

**EVALUACIÓN DE LOS ARTICULADORES SOPORTADOS POR EL SISTEMA 3 SHAPE DENTAL SYSTEM  
PARA LA IDENTIFICACIÓN DE INTERFERENCIAS EN LOS DIFERENTES MOVIMIENTOS  
MANDIBULARES.**

**Juan Camilo Barrera Castillo  
Luis Gabriel Fernández Valencia**

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE  
PROGRAMA DE PROSTODONCIA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA-  
BOGOTÁ DC – FEBRERO 2019**

## HOJA DE IDENTIFICACION

<b>Universidad</b>	El Bosque
<b>Facultad</b>	Odontología
<b>Programa</b>	Prostodoncia
<b>Título:</b>	Evaluación de los articuladores soportados por el sistema 3 SHAPE Dental System para la identificación de interferencias en los diferentes movimientos mandibulares.
<b>Línea de investigación:</b>	Odontología digital
<b>Grupos</b>	Unidad de Epidemiología Clínica Oral - UNIECLO OSIRIS & BIOAXIS
<b>Institución participante:</b>	Laboratorio Dental - DENTEK
<b>Tipo de investigación:</b>	Grupo/ posgrado
<b>Residentes :</b>	Juan Camilo Barrera Luis Gabriel Fernández
<b>Directora</b>	Dra. Martha Tamayo
<b>Codirectores</b>	Dra. Cecilia Ruiz Dr. Jairo Lenin Ramón Valencia
<b>Asesor técnico:</b>	John Hurtado

## **DIRECTIVOS UNIVERSIDAD EL BOSQUE**

<b>HERNANDO MATIZ CAMACHO</b>	Presidente del Claustro
<b>JUAN CARLOS LOPEZ TRUJILLO</b>	Presidente Consejo Directivo
<b>MARIA CLARA RANGEL G.</b>	Rector(a)
<b>RITA CECILIA PLATA DE SIA</b>	Vicerrector(a) Académico
<b>FRANCISCO FALLA</b>	Vicerrector Administrativo
<b>MIGUEL OTERO CADENA</b>	Vicerrectoría de Investigaciones.
<b>LUIS ARTURO RODRÍGUEZ</b>	Secretario General
<b>JUAN CARLOS SANCHEZ PARIS</b>	División Postgrados
<b>MARIA ROSA BUENAHORA</b>	Decana Facultad de Odontología
<b>MARTHA LILILIANA GOMEZ RANGEL</b>	Secretaria Académica
<b>DIANA ESCOBAR</b>	Directora Área Bioclínica
<b>MARIA CLARA GONZÁLEZ</b>	Director Área comunitaria
<b>FRANCISCO PEREIRA</b>	Coordinador Área Psicosocial
<b>INGRID ISABEL MORA DIAZ</b>	Coordinador de Investigaciones Facultad de Odontología
<b>IVAN ARMANDO SANTACRUZ CHAVES</b>	Coordinador Postgrados Facultad de Odontología
<b>EDGAR RENE ROJAS</b>	Director Posgrado de Prostodoncia
<b>JOSE LEONARDO PEREZ</b>	Coordinador Posgrado 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.**

## GUÍA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Marco teórico</b>	<b>6</b>
<b>3. Planteamiento del problema</b>	<b>20</b>
<b>4. Justificación</b>	<b>22</b>
<b>5. Situación Actual en el Área de Investigación</b>	<b>23</b>
<b>6. Objetivos</b>	<b>24</b>
<b>7. Aspectos metodológicos</b>	<b>25</b>
<b>8. Metodología del Proyectos</b>	<b>28</b>
<b>9. Análisis de Resultados</b>	<b>41</b>
<b>10. Aspectos éticos</b>	<b>42</b>
<b>11. Resultados</b>	<b>49</b>
<b>12. Discusión</b>	<b>52</b>
<b>13. Conclusiones</b>	<b>53</b>
<b>14. Referencias bibliográficas</b>	<b>54</b>

## RESUMEN

### EVALUACIÓN DE LOS ARTICULADORES SOPORTADOS POR EL SISTEMA 3 SHAPE DENTAL SYSTEM PARA LA IDENTIFICACIÓN DE INTERFERENCIAS EN LOS DIFERENTES MOVIMIENTOS MANDIBULARES.

El propósito de este estudio fue determinar la concordancia – en términos de exactitud y precisión - de los articuladores virtuales- Whipmix Denar 330, Bio-Art A7 plus, kaVo PROTAR, SAM 2P, Shofu IV- soportados en el sistema 3shape Dental™ para la identificación de interferencias oclusales en los diferentes movimientos excéntricos. En este estudio de evaluación de prueba diagnóstica con análisis de concordancia, se utilizó como método referencia [MR] el análisis de oclusión realizado por dos expertos calibrados [ICC 0.9] mediante dos métodos; la evaluación clínica y la evaluación sobre montajes en el articulador semi-ajustable Whipmix 2240 [AC]. Para evaluar la exactitud se usó una muestra probabilística de 50 montajes de 50 pacientes oclusalmente sanos, con clase I de Angle y con soporte dental anterior y posterior. Para evaluar la precisión se utilizó una muestra probabilística de 35 montajes codificados de manera diferente para cada una de las tres evaluaciones. Para el montaje de los modelos de estudio en el articulador virtual se escanearon los mismos modelos usados para el montaje en el AC el escáner D700 - 3Shape y además se utilizaron los datos obtenidos del montaje individual de los modelos en el AC - Angulo deBennett e Inclinación condílea derecha e izquierda - que fueron registrados en el software. Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de Coeficiente de Correlación Intraclase CCI con intervalos de confianza de 95%, el cual fue interpretado de acuerdo a los criterios de Fleiss [1986]. Al evaluar la exactitud se observó que los articuladores soportados por el sistema 3shape Dental presentan una fuerza de concordancia muy buena [ICC  $\geq$  0.87] para la localización de interferencias con respecto al MR en todos los movimientos articulares Se observó además que la precisión de todos los articuladores evaluados reportan también una fuerza de concordancia muy buena [ICC=1, 95%IC = 1 y  $p=1.0$ ] en todos los casos. Estos resultados sugieren que los articuladores soportados por el sistema 3 Shape Dental son confiables para la identificación de las interferencias oclusales en todos los movimientos mandibulares, sin embargo aún no es posible reemplazar el AC debido a que el sistema no puede registrar por sí mismo el ángulo de Bennett, ni la distancia intercondilea de cada paciente sin la ayuda de un montaje en AC los cuales son esenciales para el ajuste del montaje en los articuladores virtuales.

**Palabras clave:** Articulador virtual, movimientos mandibulares, análisis oclusal, interferencias oclusales, concordancia, 3Shape dental system.

## ABSTRACT

### EVALUATION OF ARTICULATORS SUPPORTED WITH 3 SHAPE DENTAL SYSTEM FOR IDENTIFICATION OF INTERFERENCES IN DIFFERENT MANDIBULAR MOVEMENTS

The purpose of this study was to determine the concordance – in terms of accuracy and precision – of the Whipmix Denar 330, Bio-Art A7 plus, kaVo PROTAR, SAM 2P and Shofu IV virtual articulators supported by 3shape Dental™ system for identification of occlusal interferences in different eccentric movements. This evaluation study of diagnostic test with concordance analysis had an occlusal analysis as the reference procedure carried out by two calibrated experts (ICC 0.9) using two methods: clinical evaluation and mounting evaluation on the semi-adjustable Whipmix 2240 [CA] articulator. Accuracy was evaluated with a probabilistic sample of 50 mountings from 50 occlusal-healthy patients, with Angle class I, anterior and posterior dental support. Precision was assessed by means of a probabilistic sample of 35 mountings each codified differently for each of the evaluations. The same models used for mounting on the VA were scanned with D700 – 3Shape for use with the virtual articulator and data from individual mountings were used – Bennett angle and left and right condylar inclination, which were registered by the software. The intra-class coefficient correlation CCI test with confidence intervals of 95% was used for statistical analysis and was interpreted as per Fleiss (1986) criteria. Accuracy evaluation showed that the articulators supported by 3Shape system present very good concordance strength (ICC > 0.87) for interference localisation regarding the MR in all articular movements; precision of all assessed articulators also presented very good concordance strength (ICC+1, and p=1.0) in all cases. These results suggest that the articulators supported by 3Shape Dental system are reliable for occlusal interface identification of all mandibular movements; however, the CA cannot be replaced yet because the system does not register the Bennett angle by itself or intercondylar distance of individual patients. Mounting on the CA is still essential for proper adjustment on virtual articulators.

**Key words:** virtual articulator, mandibular movements, occlusal analysis, occlusal interferences, concordance, 3Shape Dental system.

## 1. INTRODUCCIÓN

La oclusión dental por definición se refiere al acto de cierre de las arcadas dentarias en función de las relaciones entre los dientes superiores e inferiores, no es un estado anatómico fijo, sufre cambios adaptativos durante la vida. (Sorin *et al.*, 2011) (Krishna *et al.*, 2012).

El Análisis Oclusal es un examen sistemático del sistema masticatorio que evalúa el efecto de la oclusión dental sobre los dientes y sus estructuras de sostén (The glossary of prosthodontic terms ). Además evalúa si la oclusión habitual se encuentra en armonía con las estructuras articulares , siendo un pilar para los lineamientos y la ejecución de un tratamiento en diferentes campos de la odontología y se considera como base para la planificación de tratamientos tanto de rehabilitación oral como para ortodoncia, los cuales permitirán corregir las mal oclusiones y obtener una oclusión correcta de ambas arcadas dentarias (Krishna *et al.*, 2012 ; Sve'dström-oristo y Liisa , 2014 ; Ono *et al.*,2010 ; McCullock,2010).

Para realizar un análisis oclusal se estudian los antecedentes orales del paciente, se efectúa una exploración completa de la cavidad oral, se realizan radiografías y se obtienen modelos completos de los maxilares con el fin de proceder a su estudio en el articulador. (Ono *et al.*, 2010; McCullock, 2003; Schaerer *et al.*, 1967; Hobo *et al.*,1991; Dawson *et al.*,2007). Una vez obtenido el montaje en el articulador semi- ajustable , el cual es el más utilizado para este examen , se recomienda iniciar el análisis de oclusión examinando los arcos de manera individual, y luego analizando las relaciones inter arcos .( Manns *et al.*, 2003 ; Mendoza *et al.*,2004 ; Hobo et al 1976)

Articulador semi-ajustable:

Instrumento que simula las guías condilares utilizando medias o equivalentes mecánicas para todos o parte de los movimiento mandibulares; estos instrumentos permiten la orientación de los modelos y pueden ser instrumentos arcon o no arcon (The glossary of prosthodontic terms ).

Basados en la reproducción de los movimientos, los articuladores semiajustables tiene ciertas ventajas (Manns *et al.*, 2003; McCullock , 2003 ;Phillips *et al.*, 2010 ;Klineverg *et al.*, 2014; Whip mix corporation reseña comercial de yesos 2017):



- Mejor visualización oclusal de todas las caras del diente por ausencia de saliva, tejidos blandos y dificultades de iluminación
- Los elementos condilares mecánicos pueden ser ajustados para movimientos mandibulares mediante registros interoclusal.
- Sirve como medio confiable para la fabricación de restauraciones indirectas y prótesis dentales.
- El modelo del maxilar podría ser montado en la relación apropiada con el eje de la bisagra condilar usando una transferencia del arco facial.
- El articulador tiene aproximadamente el mismo tamaño que la articulación temporomandibular en humanos. (Manns *et al.*, 2003; McCulloch, 2003; Phillips *et al.* 2010; Nazia *et al.*, 2012).
- Sin embargo, también tiene algunas limitaciones y desventajas:
- El registro de la posición horizontal tridimensional del maxilar superior se ejecuta por medio de un arco facial el cual ubica el punto *nasion* de manera arbitraria, al igual que el eje de bisagra.
- Los cambios dimensionales de materiales dentales tales como el yeso o el material de registro de mordida.
- La distorsión y deformación de la mandíbula durante las impresiones dentales porque se dobla en posición de apertura máxima hacia el lado interno, alterando la dimensión transversal del yeso.
- Los materiales para la elaboración del montaje y los registros oclusales no son ecoamigable.
- Y el articulador no es capaz de reproducir la complejidad del patrón de los movimientos excéntricos más allá de los límites de borde a borde.

### Articulación Virtual

El articulador virtual ofrece la posibilidad de reducir significativamente las limitaciones de los articuladores mecánicos; tiene una función similar con el articulador regular, pero utilizando un software combinado con la tecnología CAD / CAM. (Davidowitz y Kotick, 2011)

Gracias a la visualización dinámica en 3D, este método nos permite:

- Simular y registrar los movimientos mandibulares.

