiendo así su restauración, además es una herramienta esencial utilizada para la documentación, el diagnóstico, el diseño, el tratamiento y la demostración, por lo que es indispensable en la práctica odontológica, particularmente en prostodoncia (Clark et al., 2001; Mage et al., 2019).

Clasificación de articuladores convencionales

Se han construido una gran cantidad de articuladores, dentro de las diferencias más importantes se puede destacar el ajuste, el costo y la versatilidad.

El Journal of prosthetic dentistry en 1999 publicó la clasificación de los articuladores, dividiéndolos en cuatro clases; clase I articuladores no ajustables el cual acepta solo un registro donde únicamente es posible un movimiento vertical, el clase II son los que permiten el movimiento tanto horizontal como vertical pero no orientan el movimiento de las articulaciones temporomandibulares, el clase III articuladores semiajustables los cuales son instrumentos que simulan la trayectoria condilar utilizando valores promedios o equivalentes y por último el clase IV que son los articuladores totalmente ajustables los cuales aceptan registros tridimensionales.

De la misma manera dentro de la historia y hasta la actualidad se han descrito diversos tipos de articuladores los cuales varían según su complejidad; se pueden dividir en articuladores de bisagra llamados también oclusores, estos no tienen más beneficio de uso que el de poder observar la relación interdental totalmente estática y solo en cierre oclusal, reproduciendo los movimientos de apertura y cierre y donde la relación de los modelos montados con respecto al eje de bisagra es incorrecto ya que estos movimientos se realizan en un arco de menor radio que en la boca, reproduciendo así relaciones horizontales y verticales con errores; tiene como única ventaja: un menor costo y menor tiempo en montaje, y su gran limitación es la no reproducción de movimientos excéntricos.

Los articuladores semiajustables son instrumentos que permiten reproducir las trayectorias condilares, usando valores equivalentes a los del paciente, para casi todos los movimientos mandibulares, estos reproducen la dirección o el inicio y el punto final de algunos movimientos condilares, mas no sus trayectos intermedios, además calibrar determinantes oclusales fijos e inalterables, ya que simulan la trayectoria condílea mediante el arco facial; pueden ser tipo arcón y no arcón, los tipo arcón representan la articulación condilar: cavidad glenoidea en la rama superior y cóndilo en la rama inferior, mientras que los tipo no arcón representan la articulación no condilar, es decir la cavidad glenoidea en la rama inferior y cóndilo en la rama superior. (Clark et al., 2001; Pietrokovski et al., 2018).

Por último y dentro de la evolución de los articuladores se encuentran los articuladores totalmente ajustables, estos articuladores aceptan registros dinámicos tridimensionales representando un instrumento más preciso; se utiliza para tratamientos extensos que impliquen la reconstrucción de toda la oclusión, por lo tanto, requieren un alto grado de habilidad. Tienen la capacidad de orientar los modelos en relación con las articulaciones y reproducir todos los movimientos mandibulares; consta de paredes ajustables en las fosas que se pueden manipular fácilmente al duplicado de la trayectoria condilar según lo registrado por el pantógrafo, el pantógrafo es un instrumento que se emplea para obtener registros individuales gráficos de movimientos de lateralidad y protrusión, este registro muestra la desarmonía de los movimientos mandibulares, el tiempo y la extensión del movimiento de Bennett (Pietrokovski et al., 2018).

Componentes y aditamentos de los articuladores- con sus funciones

El arco facial se ha considerado un accesorio indispensable de los articuladores semiajustables para transferir el modelo maxilar. Cuando se utiliza el arco facial, los modelos maxilares y mandibulares se montan en relación con las articulaciones temporomandibulares muy cerca del eje de la bisagra condilar. Un registro de arco facial relaciona el plano oclusal maxilar a un plano fijo en el cráneo para que esta relación pueda ser transferida al articulador. (Clark et al., 2001)

La precisión de la transferencia del arco facial depende de un plano fijo que está situado en tres puntos de referencia: dos puntos posteriores, a través de que pasa el eje de la bisagra condilar, y un tercer anterior punto, cuya ubicación depende del articulador que se está usando y la precisión del material utilizado para los registros. Esto puede dar lugar a contactos oclusales más precisos en posiciones céntricas y excéntricas. (Palaskar *et al.* 2020)

Se puede lograr el montaje adecuado de los modelos maxilares cuando se establecen dos relaciones:

- La distancia del arco maxilar desde el eje intercondilar se registra al ubicar el eje de la bisagra. Una vez que se encuentra el eje de rotación, la distancia del arco maxilar desde este eje se registra fácilmente con un arco facial.
- La relación tridimensional entre el plano oclusal maxilar y el cráneo es inherente al uso de un arco facial y es independiente de la primera.

El modelo maxilar en el articulador es la línea de base desde la cual comienzan todas las relaciones oclusales y debe posicionarse en el espacio identificando tres puntos que no pueden estar en la misma línea. Este plano está formado por dos puntos ubicados posteriores al maxilar y un punto anterior al mismo. (Farias *et al.*,2013)

Una transferencia de arco facial permite que el yeso maxilar se transfiera a un articulador para que el plano oclusal tenga una relación con el eje de apertura del articulador de la misma manera que lo está en el cráneo del paciente. Esto proporciona el efecto de relacionar el plano de oclusión con el eje de apertura del articulador de la misma manera que se observa en la boca cuando el plano de Frankfort es paralelo al piso. La rama superior del articulador se toma como correspondiente al plano de Frankfort del paciente. Por lo tanto, un ángulo formado por el plano oclusal del individuo con el plano horizontal de Frankfort, es decir, el ángulo oclusal debería ser más o menos el mismo cuando el plano oclusal se transfiere al articulador (Nazir *et al.*,2012).

El plano de Frankfort es esencial en los procedimientos protésicos para el establecimiento de un plano de oclusión correcto. La posición del plano oclusal en el

paciente y el articulador es un eslabón esencial para lograr los objetivos funcionales y estéticos del tratamiento Si el yeso del maxilar se coloca en el articulador sin la relación correcta entre el eje del maxilar y la bisagra, los movimientos de apertura y cierre del articulador no imitarán los movimientos del paciente. (Shetty *et al.*, 2016)

El articulador semi ajustable posee guías condilares mecánicos que se pueden ajustar para realizar los movimientos laterales y descendentes de la mandíbula, aunque estos movimientos se reproducen linealmente. (Hangai 2008)

Ventajas articuladores convencionales

Los articuladores semiajustables son los más habituales en la clínica dental ya que permiten realizar y evaluar la mayoría de tratamientos dentales, son los más adecuados para la formación y estudios de odontología; además permiten a los técnicos realizar un estudio de las relaciones oclusales entre las arcadas dentales y detectar interferencias oclusales perjudiciales en los modelos antes de que se realicen procedimientos de equilibrio oclusal más sofisticados en el paciente. (Nazir *et al.*,2012).

Los articuladores permiten que los técnicos construyan prótesis fijas o removibles en el laboratorio dental según las particularidades de los diferentes movimientos de cada paciente; Entre los ajustes individuales que se pueden realizar en los articuladores semiajustables tenemos: la inclinación condilar, el ángulo de Beneett y distancia intercondílea. El ángulo de Bennett se mide por la distancia que recorre el cóndilo de trabajo; es ajustado en grados y varía desde 0º a 40º, la guía condilar es ajustable de 0º a 70º, hace referencia al ángulo con el cual el cóndilo desciende a lo largo de la eminencia articular en el plano sagital puede tener un efecto en la profundidad de las fosas y la altura de las cúspides de los dientes posteriores. La distancia intercondílea es la distancia que hay entre los centros de rotación de los cóndilos, puede influir en los trayectos de mediotrusión y laterotrusión de las cúspides posteriores sobre las superficies oclusales, permite el desarrollo de una restauración con una anatomía oclusal en armonía con los trayectos excéntrico y esta es regulable en 3 posición: Small,Mediun y Large. (Nazir *et al.*,2012).

El uso de un articulador semi-ajustable en Los sujetos dentados proporciona una representación adecuada de la "verdadera" oclusión para el diagnóstico ortodóncico; estudios han informado que un articulador semiajustable duplicaba aproximadamente el 73% de los contactos protrusivos intraorales y el 81% de los contactos laterales. (Clark et al., 2001)

Un estudio que tuvo como objetivo determinar la eficacia del articulador semiajustable frente a un método convencional para el diagnóstico ortodóncico, determino que el articulador presenta una eficacia total promedio para el diagnóstico ortodóncico de 32 y una ineficacia promedio de 0; mientras que el método convencional presenta una eficacia promedio 29.66 para el diagnóstico de las maloclusiones transversales; 22.5 para las maloclusiones verticales y de 21.33 para las sagitales, y una ineficacia total promedio de 10.66 para el diagnóstico de las maloclusiones sagitales. concluyendo que la aplicación del articulador semiajustable determinó una eficacia en el diagnóstico del 100%. (Alarico, 2010).

Desventajas articuladores convencionales

Actualmente, el articulador mecánico se utiliza para la simulación funcional de los efectos de la dismorfología y la disoclusión. Sin embargo, la capacidad de un dispositivo mecánico para simular la variabilidad de los sistemas biológicos es limitada (es decir, las condiciones dinámicas de los movimientos de la mandíbula y los aspectos dependientes). Por ejemplo, los articuladores mecánicos no pueden simular: (Kordaß et al., 2002)

1. La movilidad de los dientes al usar yeso en ella. (Kordaß et al., 2002)
2. La distorsión y deformación de la mandíbula durante las condiciones de carga (la mandíbula se dobla en la posición de máxima apertura hacia el interior, lo que conlleva problemas para realizar impresiones de los dientes durante la apertura amplia). (Kordaß et al., 2002)
3. La complejidad de las pautas de movimiento porque los movimientos del articulador mecánico siguen las estructuras de los bordes de la articulación mecánica, que nunca representan los efectos de la resistencia de los tejidos blandos o la pauta de movimiento

de la masticación, dependiente del tiempo y guiada por los músculos. Los yesos no pueden representar las condiciones dinámicas reales de la oclusión en la boca. Muchos otros problemas relacionados con el procedimiento técnico y los materiales dentales disminuyen la precisión de la reproducción: (Kordaß *et al.*, 2002)

- La deformación del material de registro (por ejemplo, la cera, que es susceptible al calor) (Kordaß *et al.*, 2002)
- Reposicionar el yeso en las impresiones de mordida sin dejar ningún espacio.
- La estabilidad del propio articulador
- La correcta orientación del yeso
- El uso de material de yeso rígido y expandido (Kordaß *et al.*, 2002)

Los articuladores utilizan tanto los sistemas convencionales de montaje con tornillos como los magnéticos. Los yesos pueden ser montados y retirados repetidamente, de manera que un solo articulador puede atender a diferentes pacientes simultáneamente; La reposición de un modelo montado en el articulador supone que la posición inicial del modelo se reproduce con exactitud; esto es esencial para lograr precisión y calidad en las prótesis dentales. Un estudio que tuvo como objetivo cuantificar la precisión de reposicionamiento en 3D de los sistemas de montaje, comparó cinco sistemas de montaje magnéticos con un sistema de tornillo convencional, identificó que la peor precisión de reposicionamiento es de sólo 7,2 mm, esto indica que en un entorno clínico en el que se fabricaban prótesis fijas, las discrepancias de los modelos montados pueden no ser detectadas por los pacientes con dentadura; este estudio comprobó que los articuladores y los sistemas de montaje de yeso probados son de calidad suficiente para garantizar el éxito clínico. (Tan *et al.*, 2014)

La transferencia ideal en el articulador no debería diferir de la del paciente porque si dicha transferencia tiene un error en el arco de movimiento en el articulador, esto puede conducir a contactos dentales interceptivos y deflectores. (Palaskar *et al.* 2020)

El articulador semiajustable puede permitir una reproducción más exacta de los movimientos cóndileos mediante la inclinación condílea la cual se encuentra definida

como el ángulo con el que el cóndilo desciende a lo largo de la eminencia articular en el plano sagital. Puede tener un efecto importante en la profundidad de las fosas y la altura de las cúspides de los dientes posteriores, en los articuladores semiajustables esta angulación se modifica de acuerdo a las condiciones anatómicas del paciente, en este sentido las restauraciones estarán en armonía con el estado oclusal existente en el paciente. (Boulous 2007).

El articulador totalmente ajustable tiene numerosos ajustes de los cuales dispone, este articulador es capaz de reproducir la mayor parte de los movimientos condíleos precisos delimitados por un paciente individual, tales como la inclinación condílea, el ángulo de Bennett, movimientos del cóndilo de rotación (cóndilo de trabajo) y distancia intercondilea. Los articuladores ajustables también son capaces de medir la distancia intercondilea la cual puede modificarse para igualarla a la del paciente, también puede elegirse entre una gama completa de distancias intercondíleas. Ello permite una reproducción más exacta de esta distancia y reduce por lo tanto al mínimo los errores en el trayecto excéntrico de las cúspides céntricas.(Weinberg 1963)

Los articuladores totalmente ajustables pueden programarse para movimientos dinámicos de la mandíbula, pero estos articuladores son sensibles a la técnica y al operador y, por lo tanto, se dice que los articuladores semiajustables son los sustitutos más justos y más utilizados. Los articuladores semiajustables se programan utilizando registros estáticos para replicar los movimientos dinámicos de la mandíbula, por lo que es importante reconocer la capacidad de precisión de los articuladores. Uno de los determinantes oclusales que tiene que ser replicado por el sistema articulador es el plano oclusal (OP). La replicación del OP por el articulador con la ayuda de su sistema de arco facial tan cerca de lo que se encuentra en el paciente es una necesidad para la fabricación de una prótesis que funcione armoniosamente. (Anusha *et al.*, 2016)

La reproducción incorrecta de la inclinación de la OP afecta tanto a la función como a la estética. El cambio de la posición vertical del punto de referencia anterior de unos 6 mm altera el ángulo de orientación condilar en unos 9° y dio lugar a más cambios en las inclinaciones y alturas cuspidales: tal aumento de la inclinación de la OP aumentaría el riesgo de fracaso.(Anusha *et al.*, 2016)

Una oclusión que se reincorpora a un arco de cierre o apertura incorrecto mostrará contactos dentales interceptivos y desviados. Esos contactos no son bienvenidos en las oclusiones naturales y artificiales, y pueden provocar dolor en la articulación temporomandibular, espasmos musculares y problemas periodontales. De ahí la necesidad de una selección adecuada del punto de referencia anterior que ayude a orientar el yeso maxilar con precisión en el articulador. (Shetty *et al.*, 2016)

Las diferencias entre los articuladores de los dos ejes, horizontal (x) y vertical (y), tienen un significado clínico. Las grandes discrepancias en el eje vertical probablemente causarán interferencias y cambios en la dimensión vertical oclusiva, mientras que las grandes discrepancias en la dimensión horizontal causarán interferencias en los movimientos excéntricos. Ambos tipos de error pueden afectar a la restauración final producida por el técnico si se utilizan dos articuladores no intercambiables y pueden requerir ajustes oclusales en diferencias menores y la repetición de la restauración en casos extremos. (Pietrokovski *et al.*, 2018)

Los movimientos condileos son de importancia para la reproducción del ángulo de Bennett el cual es un movimiento laterotrusivo que describe un ángulo producido por el cóndilo orbitante cuando este se desplaza hacia adentro. Un ajuste apropiado del mismo puede ser útil para desarrollar restauraciones más exactas al estado oclusal del paciente. La mayoría de los articuladores semiajustables permiten reproducir el movimiento del ángulo de Bennett del cóndilo en línea recta desde la posición céntrica en la que se montan los modelos hasta la posición de laterotrusión máxima. Este articulador permite ajustes que hacen posible reproducir la distancia intercondílea del paciente, un ajuste adecuado facilitara el desarrollo de una restauración con una anatomía oclusal que se encuentre en estrecha armonía con los trayectos excéntricos de la cúspide céntrica en la boca del paciente. Si los modelos se montan en intercuspidad, la mayoría de los articuladores no permiten ningún otro movimiento posterior de los cóndilos. Si se montan los modelos en posición intercuspídea (PIC), el posible movimiento retrusivo a la PIC no puede observarse en el articulador. Dado que este movimiento puede desempeñar un papel importante en el tratamiento oclusal, a menudo es recomendable montar el modelo en la posición de relación céntrica (RC). En

esa posición condílea existe con frecuencia una relación oclusal inestable; es preciso realizar un registro interoclusal que establezca la relación entre las arcadas. (Mitchell 1978).

