

**95**  
AÑOS

**FO** Facultad de  
Odontología

**175**  
AÑOS



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

**eg** Escuela de Graduados

# **Dispositivos de avance mandibular para el tratamiento de la apnea obstructiva del sueño confeccionados con flujo digital**

Carrera de Especialización en  
Odontología Restauradora Integral

Escuela de Graduados – Facultad de Odontología  
Universidad de la República  
Uruguay, Año 2025

Dr. Gastón Chifflet

Tutor: Prof. Adjunto Mag. Ignacio Fernández

## SUMARIO

1. RESUMEN
2. INTRODUCCIÓN
3. OBJETIVOS
  - 3.1. OBJETIVO GENERAL
  - 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS
4. MÉTODO
5. DESARROLLO
  - 5.1. APNEA OBSTRUCTIVA DEL SUEÑO (AOS)
    - 5.1.1. DEFINICIÓN
    - 5.1.2. CARACTERÍSTICAS FISIOPATOLÓGICAS
    - 5.1.3. TRATAMIENTO
  - 5.2. DISPOSITIVOS DE AVANCE MANDIBULAR (DAM)
    - 5.2.1. ANTECEDENTES
    - 5.2.2. DEFINICIÓN
    - 5.2.3 INDICACIONES
    - 5.2.4. CLASIFICACIÓN
    - 5.2.5. EFECTOS ADVERSOS
  - 5.3. FLUJO DIGITAL
    - 5.3.1 ANTECEDENTES
    - 5.3.2. DEFINICIÓN
    - 5.3.3. PLANIFICACIÓN VIRTUAL
    - 5.3.4 ARTICULADORES VIRTUALES
6. DISCUSIÓN
7. CONCLUSIONES
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
9. AGRADECIMIENTOS

## **ABREVIATURAS**

DAM: Dispositivo de Avance Mandibular

CAD: Computer Aided Design (Diseño asistido por computadora)

CAM: Computer Aided Manufacturing (Fabricación asistida por computadora)

AOS: Apnea Obstructiva del Sueño

IAH: Índice de Apnea Hipoapnea

CPAP: Continuous Positive Airway Pressure (Presión positiva continua en las vías respiratorias)

VAS: Vías Aéreas Superiores

DO: Dispositivos Ortopédicos

FD: Flujo Digital

ASDA: American Sleep Disorders Association (Asociación Estadounidense de Trastornos del Sueño)

SAHS: Síndrome de Apneas-Hipopneas del Sueño

SARVRS: Síndrome de Resistencia Aumentada de la Vía Respiratoria Superior

PR: Poligrafía Respiratoria

PSG: Polisomnografía

OA: Oral Appliance (Aparato Bucal)

TAP Thornton Adjustable Positioner (Posicionador Ajustable de Thornton)

ATM: Articulación Témporo Mandibular

IOS: Intraoral Scanners (escáner intraoral)

RC: Relación Céntrica

MI: Máxima Intercuspidación

JMT: Jaw Motion Tracking System (Sistema de seguimiento del movimiento de la mandíbula)

TCV: Tomografía Computarizada volumétrica

DMD: Dental Motion Decoder (Decodificador de movimiento dental)

IA: Inteligencia Artificial

## 1. RESUMEN

Considerando el avance de los recursos tecnológicos y su implementación como coadyuvantes en las distintas terapias dentro del área de la salud oral, así como la escasa información disponible en la formación de profesionales, resulta pertinente actualizar la información existente sobre los dispositivos de avance mandibular para el tratamiento de la apnea obstructiva del sueño, especialmente aquellos confeccionados mediante flujo digital.

En este sentido, se presenta monografía de revisión, cuya estrategia de búsqueda incluyó descriptores en castellano “flujo digital”, “dispositivos de avance mandibular” y “apnea obstructiva del sueño” y sus correspondientes denominaciones en inglés y sinónimos relacionados con el tema de revisión, adaptados para cada base de datos, resultando en 51 trabajos de los últimos doce años, los artículos incluidos en la presente síntesis cualitativa.