- Modificar las superficies oclusales de la restauración virtual según movimientos mandibulares simulados
- Corregir las superficies oclusales digitalizadas permitiendo el movimiento sin interferencias oclusales.
- Evitar ajustes de la restauración final en la boca del paciente. ( Solabarrieta, 2009 Solabarrieta , 2015)

Uno de los sistemas que encontramos actualmente es el sistema 3Shape , el cual posee dentro su software 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: 3Shape® Generic, ACR® (Artex compatible) Bio-Art A7 plus, Whip mix® Denar Mark 330, Kavo® PROTAR, SAM 2P, los cuales registran los movimientos mandibulares y puntos de contacto del paciente. Esto 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) , por lo tanto el objetivo de este estudio es evaluar la exactitud y la concordancia de los diferentes articuladores soportados por *3 shape dental system* para la identificación de interferencias en los diferentes movimientos mandibulares. Los Articuladores dentales mecánicos son herramientas que simulan los movimientos de la mandíbula humana y las articulaciones temporomandibulares. Se han utilizado desde hace más de 100 años para diferentes propósitos en odontología convirtiéndose en instrumentos indispensables para los odontólogos en su diagnóstico. Los articuladores mecánicos permiten llevar a cabo el estudio de la oclusión, las relaciones entre los arcos dentarios y detectar interferencias oclusales perjudiciales en los modelos, así como también permiten la construcción de prótesis fija o prótesis removible en el laboratorio dental según las particularidades de los diferentes movimientos de cada paciente. Hoy en día, este procedimiento se considera estándar, económico y generalizado, sin embargo un dispositivo mecánico está limitado en su capacidad para simular la variabilidad de los sistemas biológicos, por ejemplo no pueden simular la movilidad natural de la mandíbula, la distorsión y deformación de la mandíbula durante condiciones de carga, la complejidad de

los patrones de movimiento en donde nunca se representa la capacidad de resistencia de los tejidos blandos o de los músculos de la masticación. Por otro lado los modelos no pueden representar a las condiciones dinámicas reales de la oclusión. Muchos otros problemas relacionados con el procedimiento técnico y materiales dentales que reducen la precisión de la reproducción son: la deformación del material de registro, 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 (Korda et al, 2002). Debido a estos problemas básicos, la reproducción de los movimientos excursivos parecen disminuir la fiabilidad de esta herramienta mecánica. Con el advenimiento de los avances en los sistemas computarizados de obtención de imágenes digitales, diseño y maquinado automatizado se ha obtenido una alternativa más eficiente en función al tiempo, las tecnologías en relación a la realidad virtual tienen un fuerte impacto en la investigación, desarrollo y producción industrial las cuales se utilizan para mejorar los procedimientos que son tradicionalmente limitados, como es el trabajo con el articulador mecánico. El diagnóstico de la oclusión exige conocimientos avanzados con respecto a la optimización de las condiciones oclusales, por lo tanto se ha desarrollado una herramienta informática como lo es el articulador virtual que podría mejorar los resultados clínicos. Actualmente, el articulador virtual está centrado en crear una mejor visualización de detalles y a pesar de que apoya el uso de herramientas mecánicas, estas deberían ser reemplazadas en el futuro. El articulador virtual reduce significativamente las 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 (Korda et al, 2002). Mediante esta tecnología es posible realizar restauraciones de un momento para otro estandarizadamente disminuyendo así el tiempo de trabajo invertido tanto por el odontólogo como por el paciente. Por otro lado 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). Los modelos escaneados combinados con los datos de los movimientos permiten el movimiento virtual, la observación de contactos e interferencias y el diagnóstico de la oclusión dinámica. Estas herramientas de software serán introducidas y probadas en términos de su capacidad informativa para el diagnóstico oclusal, por lo tanto el objetivo de este estudio fue determinar la concordancia de los articuladores

3Shape® Generic, ACR® (Artex compatible) Bio-Art A7 plus, Whip mix® Denar Mark 330, Ivoclar Vivadent, Kavø® PROTAR, SAM 2P para la identificación de interferencias oclusales en los movimientos mandibulares excéntricos.

Se utilizó una muestra probabilística de 50 pacientes adultos clase I de Angle sin patologías articulares a los que se les realizaron montajes tanto en el articulador convencional Whip Mix serie 2240 como en el articular virtual Whip Mix Denar Mark 330 [AV]. Para evaluar la exactitud se comparó la identificación de interferencias oclusales en los movimientos mandibulares excéntricos en 50 montajes del AV con las identificadas en el método estándar. Para evaluar su precisión se compararon tres mediciones hechas con el AV a 35 montajes codificados a ciego para cada medición realizadas a intervalos de una semana. Se utilizó como método estándar el análisis oclusal hecho sobre el articulador convencional validado con la evaluación clínica. Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de Coeficiente de Correlación Intraclassa CCI con intervalos de confianza al 95%. Al evaluar la exactitud se observó que el AV presenta una fuerza de concordancia moderada para la localización de interferencias con respecto al MS en lateralidad izquierda balanza y protrusión derecha, y la fuerza de concordancia es regular en lateralidad derecha trabajo, lateralidad izquierda trabajo y balanza, y protrusión izquierda. Se obtuvo una precisión con ICC de 1 con (IC = 95%) de 1 y valor de  $p=0.001$ , en todos los casos. Lo que significa que la fuerza de concordancia en cuanto a la precisión en la reproducibilidad de los resultados con el articulador virtual es muy buena (Fleiss 1986). Sin embargo este hallazgo no tiene importancia clínica dado que la fuerza de concordancia en exactitud no es significativa lo que indica que el articulador virtual Mix Denar Mark 330 no tiene aplicación para el diagnóstico de interferencias oclusales en los movimientos excéntricos.

## 2. MARCO TEORICO

Desde 1900, el honor de haber "inventado el articulador" se ha dado a dos eminentes odontólogos europeos de los siglos XVIII y XIX, Phillip Pfaff y Jean Baptiste Gariot. El primer articulador fue descrito como "Articulador de yeso". En 1756, Phillip Pfaff describió por primera vez el método de hacer moldes de yeso después de hacer la impresión con cera selladora. Se ha asumido que utilizó un dispositivo para preservar la relación de los moldes. Por lo tanto, se cree que fue el primero en utilizar un articulador dental. Sin embargo, sólo en 1805, cuando Jean Baptiste Gariot describió el método de

Vaciado de los moldes de yeso y posteriormente ranurados para proporcionar un mecanismo de indexación, que ayudó a preservar la relación de los moldes. Esto fue llamado como el articulador de Yeso, que más tarde llegó a ser conocido como el articulador de Junta Oleada. Una variación temprana del diseño de Gariot fue llamada el Articulador de la losa. Hacia 1830, surgieron los Articuladores mecánicos de bisagra. Consistían en dos bloques de madera / metal articulados junto con una bisagra simple.

Thomas W. Evans fue probablemente el primero en hablar de uno de los articuladores articulares mecánicos más antiguos con algún detalle en 1848-1849 (Krishna 2012).

Los articuladores articulados mecánicos eran capaces de funcionar solamente en un movimiento de Bisagra. Por lo tanto, surgió la necesidad de inventar articuladores que pudieran imitar el movimiento mandibular. Daniel T. Evens ideó un dispositivo de este tipo que nombró como la Guía del dentista, ya que él creía que este articulador simulado los movimientos de la mandíbula humana. Sin embargo era muy incómodo y difícil de usar. El articulador más conocido y aceptado entre todos los que se propusieron fue el Articulador de Bonwill en 18582 que se basó en sus teorías sobre la articulación y la oclusión anatómica (Krishna 2012).

El siguiente avance importante en el articulador fue hecho por Richmond S. Hayes en 1889.3 Incorporó una guía condilar fija y descendente en su articulador, ya que se observó un movimiento descendente de la mandíbula durante las excursiones mandibulares. Gritman, Gysi y Stephan también introdujeron articuladores con la característica similar. El Articulador Gritman, 1899 se caracterizó por una trayectoria condilar descendente de 15 °,

una media determinada por mediciones tomadas de un gran número de pacientes. Alfred Gysi, en 1912, introdujo el Articulador Simplex que tenía la trayectoria condilar de 33 ° y las trayectorias laterales de 16 °. Fue probablemente el primer articulador que tenía un pasador incisal y un conjunto de guía (Krishna 2012).

En 1889, Richmond H. Hayes introdujo el primer ejemplo de un dispositivo funcionalmente similar a un arco facial para localizar la posición de los moldes correctamente en el articulador. Este dispositivo no permitió una orientación tridimensional de los moldes al articulador y no cumplió con los requisitos esenciales de un arco facial (Krishna 2012).

George B. Snow de Buffalo, NY, en 1899, introdujo el primer instrumento y técnica para registrar la relación anatómica del maxilar con el eje condilar y transferir esta relación al articulador. El arco facial de Snow fue patentado e introducido con el articulador de Gritman en 1899 . El arco facial de "T attachment" proporcionó un indicador de "tercer punto de referencia" para determinar la posición vertical del plano oclusal. Otro arco facial que utilizó un tercer punto de referencia es el puntero Infra-orbital que apareció a finales de los años veinte (Krishna 2012) .

Un avance importante en el diseño del articulador ocurrió en 1896, cuando William E. Walker, introdujo sus articuladores con guía condilar ajustable y los nombró como "articuladores fisiológicos de Walker" . En 1901, Christensen reportó sus observaciones del espacio que existía entre el maxilar y la mandíbula durante la protrusión y sugirió el uso de un registro de cera interoclusal protrusivo para medir el ángulo de las trayectorias condilares. Basándose en este principio introdujo un articulador con guías condilares ajustables y usó los registros interoclales de cera (Krishna 2012).

En 1907, llegó el "New Century Articulator", de George B. Snow, que era una versión mejorada del Articulador de Gritman. Tenía guías condilares ajustables. Se añadió un resorte de tensión que permitió un mayor rango de movimiento sin comprometer la estabilidad del bastigo. También describió el uso del procedimiento de Christensen en este articulador. Sin embargo, un error común pero muy significativo en estos diseños fue la ausencia de marcas de calibración en los controles condíleos. Por lo tanto, el ajuste no se pudo conservar (Krishna 2012).

Rudolph L. Hanau, un ingeniero creía que las teorías de Hall y Monson eran interpretaciones erróneas de los movimientos masticatorios aplicados a los articuladores y creían que era absolutamente necesario ajustar un articulador para cumplir con los requisitos individuales dados. Los articuladores de Hanau eran populares entre los profesionales de la odontología por su facilidad de uso y durabilidad y lo modifico mas de cinco veces hasta obtener Hanau Wide VUE I y Hanau Wide VUE II son los articuladores más nuevos. Son Arcon con distancia intercondilar xed de 110mm. La diferencia es que Hanau amplia VUE I tiene una pista condilar cerrada y Hanau ancho VUE II tiene una pista condilar abierta que permite que el miembro superior sea removido. La VUE II tiene retenedores condilares para evitar la separación accidental del miembro superior. Se dispone de un ajuste condilar de protrusión - retrusivo micrométrico que es exacto a 0,05. El ángulo condilar horizontal es ajustable de -20 ° a 60 ° y el ajuste de ángulo de desplazamiento lateral es de 0 a 30 ° (Krishna 2012).

Con esta herramienta diagnostica , en donde es posible articular los maxilares de un paciente mediante una copia en modelos en yeso y una serie de pasos clinicos para tomar el registro de la oclusion, se incorpora a la odontologia el analisis de oclusion el cual hace referencia al estudio y visualizacion detallada de los contactos oclusales determinando la presencia de contactos adecuados en numero y posicion , el analisis de la estabilidad ocluso-articular determinando la ausencia de contactos prematuros y de deslizamiento en centrica, analisis de movimientos centricos y excentricos , morfologia de los arcos, relaciones maxilares , planos oclusales , malposiciones dentales dentro del arco, facetas de desgaste (Sve'dström-oristo, 2014) (Ono et al 2010) (Mc cullock 2010).

Una vez obtenido el montaje en el articulador se recomienda iniciar el análisis de oclusión examinando los arcos de manera individual, inspeccionando rotaciones, versiones , gresiones , intrusiones y extrusiones de cada uno de los dientes. Luego se analizara la relación inter arcos , estudiando la orientación de la línea media tanto superior como inferior , la clasificación molar y canina según Angle , los contactos y dirección de los movimiento excéntricos de lateralidad y protrusión, las zonas donde presente interferencias , la disposición de la curva de Spee y de Wilson , tanto del lado derecho como del izquierdo y por último la relación maxilar en sentido horizontal y vertical ( Manns 2003) (Mendoza 2004) (Hobo et al 1976) (Mohl et al1988)

El éxito de las restauraciones bien sea fijas o removibles depende en gran parte del manejo y la selección de los articuladores, así como de la habilidad del operador para su uso.

Los movimientos mandibulares que intentan reproducir los articuladores se producen a expensas de las articulaciones y estos 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, dentro de los que se encuentran los movimientos 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 dentro de los cuales deben tener lugar 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 2008).

Durante los últimos 120 años se han construido una gran cantidad de articuladores sin cambios notables entre ellos, sin embargo, 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 es un instrumento de tendencia simple capaz de aceptar solo un registro donde únicamente es posible un movimiento vertical, el clase II articuladores que permiten el movimiento tanto horizontal como vertical pero no orienta 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 mecánicos para todo el movimiento o parte de él y por último el clase IV que son los articuladores totalmente ajustables los cuales aceptan registros tridimensionales; estos instrumentos pueden proyectar y orientar a las articulaciones temporomandibulares.

De la misma manera dentro de la historia y hasta la actualidad se han descrito los diversos tipos de articuladores en donde se encuentran en primer lugar los articuladores de bisagra los cuales únicamente reproducen los movimientos de apertura y cierre y donde la relación de los modelos montados con respecto al eje de bisagra es incorrecto, de la misma manera los modelos abren y cierran en un arco de menor radio que en la boca, reproduciendo las



relaciones horizontales y verticales con errores. En este tipo de articulador la distancia entre los dientes es menos que en el cráneo con lo cual se pierde precisión.

Posteriormente a finales de 1970 aparecen diversos articuladores no ajustables con las dimensiones anatómicas correctas. Estos son referidos como articuladores de valor promedio, teniendo una distancia intercondilar aproximadamente de 110 mm e inclinaciones de guía condilar de 20 a 30 grados. Son articuladores que permiten movimientos excéntricos basados en promedios y no admiten la transferencia del arco facial. Un ejemplo de estos es el Grittman y otro es el de Alfred Gysi denominado simplex. Estos articuladores se acomodan al promedio de las personas adultas, pero no son ajustables a diferentes dimensiones. Son relativamente de bajo costo y el montaje de los modelos es rápido y fácil.