Que es un articulador virtual y cuáles son sus características

El futuro de la odontología está fuertemente ligado al uso de las tecnologías de realidad virtual (RV) que tienen una gran repercusión en la investigación, el desarrollo y la producción industrial. Las tecnologías de RV en odontología se utilizarán para proporcionar una mejor educación y capacitación mediante la simulación de contextos complejos y la mejora de procedimientos tradicionalmente limitados, como el trabajo con el articulador mecánico. El diagnóstico de la disfunción y la dismorfología exige aptitudes avanzadas en lo que respecta a la optimización de las condiciones oclusales. El apoyo a la toma de decisiones de los dentistas, ortodoncistas y técnicos dentales mediante una herramienta informática como el "articulador virtual" podría mejorar el resultado clínico (Kordaß *et al.*, 2002).

El articulador virtual puede definirse como una herramienta de software para mejorar el resultado clínico basado en la tecnología de la realidad virtual. Existen dos tipos de articuladores virtuales, completamente ajustables y matemáticamente simulados. Estos articuladores virtuales reducen significativamente las limitaciones del articulador mecánico y, al simular los datos reales de los pacientes, permiten el análisis de la oclusión estática y dinámica y de las relaciones gnatólogicas y las condiciones de las articulaciones. Dadas las propiedades de la RV, en principio se pueden añadir otros módulos.(Koralakunte & Aljanakh, 2014; Kordaß *et al.*, 2002).

Por ejemplo, un módulo de CAD es útil para mejorar la oclusión funcional mediante la manipulación de la superficie oclusal. Un módulo de montaje de ortodoncia permite un montaje individual de los dientes seleccionados o de una arcada completa. Esto hace que la planificación del tratamiento de ortodoncia sea interesante, porque la futura oclusión puede ser simulada hasta cierto punto. La colocación de los implantes requiere información sobre las condiciones del hueso tomada de radiografías o tomografías computarizadas (CT). Combinando los datos de las imágenes y una configuración

virtual de la superestructura, una herramienta de posicionamiento de implantes guiaría un sistema de navegación hacia la mejor posición de los implantes (Kordaß *et al.*, 2002).

También deben implementarse las diversas opciones funcionales que ofrece un articulador mecánico. La simulación del articulador mecánico puede ser útil para combinar los resultados de las herramientas mecánicas e informáticas y comparar ambas técnicas en cuanto a los requisitos de enseñanza. Una de las opciones más interesantes que ofrecen las herramientas virtuales es la capacidad de "moverse" y navegar por superficies oclusales ampliables para explorar los detalles de la oclusión funcional que no pueden visualizarse sólo con yesos. Para estudiar el impacto de los determinantes de las articulaciones (por ejemplo, el ángulo de Bennett, la inclinación de la guía condilar, el desplazamiento lateral) (Kordaß *et al.*, 2002).

El uso de un escáner láser tridimensional para digitalizar los datos es el requisito previo para visualizar el diente en la pantalla. El escáner láser tridimensional digitaliza automáticamente un solo diente, modelos de dentadura completa o relaciones céntricas y para digitalizar arcos dentales y registros de mordida. Después, los datos están disponibles para cualquier presentación, manipulación o navegación computarizada (Kordaß *et al.*, 2002).

Funcionamiento del articulador virtual

El diseño del articulador virtual dental se logra mediante sistemas CAD y herramientas de ingeniería inversa. El sistema básico del articulador virtual genera una animación de los movimientos de la mandíbula a partir de los datos de entrada, y calcula los puntos de oclusión, que a su vez se muestran en la pantalla del ordenador mediante algún tipo de código (Koralakunte & Aljanakh, 2014).

Los emuladores de articuladores semi-ajustables conectan a la tecnología virtual por medio de un procedimiento físico equivalente usando ingeniería inversa, permitiendo que los odontólogos y técnicos trabajen prácticamente con un articulador genérico o con el modelo específico de articuladores en su laboratorio (Solabarrieta, 2011)

Ventajas de articulador virtual

- Proporciona la mejor calidad de comunicación entre el dentista y el técnico dental

- Simulando datos reales específicos del paciente
- Analiza las oclusiones estáticas y dinámicas
- Analiza las condiciones gnáticas y articulares
- Actúa como un navegador 3D

Otras ventajas importantes del uso de los articuladores virtuales en comparación con los mecánicos son la reducción de las inexactitudes al tiempo que se realiza el registro interoclusal con materiales propensos a la deformación (por ejemplo, la cera para el registro de la mordida) y el reposicionamiento preciso del modelo maestro en la impresión de la mordida sin dejar ningún espacio (Koralakunte & Aljanakh, 2014).

Limitaciones del articulador virtual

Limitaciones del articulador virtual (Koralakunte & Aljanakh, 2014)

- Requiere que los escáneres digitales, sensores digitales, software y diferentes tipos de modelos de articuladores virtuales imiten los mecánicos según la necesidad del paciente.
- Conocimiento de la tecnología CAD/CAM, articuladores mecánicos, diseño y modelado de articuladores virtuales, etc. y habilidades técnicas en cuanto a la interpretación de los datos registrados de los escáneres, sensores, ajustes menores, incorporación de parámetros de movimiento, etc (Koralakunte & Aljanakh, 2014).

Concordancia de articuladores virtuales con respecto a los articuladores convencionales semiajustable en diferentes aspectos:

Se ha comparado el articulador virtual con el articulador mecánico en la cirugía ortognática, para establecer la posición maxilar ideal y para preparar férulas quirúrgicas, y se ha llegado a la conclusión de que el método virtual es más preciso que el enfoque convencional. Así pues, el articulador virtual puede reproducir con precisión la planificación convencional y ayudar incluso a los cirujanos sin experiencia a obtener buenos resultados (Ghanai *et al.*, 2010). El procedimiento técnico y los materiales dentales reducen la precisión de la reproducción: como es la deformación del material de registro, el reposicionamiento de los registros de mordida, la estabilidad del

articulador en sí, la orientación correcta de los modelos y el uso de material de yeso rígido; el articulador virtual reduce significativamente estas limitaciones del articulador mecánico y gracias a la simulación real de los datos de pacientes, permite el análisis de la oclusión estática y dinámica, las relaciones gnatólogicas y condiciones comunes. La simulación del articulador mecánico puede ser útil para combinar los resultados obtenidos con las herramientas mecánicas y con las virtuales y comparar ambas técnicas en cuanto a términos de precisión. [\(Korda et al, 2002\)](#).

3. JUSTIFICACION

El grupo UNIECLO de la Universidad El Bosque dentro de la línea de investigación en el área de Odontología digital inicio un macro proyecto cuyo fin fue evaluar la exactitud y precisión de los articuladores virtuales soportados por el sistema 3Shape-Dental™ para la localización de interferencias oclusales durante movimientos excéntricos, se realizaron dos estudios- en los dos se utilizó como método de referencia el análisis de oclusión realizado por dos expertos calibrados [ICC 0.9] a través de dos métodos combinados; la evaluación clínica sobre pacientes y la evaluación sobre montajes en el articulador semiajustable Whip Mix 2240, en los dos se usó una muestra probabilística de 50 montajes para evaluar la exactitud y 35 montajes para evaluar la precisión en tres mediciones repetidas (Leyva & Ramos 2016; Barrera- Castillo & Fernández – Valencia, 2019). Con la misma muestra de pacientes se quiso realizar el mismo tipo de validación para los articuladores virtuales soportados en los sistemas Inlab SW Dentsply Sirona y NemoCast de NEMOTEC.; sin embargo, durante la fase piloto se observó que cada uno de estos sistemas presenta funciones, aplicaciones, características y requerimientos diferentes a los que se necesitan con el sistema 3 Shape-Dental, por lo que no se pudo llevar a cabo el estudio.

En Colombia se tiene acceso al menos 4 softwares disponibles que soportan articuladores virtuales como lo son el AV dinámico 3Shape, Inlab SW Dentsply Sirona, Exocad DentalCad y Nemocast de Nemotec; sin embargo actualmente su uso es casi nulo por parte de los prostodoncistas dado a que no existe un análisis detallado que facilite su uso en práctica clínica e investigativa; por ende se decide abordar esta investigación con la intención de brindar un apoyo práctico que incentive al residente a implementar el uso de esta gran herramienta digital en la planificación y desarrollo de sus casos clínicos.

4. OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar las características, alcances y límites de 4 softwares que soportan articuladores virtuales.

Objetivos específicos

Con base en el análisis directo sobre los softwares y manuales:

- Describir el panel de trabajo de cada uno de los softwares y sus funciones.
- Identificar la aplicación clínica - diagnósticas y/o terapéuticas (elaboración de prótesis) en la que pueden ser usados cada uno de los 5 softwares
 - Tipo de articulador virtual MS (matemáticamente simulados) un articulador de valor medio que requiere ajustes adicionales para reproducir los movimientos mandibulares o CA (completamente ajustables) reproduce trayectorias de movimiento exactas de la mandíbula mediante el uso de accesorios de dispositivos digitales.
 - Describir cómo funciona cada software en cada aplicación clínica.
 - Identificar los datos que requiere cada software para llevar a cabo cada aplicación clínica (Ej: ángulo de benett, de inclinación condílea, etc) .
 - Describir los requerimientos de digitalización y escaneo de los modelos de estudio y registros oclusales de acuerdo a cada aplicación clínica.
- Identificar alcances y limitaciones de cada uno de los articuladores virtuales como herramienta diagnóstica
- Identificar alcances y limitaciones de cada uno de los articuladores virtuales como herramienta para elaboración de prótesis(terapéutica)
- Identificar compatibilidad y uso de accesorios electrónicos como arco facial y registro de mordida para cada software.

Con base en la evidencia

- Identificar los softwares que soportan articuladores virtuales que han sido evaluados, el objetivo de evaluación y sus resultados
- Identificar los softwares que soportan articuladores virtuales que han usado arco facial y registros oclusales electrónicos, su objetivo de evaluación y sus resultados.

5. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

5.1 Tipo de estudio

Estudio formulativo exploratorio

5.2 Población y muestra

Fase 1. Análisis directo sobre los softwares y manuales

Cuatro softwares que soportan los siguientes articuladores virtuales con sus respectivos manuales y/o tutoriales.

- Articulador Virtual Dinámico 3Shape: es de tipo MS (matemáticamente simulado), soporta de manera simulada articuladores semiajustables 3Shape® Generic, ACR® (Artex compatible) Bio-Art A7 plus, Whip mix® Denar Mark 330, Kavo® PROTAR, SAM 2P. Tiene una función diagnóstica y una terapéutica, y posee diferentes herramientas de diseño digital para la confección de restauraciones dentales, compatibles con distintas casas comerciales; es decir posee un sistema de software abierto. El sistema tiene varios tipos de articuladores virtuales entre los que se encuentran: los cuales registran los movimientos mandibulares y puntos de contacto del paciente. Es compatible con el software CAD Trios. ([3Shape Dental System, 2013](#))
- Inlab SW 20 Dentsply Sirona: es de tipo MS (matemáticamente simulado), soporta articuladores virtuales. Permite dar forma a una restauración teniendo en cuenta la dinámica. Es compatible con el software CAD Cerec. ([Dentsply Sirona, 2020](#))
- Exocad DentalCAD : es de tipo MS (matemáticamente simulado) y CA (completamente ajustables), soporta articuladores Bio-art A7 Plus, Bio-art A7 Plus-Ajustable, Denar Mark 330, Tipo A, Tipo P y Tipo S. Permite tener en cuenta la oclusión dinámica al diseñar cualquier restauración con oclusión. Los modelos de yeso pueden trasladarse al software con precisión para obtener un resultado

perfecto a la medida del paciente. Es compatible con el software CAD EXOCAD. ([Exocad DentalCAD, 2019](#))

- NemoCast de NEMOTEC: es de tipo MS (matemáticamente ajustable), soporta articuladores virtuales. Software específico para ortodoncia el cual permite el análisis de modelos digitales, el diagnóstico y la planificación digital. ([Nemotec, 2019](#))

Fase 2. Revisión temática - análisis de evidencia científica

Artículos científicos

5.3 Métodos y/o indicadores

La ejecución de este proyecto se desarrolló en dos fases:

Fase 1. Análisis directo sobre los softwares y manuales

1. Descripción de la barra de tareas o panel de control de cada programa y sus funciones – Parámetros

En un cuadro de Excel se registraron las características de la barra de tareas o panel de control de cada programa de AV:

- Paneles: áreas del escritorio donde se puede acceder a las aplicaciones del sistema y los menús. Este panel tiene 2 menús importantes (menú de aplicaciones y menú de acciones).
- Menús: se utilizan para acceder a la mayoría de aplicaciones estándar, comandos y opciones de configuración.
- Ventanas: es la que permite que se ejecuten acciones estándar, como mover, cerrar y redimensionar ventanas, también se pueden tener varias ventanas al mismo tiempo y en cada una de ellas se pueden ejecutar diferentes aplicaciones
- Áreas de trabajo: área definida del escritorio en la que se trabaja, se muestra una cada vez por pantalla.
- Fondo del escritorio: se sitúa detrás del resto de componentes del escritorio. Se puede añadir objetos para facilitar el acceso a los archivos, carpetas y aplicaciones que se utilizan más frecuentemente

- Ubicación Empezar aquí: permite acceder a las aplicaciones y herramientas de configuración
- Preferencias: herramientas que controlan un aspecto particular del comportamiento del escritorio.

2. Aplicación clínica de la herramienta y su funcionamiento

Se identificó qué aplicación clínica- diagnóstica y/o terapéutica (diseño protésico) tiene cada herramienta teniendo en cuenta el tipo de articulador, cómo funciona el software y sus características de medición.

3. Alcances y limitaciones de cada uno de los articuladores como herramienta diagnóstica

Descriptivo: Se realizó la manipulación directa e individual de cada uno de los softwares con el fin de especificar los alcances y las limitaciones de estos programas como herramientas diagnósticas, teniendo en cuenta que el articulador semiajustable es el más utilizado como herramienta diagnóstica, se comparó individualmente los parámetros de análisis tanto intra-arco como inter-arco de los softwares a estudiar frente a los articuladores semiajustables .

Desde el punto de vista diagnóstico se evaluó en las herramientas de software, si estas permiten:

- Forma de obtener los modelos de estudio (análogos-digital)
- Analizar la Forma del arco
- Evaluar malposiciones dentales
- Modificar inclinación condílea
- Modificar ángulo de benner
- Agregar distancia intercondílea
- Análisis en posición estática: determinar clase molar y clase canina
- Determinar porcentaje de sobremordida horizontal
- Determinar medida de sobremordida vertical
- Análisis en posición dinámica: Observar interferencias oclusales

4. Alcances y limitaciones de cada uno de los articuladores como herramienta terapéutica para elaboración de prótesis:

Descriptivo: manipulación directa e individual de cada uno de los programas de software con el fin de especificar los alcances y las limitaciones de estas herramientas en la elaboración de prótesis.

Desde el punto de vista terapéutico se analizó la posibilidad de trabajar con:

- Puntos de contacto
- Vía de inserción
- Simulación de restauración final
- Identificación de interferencias de restauración en habitual y en movimientos excéntricos
- Esquemas oclusales (prótesis totales)

5. Compatibilidad y uso de accesorios electrónicos con AV

Descriptivo: evaluación individual de cada herramienta de AV mediante manipulación directa del programa y revisión mediante brochure para identificar compatibilidad y uso de accesorios electrónicos.