La Apnea Obstructiva del Sueño (AOS) representa un importante problema de salud en términos de prevalencia, cuyas consecuencias pueden ser mortales. Dentro de los tratamientos reversibles, la terapia con Dispositivos de Avance Mandibular (DAM) y la incorporación de presión de aire positivo continuo en las vías respiratorias (CPAP, por sus siglas en inglés) son las conductas terapéuticas más frecuentes para el tratamiento de la AOS.

Si bien ambas opciones terapéuticas pretenden reducir los signos y síntomas de la AOS, los DAM han cobrado relevancia por su eficacia, especialmente en casos de AOS leve y moderada, y por su mayor aceptación entre los pacientes.

Es así como este tipo de dispositivos orales, se recomiendan en pacientes con AOS que presentan intolerancia al CPAP, y en pacientes con AOS leve o moderado. Esta herramienta consiste en un dispositivo intraoral que provoca el avance mandibular, modificando la posición de la lengua, el paladar blando y el hueso hioides, produciendo un aumento en el diámetro de la vía aérea superior, determinando una mayor estabilización y menor colapsabilidad.

Como consecuencia del incremento en la indicación de los DAM como tratamiento de elección en pacientes con AOS, resulta imprescindible contar con herramientas digitales que permitan optimizar los resultados de esta terapia.

Es así que las tecnologías digitales basadas en diseño asistido por computadora y fabricación asistida por computadora (CAD/CAM), permiten el uso del Flujo Digital (FD) en la fabricación de diferentes tipos de dispositivos ortopédicos, entre ellos, los DAM.

De manera complementaria, los articuladores virtuales permiten simular de manera precisa la articulación del paciente. No obstante, este nuevo paradigma de flujo digital, requiere una pronunciada curva de aprendizaje y comprensión de las diversas etapas que componen el proceso. A su vez, el flujo de trabajo debe llevarse a cabo mediante el uso de impresoras o fresadoras de alta precisión y exactitud, herramientas esenciales para garantizar la calidad y funcionalidad del producto final.

En suma, el futuro de estos tratamientos dependerá de la continua integración y optimización de estas tecnologías, con el fin de superar los desafíos actuales y ofrecer un tratamiento efectivo a nuestros pacientes.

*Palabras clave: dispositivos de avance mandibular, flujo digital, apnea obstructiva del sueño.*

## 2. INTRODUCCIÓN

La apnea obstructiva del sueño (AOS) es un trastorno respiratorio crónico que afecta a millones de personas en todo el mundo (alrededor del 20% de la población mundial), caracterizada por colapsos recurrentes de la vía aérea superior durante el sueño, lo que genera episodios de hipoxia intermitente y fragmentación del sueño, dentro de las consecuencias principales (1).

Existen diferentes opciones terapéuticas para los casos de AOS, siendo el CPAP, el instrumento más indicado. Sin embargo, los dispositivos de avance mandibular (DAM), han adquirido gran relevancia debido a su eficacia en el tratamiento de casos leves y moderados, así como su aceptación por parte de los pacientes (2).

La confección de estos dispositivos ha estado tradicionalmente vinculada a técnicas manuales y analógicas, que presentan diversas limitaciones en términos de precisión, personalización y tiempos de confección. En este contexto, el desarrollo e implementación del flujo digital, ha revolucionado el campo de la odontología. Este enfoque tecnológico integra herramientas avanzadas como el escaneo intraoral, el diseño asistido por computadora (CAD) y la fabricación asistida por computadora (CAM), ofreciendo una alternativa innovadora para la confección de DAM.

Las tecnologías digitales, no solo permiten un diseño más preciso y ajustado a las características anatómicas del paciente, sino que también optimizan los procesos de producción, reduciendo tiempos y mejorando la experiencia, tanto para el paciente como para el profesional (1).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar una monografía de revisión sobre Dispositivos de Avance Mandibular desarrollados mediante herramientas del Flujo Digital, haciendo énfasis en su indicación para pacientes con Apnea Obstructiva del Sueño.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Resumir el conocimiento científico disponible sobre las diferentes herramientas digitales para la confección de Dispositivos de Avance Mandibular (DAM).
- Describir los aspectos relacionados a la clasificación y confección de los DAM para el tratamiento de la AOS.
- Analizar los conceptos más relevantes acerca de la Apnea Obstructiva del Sueño (AOS) y su enfoque terapéutico con DAM.