Luego aparecen en el mercado los articuladores semiajustables los cuales reproducen la dirección y el punto final más no el trayecto intermedio de algunos movimientos condilares, generalmente en estos articuladores las distancias intercondilares no son totalmente adaptables. Se utilizan tanto para el diagnóstico y análisis de la oclusión como para las posiciones excéntricas de la mandíbula lo cual permite seleccionar el plan de tratamiento óptimo, además para la confección de restauraciones y prótesis dentales mediante técnicas indirectas.

Adicionalmente basados en la reproducción de los movimientos, los articuladores semiajustables tiene ciertas ventajas, como lo son mejor visualización oclusal de todas las caras del diente por ausencia de saliva, tejidos blandos y dificultades de iluminación, además de un registro de las relaciones inter arco en centrada y dinámica, pronóstico de tratamientos, medio para procedimientos indirectos y algunas limitantes y desventajas entre las que se encuentran inexactitud del montaje por el uso de materiales como el yeso tipo III que posee una reproducción del detalle del 85  $\mu$ m y yeso tipo mounting que posee una expansión física del 1%, la deformación de los materiales para el registro interoclusal, el registro de la posición horizontal tridimensional del maxilar superior se ejecuta por medio de un arco facial el cual ubica el punto nasion de manera arbitraria, al igual que el eje de bisagra, y por último los materiales para la elaboración del montaje y los registros oclusales no son ecoamigables. (Manns 2003) (McCulloch 2003)

(Phillips 2010) ( Klineverg 2014) ( (Whip mix corporation reseña comercial de yesos 2017)  
( Nazia et al 2012).

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)

El modelo maxilar es montado en una relación apropiada con el eje axial de bisagra usando una transferencia por medio de un arco facial. El articulador es aproximadamente del mismo tamaño que la articulación temporomandibular en humanos y esto minimiza los errores relacionados con la distancia intercondilar. Por lo general el articulador semiajustable tiene tres tipos de ajustes que pueden permitir una reproducción más exacta de los movimientos cóndileos, estos son; 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)

La inclinación condilea es una consideración fundamental en el tratamiento protésico, para desarrollar una oclusión armónica con salud y función del sistema estomatognatico, se necesita reproducir dichos valores ajustando las guías condilares en los articuladores. (Thakur 2012). Otro de los movimientos condileos de importancia es 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 laterotrusion máxima. El tercer y último ajuste que mide el articulador semiajustable es la distancia intercondilea definido como la distancia entre los centros de rotación de los condilos, esta distancia puede influir en los trayectos de mediotrusion y laterotrusion de las cúspides céntricas posteriores sobre las superficies oclusales opuestas. Este articulador permite ajustes que hacen posible reproducir la

distancia intercondilea el 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. Existen una serie de métodos que son necesarios para el ajuste del articulador semiajustable donde se destacan principalmente tres técnicas; la transferencia del arco facial cuyo uso primario es montar el modelo maxilar con exactitud en el articulador. Se usan tres puntos de referencia distintos (dos posteriores y uno anterior) para colocar el modelo en el articulador. Las referencias posteriores son el eje de bisagra de cada cóndilo y el anterior es un punto arbitrario. Se mide la distancia intercondilea y una vez localizados los determinantes posteriores, esto se hace midiendo la anchura de la cabeza del paciente entre los determinantes posteriores y restando de ello una distancia estándar que compensa la distancia lateral a cada centro de rotación de los cóndilos. A continuación se transfiere la medición mediante el arco facial al articulador, dejando la distancia intercondilea, se fija apropiadamente el arco facial en el articulador y puede montarse el modelo maxilar en el componente maxilar del mismo. El segundo método es el registro interoclusal de relación céntrica, para montar el modelo mandibular en el articulador debe orientarse adecuadamente respecto al modelo maxilar. Esto se consigue determinando la posición mandibular deseada y manteniendo esta relación mientras se fija el modelo mandibular al articulador con yeso para montaje. Generalmente se lleva a una posición de intercuspidación máxima.

Si los modelos se montan en intercuspidación, la mayoría de los articuladores no permiten ningún otro movimiento posterior de los cóndilos. Si se montan los modelos en posición intercuspidada (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.

Una vez desarrollado un registro interoclusal estable con los cóndilos en posición RC, el registro puede transferirse al articulador, y el modelo mandibular puede montarse en el componente mandibular del articulador. Una vez montado el modelo, se retira el registro interoclusal, permitiendo que los dientes se cierren en el contacto de relación céntrica inicial.

Se observará el desplazamiento del modelo mandibular hacia la posición de intercuspidadación más estable, que revela un deslizamiento de RC a PIC.

El tercer método de registro es el registro interoclusal de lateralidad estos se utilizan para ajustar el articulador de manera que siga el movimiento condíleo apropiado del paciente. Habitualmente se usa cera para la obtención de estos registros la cual es ablandada por calor y se coloca sobre los dientes posteriores; el paciente separa ligeramente los dientes y luego realiza un movimiento de laterotrusión límite; con la mandíbula en una posición de laterotrusión, los dientes se cierran sobre la cera blanda. Este registro capta la posición exacta de los dientes durante el movimiento, y la posición exacta de los cóndilos durante el movimiento de laterotrusión. Cuando se lleva al articulador se visualiza el movimiento condíleo. Mediante registros interocclusales en movimientos de laterotrusión derecha e izquierda y en movimientos de protrusión, se ajusta el articulador de manera que produzca los movimientos excéntricos del paciente. Cabe destacar que existen algunos articuladores semiajustables que permiten los registros pantográficos para ajustar el articulador.

Dentro de la evolución de los articuladores se cuenta con la fabricación de los articuladores totalmente ajustables el cual representa el instrumento más preciso. Está diseñado para reproducir todas las características de los movimientos bordeantes, incluyendo la traslación lateral inmediata y progresiva. La distancia intercondilar es totalmente ajustable. Empleando el eje de bisagra y un registro preciso mandibular, se puede conseguir una reproducción precisa del movimiento mandibular (Mitchell 1978).

Este tipo de articulador se utiliza para tratamientos extensos que impliquen la reconstrucción de toda la oclusión, por lo tanto, requiere un alto grado de habilidad. Dados los 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 condilea, el ángulo de Bennett, movimientos del cóndilo de rotación (cóndilo de trabajo) y distancia intercondilea.

Al igual que en el articulador semiajustable, la inclinación condilea representa el ángulo con el que el cóndilo desciende durante los movimientos de protrusión y laterotrusión, mientras que el articulador semiajustable normalmente puede proporcionar un movimiento condíleo sólo en un trayecto recto, el articulador totalmente ajustable es capaz de ajustar el trayecto

condíleo de manera que reproduzca el ángulo y la curvatura del movimiento condíleo del paciente.

En relación al ángulo de Bennett (movimiento de traslación lateral) el articulador tiene ajustes que permiten reproducir dicho ángulo y el movimiento de traslación lateral inmediata del cóndilo orbitante del paciente. Cuando se reproducen las características exactas del movimiento condíleo de forma orbital, puede desarrollarse la ubicación correcta del surco y la anchura de las fosas con mayor precisión en una restauración posterior. El movimiento condíleo de rotación es otra medida registrada por el articulador totalmente ajustable. Durante un movimiento de laterotrusión, el cóndilo de rotación (cóndilo de trabajo) no gira simplemente alrededor de un punto fijo, sino que puede desplazarse algo lateralmente. El movimiento condíleo de rotación afecta tanto al lado de trabajo como al contrario, pero tiene su máximo efecto en el primero. Estos articuladores pueden prepararse de manera que se reproduzca el trayecto del cóndilo de rotación del paciente en el articulador.

Por último 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.

Al igual que en los articuladores semiajustables se requieren de métodos para ajustar este tipo de articuladores los cuales son la localización exacta del eje de bisagra, el registro pantográfico y el registro interoclusal de relación céntrica. Este tipo de articuladores tienen gran capacidad de reproducir los movimientos mandibulares, de modo que pueden prepararse restauraciones que se ajusten con exactitud a las necesidades oclusales del paciente. El ajuste intrabucal necesario es mínimo, y se obtiene una relación interoclusal estable y anatómica. El costo es la principal desventaja de estos articuladores. Además, requiere de una dedicación de tiempo considerable para transferir correctamente la información del paciente al articulador. (Weinberg 1963)

A pesar de que los articuladores mecánicos semi ajustables y ajustables se utilizan para la simulación funcional de los movimientos mandibulares, son dispositivos que están limitados para simular la variabilidad de los sistemas biológicos, sumado a muchos otros problemas

relacionados con el procedimiento técnico y materiales dentales que reducen la precisión en la reproducción. Debido a estos problemas básicos la reproducción de los movimientos excursivos parece disminuir la fiabilidad de esta herramienta mecánica. En este sentido la incorporación del articulador virtual como último avance en la actualidad tiene la intención de ayudar a resolver estos problemas, este dispositivo permite la navegación en tres dimensiones a través de la oclusión con base a todos los puntos de vista, mientras que la mandíbula se mueve a lo largo de vías predeterminadas, se reproducen los patrones de movimientos de la masticación que no han podido ser simulados en los sistemas mecánicos (Korda 2002). Las técnicas de diseño asistidos por ordenador / fabricación asistida por ordenador (CAD / CAM) o herramientas para crear un entorno virtual de los dientes se encuentran vinculados a este sistema. Actualmente, el articulador virtual está centrado en crear una mejor visualización de detalles y a pesar de que apoya el uso de herramientas mecánicas, estas serán reemplazadas en el futuro. El articulador virtual reduce significativamente las 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 gnatológicas y condiciones comunes (Kordass 2002).

En odontología se inició el uso de la tecnología CAD CAM a principios de los 80s en Estados Unidos y Europa, por medio del cual se podían fabricar restauraciones diseñadas en un computador y fabricadas por un proceso de fresado en un sistema robotizado. Las dos compañías pioneras en esta tecnología a nivel mundial fueron la compañía Nobel biocare (Suecia) con su producto Procera y la compañía Sirona – Siemens (Alemania) con su producto Cerec. Estas dos tecnologías han progresado significativamente y hoy representan un gran avance en la forma como tratamos nuestros pacientes en odontología. Mediante la tecnología CAD CAM podemos fabricar coronas, prótesis fijas en materiales estéticos sin metal. Esta tecnología consta de tres procesos: primero un proceso de escaneo ya sea por medio de un láser o por medio de contacto físico, segundo un diseño de la restauración por medio de un software, y tercero un fresado robotizado de la restauración (Korda 2000).

Los desarrollos más importantes de los sistemas CAD / CAM dentales ocurrieron en los años ochenta. El Dr. Duret fue el primero en desarrollar CAD / CAM dental. A partir de 1971, comenzó a fabricar coronas con una impresión óptica de pilar seguida de diseño y fresado.

Posteriormente desarrolló el sistema Sopha. El Dr. Mormann desarrolló el sistema CEREC, un enfoque innovador para fabricar restauraciones el mismo día en el lado de la silla en la oficina dental. Dr. Anderson desarrolló el sistema Procera e introdujo la tecnología CAD / CAM en el proceso de restauraciones de incrustaciones de composite. Este sistema se desarrolló posteriormente como un centro de procesamiento en red con digitalizadores satelitales de todo el mundo para la fabricación de todos los marcos cerámicos. (Jawahar et al 2015)

Actualmente existen 2 generos de sistemas CAD / CAM. Uno se utiliza en el laboratorio y escanea modelos de prepraciones (Procera, Lava, cercon, etc.) o utiliza impresiones digitales de escáneres intra orales (CEREC OmniCam, Lav COS, itero) para el diseño y fresado de la restauración. El otro género, los sistemas in-office permiten escanear y fresar las restauraciones en la propia clínica dental (CEREC y E4D). Con los sistemas en la oficina, las restauraciones se pueden producir y consolidar en una sola cita. (Jawahar et al 2015)

Actualmente existen varios articuladores virtuales en el mercado, pero el pionero en este campo fue Szentpétery. El articulador dental virtual de Andras Szentpétery, (Universidad Martin- Luther de Halle) (Alemania), se basa en un modelo matemático que dirige los movimientos mandibulares. Se trata de un articulador dental virtual tridimensional completamente ajustable, capaz de simular todos los movimientos del articulador convencional y cuyo objetivo principal es identificar los puntos de contacto , interferencias y contactos prematuros y posteriormente modificarlos y ajusttarlos en restauraciones protesica. (Solaberrieta 2015).

Los sucesores de estos articuladores son el Exocad<sup>®</sup> y 3Shape<sup>®</sup>. Otras muchas marcas cuentan con su propia versión de articulador, como por ejemplo el Zfx<sup>®</sup> , Sirona<sup>®</sup>, entre otros. En general, se puede afirmar que el programa informático CAD/CAM mejora año tras año y que el articulador virtual va integrando cada vez en más sistemas, lo que permite tener en cuenta la cinemática de cada paciente en el diseño o modelado de cada pieza. (Solaberrieta 2015)

Hoy en día el procedimiento para la realización de restauraciones dentales, se basa en la utilización de herramientas mecánicas, sin duda alguna, pero la utilización de sistemas CAD/CAM constituye el presente y el futuro en la producción de restauraciones protésicas

debido a que día a día la complejidad y versatilidad de estos sistemas aumenta (Solaberrieta 2013)

La utilización de la tecnología más avanzada permite no sólo mejorar la calidad de las restauraciones dentales, sino que, además, su proceso de fabricación resulta mucho más eficiente. Algunos sistemas asistidos por ordenador han desarrollado una amplia gama de aplicaciones en este campo (Solaberrieta 2013).