- Arco facial análogo (registro bicóndilo)
- Arco facial digital
- Registros oclusales electrónicos
- Imágenes tridimensionales

Fase 2. Revisión temática - análisis de evidencia científica

1. Pregunta de la revisión

Se estableció la pregunta la cual es orientada a la revisión y es la que la revisión pretende responder:

¿Cuáles son los alcances y limitaciones de los softwares que soportan articuladores virtuales para el diagnóstico y tratamiento de pacientes en odontología?

2. Estructura de la revisión

Teniendo en cuenta la pregunta, se estableció la estructura de la revisión de acuerdo a las temáticas que se van a desarrollar

- Introducción/objetivo
- Metodología de búsqueda de Información
- Temáticas:
 - Softwares que soportan articuladores virtuales que han sido evaluados, el objetivo de evaluación y sus resultados
 - Softwares que soportan articuladores virtuales que han usado arco facial y registros oclusales electrónicos, su objetivo de evaluación y sus resultados
- Conclusiones
- Referencias bibliográficas

3. Búsqueda de información:

a. Selección de palabras claves por temática

Se establecieron las variables para cada temática a ser tratada en la revisión a partir de las cuales se establecieron las palabras claves para poder elaborar estrategias de Búsqueda de cada una de las temáticas propuestas: definición de los términos Mesh, y Sinónimos o términos relacionado para lo cual se diligencia la Tabla 1, a continuación, se desarrolló la 1ª temática:

Tabla 1.- SELECCIÓN DE PALABRAS CLAVES POR TEMÁTICA		
Temática	Softwares que soportan articuladores virtuales que han sido evaluados, el objetivo de evaluación y sus resultados	
Variable	Palabras claves	
Articulador Virtual	Palabra clave	Virtual articulator
	Términos [MeSH] inglés	N/A
	Sinónimos / Términos relacionados	Virtual Mounting Procedures VR articulator Dynamic Virtual Articulation 3D virtual articulator
SoftwareS que	Palabra clave	Exocad

soportan av		3Shape Inlab SW 20 Nemotec Blue sky bio Ceramill@mind Trios Zirkhonzahn Tizian CRT exocad Dwos
	Términos [MeSH] inglés	N/A
	Sinónimos / Términos relacionados	Cerec Nemocast
Concordancia	Palabra clave	Accuracy
	Términos [MeSH] inglés	Data accuracy
	Sinónimos / Términos relacionados	Agreement Exactitud Precisión Trueness Concordance

b. Estructuración de estrategia de búsqueda por temática

A partir de la tabla 2 se seleccionaron las palabras claves más pertinentes para estructurar los algoritmos de las estrategias de búsqueda para cada temática y se diligenció en la tabla 2.

Tabla 2. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA POR TEMÁTICA	
Temática	Softwares que soportan articuladores virtuales que han sido evaluados, el objetivo de evaluación y sus resultados
#1	Virtual articulator OR Virtual Mounting Procedures OR VR articulator OR Dynamic Virtual Articulation OR 3D virtual articulator
#2	Softwares OR Exocad OR 3Shape OR Inlab SW 20 OR Nemotec OR Blue Sky Bio OR Ceramill@mind OR Trios OR Zirkhonzahn OR Tizian CRT exocad OR Dwos
#3	Accuracy OR Data accuracy OR Agreement OR Exactitud OR Precision OR Trueness OR Concordance
#4 #1 OR #2	(Virtual articulator OR Virtual Mounting Procedures OR VR articulator OR Dynamic Virtual Articulation OR 3D virtual articulator) OR (Softwares OR Exocad OR 3Shape OR Inlab SW 20 OR Nemotec OR Blue Sky Bio OR Ceramill@mind OR Trios OR Zirkhonzahn OR Tizian CRT exocad OR Dwos)
#5 #4 AND #3	((Virtual articulator OR Virtual Mounting Procedures OR VR articulator OR Dynamic Virtual Articulation OR 3D virtual articulator) OR (Softwares OR Exocad OR 3Shape OR Inlab SW 20 OR Nemotec OR Blue Sky Bio OR Ceramill@mind OR Trios OR Zirkhonzahn OR Tizian CRT exocad OR Dwos)) AND (Accuracy OR Data accuracy OR Agreement OR Exactitud OR Precision OR Trueness OR Concordance)

c. Resultados de aplicación de estrategia de búsqueda por temática en bases de datos (Pubmed)

Se aplicó la estrategia de búsqueda en las diferentes bases de datos y se registraron los resultados en la tabla 3.

TABLA 3. RESULTADOS APLICACIÓN DE ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA POR TEMÁTICA PUBMED			
Temática	Softwares que soportan articuladores virtuales que han sido evaluados, el objetivo de evaluación y sus resultados		
Búsqueda	Algoritmos	Cantidad de artículos encontrados	Cantidad seleccionada por Título/ abstract
#1	Virtual articulator OR Virtual Mounting Procedures OR VR articulator OR Dynamic Virtual Articulation OR 3D virtual articulator	1311	
#2	Softwares OR Exocad OR 3Shape OR Inlab SW 20 OR Nemotec OR Blue Sky Bio OR Ceramill@mind OR Trios OR Zirkhonzahn OR Tizian CRT exocad OR Dwsos	317,457	
#3	Accuracy OR Data accuracy OR Agreement OR Exactitud OR Precision OR Trueness OR Concordance	1.122.740	
#4 #1 OR #2	(Virtual articulator OR Virtual Mounting Procedures OR VR articulator OR Dynamic Virtual Articulation OR 3D virtual articulator) OR (Softwares OR Exocad OR 3Shape OR Inlab SW 20 OR Nemotec OR Blue Sky Bio OR Ceramill@mind OR Trios OR Zirkhonzahn OR Tizian CRT exocad OR Dwsos)	318,393	
#5 #4 AND #3	((Virtual articulator OR Virtual Mounting Procedures OR VR articulator OR Dynamic Virtual Articulation OR 3D virtual articulator) OR (Softwares OR Exocad OR 3Shape OR Inlab SW 20 OR Nemotec OR Blue Sky Bio OR Ceramill@mind OR Trios OR Zirkhonzahn OR Tizian CRT exocad OR Dwsos)) AND (Accuracy OR Data accuracy OR Agreement OR Exactitud OR Precision OR Trueness OR Concordance)	45,084	10

d. Preselección de artículos por temática

Los artículos encontrados y preseleccionados por título o abstract para cada temática se registraron en la siguiente tabla. **(Tabla 4) Nota:** para fines descriptivos del proceso se incluyeron en métodos solo **12 artículos**

TABLA 4. PRESELECCIÓN DE ARTÍCULOS POR TEMÁTICA	
Temática	Softwares que soportan articuladores virtuales que han sido evaluados, el objetivo de evaluación y sus resultados.
BASE DE DATOS	PUBMED

ALGORITMO FINAL	((Virtual articulator OR Virtual Mounting Procedures OR VR articulator OR Dynamic Virtual Articulation OR 3D virtual articulator) OR (Softwares OR Exocad OR 3Shape OR Inlab SW 20 OR Nemotec OR Blue-Sky Bio OR Ceramill@mind OR Trios OR Zirkhonzahn OR Tizian CRT exocad OR Dwos)) AND (Accuracy OR Data accuracy OR Agreement OR Exactitud OR Precision OR Trueness OR Concordance)
ARTÍCULOS PRESELECCIONADOS Referencia en estilo Vancouver - link PUBMED y abstract	
<p>Hsu MR, Driscoll CF, Romberg E, Masri R. Accuracy of Dynamic Virtual Articulation: Trueness and Precision. J Prosthodont. 2019 Apr;28(4):436-43. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30737975/</p> <p>Purpose: To study the effects of altering condylar settings and pin openings on the trueness and precision of virtual articulators vs. mechanical articulators.</p> <p>Materials and methods: Maxillary and mandibular typodonts with fiducial markers were mounted on a mechanical Artex-CR articulator, and the mandibular teeth were prepared to allow guidance solely by the posterior determinants of the articulator and the incisal table. The relationship of the mounted typodonts was preserved digitally by scanning using manufacturer transfer plate adaptors. On the mechanical articulator, pattern resin was allowed to set between the maxillary and mandibular occlusal surfaces (area #25-30) at the endpoints of dynamic movements at 3 condylar inclinations (SCI): 10°, 30°, and 45°, n = 12/inclination, or at 3 incisal pin openings (2, 5, and 10 mm, n = 12/opening). All other articulator settings were kept constant. Resin specimens attached to the typodonts were scanned within 5 minutes of setting, then removed, and the articulated typodonts rescanned. Fixed dental prostheses (FDPs) #25-30 were designed on the virtual articulator using identical parameters to the mechanical articulator. Dynamic virtual movements were used to sculpt the design, and a file of the design was saved. The files of both types of samples were aligned and overlaid. Interocclusal separation was measured in triplicate at the indentation created by the mesiolabioincisal point angle on the incisal edge of #8 and the mesiobucco-occlusal point angle of #3. Trueness and precision of both types of articulators were calculated and compared using one-way ANOVA, followed by the Tukey HSD test ($\alpha = 0.05$).</p> <p>Results: There was no statistically significant difference at altered pin openings in either trueness ($F = 0.202$, $p = 0.37$) or precision ($F = 3.134$, $p = 0.09$) for the majority of measurements. The only significant difference was in the precision between the 2 types of articulators at 5 mm incisal opening, and only at the anterior measurement point ($F = 15.134$, $p = 0.0008$); however, these differences were less than 100 μm. When the SCI was altered, there was no statistically significant difference ($F = 3.624$, $p > 0.05$) between the virtual and mechanical articulators in trueness for 5 of the 6 measurements obtained ($F = 3.624$, $p = 0.07$) or for all of the precision measurements ($F = 3.529$, $p = 0.07$). The one trueness measurement that was significantly different ($F = 9.237$, $p = 0.006$) occurred at SCI of 10°, and it was less than 100 μm.</p> <p>Conclusions: Dynamic movements on the virtual articulator were shown to be as true and precise as to the mechanical articulator. When there were deviations, these deviations were less than 100 μm and thus, these deviations may not be clinically relevant.</p>	
<p>Úry E, Fornai C, Weber GW. Accuracy of transferring analog dental casts to a virtual articulator. J Prosthet Dent. 2020 Feb;123(2):305-313. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31227241/</p> <p>Purpose: The purpose of this clinical study was to investigate the accuracy of the virtual dental space using the indirect digital workflow.</p> <p>Material and methods: Mounted gypsum casts of 18 patients were used for indirect scanning. The maxillary casts were mounted in their skull-related position with a kinematic facebow. The mandibular casts were mounted in centric relation to the maxillary casts. The obtained digitized casts were transferred to a virtual articulator. An occlusal analysis was performed both in the analog and virtual environments, and the coordinates of matching analog and virtual contact points were measured. The trueness and precision of the indirect transferring procedure were assessed.</p> <p>Results: A total of 194 analog points was considered in the reference. Ninety-three percent of all analog points matched a virtual correspondent, and 96% of the analog first contacts between the casts were also present as first</p>	

contacts in the virtual space. The trueness of the data transfer, corresponding to the spatial distance between the matching analog and virtual points, was 0.55 ± 0.31 mm. The maximum recorded deviation was 1.02 mm.

Conclusions: The correspondence between the number and position of analog and virtual contacts was high. The mean absolute deviation of the matching point-pairs was better than that reported for the direct digital method. Under the conditions described, the virtual dental space created with the indirect digital method can be reliably used for virtual occlusal analysis in clinical practice.

Solaberrieta E, Mínguez R, Barrenetxea L, Otegi JR, Szentpétery A. Comparison of the accuracy of a 3-dimensional virtual method and the conventional method for transferring the maxillary cast to a virtual articulator. J Prosthet Dent. 2015 Mar;113(3):191-7.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25557006/>

Purpose: The purpose of this study was to compare the location of the maxillary cast on an articulator by using 2 different procedures: the conventional method and a virtual method.

Material and methods: With the conventional procedure, the kinematic axis of the participant was determined with an axiograph. The location of the maxillary cast in reference to this axis was then physically transferred to a Panadent mechanical articulator. By a virtual procedure, the same kinematic axis and the maxillary cast were transferred directly from the participant to the Panadent virtual articulator by means of reverse engineering devices. The locations obtained with both procedures were compared in a virtual environment with an optical scanner. By calculating the deviation at every point of the occlusal surface, the results obtained with this procedure were then compared with those of the conventional method.

Results: The mean deviation on the occlusal surface was 0.752 mm, and the standard deviation was 0.456 mm.

Conclusions: The deviation between the procedures was sufficiently small to allow the methodology for orthodontic purposes. However, the accuracy of the virtual procedure should be improved so as to extend its use to other fields, such as orthognathic surgery or dental restorations, in which the clinical technique requires an articulator.

Solaberrieta E, Otegi JR, Mínguez R, Etxaniz O. Improved digital transfer of the maxillary cast to a virtual articulator. J Prosthet Dent. 2014 Oct;112(4):921-4.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24836282/>

The clinical procedure described provides a quantifiable, repeatable, and reliable method of transferring the location of the maxillary dental arch from the patient directly to a virtual articulator (virtual facebow transfer) by means of reverse engineering devices to design a customized dental restoration. This procedure allows the dentist and the dental laboratory technician to work in a fully digital environment without having to mount stone casts on a mechanical articulator. In addition, specific suggestions are provided for designing the transfer device to enhance patient comfort during the data transfer process and reduce deviation.

Solaberrieta E, Mínguez R, Etxaniz O, Barrenetxea L. Improving the digital workflow: direct transfer from patient to virtual articulator. Int J Comput Dent. 2013;16(4):285-92.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24555405/>

When designing a custom-made dental restoration, using a digital workflow represents an important advance over mechanical tools such as facebows or mechanical articulators. When using virtual scanning procedures, there is a direct transfer from the patient to the articulator. This paper presents a novel methodology to design custom-made restorations. This new approach permits the transfer of all data directly from the patient to the virtual articulator, always taking into account the kinematics of the mandible. Rapid further developments can be expected in the near future.

Li L, Sun Y, Wang Y, Li W, Dai N, Tian S, Cui H. Accuracy of a Novel Virtual Articulator for Recording Three-Dimensional Dentition. Int J Prosthodont. 2020 Jul/Aug;33(4):441-451.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32639704/>

Purpose: To research and develop a novel virtual articulator system (the PN-300) based on computer binocular vision, raster scanning, and simulation technology and to conduct a preliminary evaluation of its accuracy.

Materials and methods: Two digital cameras were used to build the trajectory-tracking part of the virtual articulator system, and cameras combined with a projection module were used to form the scanning part of the system. The most prominent feature of the PN-300 is its ability to simultaneously obtain the 3D data of the subject's teeth and the movement trajectory of the mandible relative to the maxilla. The PN-300 recorded the linear, circular, and rectangular quadrilateral movements of a high-accuracy 3D electronic translation stage. The accuracy of measurement of the inclination of incisal guidance derived from the PN-300 based on the PROTAR evo7 articulator was also estimated.

Results: The measurement error was below 100 µm for the linear and circular movements, and the angle error was within 0.2 degrees for the rectangular quadrilateral movements. The error of inclination of protrusive incisal guidance was 1.51 ± 0.68 degrees, and for incisal guidance was 0.82 ± 0.55 degrees. Trajectories and incisal 3D data obtained by the PN-300 were combined with data from plaster models and CBCT to simulate mandibular movement and to calculate the trajectories of the condyle.

Conclusion: The PN-300 achieved a good accuracy for recording mandibular movement and can be expected to calculate the movement of the condyle.