#### 4. MÉTODO

Se realizaron búsquedas y recuperación de artículos en diferentes bases de datos electrónicas de 2012 hasta julio de 2024: Science Direct, Pubmed, Scielo, así como en Google Académico. La estrategia de búsqueda incluyó términos MeSH y sinónimos relacionados con el tema de revisión, adaptados para cada base de datos, sin restricciones de idioma para maximizar la búsqueda de artículos.

Se aplicaron los operadores “AND” y “OR” para combinar los términos. Los criterios de inclusión fueron los siguientes: idioma español e inglés, acceso al texto completo publicados en los últimos 12 años (de enero de 2012 a julio de 2024)

La estrategia de búsqueda se basó en la combinación de palabras clave y descriptores MeSH: occlusal splints; AllFields: digitalisation, digitalization, digitalised, digital, image, mandibular advancement, virtual articulator, and sleep apnea obstructive y sus correspondientes denominaciones en español. En la Fig. 1 se grafica la metodología de la búsqueda y estrategia de selección de artículos.

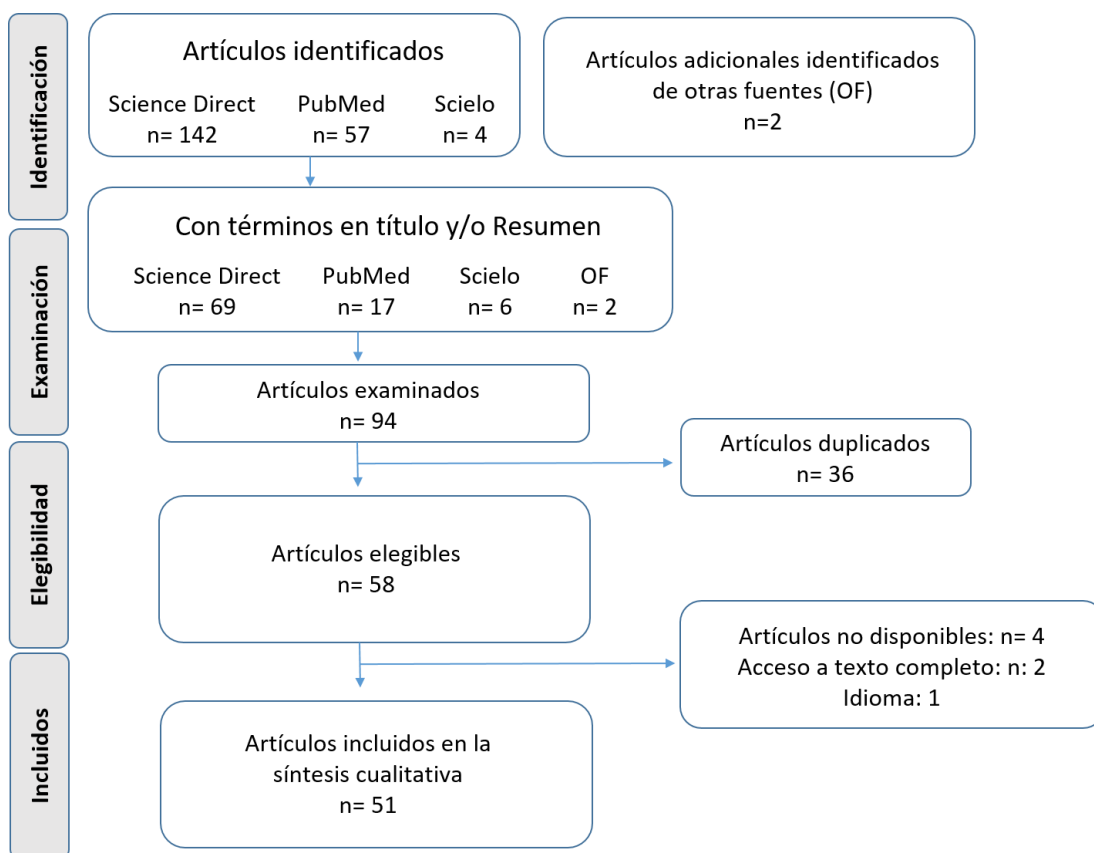


Fig 1. Metodología de la búsqueda y estrategia de selección de artículos.