Todo este proceso al ser realizado de manera computarizada es un proceso altamente preciso, estandarizado y muy rápido. Mediante esta tecnología es posible realizar restauraciones de un momento para otro estandarizadamente disminuyendo así el tiempo de trabajo invertido tanto por el odontólogo como por el paciente. Por otro lado, 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 (Kordass 2002).

Para estudiar el impacto que tiene en valores comunes (por ejemplo, el ángulo de Bennett, la inclinación de la guía condilar) de los patrones de movimiento oclusales, el articulador virtual requiere herramientas virtuales que permitan simular la oclusión estática y dinámica. El uso de un escáner láser en tres dimensiones para la digitalización de los datos es el requisito previo para visualizar las estructuras orales en la pantalla, el escáner láser digitaliza automáticamente un solo diente, los modelos de prótesis completas, o las relaciones intermaxilares (Kordass 2002).

La realidad virtual permite nuevas perspectivas en la visualización de las complejas relaciones en el diagnóstico de la oclusión y la función. El articulador virtual proporciona módulos interesantes para la presentación y el análisis de la dinámica oclusal y los contactos de las superficies oclusales del maxilar y de la mandíbula y la relación al movimiento condilar. El scanner tridimensional para la digitalización de los datos es un requisito previo para la visualización automática de los dientes individuales y de los modelos. Los modelos escaneados combinados con los datos de los movimientos permiten el movimiento virtual, la observación de contactos e interferencias y el diagnóstico de la oclusión dinámica. Estas herramientas de software serán introducidas y probadas en términos de su capacidad informativa para el diagnóstico oclusal. Con todo, el articulador Virtual es una herramienta básica que se ocupa principalmente de los aspectos funcionales de la oclusión, sin embargo,



también pueden ser considerados como herramienta en muchos procedimientos diagnósticos y terapéuticos y junto con el CAD / CAM en la fabricación de restauraciones dentales (Bernd 2002).

Existen dos tipos de articuladores virtuales denominados articuladores virtuales completamente ajustables y articuladores virtuales bajo simulación matemática. El articulador virtual completamente ajustable reproduce movimientos exactos de la mandíbula utilizando un sistema de registro electrónico llamado analizador de movimiento mandibular, los arcos dentales digitalizados se mueven a lo largo de este analizador los cuales pueden ser observados a través de una pantalla que muestra tres ventanas reproduciendo el movimiento en diferentes planos, posteriormente el software calcula y visualiza las posibles interferencias oclusales tanto estáticas como dinámicas para realizar las correcciones pertinentes a través del diseño asistido por ordenador (CAD). (Koralakunte 2014).

Las ventajas de los sistemas actualmente disponibles en el mercado precisan aún de importantes mejoras en lo referente a la transferencia de los datos del paciente al programa informático de diseño o al articulador virtual. No obstante, en los últimos años se han producido notables avances. (Solaberrieta 2015)

Los articuladores virtuales registran los movimientos mandibulares específicos de cada paciente y pueden integrar los movimientos registrados de cada arcada para posteriormente generar una posición inter-arco del paciente. En los próximos años con las mejoras en esta tecnología, el diseño protésico llegara a ser totalmente digital, generando beneficios en el proceso de producción de las restauraciones. (Solaberrieta 2013)

Actualmente existen varios tipos de articuladores virtuales disponibles en el sistema 3Shape®: 3Shape® Generic, ACR® (Artex compatible) Bio-Art A7 plus, Whip mix® Denar Mark 330, , Kavo® PROTAR, Shoffu, los cuales cuentan con características similares y solicitud de datos como: Ángulos de Bennett e inclinaciones condilares (3Shape user manual).

Los articuladores virtuales actualmente disponibles no localizan los maxilares en la posición exacta en el entorno virtual. Algunos localizan los modelos en un articulador mecánico con un arco facial, y en esta posición se digitaliza para el entorno virtual, por lo cual se han realizado estudios para la localización y comparación con los métodos convencionales y

digitales, los cuales consisten en la realización de un montaje convencional y con ingeniería inversa poder obtener un montaje digital y finalmente comparados con un escáner óptico el cual, compara las superficies oclusales con el método convencional (Solaberrieta 2015)

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los Articuladores dentales mecánicos son herramientas que simulan los movimientos de la mandíbula humana y las articulaciones temporomandibulares. Se han utilizado desde hace más de 100 años para diferentes propósitos en odontología convirtiéndose en instrumentos indispensables para los odontólogos en su diagnóstico. Los articuladores mecánicos permiten llevar a cabo el estudio de la oclusión, las relaciones entre los arcos dentarios y detectar interferencias oclusales perjudiciales en los modelos, así como también permiten la construcción de prótesis fija o prótesis removible en el laboratorio dental según las particularidades de los diferentes movimientos de cada paciente. Hoy en día, este procedimiento se considera estándar, económico y generalizado, sin embargo un dispositivo mecánico está limitado en su capacidad para simular la variabilidad de los sistemas biológicos, por ejemplo no pueden simular la movilidad natural de la mandíbula, la distorsión y deformación de la mandíbula durante condiciones de carga, la complejidad de los patrones de movimiento en donde nunca se representa la capacidad de resistencia de los tejidos blandos o de los músculos de la masticación. Por otro lado, los modelos no pueden representar a las condiciones dinámicas reales de la oclusión. Muchos otros problemas relacionados con el procedimiento técnico y materiales dentales que reducen la precisión de la reproducción son: la deformación del material de registro, 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 (Korda et al, 2002). Debido a estos problemas básicos, la reproducción de los movimientos excursivos parecen disminuir la fiabilidad de esta herramienta mecánica. Con el advenimiento de los avances en los sistemas computarizados de obtención de imágenes digitales, diseño y maquinado automatizado se ha obtenido una alternativa más eficiente en función al tiempo, las tecnologías en relación a la realidad virtual tienen un fuerte impacto en la investigación, desarrollo y producción industrial las cuales se utilizan para mejorar los procedimientos que son tradicionalmente limitados, como es el trabajo con el articulador mecánico. El diagnóstico de la oclusión exige conocimientos avanzados con respecto a la optimización de las condiciones oclusales, por lo tanto, se ha desarrollado una herramienta informática como lo es el articulador virtual que podría mejorar los resultados clínicos. Actualmente, el articulador virtual está centrado en crear una mejor visualización de detalles y a pesar de que apoya el uso de herramientas

mecánicas, estas deberían ser reemplazadas en el futuro. El articulador virtual reduce significativamente las 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 (Korda et al, 2002). Mediante esta tecnología es posible realizar restauraciones de un momento para otro estandarizadamente disminuyendo así el tiempo de trabajo invertido tanto por el odontólogo como por el paciente. Por otro lado, 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). Los modelos escaneados combinados con los datos de los movimientos permiten el movimiento virtual, la observación de contactos e interferencias y el diagnóstico de la oclusión dinámica. Estas herramientas de software serán introducidas y probadas en términos de su capacidad informativa para el diagnóstico oclusal. Por lo tanto, hoy en día no hay ninguna duda en cuanto a las enormes posibilidades que ofrece CAD / CAM. A lo largo de los últimos años, gracias al escaneo 3D y su evolución, se han realizado mejoras pertinentes en la odontología en formato digital. En nuestros países Sudamericanos se ha iniciado la era de la digitalización de la odontología, beneficiando a un sector reducido de la población por la escasa cantidad de laboratorios implementados, de profesionales capacitados para el manejo y aprovechamiento de dicha tecnología de vanguardia y la ausencia de estudios relacionados con la viabilidad y eficacia clínica del articulador virtual realizado en nuestra población, por lo tanto el objetivo de este estudio fue:

#### **4. JUSTIFICACIÓN**

El estudio brindará la información necesaria para realizar la comparación entre los Articuladores Virtuales disponibles en el sistema de 3Shape® (Whipmix Denar 330, Bio-Art A7 plus, kaVo PROTAR, SAM 2P, Shofu IV) sus ventajas y desventajas, su comportamiento en comparación a los articuladores mecánicos convencionales. En el estudio realizado por Leiva y Ramos se validó únicamente la concordancia del articulador virtual Whip Mix Denar Mark 330 del sistema 3Shape, para la identificación de interferencias dentales. La escasa investigación en nuestra población acerca de la viabilidad y fiabilidad clínica del Articulador Virtual como herramienta tecnológica alternativa en la rehabilitación y diagnóstico odontológico, nos impulsa a ampliar y difundir este avance de la tecnología digital, que sentará las bases para las futuras investigaciones por la gran variedad de aplicaciones que se pueden aprovechar en los distintos campos de la Odontología.

## **5. SITUACIÓN ACTUAL EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN**

La aplicación de diseño asistido por ordenador / sistemas con articuladores virtuales, constituye un gran avance en la construcción de prótesis dentales personalizadas que permite optimizar los procesos clínicos. En este trabajo se presenta un protocolo multidisciplinario que involucra técnicas de CAD/ CAM para la digitalización de modelos y la articulación de los mismos, mediante la fabricación de un arco facial electrónico que permita el correcto posicionamiento del modelo superior en el articulador virtual y posteriormente el montaje del modelo inferior, para la simulación y análisis de los movimientos. El trabajo completo incluye la exploración clínica del paciente, el uso de software para la digitalización y la fabricación de un prototipo del arco facial que permita optimizar el tiempo clínico y disminuir el uso de materiales odontológicos con respecto a la técnica convencional.

## 6. OBJETIVOS

### a. Objetivo general

- Determinar la concordancia de articuladores del sistema 3shape® ((Whipmix Denar 330, Bio-Art A7 plus, kaVo PROTAR, SAM 2P, Shofu IV)), su comportamiento en comparación a los articuladores mecánicos convencionales para la identificación de interferencias oclusales en los movimientos mandibulares excéntricos.

### b. Objetivos específicos

- Determinar la exactitud entre los articuladores virtuales del sistema 3shape® y el articulador semiajustable en la evaluación de interferencias durante los movimientos excéntricos: movimientos de lateralidad (en trabajo y en balanza) y movimiento protrusivo.
- Determinar la precisión entre los articuladores virtuales del sistema 3shape® en la evaluación de interferencias durante los movimientos excéntricos: movimientos de lateralidad (en trabajo y en balanza) y movimiento protrusivo

## 7. ASPECTOS METODOLÓGICOS

### *Tipo de estudio.*

El tipo de estudio es de evaluación de pruebas diagnósticas con análisis de concordancia.

### *Población y muestra*

La población estuvo representada por 50 montajes de modelos de pacientes y/o estudiantes de pregrado y postgrado mayores de 18 años de edad que asistieron a la clínica de postgrado de la universidad el Bosque, los cuales presentaron una oclusión estable con soporte de dientes posteriores y anteriores, máximo con 4 ausencias dentarias, sin presencia de mordida abierta anterior ni mordida cruzada posterior, que presentaron overbite máximo de 4 mm y que no presentaron sintomatología dental, muscular o articular. Fue una muestra no probabilística ya que la elección de los individuos no dependió de la probabilidad sino de las características que poseían, los individuos fueron seleccionados en función de su accesibilidad y al criterio personal e intencional de los investigadores.

Para evaluar la **exactitud**, se utilizó una muestra probabilística de **50 modelos**, calculada mediante la estimación del Coeficiente De Correlación Intraclase, teniendo como valores de concordancia; un mínimo aceptado:  $\ell_0 = 0.8$  y un mínimo ideal:  $\ell_1 = 0.9$  con 95% de confiabilidad y un poder del 80%. Con los mismos valores se calculó una muestra probabilística de **35 modelos** para determinar la precisión, realizando 3 repeticiones a cada uno. [Fórmula Streiner y Norman, 1995]

### *Criterios de inclusión y de exclusión*

#### **Criterios de inclusión de la población:**

- Pacientes y/o estudiantes que hayan firmado previamente el consentimiento informado, pacientes y/o estudiantes mayores de 18 años
- Pacientes y/o estudiantes clase I y II de Angle
- Pacientes y/o estudiantes con soporte oclusal posterior y anterior
- Pacientes y /o estudiantes con un overbite entre 20- 45 % y overjet entre 2- 4 mm,
- Pacientes y/o estudiantes asintomáticos a nivel dental, articular y muscular.



### **Criterios de exclusión de la población:**

- Pacientes y/o estudiantes con 3 o más ausencias dentarias continuas en un mismo cuadrante, pacientes y/o estudiantes con ausencia de 13,23,33,43 y/o 16,26,36,46.
- Pacientes y/o estudiantes que no firmen el consentimiento informado aceptando participar en el estudio

### **Criterios de inclusión de modelos de estudio:**

- Modelos sin burbujas positivas o negativas,
- Modelos que coincidan y reproduzcan de forma exacta el estado natural de los dientes de los pacientes y/o estudiantes.
- Modelos que presenten zócalo,
- Modelos sin fracturas y/o desgastados.

### ***Sistematización de variables***

#### **Variables del estudio**

**Articuladores:** Instrumentos que pueden ser programados para reproducir movimientos mandibulares en ausencia de pacientes.

- **Articulador mecánico semi-ajustable:** Instrumento mecánico rígido, representativo de las articulaciones temporo-mandibulares y componentes maxilares al cual se incorporan y fijan los modelos del maxilar y la mandíbula para simular los movimientos de esta, el cual estuvo representado para el estudio por el articulador mecánico Whip Mix modelo 2240
- **Articulador virtual:** Software diseñado para el análisis de la oclusión estática y dinámica con el objetivo de sustituir los articuladores mecánicos y evitar sus posibles errores. El software a utilizar fue el 3SHAPE.
- Articuladores Virtuales disponibles en el sistema de 3Shape® (3Shape Generic,, Bio-Art A7 plus, Denar Mark 330, kaVo PROTAR, SAM 2P)

### **Variables de Criterio**

- **Interferencias laterales (trabajo y balanza):** Contacto dentario no deseado durante un movimiento lateral que impide a la mandíbula llegar a su trayectoria final durante los deslizamientos excéntricos. ( Okenson, 2008)
- **Interferencias protrusivas:** Contactos dentarios posteriores indeseados durante los movimientos protrusivos de la mandíbula que impiden una adecuada guía incisiva. (Okenson 2008).