Yee SHX, Esguerra RJ, Chew AAQ, Wong KM, Tan KBC. Three-Dimensional Static Articulation Accuracy of Virtual Models - Part I: System Trueness and Precision. J Prosthodont. 2018 Feb;27(2):129-136.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24555405/>

Purpose: To evaluate the 3D static articulation accuracy of 3 model scanner-CAD systems (Ceramill Map400 [AG], inEos X5 [SIR], Scanner S600 Arti [ZKN]) using a coordinate measuring machine (CMM). Trueness and precision for each system will be reported in Part I.

Materials and methods: The master model simulated a single crown opposing a 3-unit fixed dental prosthesis. Five mounted stone cast sets were prepared, and one set was randomly selected. Reference values were obtained by measuring interarch and interocclusal reference features with the CMM. The stone cast set was scanned 5 times consecutively and articulated virtually with each system (3 test groups, n = 5). STL files of the virtual models were measured with CMM software. dRR, dRC, and dRL, represented interarch global distortions at right, central, and left sides, respectively, while dRM, dXM, dYM, and dZM represented interocclusal global and linear distortions between preparations.

Results: For trueness values, mean interarch global distortions ranged from 13.1 to 40.3 µm for dRR, -199.0 to -48.1 µm for dRC, and -114.1 to -47.7 µm for dRL. Mean percentage error of interarch distortion did not exceed 0.6%. Mean interocclusal distortions ranged from 16.0 to 117.0 µm for dRM, -33.1 to 101.3 µm for dXM, 32.9 to 49.9 µm for dYM and -32.0 to 133.1 µm for dZM. ANOVA of trueness found statistically significant differences for dRC, dRL, dRM, dXM, and dZM. For precision values, absolute mean difference between the 10 superimposition combinations ranged from 25.3 to 91.0 µm for dRR, 21.5 to 85.5 µm for dRC, 24.8 to 70.0 µm for dRL. Absolute mean difference ranged from 49.9 to 66.1 µm for dRM, 20.7 to 92.1 µm for dXM, 86.8 to 96.0 µm for dYM, and 36.5 to 100.0 µm for dZM. ANOVA of precision of all test groups found statistically significant differences for dRR, dRC, dRL, dXM and dZM, and the SIR group was the least precise.

Conclusion: The overall interarch global distortion of all three model scanner-CAD systems was low and did not exceed 0.6%. Variations in scanner technology, virtual articulation algorithm, and use of physical articulators contributed to the differences in distortion observed among all three groups.

Lepidi L, Galli M, Mastrangelo F, Venezia P, Joda T, Wang HL, Li J. Virtual Articulators and Virtual Mounting Procedures: Where Do We Stand? J Prosthodont. 2021 Jan;30(1):24-35.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32827222/>

A virtual articulator is a computer software tool that is capable of reproducing the relationship between the jaws and simulating jaw movement. It has gradually gained research interest in dentistry over the past decade. In prosthodontics, the virtual articulator should be considered as an additional diagnostic and treatment planning tool to the mechanical articulator, especially in complex cases involving alterations to the vertical dimension of occlusion. Numerous authors have reported on the available digital methodologies used for the assembly of virtual arch models in a virtual articulator, focusing their attention on topics such as the virtual facebow and digital occlusal registration. To correctly simulate jaw movement, the jaw models have to be digitalized and properly mounted on the virtual articulator. The aim of this review was to discuss the current knowledge surrounding the various techniques and methodologies related to virtual mounting in dentistry, and whether virtual articulators will become commonplace in clinical practice in the future. This review also traces the history of the virtual articulator up to its

current state and discusses recently developed approaches and workflows for virtual mounting based on current knowledge and technological devices.

Lepidi L, Chen Z, Ravida A, Lan T, Wang HL, Li J. A Full-Digital Technique to Mount a Maxillary Arch Scan on a Virtual Articulator. J Prosthodont. 2019 Mar;28(3):335-338.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30663165/>

Mounting casts accurately on an articulator is a prerequisite for the treatment planning/execution of complex dental cases that require occlusal rehabilitation. A full digital approach to transfer the position of maxillary dentition to a virtual articulator, by using intraoral scans and cone beam computed tomography (CBCT) files is presented. This technique offers reduced chairside time and the flexibility of choosing the orientation plane. It can be used in orthognathic surgeries, complex interdisciplinary treatments requiring a CBCT scan with a large field of view, or treatments that already have the head CT or CBCT scans from previous diagnosis/treatment.

Maestre-Ferrín L, Romero-Millán J, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M. Virtual articulator for the analysis of dental occlusion: an update. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2012 Jan 1;17(1):e160-3.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22157663/>

The future of dental practice is closely linked to the utilization of computer-based technology, specifically virtual reality, which allows the dental surgeon to simulate true life situations in patients. The virtual articulator has been designed for the exhaustive analysis of static and dynamic occlusion, with the purpose of substituting mechanical articulators and avoiding their errors. These tools will help both odontologists and dental prosthetists to provide the best individualized treatment for each patient. The present review analyzes the studies published in the literature on the design, functioning and applications of virtual articulators. A Medline-PubMed search was made of dental journals, with the identification of 137 articles, of which 16 were finally selected. The virtual articulator can simulate the specific masticatory movement of the patient. During mandibular animation, the program calculates the sites where the opposing teeth come into contact. The studies made to assess the reliability of the virtual articulator show good correspondence in visualization of the number and position of the dynamic contacts. The virtual articulator is a precise tool for the full analysis of occlusion in a real patient.

Koralakunte PR, Aljanakh M. The role of virtual articulator in prosthetic and restorative dentistry. J Clin Diagn Res. 2014 Jul;8(7):ZE25-8

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25177664/>

Virtual reality is a computer based technology linked with the future of dentistry and dental practice. The virtual articulator is one such application in prosthetic and restorative dentistry based on virtual reality that will significantly reduce the limitations of the mechanical articulator, and by simulation of real patient data, allow analyses with regard to static and dynamic occlusion as well as to jaw relation. It is the purpose of this article to present the concepts and strategies for a future replacement of the mechanical articulator by a virtual one. Also, a brief note on virtual reality haptic system has been highlighted along with newly developed touch enabled virtual articulator

Kordass B, Gärtner C, Söhnel A, Bisler A, Voss G, Bockholt U, Seipel S. The virtual articulator in dentistry: concept and development. Dent Clin North Am. 2002 Jul;46(3):493-506, vi.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12222093/>

Virtual Reality (VR) technology is one of the most important innovations for research, development, and industrial production. In dentistry, VR technology will be useful in providing better education through simulation and in enhancing working procedures that are conventionally limited, e.g., the mechanical articulator. It is the purpose of this article to present concepts and strategies for a future replacement of the mechanical articulator by a virtual one.

4. Selección final de artículos por temática

Los artículos preseleccionados se obtuvieron en texto completo y se les aplicaron los siguientes criterios de selección de acuerdo a cada temática para la revisión final.

- Se seleccionaron todos los artículos publicados sin restricción en tiempo, idioma y período de publicación.
- Se seleccionaron estudios clínicos, in vitro

A partir de los artículos preseleccionados, la directora del trabajo selecciono mediante la estrategia de semáforización, los artículos más relevantes y pertinentes para el desarrollo de este punto temático (**verde**: aprobado- debe buscarse en texto completo; **amarillo**: podría servir descargarlo y sobre articulo completo se define; **rojo**: descartarlo y no descargarlo) – en la tabla 5 se registraron los resaltados en verde y amarillo. (Tabla 5)

TABLA 5. SELECCIÓN DE ARTÍCULOS POR TEMÁTICA.	
TEMÁTICA	ANÁLISIS DE CUATRO SOFTWARES QUE SOPORTAN ARTICULADORES VIRTUALES.
	1. Hsu MR, Driscoll CF, Romberg E, Masri R. Accuracy of Dynamic Virtual Articulation: Trueness and Precision. <i>J Prosthodont.</i> 2019 Apr;28(4):436-43.
	2. Korlakunte PR, Aljanakh M. The role of virtual articulator in prosthetic and restorative dentistry. <i>J Clin Diagn Res.</i> 2014 Jul;8(7):ZE25-8
	3. Kordass B, Gärtner C, Söhnel A, Bisler A, Voss G, Bockholt U, Seipel S. The virtual articulator in dentistry: concept and development. <i>Dent Clin North Am.</i> 2002 Jul;46(3):493-506, vi.
	4. Lepidi L, Chen Z, Ravida A, Lan T, Wang HL, Li J. A Full-Digital Technique to Mount a Maxillary Arch Scan on a Virtual Articulator. <i>J Prosthodont.</i> 2019 Mar;28(3):335-338.
	5. Lepidi L, Galli M, Mastrangelo F, Venezia P, Joda T, Wang HL, Li J. Virtual Articulators and Virtual Mounting Procedures: Where Do We Stand? <i>J Prosthodont.</i> 2021 Jan;30(1):24-35.
	6. Li L, Sun Y, Wang Y, Li W, Dai N, Tian S, Cui H. Accuracy of a Novel Virtual Articulator for Recording Three-Dimensional Dentition. <i>Int J Prosthodont.</i> 2020 Jul/Aug;33(4):441-451.
	7. Maestre-Ferrín L, Romero-Millán J, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M. Virtual articulator for the analysis of dental occlusion: an update. <i>Med Oral Patol Oral Cir Bucal.</i> 2012 Jan 1;17(1):e160-3.
	8. Solaberrieta E, Mínguez R, Barrenetxea L, Otegi JR, Szentpétery A. Comparison of the accuracy of a 3-dimensional virtual method and the conventional method for transferring the maxillary cast to a virtual articulator. <i>J Prosthet Dent.</i> 2015 Mar;113(3):191-7.
	9. Solaberrieta E, Minguez R, Etxaniz O, Barrenetxea L. Improving the digital workflow: direct transfer from patient to virtual articulator. <i>Int J Comput Dent.</i> 2013;16(4):285-92.
	10. Solaberrieta E, Otegi JR, Mínguez R, Etxaniz O. Improved digital transfer of the maxillary cast to a virtual articulator. <i>J Prosthet Dent.</i> 2014 Oct;112(4):921-4.

11. Úry E, Fornai C, Weber GW. Accuracy of transferring analog dental casts to a virtual articulator. J Prosthet Dent. 2020 Feb;123(2):305-313.
12. Yee SHX, Esguerra RJ, Chew AAQ, Wong KM, Tan KBC. Three-Dimensional Static Articulation Accuracy of Virtual Models - Part I: System Trueness and Precision. J Prosthodont. 2018 Feb;27(2):129-136.

5.4. Plan de análisis de resultados

Fase 1. Análisis directo sobre los softwares y manuales

Los resultados para cada software analizado se registraron a través de una ficha técnica

Componentes de la ficha técnica:

- Nombre de cada software
- Descripción del producto: características detalladas del programa.
- Arquitectura: tamaño, forma
- Versiones y evolución del producto: fecha de inicio del desarrollo y fecha de inicio de lanzamiento. Versión actual.
- Descripción detallada del panel de trabajo y funciones.
- Aplicación clínica- diagnóstica
 - Indicaciones de uso
 - Requerimientos para uso (información del paciente, tipo de archivo)
 - Información diagnóstica que reporta (interferencias cierre, en movimientos excéntricos, etc.)
 - Ventajas y limitaciones
- Aplicación clínica- diseño protésico
 - Indicaciones de uso
 - Requerimientos para uso (información del paciente, tipo de archivo)
 - Capacidad de trabajar: Puntos de contacto, Vía de inserción, Simulación de restauración final, Identificación de interferencias de

restauración en habitual y en movimientos excéntricos, Esquemas oclusales (prótesis totales), etc.

- Compatibilidad y uso de accesorios electrónicos como arco facial, registros de mordida electrónicos o compatibilidad con imágenes tridimensionales para cada software.

Fase 2: revisión temática - análisis de evidencia científica

Proceso de extracción de información de artículos por temática A cada artículo se le extrajeron los datos y la información pertinente que fueron consignados en fichas bibliográficas individuales por artículo - para cada temática. Esto con el fin de sustraer de manera organizada la información y facilitar la redacción de la revisión- evitando el plagio.

Datos o información a extraer: Referencia completa del artículo, país(es) de origen del artículo, objetivo del estudio, tipo de estudio, población y muestra, articuladores/instrumentos evaluados, software que los soporta, método o instrumento estándar de oro (si aplica), variables evaluadas (descripción de la variable, parámetros de evaluación, instrumento usado para la evaluación), pruebas estadísticas utilizadas, resultados y conclusiones.

6. CONSIDERACIONES ÉTICAS Y DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Debido a que el proyecto incluye en su muestra, softwares y artículos científicos, no tuvo **ningún tipo de compromiso ético**. [RESOLUCIÓN NUMERO 8430 DE 1993, Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud].

No obstante se realizó respetando la **propiedad intelectual de** los artículos, manuales y softwares y demás fuentes de información, de acuerdo a la Ley 23 de 1982 sobre derechos de autor y en efecto por basarse en estudios ya realizados por terceros, se hizo uso del derecho a la cita, es decir, “Citar en una obra, otras obras publicadas, siempre que se indique la fuente y el nombre del autor, a condición que tales citas se hagan conforme a los usos honrados y en la medida justificada por el fin que se persiga” (Decisión 351 de 1993, art 22, numeral a), siempre que las citas se realicen de acuerdo con los “usos honrados” y “siempre y cuando los pasajes que se citaron no sean tantos que pueda considerarse como una reproducción simulada y sustancial” (Ley 23 de 1982, art 31).

7. RESULTADOS

Fase 1. Análisis directo sobre los softwares y manuales

A. Resumen de las estrategias de búsqueda información para cada uno de los softwares

Se construyó una ficha técnica para cada uno de los softwares evaluados en los que se exploraron varias herramientas para comparar los 4 software y se obtuvieron varias fuentes de información para la recopilación de los datos necesarios.

Articulador virtual soportado por el software Nemotec

Fuentes de información usadas:

A partir del Masterclass online titulada " maneja el articulador virtual con NemoSmile y NemoScan" (ponente Raúl Salas) se extrajo la información de compatibilidad con archivos STL, las áreas de aplicación del articulador virtual, las funciones que cumple el articulador con fines prostodónticos, los datos que requiere la herramienta digital para reproducir la oclusión del paciente y realizar el análisis oclusal.

A partir de los Manuales técnicos se corroboró la información respecto a los datos necesarios que requiere el articulador virtual para reproducir la oclusión del paciente, datos como ángulo de Bennet, inclinación condílea, distancia intercondílea, entre otros, como apertura máxima y ángulo de Balkwill.

A partir del manejo directo del articulador virtual soportado por el software Nemotec bajo la asesoría de un experto se logró identificar que este articulador virtual es un tipo de articulador CA (completamente ajustable), además de corroborar toda la información recopilada mediante el manual y el Masterclass gracias al manejo de la barra de herramientas.

Resultados:

El articulador virtual soportado por el software de Nemotec, es un módulo dentro del sistema digital cuya última versión es la 21, este módulo puede implementarse en NemoFAB, NemoSmile, NemoScan y NemoCast 3D, presenta compatibilidad ante

cualquier tipo de escáner intra o extraoral, sus áreas de aplicación son múltiples ya que permite la planificación de cirugías de implantes o cirugías maxilofaciales y ortodoncia; en cuanto a sus funciones con fines prostodónticos es tanto diagnóstica como terapéutica, por ende permite realizar análisis de oclusión en pacientes que van a ser tratados y que no, a su vez permite realizar el diseño de restauraciones protésicas para ser elaboradas mediante tecnología CAD CAM. Las observaciones que se pueden obtener a partir del análisis oclusal es la identificación de contactos interoclusales y contactos prematuros en oclusión habitual, así como también permite la identificación de interferencias interoclusales en movimientos de lateralidad y movimientos protrusivos, permite recrear movimientos mandibulares reales del paciente gracias a la opción del Jaw Tracker que está incluida en la barra de herramientas del módulo del articulador; en cuanto a los datos necesarios para reproducir la oclusión del paciente esta el ángulo de Bennet, inclinación condílea, distancia intercondílea, apertura máxima y ángulo de Balkwill; requiere de montaje previo en articulador análogo bien sea en un articulador semiajustable o totalmente ajustable, permite la integración de tomografías tipo CBCT, TAC, DICOM así como fotografías faciales en 3D y radiografías del paciente. En cuanto a los estudios del AV soportado por este software hasta el momento no se encontró evidencia científica.