## **5. DESARROLLO**

### **5.1. AOS**

#### **5.1.1. DEFINICIÓN**

Desde el año 1976 en el que Guilleminault y colaboradores, definieron el término de síndrome de apnea del sueño para describir a personas con apneas obstructivas y somnolencia durante el día, tanto la definición como la nomenclatura de dicha enfermedad, se ha ido modificando a lo largo de los años. Así, en el documento de consenso nacional de 2005, se utilizó el concepto de síndrome de apneas-hipopneas del sueño (SAHS), evidenciando la importancia de las apneas e hipopneas producidas en esta enfermedad.

El documento internacional de consenso sobre apnea obstructiva del sueño publicado en 2022, incluye una nueva nomenclatura, eliminando la palabra «hipopnea», así como la palabra «síndrome», que es una terminología que se aleja de la realidad de la enfermedad. Por tanto, se recomienda usar la denominación de «apnea obstructiva del sueño» y sus siglas AOS.

Además de la tríada clásica, en la apnea del sueño aparecen otra serie de síntomas tanto diurnos (sueño no reparador, cansancio, cefalea matutina, irritabilidad, apatía, dificultad para la concentración, pérdida de memoria, disminución de la libido, impotencia) como nocturnos (episodios asfícticos, diaforesis, despertares frecuentes, nicturia, sueño agitado, insomnio y reflujo gastroesofágico).

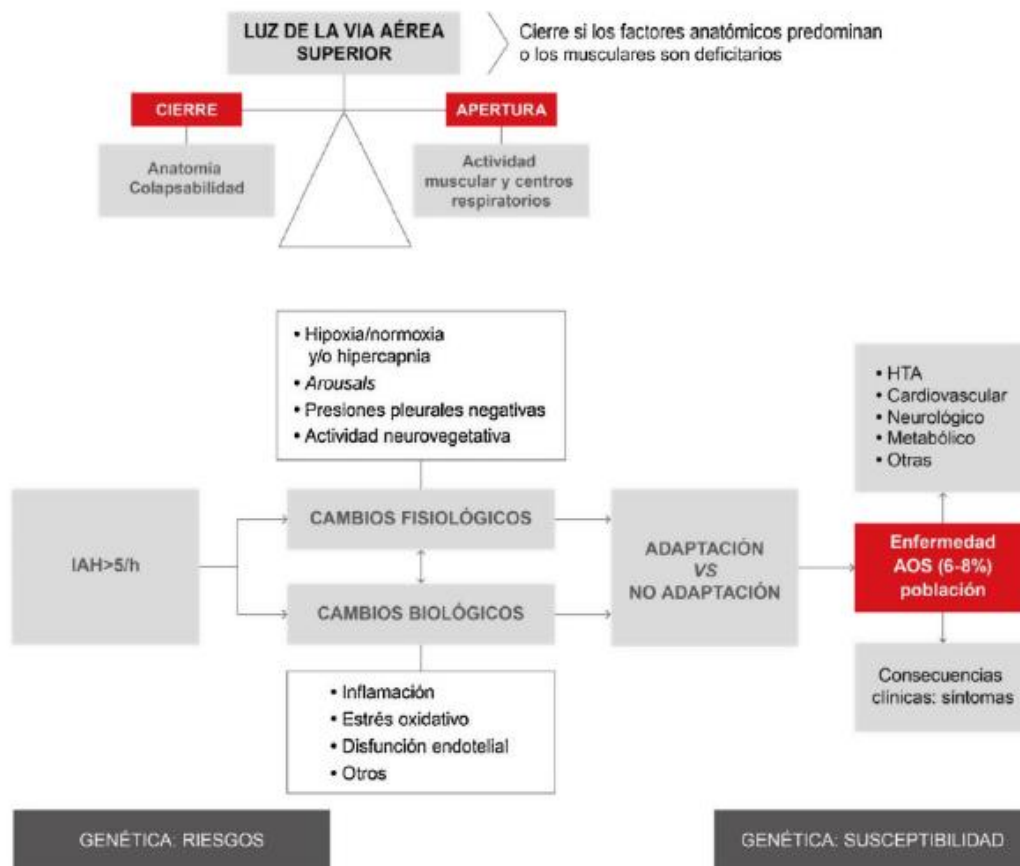
El diagnóstico de AOS, se considera cuando se cumplen los puntos 1 o 2:

1. La presencia de un índice de apneas-hipopneas (IAH)  $\geq 15/h$ , predominantemente obstructivas.
2. La presencia de un IAH  $\geq 5/h$  acompañado de uno o más de los siguientes factores: excesiva somnolencia durante el día, sueño no reparador, cansancio excesivo y/o deterioro de la calidad de vida relacionada con el sueño, no justificables por otras causas (3).

#### **5.1.2. CARACTERÍSTICAS FISIOPATOLÓGICAS**

La Vía Aérea Superior (VAS) de los pacientes con apneas obstructivas, tiende a colapsar durante el sueño, resultando en la oclusión total o parcial de la misma. El cese de la respiración ocurre hasta que se produce un microdespertar, que reactiva la musculatura, logrando su reapertura. El episodio apneico aparece cuando estos factores que tienden a cerrar la luz de la vía aérea, no pueden contrarrestarse con la

capacidad de los músculos dilatadores de la faringe y/o de los centros respiratorios que la mantienen abierta (fig. 2) (4).



**Fig 2.** Diagrama del método utilizado (RAND/UCLA modificado). Imagen tomada de Montserrat J.M. y cols, 2022.

En el proceso fisiológico y biológico producido durante la apnea obstructiva del sueño, la obstrucción de la vía aérea superior (VAS) es consecuencia de un desequilibrio entre las fuerzas que tienden a mantenerla abierta (actividad de su musculatura), frente a aquellas que tienden a cerrarla (factores anatómicos).

Este desequilibrio da lugar a un aumento de la colapsabilidad de la VAS, produciendo el episodio respiratorio (apnea o hipopnea). Se estima que un 19% de la población general, tiene un número de apneas-hipopneas por hora superior a 10 (4).

Estos episodios conllevan una serie de cambios fisiológicos (hipoxia, despertares transitorios y cambios de presión intratorácica), así como biológicos (inflamación, estrés oxidativo, entre otros). Dependiendo de los fenómenos de adaptación individuales, estos episodios dan lugar a enfermedad secundaria en forma de síntomas o constituyen factores de riesgo para el desarrollo de diversas entidades (3).

En la apnea obstructiva del sueño, la alteración en el funcionamiento normal del músculo geniogloso es uno de los principales responsables. Al inicio del sueño, la actividad de dicho músculo cae más rápidamente en pacientes con AOS que en sujetos sanos, disminuyendo la eficacia muscular, sufriendo un descenso del tono muscular, estrechando la luz faríngea, y consecuentemente incrementando la resistencia y obstrucción de la VAS (3).