### **Las interferencias se evaluaron en términos de:**

- **Exactitud:** El grado que una variable representa la realidad de lo que se está midiendo, y se establece mediante la comparación de las mediciones obtenidas por la prueba en estudio con las mediciones obtenidas de pruebas de referencia)
- **precisión:** Mide la extensión en que las mediciones repetidas dadas por una prueba son iguales entre sí), para la medición de los movimientos excéntricos de los pacientes (interferencias durante movimientos de lateralidad en trabajo y en balanza y las interferencias en el movimiento protrusivo).

## 8. METODOLOGÍA DEL PROYECTO.

- Selección del paciente:** Se seleccionaron los pacientes y/o estudiantes que acudieran a las clínicas odontológicas de la universidad el Bosque a partir de un formato que verificó los criterios de inclusión y exclusión que debían cumplirse para el estudio. Para seleccionar el paciente los criterios de inclusión debían tener todas las respuesta positivas (si) y los de exclusión todas las respuesta negativas (no). (ver anexo 1)

ANEXO 1											
VALIDACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL ARTICULADOR VIRTUAL PARA LA SIMULACIÓN Y REPRODUCCIÓN DE LOS MOVIMIENTOS MANDIBULARES EXCÉNTRICOS.											
SELECCIÓN DE PACIENTES – IDENTIFICACION DE PACIENTES											
A. SELECCIÓN DE PARTICIPANTES											
1.DATOS DEMOGRÁFICOS											
Historia clínica N°											
Fecha de Nacimiento ( dd/mm/año)											
								Edad en años			
								Genero		F	M
2.CRITERIOS DE SELECCIÓN									SI	NO	
Información verbal y consentimiento informado escrito											
Paciente es mayor de 18 años											
Clase I o II de Angle											
Pacientes y/o estudiantes con soporte oclusal posterior y anterior.											
Overbite menor entre 20 %- 45 %											
Overjet entre 2- 4 mm											
Pacientes y/o estudiantes asintomáticos a nivel dental, articular y muscular.											
3.CRITERIOS DE EXCLUSION									SI	NO	
Ausencia de 13 ó 23 ó 33 ó 43 Ausencia de 16 ó 26 ó 36 ó 46											
Pacientes y/o estudiantes con 3 o más ausencias dentarias continuas en un mismo cuadrante											
4.SELECCIONADO								SI	NO		

- Preparación de la muestra:** previa firma de consentimiento informado por parte del

paciente se procedió a la obtención de modelos de estudio para su posterior montaje y análisis en ambos articuladores:

- ✓ Articulador Semiajustable (articulador estándar) (Whip Mix®, Modelo 2240.
- ✓ Articulador Virtual (3SHAPE Dental System): (3Shape Generic,, Bio-Art A7 plus, Denar Mark 330, kaVo PROTAR, SAM 2P)



Figura 1. Partes de Articulador Whip Mix 2240

## Método estándar o de referencia

### a. Procedimientos clínicos

**Toma de impresiones al paciente:** Previa esterilización de las cubetas metálicas prefabricadas según protocolos de bioseguridad de la Universidad el Bosque, se procedió a la selección del tamaño (L,M,S) que se ajustó a las características anatómicas de cada paciente, tomando en cuenta que los flancos no llegaran al fondo del surco . Una vez seleccionada la cubeta ideal se ubicó al paciente en la unidad de trabajo lo cual facilito la manipulación, inserción y remoción de la impresión. Una vez seleccionada la cubeta ideal se ubicó al paciente en la posición adecuada en la unidad de trabajo para facilitar la manipulación, inserción y remoción de la impresión. Para la toma de la impresión superior se colocó al paciente sentado mirando con la cabeza ligeramente hacia abajo y se le pidió que

respirara por la nariz durante el proceso para evitar las náuseas, en este caso el operador se ubicó en posición posterior al paciente. Para la toma de impresión inferior el paciente estuvo ubicado en la misma posición pero se le solicitó que elevara la lengua hacia el paladar para permitir la inserción de la cubeta, en este caso el operador se colocó en posición frontal al paciente. Posterior a la ubicación del paciente el operador seco todas las superficies de los dientes e inyectó en las caras oclusales la silicona de adición Elite HD + monophas medium Body de la casa comercial Zhermack al mismo tiempo el asistente mezcló la silicona por adición de consistencia masilla Elite HD + putty soft normal (Zhermack) y la colocó en la cubeta, una vez colocado el material de impresión en la cubeta el operador inyectó en la superficie de esta la silicona Elite HD + monophas medium Body ( Fig 2), desinfección de la misma con Z7 solution recomendado por la casa comercial.



Figura 2. Mezcla y colocación de material de impresión Elite HD + monophas medium Body

**Vaciado de las impresiones y obtención de los modelos:** Una vez la impresión fue retirada de la boca del paciente y sometida al proceso de desinfección se procedió al vaciado de la misma. Para el vaciado se utilizó yeso de alta resistencia y baja expansión HARD ROCK tipo V de la casa comercial Whip mix, el cual se colocó en una taza de goma de tamaño y forma adecuado que previamente ha sido llenada con 21 ml de agua, posteriormente se dejó reposar por 30 seg para reducir la cantidad de aire incorporado durante el espatulado manual cuyo tiempo de manipulación fue de 60-90 seg. Una vez obtenida una mezcla uniforme esta se llevó al espatulador mecánico por 20 seg, finalmente se vibró la masa y se vertió lentamente y en poca cantidad en la cubeta cuya colocación fue de 45° con respecto a la base del vibrador. Una

vez endurecido el yeso se esperó de 45 a 60 min para separarlo de la impresión. Para la desinfección de los modelos se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio 1:10 durante 30 min. Una vez obtenidos los modelos estos se recortaron en el zócalo y se labraron con hendiduras con el fin de lograr mayor retención entre el yeso del modelo y el yeso del montaje. ( fig 4)



Figura 4. Vaciado de los modelos de estudio en yeso tipo IV

**Registro con el arco facial:** Para realizar el registro con el arco facial se hizo uso del tenedor el cual fue cubierto por una capa delgada y uniforme de compuesto de modelar de media fusión la cual se ablando hasta que se permitió su fácil manejo, posteriormente se indentaron levemente los bordes incisales y las cúspides de los modelos superiores a presión de manera que estos quedaran estables sobre el tenedor. Las áreas alrededor de las huellas fueron retiradas con un cuchillo lo que permitió el correcto asentamiento del modelo, luego el tenedor fue llevado a la arcada superior de la boca del paciente donde se verifico el asentamiento y la fidelidad de las indentaciones además se observó que el registro estuviese estable. Posteriormente se llevó el arco facial al paciente, en el cual se asentaron las olivas en cada lado en los conductos auditivos externos del paciente, se ajustó el tercer punto correspondiente al nasion el cual se colocó en la barra transversal del arco facial para posteriormente ubicarlo en el puente de la nariz haciendo presión hasta que el arco se encontrara estable, en este punto se comenzaron a ajustar los tornillos correspondientes que nos dieron las medidas intercondilares (L;M;S). posteriormente se fijaron los tornillos del

arco al tenedor ajustando en un primer lugar el tornillo de la barra vertical el cual fue llevado lo más superior posible y por último el tornillo de la barra horizontal el cual se llevó lo más cercano a la boca del paciente cómo fue posible. En este momento el único valor registrable es la distancia intercondilea (L, M, S) la cual fue registrada en la hoja de recolección de datos.

**Obtención de registros interoclusales del paciente:** Para obtener los registros interoclusales se solicitó al paciente abrir y cerrar la boca repetidas veces en posición de Oclusión Habitual, luego se colocó en las caras oclusales y bordes incisales de los dientes inferiores una cantidad moderada de OCCLUFAST ROCK (Vinilo Polisiloxano), se pidió al paciente que cerrara y llegara a la misma posición de oclusión habitual, se dejó polimerizar durante 60 s en boca y se procede a retirar el registro.

**Obtención de registros de lateralidad del paciente:** Para los registros de lateralidad se pidió al paciente que desplazara su mandíbula lateralmente hasta que las cúspides tanto superiores como inferiores de los caninos se encontraran borde a borde, en este punto se trazó una línea recta en las caras vestibulares de ambos caninos en sentido vertical que orientaran la ubicación exacta del movimiento, posteriormente se le pidió al paciente que mantuviera esa posición lateral y que abriera y cerrara la boca en repetidas oportunidades para verificar que las líneas trazadas coincidan en el mismo punto. Para determinar el rango de movimiento lateral se proyectó la línea media dental superior en los dientes inferiores cuando el paciente se encontraba en oclusión y una vez realizada la lateralidad se marcó nuevamente la línea media dental superior sobre la superficie dental inferior, delimitando así el movimiento el cual fue registrado en (mm), una vez conseguida esta reproducción de movimiento se dispuso en las caras oclusales e incisales material de registro Occlufast Rock (evitando los caninos marcados) y se le pidió a los pacientes que cerraran en la posición previamente ensayada hasta que sintieran el primer contacto, con ello se registró el lado de trabajo y el lado de balanza posteriormente se realizara el mismo procedimiento del lado contralateral. (fig 3)

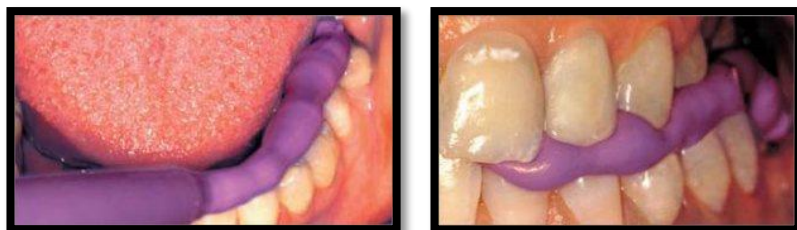


Figura 3. Registros oclusales y de lateralidad

#### b. Procedimientos de laboratorio.

**Montaje del modelo superior:** El registro obtenido con el arco facial fue transferido al articulador para el cual se retiró la rama inferior del articulador y el vástago incisal, los brazos del arco facial se abrieron y se colocaron en los pernos de las guías condilares en cada extremo lateral, para luego fijar los tornillos. Se procedió a integrar la rama inferior permitiendo que el vástago del tenedor descansara sobre la mesa incisal y se verificó que el modelo superior previamente humedecido asentara en el registro sin bascular. Una vez ubicado el modelo se mezcló el yeso para montaje tipo Mounting Stone de la casa comercial Whip Mix el cual fue preparado en 26 ml de agua bajo una mezcla manual de 30- 45 segundos. Hasta obtener una masa uniforme de consistencia cremosa, enseguida se abrió la rama superior y se colocó el yeso en suficiente cantidad tanto en el zócalo como en la platina, se cerró la rama superior del articular y se esperó su fraguado completo durante un lapso de tiempo de 45 min. Concluido el fraguado se procedió a agregar más yeso hasta lograr que todo el modelo quedase uniforme para posteriormente ser pulido con una lija fina de agua.

**Montaje del modelo inferior:** Para el montaje del modelo inferior se colocó el vástago incisal aumentándole 2 mm para compensar el espacio interoclusal que pueda crear el grosor de la cera de registro interoclusal previamente obtenido, en 0 si es en máxima intercuspidadación en este punto las guías condilares estarán a 30° de inclinación y 0° de desplazamiento. El articulador se volteo sobre la mesa del laboratorio y se asento el registro sobre la arcada superior del modelo ya montado, enseguida se colocó el modelo inferior



sobre este registro y se procedió a la mezcla del yeso siguiendo los mismos pasos que en el modelo superior. Una vez obtenida la mezcla se procedió a colocar yeso en la platina de la rama inferior y sobre el modelo previamente humedecido, y se cerró la rama del articulador hasta el contacto total de la punta del vástago incisal con la mesa. Una vez transcurrido el tiempo de fraguado de 45 min se agregó más yeso para terminar de llenar espacios vacíos y se esperó el tiempo de fraguado para finalmente pulirlos con lija de agua.

**Ajuste de las guías condilares:** Para el ajuste de las guías condilares se hizo uso de los registros de lateralidad, en donde se ajustó cada guía por separado; primero la derecha con el registro de lateralidad izquierdo y luego la izquierda con el registro de lateralidad derecho. Se aflojaron los tornillos que controlan la eminencia y la pared interna del lado a ajustar y enseguida se colocó el registro correspondiente sobre el modelo superior, seguidamente se cerró el articulador hacia el lado correspondiente hasta que coincidan los dientes inferiores con las huellas del registro, en este punto el elemento condilar no tuvo contacto con los componentes referidos por lo que se inclinó la eminencia hasta que el cóndilo tuviera contacto con ella. Con esto se estableció el grado de inclinación condilea sobre el techo de la cavidad glenoidea, el cual es expresado en grados de 0-70. Del mismo modo la pared interna de la guía se corrió hasta alcanzar contacto con el cóndilo, con lo que quedó ajustado el desplazamiento condilar respecto a la pared interna de la cavidad, esta medida representa el ángulo de Bennett que va de 0-30 grados. En este momento los tornillos quedaron ajustados hasta estabilizar la posición de la guía. El procedimiento se repitió en el lado contrario. Una vez realizados todos los procedimientos se dejó constancia por escrito de los valores generados en las guías condilares a través de los registros de lateralidad. Ya en este punto el articulador será capaz de simular de manera muy aproximada la dinámica mandibular tanto en sentido vertical como horizontal.