Articulador virtual soportado por software 3Shape

Fuentes de información usadas:

A partir de los Manuales técnicos se extrajo la siguiente información : áreas de aplicación del articulador virtual, algunos de los datos que la herramienta digital requiere para la reproducción de la oclusión del paciente y algunas las observaciones que se pueden obtener a partir del análisis oclusal.

A partir de webinars se recopiló la información de compatibilidad con archivos STL, y se completó la información sobre la obtención de los datos para reproducir la oclusión del paciente y para poder realizar el análisis oclusal.

A partir del manejo directo del articulador virtual soportado por el software 3Shape bajo la asesoría de un experto se logró corroborar toda la información obtenida por los

manuales y los webinars, además se logró identificar las funciones que cumple este sistema digital con fines prostodónticos y el tipo de articulador virtual .

Resultados:

El articulador virtual soportado por el software de 3Shape, es un módulo dentro del sistema digital, caracterizado por ser un tipo de articulador virtual MS(matemáticamente simulado), el cual posee herramientas de la misma casa comercial para simular movimientos mandibulares que pueden ser ajustables al paciente usando valores numéricos con el fin de representar la inclinación condílea, la distancia intercondilea, el ángulo de Bennett y la dimensión vertical, así como también, recrear movimiento mandibulares de lateralidad, movimientos protrusivos y de apertura y cierre, además otorga la posibilidad de articular los modelos mediante la importación de registros en máxima intercuspidad (MIC) o relación céntrica (RC), por ende se logra un completo análisis oclusal del paciente cumpliendo con funciones tanto diagnósticas como terapéuticas ya que permite realizar diseños de restauraciones protésicas, la planificación de cirugías de implantes y planificaciones en ortodoncia. El sistema digital permite integrar tomografías en archivos DICOM y fotografías faciales del paciente en 3D. En cuanto a los estudios del AV soportado por este software se puede concluir que es la segunda herramienta digital con mayor evidencia científica seguido del AV soportado por el software de Exocad.

Articulador virtual soportado por software EXOCAD DentalCAD

Fuentes de información usadas:

A partir de los manuales técnicos se obtuvo información donde se tiene en cuenta la oclusión dinámica al diseñar restauraciones con oclusión. La posición de los modelos de yeso montados en el articulador convencional se pueden trasladar al software con precisión por medio de un escáner que también admita el articulador virtual. Los parámetros como el ángulo condíleo, el ángulo de Bennett y el desplazamiento lateral inmediato se pueden ajustar igual que en un articulador convencional.

A partir de Exowebinar: Articulador virtual (en español) se comparó la información ya obtenida del manual y se pudo obtener nueva información sobre el módulo Jaw Motion

Import el cual puede importar datos de registro del movimiento de la mandíbula a partir de dispositivos externos.

A partir del manejo directo del software Exocad, bajo la asesoría de una técnica dental y de la pericia de un técnico dental quien cuenta con la experiencia y el conocimiento del sistema informático se realizó la manipulación y el análisis directos sobre el software.

Resultados:

Exocad es un software de articulador virtual MS (matemáticamente simulado), el cual es compatible con archivos STL, OBJ, PLY. Su aplicación sirve para áreas como prostodoncia, ortodoncia, cirugía maxilofacial y cirugía de implantes. Su función es tanto terapéutica como diagnóstica; se puede realizar análisis oclusal mediante escaneos del maxilar superior e inferior, y registros oclusales. Para este análisis se requiere información como ángulo de Bennet, inclinación condilea, distancia intercondilea, rangos de movimiento laterales y protrusivos hasta el límite borde a borde, apertura de mordida e inclinación de tabla incisal. Permite el montaje previo en el articulador semiajustable y ajustable análogo, uso de arcos faciales digitales, registros oclusales digitales y tomografías en archivos (DICOM). Mediante el análisis oclusal permite identificar contactos interoclusales y contactos prematuros en oclusión habitual, interferencias interoclusales en movimientos laterales (trabajo y balanza) y protrusivos, recrear movimientos (trayectorias) mandibulares en apertura, cierre y lateralidades del paciente, también permite determinar el porcentaje de sobre mordida horizontal y análisis intra arco. En cuanto a los estudios del AV soportado por este software se puede concluir que dentro de los 4 software evaluados es la primera herramienta digital con mayor evidencia científica.

Articulador virtual soportado por el software Cerec. SIRONA

Fuentes de información usadas:

A partir de los webinars “Cerec software 4.2” se pudo observar los diferentes datos que se necesitan para poder articular los modelos, como: el ángulo de Bennet, el ángulo de Balkwil.

A partir de los manuales técnicos se extrajo información la cual el articulador virtual permite dar forma a una restauración teniendo en cuenta la dinámica, luego de esto se muestran en color los puntos de contacto dinámicos. El plano de Camper se utiliza como plano de referencia para los parámetros de articulación.

A partir del manejo directo del articulador virtual soportado por el software Sirona bajo la asesoría de un experto, se pudo comparar la información ya diligenciada mediante los manuales y los webinars, además se identificaron funciones que el sistema digital cuenta para fines prostodónticos.

Resultados:

Sirona es un software que tiene un articulador virtual MS(matemáticamente simulado), el cual es compatible con archivos STL. Su aplicación sirve para áreas como prostodoncia, y cirugía de implantes, pero no permite su aplicación para ortodoncia, ni cirugía maxilofacial. Su función solamente es terapéutica lo que permite diseñar prótesis con base de análisis de oclusión para ser elaborado mediante CAD CAM. Para realizar la reproducción del análisis oclusal requiere ciertos datos como ángulo de Bennet, inclinación condilea, distancia intercondilea y ángulo de Balkwil. En cuanto a los rangos de movimiento laterales y protrusivos hasta el límite borde a borde no los permite. Permite montaje previo en el articulador semiajustable y ajustable análogo, y tomografías. Los arcos faciales digitales y registros oclusales digitales no se utilizan. Mediante el análisis oclusal permite identificar contactos interocclusales en oclusión habitual, recrea movimientos(trayectorias) mandibulares de lateralidad del paciente y realiza análisis intra arco. No permite identificar contactos prematuros en oclusión habitual, interferencias en movimientos de trabajo y balanza, recrear movimientos(trayectorias) mandibulares en apertura y cierre del paciente y por ultimo determinar porcentaje de sobre mordida horizontal y medida de sobremordida vertical. En cuanto a los estudios del AV soportado por este software se puede concluir que falta evidencia científica.

Fase 2. Revisión temática - análisis de evidencia científica

A. Resumen de la búsqueda información

Se realizaron 4 estrategias de búsquedas de información para cada temática:

1. Softwares que soportan articuladores virtuales que han sido evaluados, el objetivo de evaluación y sus resultados: se realizaron 4 búsquedas de artículos bajo los criterios especificados en la tabla 6. Se utilizaron los siguientes términos/palabras clave: Virtual articulator, Exocad, 3Shape, Inlab SW 20, Nemotec, Blue sky bio, Ceramill@mind, Trios, Zirkhonzahn, Tizian CRT exocad, Dws, Accuracy se obtuvieron 45,084 resultados de los cuales se eligieron 12 artículos de esta temática debido a su relevancia para el desarrollo de la revisión.

Tabla 6. Estrategia de búsqueda TEMÁTICA 1

Estrategia de búsqueda	Especificaciones
Base de datos	Pubmed
Palabras clave	Virtual articulator, Exocad, 3Shape, Inlab SW 20, Nemotec, Blue sky bio, Ceramill@mind, Trios, Zirkhonzahn, Tizian CRT exocad, Dws, Accuracy
Estrategia general algoritmo	((Virtual articulator OR Virtual Mounting Procedures OR VR articulator OR Dynamic Virtual Articulation OR 3D virtual articulator) OR (Softwares OR Exocad OR 3Shape OR Inlab SW 20 OR Nemotec OR Blue-Sky Bio OR Ceramill@mind OR Trios OR Zirkhonzahn OR Tizian CRT exocad OR Dws)) AND (Accuracy OR Data accuracy OR Agreement OR Exactitud OR Precision OR Trueness OR Concordance)
Estrategia AV Exocad	(Virtual articulator OR Virtual Articulation OR 3D virtual articulator) AND(Exocad OR DentalCAD)
Estrategia AV 3 Shape	(Virtual articulator OR Virtual Articulation OR 3D virtual articulator) AND (3Shape OR TRIOS)
Estrategia AV Sirona	(Virtual articulator OR Virtual Articulation OR 3D virtual articulator) AND (Cerec OR Omnicam OR Dentsply Sirona OR Inlab SW)
Estrategia AV Nemotec	(Virtual articulator OR Virtual Articulation OR 3D virtual articulator) AND (Nemotec OR Nemocast)
Tipos de estudios	Estudios clínicos, in vitro
Idioma	Solo artículos en ingles
Periodo de publicación	Todos los artículos publicados hasta el 2022

2. Softwares que soportan articuladores virtuales que han usado arco facial y registros oclusales electrónicos, su objetivo de evaluación y sus resultados: Se

realizó una búsqueda de artículos bajo los criterios especificados en la tabla 7. Se utilizaron los siguientes términos/palabras clave: Virtual articulator, Exocad, 3Shape, Inlab SW 20, Nemotec, Blue sky bio, Ceramill@mind, Trios, Zirkhonzahn, Tizian CRT exocad, Dvos, face bow, Interocclusal registration, virtual interocclusal records. De estos se obtuvieron 287 publicaciones de las cuales se seleccionaron 22 en base al desarrollo de la temática.

Tabla 7. Estrategia de búsqueda TEMÁTICA 2

Estrategia de búsqueda	Especificaciones
Base de datos	Pubmed
Palabras clave	Virtual articulator, Exocad, 3Shape, Inlab SW 20, Nemotec, Blue sky bio, Ceramill@mind, Trios, Zirkhonzahn, Tizian CRT exocad, Dvos, face bow, Interocclusal registration, virtual interocclusal records
Estrategia general algoritmo	((Virtual articulator OR Virtual Mounting Procedures OR VR articulator OR Dynamic Virtual Articulation OR 3D virtual articulator) OR (Softwares OR Exocad OR 3Shape OR Inlab SW 20 OR Nemotec OR Blue-Sky Bio OR Ceramill@mind OR Trios OR Zirkhonzahn OR Tizian CRT exocad OR Dvos)) AND ((Face bow OR Face-bow OR Electronic facebow OR virtual facebow OR Digital facebow OR virtual facebow transfer) OR (Interocclusal registration OR virtual interocclusal records OR Virtual occlusal records OR digital Jaw Relation Record OR digital occlusal records OR digital interocclusal registrations OR virtual interocclusal registration))
Estrategia AV Exocad	((Face bow OR Face-bow OR Electronic facebow OR virtual facebow OR Digital facebow OR virtual facebow transfer) OR (Interocclusal registration OR virtual interocclusal records OR Virtual occlusal records OR digital Jaw Relation Record OR digital occlusal records OR digital interocclusal registrations OR virtual interocclusal registration)) AND (Exocad OR DentalCAD)
Estrategia AV 3 Shape	((Face bow OR Face-bow OR Electronic facebow OR virtual facebow OR Digital facebow OR virtual facebow transfer) OR (Interocclusal registration OR virtual interocclusal records OR Virtual occlusal records OR digital Jaw Relation Record OR digital occlusal records OR digital interocclusal registrations OR virtual interocclusal registration)) AND (3Shape OR TRIOS)
Estrategia AV Nemotec	((Face bow OR Face-bow OR Electronic facebow OR virtual facebow OR Digital facebow OR virtual facebow transfer) OR (Interocclusal registration OR virtual interocclusal records OR Virtual occlusal records OR digital Jaw Relation Record OR digital occlusal records OR digital interocclusal registrations OR virtual interocclusal registration)) AND (Nemotec OR Nemocast)
Estrategia AV Sirona	((Face bow OR Face-bow OR Electronic facebow OR virtual facebow OR Digital facebow OR virtual facebow transfer) OR (Interocclusal registration OR virtual interocclusal records OR Virtual occlusal records OR digital Jaw Relation Record OR digital occlusal records OR digital interocclusal registrations OR virtual interocclusal registration)) AND (Sirona OR Sirona)

	records OR digital interocclusal registrations OR virtual interocclusal registration)) AND (Cerec OR Omnicam OR Dentsply Sirona OR Inlab SW)
Tipos de estudios	Estudios clínicos, in vitro
Idioma	Solo artículos en ingles
Periodo de publicación	Todos los artículos publicados hasta el 2022

Artículos seleccionados por temáticas

Temática 1: Softwares que soportan articuladores virtuales que han sido evaluados, el objetivo de evaluación y sus resultados

Flujo de trabajo

1. D'Albis G, D'Albis V, Palma M, D'Orazio F, D'Albis G, Cristino G, Susca B. Orientation of digital casts according to the face-bow arbitrary plan. Clin. Dent. Rev. 2021; 5:13. (GENERAL)
2. kawa T, Ogawa T, Shigeta Y, Kasama S, Hirabayashi R, Fukushima S, Hattori A, Suzuki N. Design for functional occlusal surface of CAD/CAM crown using VR articulator. Stud Health Technol Inform. 2011;163:239-41. (GENERAL)
3. Park JH, Lee GH, Moon DN, Kim JC, Park M, Lee KM. A digital approach to the evaluation of mandibular position by using a virtual articulator. J Prosthet Dent. 2021 Jun;125(6):849-853 (GENERAL)
4. Solaberrieta E, Minguez R, Etxaniz O, Barrenetxea L. Improving the digital workflow: direct transfer from patient to virtual articulator. Int J Comput Dent. 2013;16(4):285-92. (GENERAL)
5. An H, Fischer CM, Miller SE, Al-Bitar KM, Luepke PG. A Fully Digital Workflow to Achieve Predictable Esthetic and Functional Outcomes: A Case Series. Int J Periodontics Restorative Dent. 2022 Mar-Apr;42(2):165-174. (3SHAPE)
6. Roberts M, Shull F, Schiner B. Maxillary full-arch reconstruction using a sequenced digital workflow. J Esthet Restor Dent. 2020 Jun;32(4):336-56. (3SHAPE)
7. Seo JM, Oh WS, Lee JJ. A technique for verifying the accuracy of the virtual mounting of digital scans against the actual occlusal contacts. J Prosthet Dent. 2019 May;121(5):729-732.(3SHAPE)