### **Método evaluado – Articulador Virtual**

**Digitalización de los modelos de estudio:** El proceso de digitalización de los modelos se

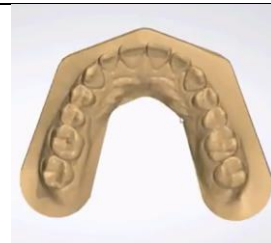
realizó con el escáner D700 de laboratorio de la 3Shape (Fig 5) y requirió la aprobación previa de los modelos de estudio físicos. Se elaboró un formato digital para el registro de cada uno de los pasos, los cuales fueron firmados secuencialmente por la Codirectora clínica. Se creó un archivo individual para cada escaneo de modelos, y se utilizó un código numeral y consecutivo (de 01 al 50).



Figura 5. Escáner D700 de laboratorio de 3Shape Dental System.

Se procedió a escanear primero, el modelo maxilar, colocando el modelo en el dispositivo individual metálico del escáner con ayuda de un material plástico de fijación asegurándolo en una posición con las caras oclusales hacia arriba, siguiendo paso a paso el procedimiento establecido por el software Dental System de 3Shape version 2018, hasta conseguir la correcta digitalización. Se repitió el mismo procedimiento para el modelo mandibular y finalmente se digitalizaron ambos modelos estabilizados con el dispositivo metálico oclisor del escáner en posición de oclusión habitual (fig 6), verificando la correcta digitalización en cada paso. Todo este proceso tardó 12 minutos por cada muestra aproximadamente.

**Digitalización individual de los modelos**



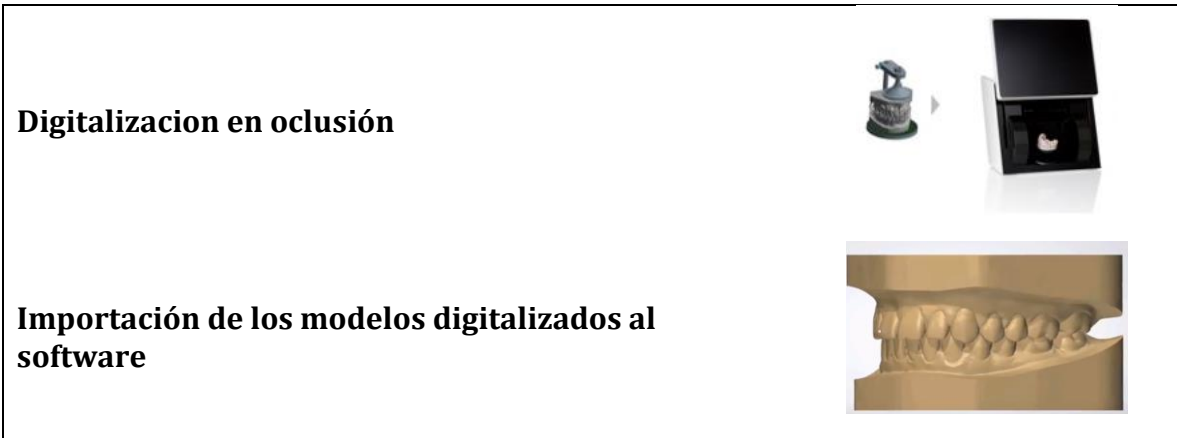


Figura 6. Digitalización , estabilización e importación de modelos del Sistema 3Shape Dental system.

**Montaje de los modelos en el Articulador Virtual**

**Ajuste de las guías condilares:** Se utilizaron los datos obtenidos del montaje individual de los modelos en el articulador mecánico, correspondientes a Angulo de Bennett e Inclinación condílea derecha e izquierda, los cuales son cargados al software usando las tablas respectivas. (Fig 7)



Figura 7. Software para datos de Angulo de Bennett e inclinación condílea.

- **Inclinación condilea:** El software solicitó completar un recuadro con la angulación en grados, de la guía condilea sagital, entre 0° y 70°.
- **Ángulo de Bennet:** Se completó en el cuadro respectivo este parámetro a 30° para cada paciente.

El programa articuló automáticamente los modelos superior e inferior y se procedió a evaluar las interferencias de cada caso respectivo. (Fig 8)

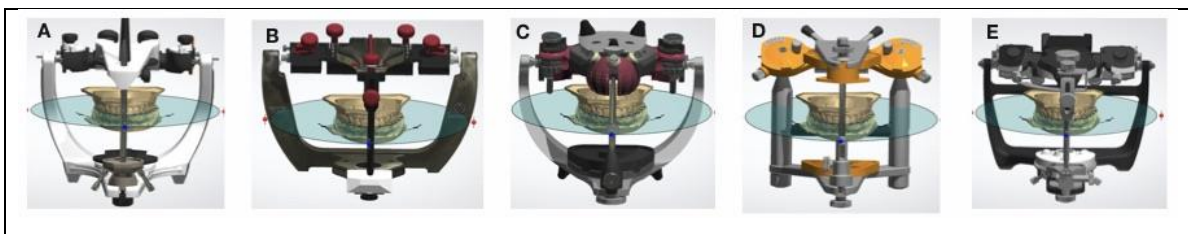


Figura 8. Articulación de modelos digitalizados en articuladores del Sistema 3Shape Dental system. A) Bioart A7 Plus, B) Denar Mark 330, C) KaVo PPOTAR, D) SAM 2P, E) SHOFU ProArch IV

- **Análisis de las variables del estudio**

**Método Estándar:**

- ✓ **Interferencias:** Se determinaron registrando la presencia de contactos de interferencia para cada grupo dentario - premolares, molares y anteriores - tanto en el lado de trabajo ( lado hacia donde se dirige la mandíbula en el movimiento lateral en el cual el cóndilo rota sobre su eje vertical dentro de la cavidad glenoidea) como en el lado de balanza (lado opuesto al movimiento de lateralidad en donde el cóndilo se traslada fuera de su eje hacia abajo, adelante y adentro); durante los movimientos de lateralidad en el articulador semiajustable y en el paciente.

## Articulador virtual

**Interferencias:** Una vez digitalizados los modelos, se cargan automáticamente al articulador dinámico virtual, con el plano oclusal predeterminado calculado por el sistema. Se realizaron los movimientos con la mandíbula de manera manual y se aplicó el papel articular virtual para ver los puntos de contacto e interferencias con la opción de Autorreproducción inteligente del movimiento maxilar, que crea y reproduce instrucciones de movimientos predefinidos que pasen automáticamente por la protrusión, retrusión, laterotrusión. Para ello se realizan los siguientes pasos específicos:

Se procede a visualizar la herramienta de movimientos mandibulares, se elige la opción de uno de ellos (lateralidad, protrusiva), también se selecciona la herramienta de “registrar los contactos”, realizan los movimientos de manera ordenada, empezando por la lateralidad derecha, izquierda y protrusiva, (Fig 9)



Figura 9. Herramienta de movimientos mandibulares

El técnico especialista en el programa puede visualizar la cara oclusal de cada arcada durante cada movimiento y así puede ubicar, en color azul, las marcas generadas por los dientes

porque dichos puntos de contacto se van incrementando a medida que se realiza el desplazamiento.

(Fig 10)

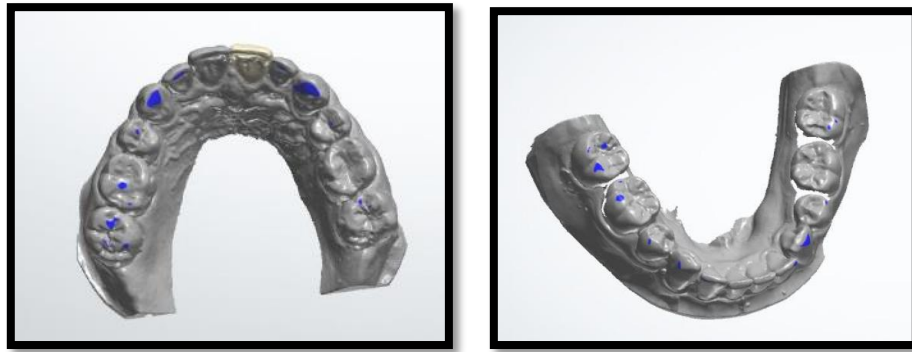


Figura 10. Interferencias registradas durante los movimientos manuales.

Una vez identificadas, las interferencias, se anotaron respectivamente en el cuadro de Registros de medición, de esta manera se evaluó cada uno de los siguientes parámetros:

- Interferencia protusivas
  - i. Anteriores
  - ii. Premolares
  - iii. Molares
- Interferencias lateralidad izquierda
  - i. Anteriores : Balanza y trabajo
  - ii. Premolares: Balanza y trabajo
  - iii. Molares :balanza y trabajo
- Interferencias lateralidad derecha
  - i. Anteriores : Balanza y trabajo
  - ii. Premolares: Balanza y trabajo
  - iii. Molares :balanza y trabajo

Se repitió este protocolo para evaluar cada uno de los modelos, los 120 que han sido escaneados y de los cuales el especialista en el software no tiene conocimiento al haber sido

creados cada uno de los archivos con una codificación diferente y por haber realizado el análisis de cada uno de los mismos de manera aleatoria.

### **Evaluación de la concordancia de los articuladores (exactitud y de la precisión)**

Con el fin de evaluar la exactitud, se compararon las medidas obtenidas del análisis oclusal [interferencias oclusales en lateralidad realizado con los articuladores virtuales disponibles soportados por el sistema de 3Shape® (WitDenar Mark 330, Bio-Art A7 plus, kaVo PROTAR, SAM 2P) sobre los 50 montajes codificado, con las obtenidas por el método de referencia en los 50 pacientes, y la precisión se calculó al comparar tres mediciones realizadas con el articulador virtual sobre 35 montajes codificados a ciego para cada medición y realizadas a intervalos de una semana (Figura 11).

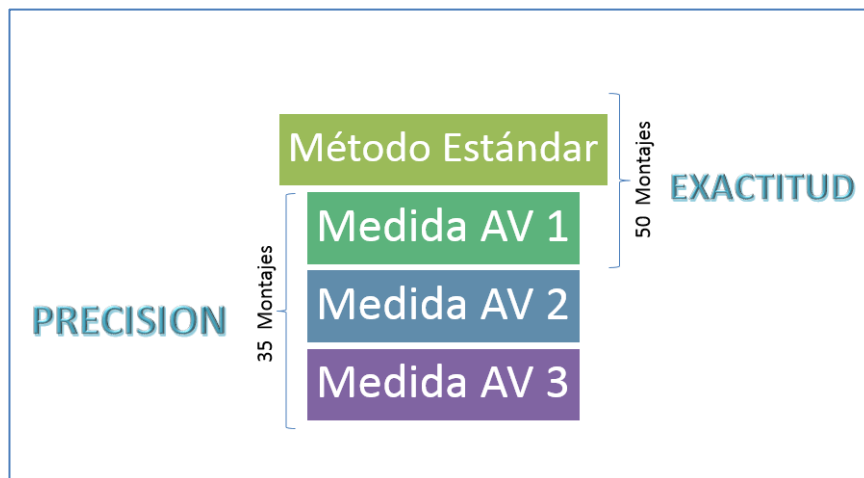


Figura 11. Diseño del estudio

## 9. ANALISIS DE RESULTADOS

Para la realización del análisis estadístico se transformaron los datos de la identificación de los contactos resgistrados originalmente (N° de diente vs N° de diente) ej.: 13-43; en el número de contactos concordantes con el GS.

De tal manera que:

- SI el GS tiene un contacto X1, el AV tiene el MISMO contacto X1 entonces se tabula : GS =1 - AV = 1
- SI el GS tiene por ejemplo 3 contactos X1 X2 ,X3, el AV tiene 2 de los mismos contactos, entonces se tabula :
- GS =3 AV = 2
- SI el GS NO tiene contactos y el AV tiene por ejemplo X1, X2 contactos entonces se tabula:
- GS = 0 AV = - 2

Para el análisis estadístico de exactitud y precisión se calculó el Coeficiente de Correlación Intraclase ICC, los intervalos de confianza IC (95 %) y el valor de  $p$ .



## 10. ASPECTOS ETICOS

De acuerdo a la RESOLUCION NUMERO 8430 DE 1993 del Ministerio de Salud, en la que se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.

La fase 1 de esta investigación se cataloga como una **Investigación con riesgo mínimo:** debido a que es un estudio prospectivo *“que emplean el registro de datos a través de procedimientos comunes consistentes en: exámenes físicos o psicológicos de diagnóstico [...]”*. TITULO II. DE LA INVESTIGACION EN SERES HUMANOS. CAPITULO 1. DE LOS ASPECTOS ETICOS DE LA INVESTIGACION EN SERES HUMANOS. Artículo 11, numeral b.

Además cumple con los principios de:

**Autonomía:** Cada paciente será informado completamente de los procedimientos clínicos para la toma de impresiones, registros oclusales, procesado y análisis de modelos de estudio; y así puedan brindar su consentimiento voluntario para formar parte de la investigación.

**Beneficencia:** Los avances tecnológicos usados en la investigación, contribuyen a obtener mayor comodidad y eficiencia en los procesos de elaboración y análisis de modelos de estudio para los pacientes participantes.

**No maleficencia:** Los pacientes recibirán atención personalizada y monitoreada por un equipo de Especialistas en las áreas de Odontología e Ingeniería, siguiendo protocolos estandarizados, para disminuir y/o evitar lesiones físicas durante el proceso de la toma de impresión de modelos de estudio y registros interoclusales.