8. Coachman C, Bohner L, Jreige CS, Sesma N, Calamita M. Interdisciplinary guided dentistry, digital quality control, and the "copy-paste" concepts. *J Esthet Restor Dent*. 2021 Oct;33(7):982-991. (NEMOTEC)
9. Coachman C, Calamita MA, Coachman FG, Coachman RG, Sesma N. Facially generated and cephalometric guided 3D digital design for complete mouth implant rehabilitation: A clinical report. *J Prosthet Dent*. 2017 May;117(5):577-586. (NEMOTEC)
10. Hong SJ, Choi Y, Park M, Paek J, Pae A, Kim HS, Kwon KR, Noh K. Setting the Sagittal Condylar Inclination on a Virtual Articulator Using Intraoral Scan of Protrusive Interocclusal Position and Cone Beam Computed Tomography. *J Prosthodont*. 2020 Feb;29(2):185-189 EXOCAD
11. Kim JE, Park JH, Moon HS, Shim JS. Complete assessment of occlusal dynamics and establishment of a digital workflow by using target tracking with a three-dimensional facial scanner. *J Prosthodont Res*. 2019 Jan;63(1):120-124. EXOCAD
12. Lam WYH, Hsung RTC, Choi WWS, Luk HWK, Cheng LYY, Pow EHN. A clinical technique for virtual articulator mounting with natural head position by using calibrated stereophotogrammetry. *J Prosthet Dent*. 2018 Jun;119(6):902-908 EXOCAD
13. Lepidi L, Chen Z, Ravida A, Lan T, Wang HL, Li J. A Full-Digital Technique to Mount a Maxillary Arch Scan on a Virtual Articulator. *J Prosthodont*. 2019 Mar;28(3):335-338. EXOCAD
14. Lepidi L, Galli M, Grammatica A, Joda T, Wang HL, Li J. Indirect Digital Workflow for Virtual Cross- Mounting of Fixed Implant-Supported Protheses to Create a 3D Virtual Patient. *J Prosthodont*. 2021 Feb;30(2):177-182. EXOCAD
15. Lepidi L, Suriano C, Wang HL, Granata S, Joda T, Li J. Digital fixed complete-arch rehabilitation: From virtual articulator mounting to clinical delivery. *J Prosthet Dent*. 2022 Mar;127(3):398-403 EXOCAD
16. Stanley M, Paz AG, Miguel I, Coachman C. Fully digital workflow, integrating dental scan, smile design and CAD-CAM: case report. *BMC Oral Health*. 2018 Aug 7;18(1):134 EXOCAD
17. Wang J, Jin C, Dong B, Yue L, Gao S. Fully digital workflow for replicating treatment dentures: A technique for jaw relation transfer and dynamic occlusal adjustment. *J Prosthet Dent*. 2021 Dec 6:S0022-3913(21)00515-1. EXOCAD
18. Yang S, Feng N, Li D, Wu Y, Yue L, Yuan Q. A Novel Technique to Align the Intraoral Scans to the Virtual Articulator and Set the Patient-Specific Sagittal Condylar Inclination. *J Prosthodont*. 2022 Jan;31(1):79-84. EXOCAD

19. Fritzsche G. Cerec omnicam and the virtual articulator--a case report. *Int J Comput Dent.* 2013;16(1):59-67. CEREC
20. Fritzsche G, Schenk O. New Cerec software version 4.3 for Omnicam and Bluecam. *Int J Comput Dent.* 2014;17(3):253-8. CEREC
21. Yee SHX, Esguerra RJ, Chew AAQ, Wong KM, Tan KBC. Three-Dimensional Static Articulation Accuracy of Virtual Models - Part I: System Trueness and Precision. *J Prosthodont.* 2018 Feb;27(2):129-136 CEREC

Investigación

1. Abd El Galil EG, Mohamed SL, Rizk FN, Sabet ME. Evaluation of two computer-aided design software on the adaptation of digitally constructed maxillary complete denture. *J Indian Prosthodont Soc.* 2021 Oct-Dec;21(4):383-390. (GENERAL)
2. Li L, Sun Y, Wang Y, Li W, Dai N, Tian S, Cui H. Accuracy of a Novel Virtual Articulator for Recording Three-Dimensional Dentition. *Int J Prosthodont.* 2020 Jul/Aug;33(4):441-451. (GENERAL)
3. Olthoff L, Meijer I, de Ruyter W, Bosman F, van der Zel J. Effect of virtual articulator settings on occlusal morphology of CAD/CAM restorations. *Int J Comput Dent.* 2007 Apr;10(2):171-85. (GENERAL)
4. Ruge S, Quooss A, Kordass B. Variability of closing movements, dynamic occlusion, and occlusal contact patterns during mastication. *Int J Comput Dent.* 2011;14(2):119-27. (GENERAL)
5. Solaberrieta E, Mínguez R, Barrenetxea L, Otegi JR, Szentpétery A. Comparison of the accuracy of a 3-dimensional virtual method and the conventional method for transferring the maxillary cast to a virtual articulator. *J Prosthet Dent.* 2015 Mar;113(3):191-7. (GENERAL)
6. Solaberrieta E, Otegi JR, Goicoechea N, Brizuela A, Pradies G. Comparison of a conventional and virtual occlusal record. *J Prosthet Dent.* 2015 Jul;114(1):92-7. (GENERAL)
7. Úry E, Fornai C, Weber GW. Accuracy of transferring analog dental casts to a virtual articulator. *J Prosthet Dent.* 2020 Feb;123(2):305-313. (GENERAL)
8. Hsu MR, Driscoll CF, Romberg E, Masri R. Accuracy of Dynamic Virtual Articulation: Trueness and Precision. *J Prosthodont.* 2019 Apr;28(4):436-443. (3SHAPE)
9. Buduru S, Finta E, Almasan O, Fluerasu M, Manziuc M, Iacob S, Culcitchi C, Negucioiu M. Clinical occlusion analysis versus semi-adjustable articulator and

- virtual articulator occlusion analysis. *Med Pharm Rep.* 2020 Jul;93(3):292-296. (3SHAPE)
10. Flügge T, Kramer J, Nelson K, Nahles S, Kernen F. Digital implantology-a review of virtual planning software for guided implant surgery. Part II: Prosthetic set-up and virtual implant planning. *BMC Oral Health.* 2022 Jan 30;22(1):23. (3SHAPE)
 11. Han W, Li Y, Zhang Y, Lv Y, Zhang Y, Hu P, Liu H, Ma Z, Shen Y. Design and fabrication of complete dentures using CAD/CAM technology. *Medicine (Baltimore).* 2017 Jan;96(1):e5435. (3SHAPE)
 12. He M, Ding Q, Li L, Yang G, Zhao Y, Sun Y, Zhang L. The Accuracy of Transferring Casts in Maximal Intercuspal Position to a Virtual Articulator. *J Prosthodont.* 2022 Apr;31(4):326-332. (3SHAPE)
 13. Li L, Chen H, Li W, Wang Y, Sun Y. Design of wear facets of mandibular first molar crowns by using patient-specific motion with an intraoral scanner: A clinical study. *J Prosthet Dent.* 2021 Aug 21:S0022-3913(21)00367-X. (3SHAPE)
 14. Ramón JL, Tamayo MC, Ruiz C, Ramos-Pernia L, Leiva-Ayala R, Solabarrieta E. Evaluación de un Articulador Virtual para la identificación de interferencias en movimientos mandibulares excéntricos. En XXXV Congreso anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica CASEIB Libro de actas . . Bilbao: Servicio Editorial Argitalpen Zerbitzua; 2017. p. 327-329. (3SHAPE)
 15. Zhang R, Sun Y, Liu Y, Ding Q, Zhang L, Xie Q. Occlusal Assessment of Zirconia Crowns Designed with the Digital Articulator and Traditional Methods. *Int J Prosthodont.* 2021 Jan-Feb;34(1):13-20. (3SHAPE)
 16. Oancea L, Stegaroiu R, Cristache CM. The influence of temporomandibular joint movement parameters on dental morphology. *Ann Anat.* 2018 Jul; 218:49-58. (EXOCAD)
 17. Li L, Chen H, Li W, Wang Y, Sun Y. The Effect of Residual Dentition on the Dynamic Adjustment of Wear Facet Morphology on a Mandibular First Molar Crown. *J Prosthodont.* 2021 Apr;30(4):351- 355.(EXOCAD)
 18. Chau RCW, Chong M, Thu KM, Chu NSP, Koohi-Moghadam M, Hsung RT, McGrath C, Lam WYH. Artificial intelligence-designed single molar dental prostheses: A protocol of prospective experimental study. *PLoS One.* 2022 Jun 2;17(6):e0268535. EXOCAD
 19. Li L, Chen H, Zhao Y, Wang Y, Sun Y. Design of occlusal wear facets of fixed dental prostheses driven by personalized mandibular movement. *J Prosthet Dent.* 2022 Jul;128(1):33-41. EXOCAD

20. Arslan Y, Karakoca Nemli S, Bankoğlu Güngör M, Tamam E, Yılmaz H. Evaluation of biogeneric design techniques with CEREC CAD/CAM system. *J Adv Prosthodont.* 2015 Dec;7(6):431-6. CEREC
21. Arslan Y, Bankoğlu Güngör M, Karakoca Nemli S, Kökdoğan Boyacı B, Aydın C. Comparison of Maximum Intercuspal Contacts of Articulated Casts and Virtual Casts Requiring Posterior Fixed Partial Dentures. *J Prosthodont.* 2017 Oct;26(7):594-598 CEREC
22. Del Curto F, Saratti CM, Krejci I. CAD/CAM-based chairside restorative technique with composite resin for full-mouth adhesive rehabilitation of excessively worn dentition. *Int J Esthet Dent.* 2018;13(1):50-64. PMID: 29379903. CEREC

Temática 2: Softwares que soportan articuladores virtuales que han usado arco facial y registros oclusales electrónicos, su objetivo de evaluación y sus resultados

Flujo de trabajo

1. D'Albis G, D'Albis V, Palma M, D'Orazio F, D'Albis G, Cristino G, Susca B. Orientation of digital casts according to the face-bow arbitrary plan. *Clin. Dent. Rev.* 2021; 5:13.
2. Park JH, Lee GH, Moon DN, Kim JC, Park M, Lee KM. A digital approach to the evaluation of mandibular position by using a virtual articulator. *J Prosthet Dent.* 2021 Jun;125(6):849-853.
3. Solaberrieta E, Minguez R, Etxaniz O, Barrenetxea L. Improving the digital workflow: direct transfer from patient to virtual articulator. *Int J Comput Dent.* 2013;16(4):285-92.
4. Solaberrieta E, Otegi JR, Mínguez R, Etxaniz O. Improved digital transfer of the maxillary cast to a virtual articulator. *J Prosthet Dent.* 2014 Oct;112(4):921-4.
5. Ruge S, Quooss A, Kordass B. Variability of closing movements, dynamic occlusion, and occlusal contact patterns during mastication. *Int J Comput Dent.* 2011;14(2):119-27.
6. Solaberrieta E, Arias A, Brizuela A, Garikano X, Pradies G. Determining the requirements, section quantity, and dimension of the virtual occlusal record. *J Prosthet Dent.* 2016 Jan;115(1):52-6.
7. Buzayan MM, Seong L, Elkezza A, Abidin Z, Yunus N, Sivakumar I. Digital workflow for articulating maxillary and mandibular 3D arch models using an open source 3D modeling software program. *Quintessence Int.* 2020;51(9):776-

779.

8. Lam WY, Hsung RT, Choi WW, Luk HW, Pow EH. A 2-part facebow for CAD-CAM dentistry. *J Prosthet Dent.* 2016 Dec;116(6):843-847.
9. Solaberrieta E, Mínguez R, Barrenetxea L, Etxaniz O. Direct transfer of the position of digitized casts to a virtual articulator. *J Prosthet Dent.* 2013 Jun;109(6):411-4.
10. Solaberrieta E, Garmendia A, Minguez R, Brizuela A, Pradies G. Virtual facebow technique. *J Prosthet Dent.* 2015 Dec;114(6):751-5.
11. Sun A, Yang Y, Gao H, Lin WS, Chen L, Tan J. Integrating Facial and Intraoral Scans for Digital Esthetic and Occlusal Design: A Technical Report. *J Prosthodont.* 2021 Oct;30(8):729-733.
12. Lepidi L, Galli M, Grammatica A, Joda T, Wang HL, Li J. Indirect Digital Workflow for Virtual Cross-Mounting of Fixed Implant-Supported Protheses to Create a 3D Virtual Patient. *J Prosthodont.* 2021 Feb;30(2):177-182.
13. Li J, Chen Z, Dong B, Wang HL, Joda T, Yu H. Registering Maxillomandibular Relation to Create a Virtual Patient Integrated with a Virtual Articulator for Complex Implant Rehabilitation: A Clinical Report. *J Prosthodont.* 2020 Aug;29(7):553-557.
14. Lam WYH, Hsung RTC, Choi WWS, Luk HWK, Cheng LYY, Pow EHN. A clinical technique for virtual articulator mounting with natural head position by using calibrated stereophotogrammetry. *J Prosthet Dent.* 2018 Jun;119(6):902-908.
15. Yang S, Feng N, Li D, Wu Y, Yue L, Yuan Q. A Novel Technique to Align the Intraoral Scans to the Virtual Articulator and Set the Patient-Specific Sagittal Condylar Inclination. *J Prosthodont.* 2022 Jan;31(1):79-84.
16. Lepidi L, Chen Z, Ravidá A, Lan T, Wang HL, Li J. A Full-Digital Technique to Mount a Maxillary Arch Scan on a Virtual Articulator. *J Prosthodont.* 2019 Mar;28(3):335-338
17. Stanley M, Paz AG, Miguel I, Coachman C. Fully digital workflow, integrating dental scan, smile design and CAD-CAM: case report. *BMC Oral Health.* 2018 Aug 7;18(1):134.
18. Wang J, Jin C, Dong B, Yue L, Gao S. Fully digital workflow for replicating treatment dentures: A technique for jaw relation transfer and dynamic occlusal adjustment. *J Prosthet Dent.* 2021 Dec 6:S0022-3913(21)00515-1.

19. Kois JC, Kois DE, Zeitler JM, Martin J. Digital to Analog Facially Generated Interchangeable Facebow Transfer: Capturing a Standardized Reference Position. *J Prosthodont*. 2022 Mar;31(S1):13-22.
20. Petre A, Drafta S, Stefanescu C, Oancea L. Virtual facebow technique using standardized background images. *J Prosthet Dent*. 2019 May;121(5):724-728.
21. Radu M, Radu D, Abboud M. Digital recording of a conventionally determined centric relation: A technique using an intraoral scanner. *J Prosthet Dent*. 2020 Feb;123(2):228-31.
22. Fang JH, An X, Jeong SM, Choi BH. Development of complete dentures based on digital intraoral impressions-Case report. *J Prosthodont Res*. 2018 Jan;62(1):116-120
23. Seo JM, Oh WS, Lee JJ. A technique for verifying the accuracy of the virtual mounting of digital scans against the actual occlusal contacts. *J Prosthet Dent*. 2019 May;121(5):729-732.
24. Lo Russo L, Salamini A. Removable complete digital dentures: A workflow that integrates open technologies. *J Prosthet Dent*. 2018 May;119(5):727-732.

Investigación

1. Solaberrieta E, Mínguez R, Barrenetxea L, Otegi JR, Szentpétery A. Comparison of the accuracy of a 3-dimensional virtual method and the conventional method for transferring the maxillary cast to a virtual articulator. *J Prosthet Dent*. 2015 Mar;113(3):191-7.
2. Úry E, Fornai C, Weber GW. Accuracy of transferring analog dental casts to a virtual articulator. *J Prosthet Dent*. 2020 Feb;123(2):305-313.
3. Goob J, Erdelt K, Schweiger J, Pho Duc JM, Schubert O, Güth JF. Reproducibility of a magnet-based jaw motion analysis system. *Int J Comput Dent*. 2020;23(1):39-48. PMID: 32207460.
4. Li J, Chen Z, Decker AM, Wang HL, Joda T, Mendonca G, Lepidi L. Trueness and Precision of Economical Smartphone-Based Virtual Facebow Records. *J Prosthodont*. 2022 Jan;31(1):22-29.
5. Solaberrieta E, Garmendia A, Brizuela A, Otegi JR, Pradies G, Szentpétery A. Intraoral Digital Impressions for Virtual Occlusal Records: Section Quantity and Dimensions. *Biomed Res Int*. 2016;2016:7173824.
6. Solaberrieta E, Otegi JR, Goicoechea N, Brizuela A, Pradies G. Comparison of a conventional and virtual occlusal record. *J Prosthet Dent*. 2015 Jul;114(1):92-7.