**Justicia:** Toda persona, mayor de 18 años de edad, podrá formar parte de la investigación y recibirá el mismo protocolo de atención establecido, realizado de manera constante y permanente, sin posibilidad de discriminación alguna.

Se utilizaron un consentimiento informado de tipo escrito teniendo como guía el formato sugerido por la Vicerrectoría de Investigaciones, en el que se sigue lo estipulado por la ley 8430 en sus artículos 14 y 15. Ver consentimiento a continuación

PARTE 1: INFORMACIÓN ACERCA DE LA INVESTIGACIÓN.	
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:	
NÚMERO DE PROTOCOLO	
NOMBRE DEL PATROCINADOR:	Universidad El Bosque
NOMBRE DEL INVESTIGADOR PRINCIPAL:	JAIRO LENIN RAMÓN VALENCIA PhD.
INTRODUCCIÓN	
¿POR QUÉ SE ESTA HACIENDO ESTA INVESTIGACIÓN?	
<p>Esta investigación se está haciendo con el fin de evaluar la posibilidad de reemplazar los métodos convencionales para el estudio de la oclusión dental-es decir de las relaciones de contacto entre los dientes durante el cierre y los movimientos de la mandíbula-por un método virtual que disminuya el uso de materiales como yesos que aumentan el costo de un estudio de oclusión, lo hacen dispendioso, y que además disminuya el tiempo de estudio y facilite almacenamiento virtual de datos.</p>	
¿EN QUE CONSISTE ESTA INVESTIGACIÓN?	
<p>Se va a comparar el grado <b>precisión</b> (o sea la similitud de la observación de las relaciones de contacto) y la <b>exactitud</b> (reproducibilidad de las relaciones de contacto dental) en dos tipos de articuladores (aparato que permite reproducir la forma en que se articulan los maxilares): uno virtual y uno convencional semiajustable.</p>	
¿QUE TENGO QUE HACER SI PARTICIPO EN ESTA INVESTIGACIÓN?	
<p>Deberá asistir a las Clínicas Odontológicas del Posgrado de Prostodoncia de la Universidad El Bosque (Clínicas UEB) y al Laboratorio Organics , en donde se harán los siguientes procedimientos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se van a reproducir en yeso mis arcos dentales (superior e inferior) para ello me tomarán impresiones de las arcadas (superior e inferior) con unas cubetas metálicas con material de impresión con base en un material de silicona especializado en odontología, a partir de las cuales se fabrican en yeso los modelos de mis dientes. (Clínicas UEB)</li> <li>2. Se me tomará el registro de la posición del maxilar superior con respecto a la cabeza mediante el uso de un arco metálico denominado arco facial un material de tipo cera, sobre el cual se registran las huellas de las cúspides de los dientes del maxilar superior. (Clínicas UEB)</li> <li>3. Me tomarán el mismo registro anterior con un arco facial electrónico, que se ajuste en los conductos auditivos de los dos oídos y en la frente, y tiene en la mitad hacia abajo una platina metálica en forma de U, la cual mediante sensores registra la posición de las cúspides de los dientes.( Laboratorio Organics)</li> <li>4. Me harán un último registro, el registro de mordida. En el cual morderé un material de silicona para determinar la posición de los dos maxilares entre sí. (Clínicas UEB)</li> <li>5. Me evaluarán clínicamente para verificar que el montaje de mis modelos de yeso en el articulador semiajustable (que es el estándar) haya sido bien realizado y que los</li> </ol>	

movimientos laterales de la mandíbula con respecto al maxilar se hayan reproducido adecuadamente. (Clínicas UEB)
<b>¿CUANTAS PERSONAS PARTICIPARÁN EN ESTA INVESTIGACIÓN?</b>
Serán 50 pacientes
<b>¿CUANTO TIEMPO ESTARE EN ESTA INVESTIGACIÓN?</b>
El estudio se llevara a cabo durante el periodo de 1 año. Se harán aproximadamente 5 citas de una hora en el transcurso de un mes.
<b>¿PUEDO RETIRARME DE LA INVESTIGACIÓN DE MANERA VOLUNTARIA EN CUALQUIER MOMENTO?</b>
Si
<b>¿QUE PASA SI ME RETIRO DE LA INVESTIGACIÓN?</b>
No pasa nada
<b>¿PORQUE PODRIA EL INVESTIGADOR PRINCIPAL RETIRARME DE LA INVESTIGACIÓN TEMPRANAMENTE?</b>
En caso de que no pueda asistir a la totalidad de las citas en un periodo de tiempo prudente (durante 3 meses)
<b>¿SI YO TENGO QUE INTERRUMPIR LOS MEDICAMENTOS PROPORCIONADOS POR LA INVESTIGACIÓN, O UNA VEZ QUE DEJE LA INVESTIGACIÓN COMO SE ME PROVEERAN LOS MEDICAMENTOS?</b>
No se requiere de medicación para el estudio.
<b>¿CUALES SON LOS RIESGOS O INCOMODIDADES ASOCIADOS A ESTA INVESTIGACIÓN?</b>
Las complicaciones están asociadas a la parte clínica del estudio tales como; inversión de tiempo para la toma de modelos de estudio, reacciones alérgicas a los materiales utilizados, laceraciones de los tejidos al momento de la toma de muestras.
<b>¿HAY RIESGOS RELACIONADOS CON EL EMBARAZO?</b>
No aplica.
<b>¿OBTENDRE ALGUN BENEFICIO AL PARTICIPAR EN ESTA INVESTIGACIÓN?</b>
Se hará un estudio profundo y detallado de mi oclusión.
<b>¿QUE BENEFICIOS OBTENDRA LA COMUNIDAD DE ESTA INVESTIGACIÓN?</b>
Se disminuirá el uso de materiales como el yeso cuya explotación a partir de canteras producen daño al medio ambiente. Esta investigación Contribuirá en gran medida con la optimización de la salud bucal y confort de los pacientes especialmente en los casos en los que se pretenden confeccionar restauraciones múltiples que incluyen varios dientes o montajes de dientes artificiales en donde el uso de sistemas mecánicos implican mayor inversión de tiempo y en muchas ocasiones inexactitudes en los resultados debido a las limitaciones del articulador mecánico.
<b>¿COMO SE VA A MANEJAR LA PRIVACIDAD Y CONFIDENCIALIDAD DE MIS DATOS PERSONALES?</b>
Se va a asignar una nomenclatura donde se codifica a cada uno de los pacientes sin necesidad de conocer los datos personales del mismo.
<b>¿QUE SUCEDERÍA SI NO SE RESPETA LA CONFIDENCIALIDAD DE MIS DATOS?</b>
Se puede interponer una demanda legal contra el equipo de investigación.
<b>¿MI PARTICIPACIÓN EN ESTA INVESTIGACIÓN IMPLICA QUE VOY A RECIBIR ALGUN TIPO DE TERAPIA?</b>

No, la participación de los pacientes solo servirá para obtener información respecto al objetivo del estudio.
<b>¿TIENE ALGUN COSTO MI PARTICIPACIÓN EN ESTA INVESTIGACIÓN?</b>
No, su participación es totalmente gratuita. Todos los gastos inherentes al estudio serán cubiertos en su totalidad por el grupo de investigación.
<b>¿RECIBIRÉ ALGUN TIPO DE COMPENSACIÓN O PAGO?</b>
No, la participación es voluntaria sin ningún tipo de remuneración.
<b>¿QUE PASA SI ME LESIONO O ME ENFERMO DURANTE LA INVESTIGACIÓN?</b>
El paciente está en el derecho de desistir en su colaboración si considera que la situación de salud es incapacitante para continuar con el estudio.
<b>¿CÓMO SE RESPONSABILIZARÁ EL INVESTIGADOR O LA INVESTIGACIÓN SI A MI COMO SUJETO DE INVESTIGACIÓN ME PASA ALGO MALO ASOCIADO A LA INVESTIGACIÓN?</b>
Los procedimientos que se efectuaran en este estudio no son invasivos por lo tanto no comprometerán ni la integridad personal ni la salud física de los sujetos que participen en este estudio. En caso de algún inconveniente el investigador asignará al paciente una consulta con un profesor universitario odontólogo de la Universidad El Bosque para un diagnóstico y eventual conducta a seguir. Del mismo modo, se ha firmado una póliza de responsabilidad civil para proteger a los sujetos que participen en este estudio.
<b>¿TENDRE LA POSIBILIDAD Y COMO PODRE ACCEDER A LA INTERVENCIÓN O AL MEDICAMENTO CUYA EFECTIVIDAD SEA COMPROBADA?</b>
No aplica
<b>¿CUALES SON MIS DERECHOS COMO SUJETO DE INVESTIGACIÓN?</b>
Tengo derecho a retirarme del estudio del estudio – independientemente de las razones que tenga para hacerlo, de realizar las preguntas que considere pertinentes, y de conocer los resultados de las evaluaciones que hagan sobre mi oclusión.
<b>¿COMO Y EN QUE MOMENTO VOY A CONOCER LOS DATOS FINALES DE LA INVESTIGACIÓN?</b>
Al mes de se me dará una cita en la que se me informaran los resultados de mi estudio, el diagnóstico de mi oclusión y se me explicara si existe la necesidad de algún tipo de tratamiento.
<b>¿QUE HAGO SI TENGO ALGUNA PREGUNTA O PROBLEMA?</b>
El participante tiene derecho a que sus preguntas se respondan a su completa satisfacción, este podrá preguntar cualquier inquietud o duda al grupo de investigadores durante el proceso de investigación.
<b>INFORMACIÓN DE CONTACTO DEL COMITÉ DE ÉTICA</b>
<b>Nadia Yadira Castañeda García</b> , Presidente(a) Comité Institucional de Ética en Investigaciones, 648 9000 extensión 1520, <a href="mailto:comiteetica@unbosque.edu.co">comiteetica@unbosque.edu.co</a> , Calle 132 No.7A-85.
<b>INFORMACIÓN DE CONTACTO DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN</b>
El contacto es Investigador Principal: Dr. Jairo Lenin Ramón Valencia Investigador Principal. Correo Electrónico : <a href="mailto:leninramon@unbosque.edu.co">leninramon@unbosque.edu.co</a>

Profesor asociado universidad El Bosque, teléfono 3124968424.

COINVESTIGADORES :

Dra. Martha Tamayo

Correo electrónico [tata.tamayo@gmail.com](mailto:tata.tamayo@gmail.com), tel 3173743807

Dra. Cecilia Ruiz

Correo electrónico [ceciliaruizr@gmail.com](mailto:ceciliaruizr@gmail.com), tel 3106790182

Dr. Francisco Degiovanni

Correo electrónico [Fjdegiovannib@hotmail.com](mailto:Fjdegiovannib@hotmail.com), tel 3157917416

Dr. Juan Carlos Munevar

Correo electrónico [munevarjuan@unbosque.edu.co](mailto:munevarjuan@unbosque.edu.co), tel 3202247175

Dr. Eneko Solaberrieta Méndez

Correo electrónico [eneko.solaberrieta@ehu.es](mailto:eneko.solaberrieta@ehu.es) tel 0034 633222894

### Parte 2: Formulario de Firmas.

He sido invitado(a) a participar en el estudio Validación y Optimización del articulador virtual EXOCAD para la simulación y reproducción de los movimientos mandibulares a través del CAD-CAM. Entiendo que mi participación consistirá en: **permitir la toma de impresiones de mis arcadas - superior e inferior, toma de los registros (físicos y electrónicos) que permitirán reproducir la posición de mi maxilar con respecto a mi cabeza y de mis maxilares entre sí, y evaluación clínica de mi oclusión.**

He leído y entendido este documento de Consentimiento Informado o el mismo se me ha leído o explicado. Todas mis preguntas han sido contestadas claramente y he tenido el tiempo suficiente para pensar acerca de mi decisión. No tengo ninguna duda sobre mi participación, por lo que estoy de acuerdo en hacer parte de esta investigación. Cuando firme este documento de Consentimiento Informado recibiré una copia del mismo (partes 1 y 2).

Autorizo el uso y la divulgación de mi información a las entidades mencionadas en este Consentimiento Informado para los propósitos descritos anteriormente.

Acepto voluntariamente participar y sé que tengo el derecho de terminar mi participación en cualquier momento.

Al firmar esta hoja de Consentimiento Informado no he renunciado a ninguno de mis derechos legales.

Nombre del Participante	Firma del Participante	Fecha
Investigador principal	Firma del Investigador	Fecha

La fase 1 en la que se incluyeron seres humanos fue avalada por el comité de ética institucional acta No se anexa a continuación

**MIEMBROS**

**MÓNICA RIVA GUTIÉRREZ**  
Psicóloga MSc.  
Experta en Metodología de la  
Investigación  
Presidenta

**MARIA CRISTINA MEJÍA G.**  
Psicóloga  
Representante de la Comunidad  
Secretaría Ejecutiva

**NADIA YADIRA CASTAÑEDA G**  
MSc. cPhD  
Lic. Biología y Química  
Investigadora

**NOHORA JOYA RAMÍREZ**  
Psicóloga MS. cPhD.  
Experta en Bioética

**BORIS JULIÁN PINTO B.**  
Médico MSc  
Experto en Bioética

**JAIRO A. MARTÍNEZ JIMÉNEZ**  
Médico MSc.  
Farmacólogo

**LILIANA OVIEDO ALBÁN**  
Psicóloga MSc.  
Representante de la Comunidad

**ABELARDO LEAL HERNÁNDEZ**  
Abogado Mc. cPhD.  
Abogado

Bogotá, D.C., 26 de Mayo de 2014

Ingeniero  
**JAIRO LENIN RAMÓN VALENCIA**  
Programa de Bioingeniería  
Universidad El Bosque  
Ciudad

**Protocolo:** "Validación y Optimización del Articular Virtual para la Simulación y Reproducción de los Movimientos Mandibulares Exoéntricos". Código PCI 2013-395

**Investigador Principal:** Ing. Jairo Lenin Ramón V.

Respetado Ingeniero:

Estamos informando que el Comité Institucional de Ética en Investigaciones de la Universidad El Bosque, en la sesión extraordinaria del 20 de Mayo de 2014, Acta #009-2014, revisó y discutió las correcciones del protocolo de referencia y se hicieron los siguientes comentarios:

1. Cambiaron el título de "Validación y Optimización del articulador virtual EXOCAD para la simulación y reproducción de los movimientos mandibulares a través del CAD-CAM"
2. Presentan las consideraciones éticas para las investigaciones con seres humanos.
3. Es consistente en el trabajo como en el Consentimiento Informado, el tiempo que tardará la realización de la investigación, el cual será de 1 año
4. En cuanto al Consentimiento Informado:
  - Emplearon un lenguaje más acorde para la población objeto, mejorando la redacción.
  - Exponen claramente el procedimiento de la investigación.

## 11. RESULTADOS:

### Calibración

Se realizó calibración intra-examinador con 5 montajes digitales en el articulador Whipmix Denar 330 soportado por el sistema 3Shape Dental System™, codificados de manera diferente para cada una de las tres mediciones y se obtuvo una calibración intraexaminador de ICC 1,0 (IC 95%: 1.0-1.0),  $p=0,71$ ,  $p= 1.0$

### Evaluación de la Exactitud y precisión

Al evaluar la exactitud de los articuladores soportados por el sistema 3 shape Dental System™ 2018 con respecto al método estándar se observó que todos los articuladores en todos los movimientos evaluados presentan valores de ICC mayores a 0.87 lo cual indica – de acuerdo a los criterios de Fleiss [1986], que la fuerza de concordancia es muy buena [Tabla. 1]

Al evaluar la precisión de cada uno de los articuladores soportados por el sistema 3 shape Dental System™ 2018, se observó que todos reportaron ICC =1.0 para todos los movimientos, lo cual indica también una fuerza de concordancia muy buena [Fleiss, 1986] (tabla2).

Tabla 1. Determinación de la exactitud de la detección de interferencias durante los diferentes movimientos mandibulares para cada uno de los articuladores evaluados

ARTICULADOR	VARIABLES EVALUADAS n=50	CCI	(IC = 95%)	VALOR DE p
Whipmix	Lateralidad izquierda balanza	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Lateralidad izquierda trabajo	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Lateralidad derecha balanza	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Lateralidad derecha trabajo	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Protrusión derecha	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Protrusión izquierda	1.0	(1.0-1.0)	1.0
Bioart	Lateralidad izquierda balanza	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Lateralidad izquierda trabajo	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Lateralidad derecha balanza	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Lateralidad derecha trabajo	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Protrusión derecha	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Protrusión izquierda	1.0	(1.0-1.0)	1.0
kavo	Lateralidad izquierda balanza	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Lateralidad izquierda trabajo	0.95	(0.92-0.97)	0.97
	Lateralidad derecha balanza	0.87	(0.78-0.92)	0.94
	Lateralidad derecha trabajo	0.98	((0.9-0.96)	0.97
	Protrusión derecha	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Protrusión izquierda	1.0	(1.0-1.0)	1.0
Samp 2	Lateralidad izquierda balanza	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Lateralidad izquierda trabajo	1.0	(1.0-1.0)	1.0

ARTICULADOR	VARIABLES EVALUADAS n=50	CCI	(IC = 95%)	VALOR DE p
	Lateralidad derecha balanza	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Lateralidad derecha trabajo	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Protrusión derecha	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Protrusión izquierda	1.0	(1.0-1.0)	1.0
Shofu	Lateralidad izquierda balanza	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Lateralidad izquierda trabajo	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Lateralidad derecha balanza	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Lateralidad derecha trabajo	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Protrusión derecha	1.0	(1.0-1.0)	1.0
	Protrusión izquierda	1.0	(1.0-1.0)	1.0

Tabla 2. Determinación de la precisión de la detección de interferencias durante los diferentes movimientos mandibulares para cada uno de los articuladores evaluados

ARTICULADOR	VARIABLES EVALUADAS n=35	Evaluaciones 1 Vs 2 ICC- (IC = 95%) VALOR DE p	Evaluaciones 1 Vs 2 ICC- (IC = 95%) VALOR DE p	Evaluaciones 1 Vs 2 ICC- (IC = 95%) VALOR DE p
Whipmix	Lateralidad izquierda balanza	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00
	Lateralidad izquierda trabajo	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00
	Lateralidad trabajo balanza	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00
	Lateralidad trabajo derecha	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00
	Protrusión derecha	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00
	Protrusión izquierda	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00
Bioart	Lateralidad izquierda balanza	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00
	Lateralidad izquierda trabajo	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00
	Lateralidad trabajo balanza	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00
	Lateralidad trabajo derecha	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00
	Protrusión derecha	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00
	Protrusión izquierda	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00
kavo	Lateralidad izquierda balanza	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00
	Lateralidad izquierda trabajo	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00
	Lateralidad trabajo balanza	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00
	Lateralidad trabajo derecha	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00
	Protrusión derecha	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00
	Protrusión izquierda	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00
Samp 2	Lateralidad izquierda balanza	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00	1,00 (1,00 - 1,00) p =1,00



ARTICULADOR	VARIABLES EVALUADAS n=35	Evaluaciones 1 Vs 2 ICC- (IC = 95%) VALOR DE <i>p</i>	Evaluaciones 1 Vs 2 ICC- (IC = 95%) VALOR DE <i>p</i>	Evaluaciones 1 Vs 2 ICC- (IC = 95%) VALOR DE <i>p</i>
	Lateralidad izquierda trabajo	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00
	Lateralidad trabajo balanza	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00
	Lateralidad trabajo derecha	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00
	Protrusión derecha	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00
	Protrusión izquierda	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00
Shofu	Lateralidad izquierda balanza	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00
	Lateralidad izquierda trabajo	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00
	Lateralidad trabajo balanza	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00
	Lateralidad trabajo derecha	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00
	Protrusión derecha	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00
	Protrusión izquierda	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00	1,00 (1,00 - 1,00) <i>p</i> = 1,00

## 12. DISCUSIÓN

Se observa una gran diferencia con los resultados de exactitud reportados para el articulador Whipmix Denar 330 soportado por el sistema 3Shape Dental System™, en un estudio previo realizado por Leyva y Ramos (2015) donde se usaron los mismos pacientes y el mismo método estándar, en este estudio la exactitud de los todos los articuladores soportados por el sistema 3Shape Dental System™ que fueron evaluados –incluyendo el estudio Whipmix Denar 330, fue de  $ICC \geq 0,87$  para todos los movimientos mientras que para el Whipmix Denar 330 en el estudio anterior la exactitud mostro una fuerza de concordancia moderada para la localización de interferencias: lateralidad izquierda balanza ( $ICC=0,57$ ) y protrusión derecha ( $ICC=0,51$ ), y la fuerza de concordancia muy buena en lateralidad derecha trabajo, lateralidad izquierda trabajo y balanza, y protrusión izquierda ( $ICC = 0.42-0.50$ ).Y fuerza de concordancia regular en lateralidad derecha/trabajo, lateralidad izquierda trabajo y balanza, y protrusión izquierda. Esta diferencia pudo darse debido a dos factores; uno que el evaluador en el estudio anterior fue un técnico entrenado en el software y en este estudio fue un odontólogo prostodoncista entrenado también, y dos, debido a que los softwares que se utilizaron en los estudios no eran de las mismas versiones; en el de Leyva y Ramos (2015) se usó la versión 2014, y en este estudio se usa la versión 2018, En efecto la casa comercial realiza actualizaciones al software cada año, mejorando aspectos como la exactitud del escaneo intra y extra oral, ajustando detalles de precisión en el diseño de restauraciones , aumentando la velocidad de los procesos de confección y digitalización , y ajustando la exactitud de los movimientos realizados con ingeniería inversa para la simulación de contactos de los articuladores virtuales soportados por el sistema 3shape ( Manual 3Shape Versión 2018)

### **13. CONCLUSIONES**

A partir de los resultados del presente estudio y dentro de las limitaciones de los métodos empleados se puede concluir que:

1. La fuerza de concordancia -en exactitud – fue muy buena para la ubicación de las interferencias oclusales durante todos los movimientos mandibulares excéntricos funcionales en todos los articuladores evaluados.
2. La fuerza de concordancia -en precisión – fue muy buena para la ubicación de las interferencias oclusales durante todos los movimientos mandibulares excéntricos funcionales en todos los articuladores evaluados.
3. A pesar de las actualizaciones que ha sufrido el software aun no es posible calcular la concordancia – en exactitud y precisión – de la medición de ángulo de inclinación condílea horizontal, del ángulo de Bennett, ni la distancia intercondilea en ninguno de los articuladores soportados por el Software 3 Shape Dental System debido a que este no tiene la capacidad de calcularla. De hecho el software requiere de esta información – que se obtienen con el método convencional – para poder realizar los montajes.
4. El Articulador Virtual no es un método que pueda ser fácilmente usado por los clínicos especialistas en Prosthodontia debido a que la ubicación de las interferencias oclusales que se producen durante los movimientos excéntricos en el articulador virtual depende del entrenamiento y calibración que tenga el operador - que en este fue un prosthodontista, lo cual representa un inconveniente como prueba diagnóstica debido a que hace que esta herramienta esté sujeta a un fuerte entrenamiento previo para su uso correcto.

## 14. BIBLIOGRAFÍAS

1. 3Shape Lab team. What's new 3shape Dental System 2018. Copenhagen, Dinamarca: 3Shape. 2018.
2. Alonso AA, Albertini JS, Bechelli AH. Oclusión y Diagnóstico en Rehabilitación Oral; Buenos Aires: Editorial Panamericana; 2004.
3. Davidowitz G, Kotick PG.. The use of CAD/CAM in dentistry. Dent Clin North Am 2011;55: 559-70.
4. Dawson P. Functional occlusion: From TMJ to smile design. St. Louis, CV Mosby 2007.
5. Del Río de las Heras F, López Lozano JF, Del Río Highsmith J. Registros excéntricos. Rev Esp Estomatol 1986;24(1):13-20.
6. 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.
7. Fang JJ, Kuo TH. Modelling of mandibular movement. Comput Biol Med. 2008 Nov-Dec; 38(11-12):1152-62.
8. Fleiss JL. The design and analysis of clinical experiments. New York u.a: Wiley; 1986.
9. Gartner CH, Korda B, Gesch D, Virtueller Artikulator Dentscam 3.0 Review; 2000;11:607-12.
10. Hatzi P, Tzakis M, Eliades, G. Setting characteristics of vinyl-polysiloxane interocclusal recording materials. J Dental 2012;28(7):783-791.
11. Hobo S, Shillingburg HT, Whitsett LD. Articulator selection for restorative dentistry. J Prosthet Dent 1976;36(1):35-43.
12. Hobo S. Twin-tables technique for occlusal rehabilitation: Part I—Mechanism of anterior guidance. J Prosthet Dent 1991;66(3):299-303.
13. 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.
14. Jiménez López V. Prótesis sobre implantes: oclusión, casos clínicos y de laboratorio. 1ª ed. Madrid: Quintessence books/Doyma; 1993.
15. Klineberg I, Palla S, Trulsson M. Contemporary Relevance of Occlusion and Mastication. Int J of prosthodont 2014 Sep;27(5):411-412.
16. Kordass B, Gärtner C, Söhnel A, Bisler A, Voss G, Bockholt U. The virtual articulator in dentistry: concept and development. Dental Clinics of North America 2002;46(3):493-

506.

17. 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.
18. Krishna D Prasad, B Rajendra Prasad, Divya Mehra. ARTICULATORS - AS THEY EVOLVED. *Guident* 2012 Jul 1,;5(8):24.
19. 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.
20. 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.
21. McCulloch AJ. Making occlusion work: 1. terminology, occlusal assessment and recording. *Dental Update* 2003 Apr;30(3):150-7.
22. Mendoza R. Manual de manejo del articulador Whip mix. Universidad autónoma de ciudad de Juarez. Ciudad de Juarez-Mexico 2004.
23. Mohl ND, Zarb GA, Carlsson G, Rugh J. A textbook of occlusion. Chicago ua: Quintessence Publ. Co; 1988.
24. 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.
25. Nazir N, Sujesh M, Sreenivas P, Kumar R. Accuracy of two face-bow/semi-adjustable articulator systems in transferring the maxillary occlusal. *Indian J Dent Res*. 2012 Jul 1;23(4):437-42.
26. Okeson JP. Tratamiento de Oclusión y Afecciones Temporomandibulares. 6ª Ed. Maryland, US: Elsevier Mosby; 2008.
27. 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.
28. Schaerer P, Stallard RE, Zander HA. Occlusal interferences and mastication: An electromyographic study. *J Prosthet Dent* 1967;17(5):438-449.
29. Sohmura 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.
30. 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.

31. 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.
32. 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.
33. Sumiya H TI. A New Method for Adjusting The Non-Working Horizontal Condylar Path of a Semi-Adjustable Articulator. *J Gnathology* 1986;5(1).
34. Svedstrom-Oristo AL. Morphological and functional analysis of occlusion in permanent dentition. Finland: Turun Yliopisto; 2004.
35. Teerthesh J. Virtual Articulator: A Review of Functioning And Designing. *Indian J Dent Sci.* 2014 December;5(6).