7. Kalman L, Chrapka J, Joseph Y. Digitizing the Facebow: A Clinician/Technician Communication Tool. *Int J Prosthodont.* 2016 Jan-Feb;29(1):35-7.
8. Botsford KP, Frazier MC, Ghoneima AAM, Utreja A, Bhamidipalli SS, Stewart KT. Precision of the virtual occlusal record. *Angle Orthod.* 2019 Sep;89(5):751-757.
9. Quast A, Santander P, Witt D, Damm A, Moser N, Schliephake H, Meyer-Marcotty P. Traditional face-bow transfer versus three-dimensional virtual reconstruction in orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2019 Mar;48(3):347-354.
10. Amezua X, Iturrate M, Garikano X, Solaberrieta E. Analysis of the influence of the facial scanning method on the transfer accuracy of a maxillary digital scan to a 3D face scan for a virtual facebow technique: An in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2021 Mar 12:S0022-3913(21)00081-0.
11. Camcı H, Salmanpour F. A new technique for testing accuracy and sensitivity of digital bite registration: A prospective comparative study. *Int Orthod.* 2021 Sep;19(3):425-432.
12. He M, Ding Q, Li L, Yang G, Zhao Y, Sun Y, Zhang L. The Accuracy of Transferring Casts in Maximal Intercuspal Position to a Virtual Articulator. *J Prosthodont.* 2022 Apr;31(4):326-332.
13. Hsu MR, Driscoll CF, Romberg E, Masri R. Accuracy of Dynamic Virtual Articulation: Trueness and Precision. *J Prosthodont.* 2019 Apr;28(4):436-443.
14. Yee SHX, Esguerra RJ, Chew AAQ, Wong KM, Tan KBC. Three-Dimensional Static Articulation Accuracy of Virtual Models - Part I: System Trueness and Precision. *J Prosthodont.* 2018 Feb;27(2):129-136.
15. Yee SHX, Esguerra RJ, Chew AAQ, Wong KM, Tan KBC. Three-Dimensional Static Articulation Accuracy of Virtual Models-Part II: Effect of Model Scanner-CAD Systems and Articulation Method. *J Prosthodont.* 2018 Feb;27(2):137-144.

b. Resultados del proceso de extracción de información.

A partir de los artículos seleccionados se extrajeron en fichas bibliográficas los datos más relevantes. Debido a que se encontraron dos tipos de publicaciones se estructuraron dos fichas bibliográficas las cuales fueron similares para las dos temáticas:

Para los artículos que describían/proponían *flujo de trabajo* se sustrajeron los siguientes datos: *Referencia completa del artículo (Vancouver), País(es) de origen del artículo, Objetivo del estudio, Tipo de estudio, Objetivo clínico del flujo de trabajo,*

población y muestra, casa comercial(es) de/los software(s) evaluado(s), nombre de software(s) usado(s), articuladores virtuales utilizados, Descripción de la técnica o procedimiento paso a paso, Aportes clínicos de la técnica, Principales puntos de discusión y conclusiones; adicional a esta información para la segunda temática de búsqueda se adicionaron los siguientes datos: Accesorios utilizados (para el método de transferencia de posición maxilar y relación oclusal del paciente al software) entre los cuales estaban Arco facial digital (marca), Registro oclusal virtual (método/marca), Otros instrumentos implementados en la técnica (diferentes a arco facial y registro oclusal).

Para los artículos de investigación se sustrajeron los siguientes datos: *Referencia completa del artículo (Vancouver), Temática, Casa comercial del software evaluado, Nombre del software evaluado, País(es) de origen del artículo, Objetivo del estudio, Tipo de estudio, Población y muestra, Articuladores evaluados, Método o instrumento estándar de oro, Descripción de metodología paso a paso, Variable evaluada (Descripción de la variable, Parámetros de evaluación, Instrumento usado para la evaluación), Pruebas estadísticas utilizadas, Resultados y Conclusiones; adicional a esta información para la segunda temática de búsqueda se adicionaron los siguientes datos: Accesorios utilizados (para el método de transferencia de posición maxilar y relación oclusal del paciente al software) entre los cuales estaban Arco facial digital (marca), Registro oclusal virtual (método/marca), Otros instrumentos implementados en la técnica (diferentes a arco facial y registro oclusal).*

En la temática 1: Se completaron un total de 43 fichas bibliográficas: 21 **fichas de artículos de flujo de trabajo** en las que se describían: softwares que soportaban articuladores virtuales que han sido evaluados, el objetivo de evaluación y sus resultados y 22 **fichas de artículos de investigaciones** en las que se describían: : softwares que soportaban articuladores virtuales que han sido evaluados, el objetivo de evaluación y sus resultados

En la temática 2: Se completaron un total de 39 fichas bibliográficas: 24 **fichas de artículos de flujo de trabajo** en las que se describían: softwares que soportan articuladores virtuales que han usado arco facial y registros oclusales electrónicos, su objetivo de evaluación y sus resultados y 15 fichas de artículos de investigaciones en

las que se describían: softwares que soportan articuladores virtuales que han usado arco facial y registros oclusales electrónicos, su objetivo de evaluación.

Integración de resultados por cada software

Articulador virtual soportado por softwares diferentes a los evaluados/generales

De los softwares de articuladores virtuales generales diferentes a los 4 sistemas digitales evaluados en este estudio, se logró identificar softwares como el Ceramill Mind con el articulador virtual Artex Cr (D'Albis et al.,2021) , el Software 3D-VAS con el Sistema de articulación Virtual 3D (Ruge S et al.,2011), el AV R2GATE 2.0 (Park et al.,2021), el Sistema de articulador virtual PN-300 (Li et al.,2020), el AV Panadent (Solaberrieta et al.,2015 ; Solaberrieta et al.,2016), el software Smart optics con el AV CADIAS 3D (Úry et al.,2020), el software Zirkonzahn con el AV Planesystem (Sun et al.,2021), entre otros que no especificaron el nombre del software o eran referentes a prototipos de AV (Olthoff et al.,2007; Ikawa et al., 2011; Solaberrieta et al.,2014; Bósforo et al.,2019; Amezua et al.,2020; Goob et al.,2020;). Los estudios de los softwares de AV identificados, la mayoría fueron estudios de flujo de trabajo digital e indicaron el método de transferencia usado para describir el procedimiento de orientación de modelos digitales al AV haciendo uso de accesorios digitales como teléfonos inteligentes o tablets con aplicaciones de escaneos faciales (Li et al.,2022), prototipos de arcos faciales e incluso el uso de arcos faciales análogos y registros oclusales en silicona digitalizados por medio de escáneres extraorales y el uso de tomografías CBCT (Solaberrieta et al.,2013 ; Solaberrieta et al.,2015 ; Kalman et al.,2016 ; Lam et al.,2016 ; Quast et al.,2019 ; Camci et al.,2021) , e indicaron que cada técnica descrita fue asertiva relevando ventajas como la eliminación de procesos convencionales de transferencia y presentando alternativas económicas y reemplazables al uso de accesorios como lo es el arco facial digital; Solo uno de estos flujos digitales implementó el uso de Jaw Motion Analyzer (JMA) y un tipo de registro de mordida virtual FGP (trayectoria generada funcionalmente) ayudando así a cuantificar el espacio oclusal en un entorno virtual siendo de gran utilidad al momento de diseñar restauraciones dentales virtuales utilizando individualmente la función oclusal de cada paciente (Ruge et al.,2011).

Se encontraron estudios que evaluaron los AV vs metodologías convencionales (montajes análogos) respecto a la verificación de puntos de contacto (Solaberrieta et al.,2015), la precisión de la transferencia del modelo maxilar mediante digitalización directa con un prototipo de arco facial digital (Buzayan et al.,2020) y la precisión de la transferencia de modelos mediante la digitalización indirecta (Solaberrieta et al.,2013; Solaberrieta et al.,2016), donde se obtuvieron resultados que indicaron que los contactos observados en el entorno virtual fueron significativamente más precisos que los físicos y proporcionaron datos más objetivos y significativos, en cuanto a la transferencia directa por medio del prototipo de arco facial se concluyó que es posible implementar el uso del arco facial digital para transferir la posición del maxilar superior directamente al AV, ya que la desviación entre los dos métodos no fue significativa, entretanto los resultados de la transferencia indirecta también revelan alta precisión e indican que el análisis funcional virtual es confiable y que contribuye a un diagnóstico válido para el método de transferencia indirecta, sin embargo se requieren de más estudios.

Articulador virtual soportado por software EXOCAD DentalCAD

Tras el análisis, se puede deducir que el software de articulador virtual EXOCAD es un articulador que ofrece una serie de ventajas como el análisis completo de estática/movimientos mandibulares dinámicos y oclusión; visualización detallada de contactos dentales y diseño de tratamiento virtual; y la capacidad de integrarse con otros flujos de trabajo digitales en odontología, como el diseño digital de sonrisas, la planificación de implantes asistida por computadora y la planificación digital de cirugía maxilofacial. (Lepidi et al, 2019), este presenta diferentes marcas y módulos de articuladores, incluidos los articuladores Bio-art A7 Plus, Bio-art A7 Plus-Adjustable, Denar Mark 330 los cuales presentan parámetros ajustables que incluyen el ángulo de Bennett, el ángulo condilar, la dimensión vertical de la oclusión (VDO), la inclinación de la mesa incisal. Después de montar los modelos digitales en el VA, se pueden simular movimientos de protrusión, retrusión y de lateralidad. Los contactos oclusales durante estos movimientos se pueden visualizar y el ajuste oclusal se puede realizar automáticamente. (Lepidi et al, 2020).El uso del articulador virtual o un flujo de trabajo

digital acompañados por accesorios como lo es el arco facial digital, las fotografías y CBTC integran los movimientos mandibulares durante la elaboración de las prótesis, lo cual es una limitante en la técnica convencional o análoga. La reconstrucción 3D a partir de imágenes CBCT puede proporcionar puntos de referencia faciales, así como la posición del arco maxilar, lo que hace posible que funcione como un arco facial. Al mismo tiempo, puede evitar algunas imprecisiones derivadas del ensamblaje de componentes mecánicos del arco facial y la deformación de materiales de cera o yeso. (Lepidi et al, 2019). La CBCT permite la construcción de un modelo virtual de los tejidos blandos y duros maxilofaciales del paciente, así como la relación entre arcadas en RC. Además, también se puede utilizar para la adquisición digital de referencias estéticas faciales, como la línea bipupilar, la línea oral y la línea de Ricketts (Lepidi et al, 2020; Li et al, 2020). En dos estudios registraron la posición natural de la cabeza en un articulador virtual. La primera técnica clínica usa estereofotogrametría calibrada para transferir el plano horizontal verdadero cuando el paciente está en la posición natural de la cabeza y la segunda técnica fue con las gafas de referencia facial Kois las cuales se utilizan para capturar una posición natural de cabeza estandarizado y facilita la captura del ángulo de visión correcto que se puede transferir con una simple fotografía 2D. Estas dos técnicas son rápidas y sencilla para orientar con precisión el modelo maxilar en el articulador, también proporcionan un análisis más consistente y sólido. (Lam et al, 2018; Kois et al, 2021)

Articulador virtual soportado por software 3Shape

En cuanto al software de articulador virtual de 3Shape puede imitar los movimientos de oclusión, laterotrusión, pro/retrusión y desplazamiento lateral gracias a los parámetros ajustables para estos articuladores virtuales que incluyen el plano oclusal, ángulo de Bennett e inclinación condílea. En estudios donde comparan esta herramienta digital frente a articuladores convencionales no se encontró diferencias clínicamente significativas en cuanto a la veracidad y a la precisión entre los dos tipos de articuladores (virtual-mecánico) al momento de alterar los ajustes condilares y las aperturas de los pines (Hsu et al,2019); en otro estudio donde se evaluó la precisión oclusal de las coronas diseñadas con este articulador digital vs con las coronas

fabricadas con el método tradicional (Zhang et al.,2021) se demostró que tanto el articulador digital como los métodos tradicionales lograron un ajuste oclusal aceptable para restauraciones de una sola corona.; no obstante, un estudio en donde se quería identificar el método óptimo para el análisis oclusal en estática y dinámica utilizando tres sistemas de análisis: análisis de oclusión clínica que fue tomado como el Gold estándar, el análisis de oclusión con articulador semiajustable y el análisis en articulador virtual (Buduru et al.,2020), demostró que el articulador semiajustable fue superior en el análisis de oclusión estática y dinámica en comparación con el articulador virtual de 3shape, sin embargo, el análisis oclusal con el articulador virtual encarna el futuro de la odontología, por lo que las mejoras del software en cuanto a la transferencia de datos son obligatorias; otro estudio que evaluó la concordancia, en términos de precisión y exactitud del AV para la identificación de interferencias oclusales en movimientos mandibulares excéntricos (Ramón et al.,2017), reveló que la exactitud fue moderada y no clínicamente buena y con respecto a la precisión fue muy buena para la ubicación de las interferencias oclusales durante todos los movimientos mandibulares excéntricos funcionales, sin embargo, este resultado no se consideró significativo a nivel clínico ya que el AV no tiene la capacidad de identificar las interferencias con exactitud.

Varios estudios de flujo digital demostraron la idoneidad del diseño y la fabricación de las dentaduras completas utilizando el software 3Shape Dental System, en donde gracias al uso del articulador virtual y después de completar el paso de ajuste oclusal, permitió reproducir con éxito el esquema oclusal planificado (Fang et al.,2018; Lo Russo et al.,2018; Roberts et al.,2020). En lo referente al uso de accesorios como arcos faciales digitales y registros oclusales virtuales, solo uno de estos flujos digitales implementó el uso de arco facial digital, Arcus Digma II (KaVo Dental GmbH) para registrar los ajustes del articulador virtual y completar la elaboración de la prótesis mediante tecnología CAM, informando que el flujo de trabajo presentado fue completamente funcional (Lo Russo et al.,2018); entre los estudios que implementaron el uso de registros interoclusales virtuales (VIR) para el montaje directo al AV 3shape (Seo et al.,2019 ; Radu et al.,2020) , indicaron que dichos VIR deben ser precisos para

asegurar la exactitud del montaje y evitar errores oclusales en las prótesis dentales. Entre otros métodos implementados en la técnica de montaje en el AV se encontraron dos estudios que indican el uso de la placa de transferencia del mismo sistema 3Shape las cuales reportaron una mejora en la precisión de la transferencia de los modelos en máxima intercuspidad (MIP) al articulador virtual (Hsu et al.,2019; He et al.,2022).

Un artículo que examinó cinco sistemas de planificación de implantes virtuales con respecto a la configuración protésica, entre ellos ImplantStudio Versión 1.6.4.4, de 3Shape, indicó que este fue el único software que proporcionó un articulador virtual para simular la oclusión dinámica con ajustes de arco facial individual, además permitió la alineación de modelos con los datos CBCT y la integración de escaneos de superficies adicionales, como los escaneos faciales o la importación de fotografías de los pacientes con la finalidad de tomar en consideración el perfil facial del paciente y de esta manera obtener un resultado estético (Flügge et al., 2022).

Articulador virtual soportado por el software Cerec. sirona

Se puede establecer que el software 4.2 permite restaurar simultáneamente varios dientes en cuadrantes opuestos sin tener que ejecutar el software varias veces. En las anteriores versiones sólo se podían ver los contactos estáticos, pero en esta versión se introdujo el articulador virtual donde se pueden evidenciar además de los contactos estáticos los contactos dinámicos (Fritzsche et al, 2013). En el 2014 el articulador virtual presentó mejoras donde ahora tiene aún más opciones de configuración individual y permite el ajuste de casi todos los ángulos derivados del arco de transferencia individual en base a valores promedio precalculados como el ángulo de bennet, la inclinación condílea, la distancia intercondilar y el ángulo de Bakwill, permitiendo con esto el aumento de la dimensión vertical. (Fritzsche et al, 2014). En cuanto a los registro oclusales se realiza digitalmente para luego articular el escaneo con los modelos de yeso. El software inLab SW15.0 (Sirona Dental Systems) combina y articula automáticamente los modelos virtuales con el escaneo vestibular. En este estudio evaluaron la precisión de la articulación estática 3D de 3 sistemas CAD (Ceramill Map400 [AG], inEos X5 [SIR], Scanner S600 Arti [ZKN]) utilizando una máquina de medición por coordenadas (CMM) la cual permite mediciones precisas de

coordenadas originales en el espacio 3D para definir los desplazamientos lineales y rotacionales. Se observó que hubo diferencias significativas entre los tres sistemas tanto a nivel interarco como interoclusal donde el menos preciso fue el SIR, esto podría atribuirse a variaciones en el momento de escaneo y mallado. (Yee et al, 2018). Según los modelos biogénicos que comparan la precisión de los contactos oclusales digitales generados virtualmente por 3 modos: individuo biogénico (BI), copia biogénica (BC), referencia biogénica (BR) se pudo observar que el grupo BC mostró estadísticamente un porcentaje significativamente menor de contactos idénticos en comparación con BI y grupos BR. Esto se debió a que se utilizaron diferentes datos en cada uno de los grupos. La literatura incluye estudios limitados sobre la precisión de los contactos oclusales de modelos virtuales. (Arslan et al, 2015)

Articulador virtual soportado por software Nemotec

En esta revisión se hace evidente que en la actualidad no hay estudios referentes al software de articulador virtual de Nemotec ya que los únicos artículos que fueron relacionados a este software corresponden a 2 estudios de flujo digital en donde, sin embargo, no se especifica que el uso de esta herramienta digital haya sido propia del software de Nemotec, por ende tampoco se encontró artículos relacionados a el uso de accesorios o métodos de transferencia como arcos faciales digitales o registros oclusales virtuales (Coachman et al.,2017 ; Coachman et al.,2021)

8. CONCLUSIONES

Bajo las limitaciones de este estudio se puede concluir que:

El articulador virtual soportado por software Exocad es el que más evidencia científica tiene tanto en el articulador virtual como en los accesorios (arco facial digital y registros oclusales). El arco facial digital es un accesorio esencial que permite el montaje de modelos con una posición más exacta que el convencional, esto podría deberse a la deformación de los materiales utilizados durante el proceso. Mediante el escaneo intraoral, el uso de accesorios como el arco facial digital y los registros oclusales digitales se logra un montaje de escaneo intraoral personalizado y se obtiene una inclinación condilar específica del paciente para programar el articulador virtual, esto con el fin de poder simular los movimientos de la mandíbula, para utilizarlos en la planificación del tratamiento y la rehabilitación.

El articulador virtual soportado por software 3Shape es una herramienta digital cuyas funciones lo hacen útil tanto para el diagnóstico como para el desarrollo de los tratamientos siguiendo los parámetros adecuados en cuanto al análisis oclusal, gracias a su función terapéutica, logrando evitar los ajustes oclusales en boca y así disminuyendo el tiempo de entrega de dichos procedimientos; dado a los avances tecnológicos de este software es posible una transferencia directa del paciente a un entorno completamente virtual, lo cual brinda facilidad y comodidad para el paciente, el profesional y el técnico dental. Múltiples estudios demuestran la precisión de esta herramienta digital, lo cual, a nivel de evidencia científica lo hace fiable para el uso clínico diario.

El articulador virtual soportado por software Sirona presenta poca evidencia científica tanto del articulador virtual como los accesorios (arco facial digital y registros oclusales digitales). Se puede concluir que es una herramienta donde permite observar contactos estáticos y dinámicos. Para una buena articulación de modelos en el articulador se necesita un registro oclusal completo para que evitar variaciones.

El articulador virtual soportado por software Nemotec es una herramienta digital que tiene aplicaciones tanto diagnóstica como terapéutica, por ende permite realizar análisis de oclusión en pacientes que van a ser tratados y que no, a su vez permite realizar el diseño de restauraciones protésicas para ser elaboradas mediante tecnología CAD CAM, esta herramienta también permite la transferencia directa de la posición del maxilar al articulador virtual por medio del arco facial digital de la misma casa comercial; sin embargo hasta el momento no se encontró evidencia científica ni del articulador virtual ni de sus accesorios de transferencia.

9. REFERENCIAS

1. Ahlers M, Edelhoff D, Jakstat H. Reproduction accuracy of articulator mounting with an arbitrary face-bow vs. average values—a controlled, randomized, blinded patient simulator study. *Clinical Oral Investigations* 2018 May 29
2. Alarico LA. Efficacy of semi-adjustable articulator using in the diagnosis of malocclusion of patients in the ortodontic center of tacna, 2010 *Revista Ciencia y Desarrollo*. 2011; 13:139-44
3. Alonso AA, Albertini JS, Bechelli AH. *Oclusión y Diagnóstico en Rehabilitación Oral*; Buenos Aires: Editorial Panamericana; 2004.
4. Anusha C, Singh A, Sam G, Sangwan B, Shilpa M, Kamath A. Evaluation of two facebow/semi-adjustable articulator systems for orienting maxillary cast on articulators: a pilot study. *J Contemp Dent Pract*. 2016 Apr 1;17(4):327-30
5. Argimon-Pallas J, Jimenez-villa J. *Metodos de investigacion clinica y epidemiologica*, 5ª edición. ELsevier España 2019.
6. Clark JR, Hutchinson I, Sandy JR. Functional occlusion: II. The role of articulators in orthodontics. *J Orthod*. 2001 Jun;28(2):173-7.
7. Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAD/CAM in dentistry. *Dent Clin North Am*. 2011 Jul;55(3):559-70
8. Davidowitz G, Kotick PG.. The use of CAD/CAM in dentistry. *Dent Clin North Am* 2011;55: 559-70.
9. Dawson P. *Functional occlusion: From TMJ to smile design*. St. Louis, CV Mosby 2007.
10. Del Río de las Heras F, López Lozano JF, Del Río Highsmith J. Registros excéntricos. *Rev Esp Estomatol* 1986;24(1):13-20.
11. DeLong R, Ko CC, Anderson GC, Hodges JS, Douglas WH. Comparing maximum intercuspal contacts of virtual dental patients and mounted dental casts. *J Prosthet Dent*. 2002; 88:622-30.
12. Dentsply Sirona. Inlab SW, Systems GmbH. Alemania: Denstply; 2019. 64625. Available in: <https://manuals.sirona.com/home.HomeDmsDocument.download.html?id=21153>
13. ExoCAD DentalCAD, España: ExoCAD; 2019. 64293. Available in: [https://exocad.com/fileadmin/content/brochures/exocad_brochure DentalCAD es screen.pdf](https://exocad.com/fileadmin/content/brochures/exocad_brochure_DentalCAD_es_screen.pdf)

14. Fang JJ, Kuo TH. Modelling of mandibular movement. *Comput Biol Med.* 2008 Nov-Dec; 38(11-12):1152-62.
15. Farias-Neto A, Dias AH, de Miranda BF, de Oliveira AR. Face-bow transfer in prosthodontics: a systematic review of the literature. *J Oral Rehabil.* 2013 Sep;40(9):686-92.
16. Fleiss JL. The design and analysis of clinical experiments. New York u.a: Wiley; 1986.
17. Gartner CH, Korda B, Gesch D, Virtueller Artikulator Dentcam 3.0 Review; 2000;11:607-12.
18. Ghanai S, Marmulla R, Wiechnik J, Muhling J, Kotrikova B. Computer assisted three dimensional surgical planning: 3D virtual articulator: technical note. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2010;39:75-82.
19. Hatzi P, Tzakis M, Eliades G. Setting characteristics of vinyl-polysiloxane interocclusal recording materials. *J Dental* 2012;28(7):783-791.
20. Hobo S, Shillingburg HT, Whitsett LD. Articulator selection for restorative dentistry. *J Prosthet Dent* 1976;36(1):35-43.
21. Hobo S. Twin-tables technique for occlusal rehabilitation: Part I—Mechanism of anterior guidance. *J Prosthet Dent* 1991;66(3):299-303.
22. Ikawa T, Ogawa T, Shigeta Y, Kasama S, Hirabayashi R, Fukushima, Hattori A, Suzuki N. Design for functional occlusal surface of CAD/CAM crown using VR articulator. *Stud Health Technol Inform.* 2011;163:239-41.
23. Jain T, M R D; Jain RB, Gujjari AK Virtual Articulator: A Review of Functioning And Designing. *Indian J Dent Sci.* 2014 December;5(6): 96-9.
24. Jiménez López V. Prótesis sobre implantes: oclusión, casos clínicos y de laboratorio. 1ª ed. Madrid: Quintessence books/Doyma; 1993.
25. Klineberg I, Palla S, Trulsson M. Contemporary Relevance of Occlusion and Mastication. *Int J of prosthodont* 2014 Sep;27(5):411-412.
26. Koralakunte PR, Aljanakh M. The role of virtual articulator in prosthetic and restorative dentistry. *J Cli Diag Res.* 2014;8(7): ZE25-8
27. Kordass B, Gärtner C, Söhnel A, Bisler A, Voss G, Bockholt U, Seipel S. The virtual articulator in dentistry: concept and development. *Dent Clin North Am.* 2002 Jul;46(3):493-506,
28. Kordass B, Gärtner CH, Gesch D. The virtual articulator - a new tool to analyze

- the dysfunction and dysmorphology of dental occlusion. *Aspects of Teratology*. 2000;2:243-247.
29. Krishna Prasad D, Prasad BR, Mehra D. Articulators - as they evolved. *Guident* 2012 Jul 1;5(8):24-30
 30. Lepidi L, Galli M, Mastrangelo F, Venezia P, Joda T, Wang HL, Li J. Virtual Articulators and Virtual Mounting Procedures: Where Do We Stand? *J Prosthodont*. 2021 Jan;30(1):24-35
 31. Maestre-Ferrín L, Romero-Millán J, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M. Virtual articulator for the analysis of dental occlusion: An update. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal* 2012 Jan 1;17(1):e163.
 32. Mage K, Čelić R, Ćimić S, Dulčić N. Comparison of parameters for programming adjustable dental articulators by using wax eccentric records and arcus digma device. *Acta Stomatol Croat*. 2019 Sep;53(3):213-23
 33. Maruyama T, Nakamura Y, Hayashi T, Kato K. Computer-aided determination of occlusal contact points for dental 3-D CAD. *Med Bio Eng Comput* 2006 May;44(5):445-450.
 34. McCulloch AJ. Making occlusion work: 1. terminology, occlusal assessment and recording. *Dental Update* 2003 Apr;30(3):150-7.
 35. Mendoza R. Manual de manejo del articulador Whip mix. Universidad autónoma de ciudad de Juarez. Ciudad de Juarez-Mexico 2004.
 36. Mohl ND, Zarb GA, Carlsson G, Rugh J. A textbook of occlusion. Chicago ua: Quintessence Publ. Co; 1988.
 37. Nagrath R, Lahori M, Kumar V, Gupta V. A comparative study to evaluate the compression resistance of different interocclusal recording materials: an in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc*. 2014 Dec;14(Suppl 1):76-85.
 38. Nazir N, Sujesh M, Kumar R, Sreenivas P. Accuracy of two face-bow/semi-adjustable articulator systems in transferring the maxillary occlusal cant. *Indian J Dent Res*. 2012 Jul-Aug;23(4):437-42.
 39. Nazir N, Sujesh S, Kumar R, Sreenivas P. Accuracy of two face-bow/semi-adjustable articulator systems in transferring the maxillary occlusal cant. *Indian J Dent Res*. 2012 Jul-Aug;23(4):437-42
 40. Nemotec, NemoCast Software de Ortodoncia Digital. Madrid (España): Nemotec; 2019. 28919. Available in: https://www.nemotec.com/docs/software/catalogo/nemocast_es.pdf
 41. Okeson JP. Tratamiento de Oclusión y Afecciones Temporomandibulares. 6ª Ed.

Maryland, US: Elsevier Mosby; 2008.

42. Ono Y, Yamamoto T, Kubo KY, Onozuka M. Occlusion and brain function: mastication as a prevention of cognitive dysfunction. *J Oral Rehabil.* 2010 Aug;37(8):624-40.
43. Palaskar J, Joshi N, Gullapalli P, Shah P. Comparative evaluation of sagittal inclination of the occlusal plane with Frankfort horizontal plane in facebow transfers to semiadjustable and fully adjustable articulators. *J Prosthet Dent* 2020 Feb;123(2):299-304
44. Pietrokovski Y, Shakartsi-Amar O, Ben-Gal G, Lipovetsky-Adler M. Determining the interchangeability of KaVo PROTAR semi-adjustable articulators. *Quintessence Int.* 2018;49(7):549-55
45. Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos. Decisión 351 de 19893. Acuerdo de Cartagena. Lima, Perú. 17 de diciembre de 1993.
46. Schaerer P, Stallard RE, Zander HA. Occlusal interferences and mastication: An electromyographic study. *J Prosthet Dent* 1967;17(5):438-449.
47. Shetty S, Shenoy K, Sabu A. Evaluation of accuracy of transfer of the maxillary occlusal cant of two articulators using two facebow/semi-adjustable articulator systems: an in vivo study. *J Indian Prosthodont Soc.* Jul-Sep 2016;16(3):248-52.
48. Shetty S, Shenoy KK, Sabu A. Evaluation of accuracy of transfer of the maxillary occlusal cant of two articulators using two facebow/semi-adjustable articulator systems: An in vivo study. *J Indian Prosthodont Soc* 2016; 16:248-52.
49. Sobre derechos de autor. Ley 23 de 1982 del 28 de enero. Diario Oficial de la República de Colombia No. 35.949 de 19 de febrero de 1982.
50. Sohamura T, Takahashi J. Use of CAD/CAM system to fabricate dental prostheses. Part 1: CAD for a clinical crown restoration. *Int J of prosthodont* 1995 May;8(3):252.
51. Solaberrieta E, Etxaniz O. Design of a Virtual Articulator for the Simulation and Analysis of Mandibular Movements in Dental CAD/CAM Graphic Design and Engineering Projects Department. The University of the Basque Country, Bilbao, Spain. 2009 Mar.
52. Solaberrieta E, Minguez R, Barrenetxea L, Sierra E, Etxaniz O. Computer-aided dental prostheses construction using reverse engineering. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering* 2014;17(12):1335-1346.
53. Solaberrieta E. Comparison of the accuracy of a 3-dimensional virtual method and the conventional method for transferring the maxillary cast to a virtual

- articulator; J Prosthet Dent 2015;113:191-197.
54. Sumiya H TI. A New Method for Adjusting The Non-Working Horizontal Condylar Path of a Semi-Adjustable Articulator. J Gnathology 1986;5(1).
 55. Svedstrom-Oristo AL. Morphological and functional analysis of occlusion in permanent dentition. Finland: Turun Yliopisto; 2004.
 56. Tan MY, Ung JY, Low AH, Tan EE, Tan KB. Three-dimensional repositioning accuracy of semiadjustable articulator cast mounting systems. J Prosthet Dent. 2014 Oct;112(4):932-41.
 57. The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition. J Prosthet Dent. 2017 May;117(5S):e1-e105.
 58. 3Shape Dental System. Anatomy design. Copenhagen: 3Shape; 2020. Available in: <https://3shape.widen.net/view/pdf/mp0ekwsabw/Anatomy-Design-User-Manual-R1.1-B-EN.pdf?t.download=true&u=6xmdhr>
 59. 3Shape Dental System. CAD/CAM system for professionals. Copenhagen: 3Shape; 2014. 80200083A. Available in: <https://www.dentex-croatia.com/download/3shape-dental-systems-uk.pdf>
 60. 3Shape Dental System. User manual. Copenhagen: 3Shape; 2020. Available in: <https://3shape.widen.net/view/pdf/daqlnwd3qn/Dental-System-User-Manual---2.20.1.0-A-EN.pdf?t.download=true&u=6xmdhr>
 61. 3Shape Lab Solution. Technical Documentation. Copenhagen; 3Shape; 2020. Available in: <https://3shape.widen.net/view/pdf/lotahdz4kp/Lab-Technical-Documentation-2.20.1.0-A-EN.pdf?t.download=true&u=6xmdhr>