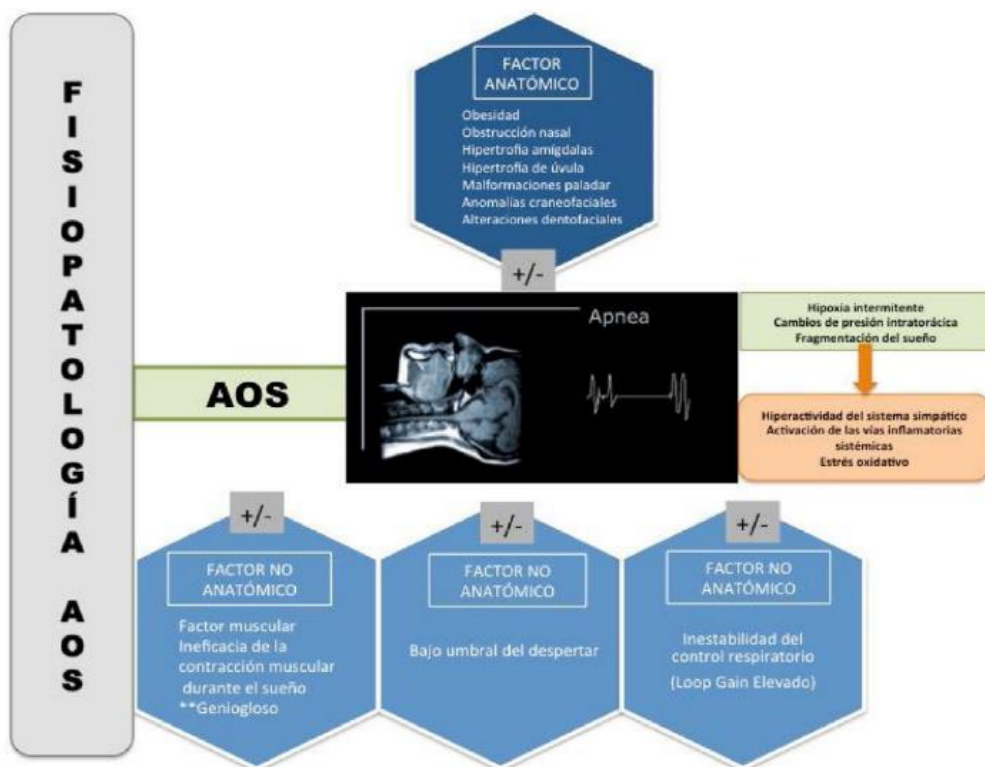
Se han descrito al menos 4 fenotipos fisiopatológicos en las apneas, dentro de estos se diferencian a su vez entre factores anatómicos y no anatómicos (fig. 3).

Factor anatómico:

1) El factor clave implicado en la AOS es el aumento de la colapsabilidad de la vía aérea superior (VAS).

Factor no anatómico o funcional:

- 2) Ineficacia de la contracción muscular durante el sueño.
- 3) Umbral bajo del despertar.
- 4) Inestabilidad del control respiratorio.



**Fig 3.** Factores anatómicos y no anatómicos implicados en la fisiopatología de la AOS. Imagen tomada de Roncero, A. y cols, 2022.

### 5.1.3. TRATAMIENTO

En la mayoría de los casos, la presión positiva continua en la vía respiratoria (CPAP) se considera el tratamiento de elección, ya que está demostrado que se consigue la normalización del IAH en el 90% de los pacientes (3).

No obstante, un documento internacional de consenso publicado en 2022, subraya que las distintas alternativas de tratamiento no son excluyentes, y se recomienda una aproximación terapéutica de carácter multidisciplinar. Todas las opciones médicas, quirúrgicas o físicas disponibles para el tratamiento de la AOS deben ser complementarias y no excluyentes (4).

Los objetivos del tratamiento de la AOS son resolver los signos y síntomas de la enfermedad, restaurar la calidad del sueño, normalizar el IAH, mejorar en lo posible la saturación de oxihemoglobina, reducir el riesgo de complicaciones y disminuir los costos de la enfermedad.

Se insiste en que antes de iniciar cualquiera de las alternativas terapéuticas, el diagnóstico clínico de AOS tiene que ser confirmado por medio de un estudio de sueño validado, el cual incluye:

1. Establecer medidas higiénico-dietéticas en todos los pacientes con AOS, tanto si está indicado o no el tratamiento con presión positiva continua en las vías respiratorias (CPAP).

2. Efectuar una valoración del paciente en la que se identifiquen aquellas entidades asociadas a la AOS y enfermedades causales potencialmente reversibles.

- Tratamiento de la obesidad

- Tratamiento de causas reversibles: como por ejemplo hipotiroidismo, reflujo gastroesofágico, presencia de hipertrofia amigdalina o alteraciones dentofaciales graves.

3. Indicaciones del tratamiento con CPAP: la CPAP constituye un tratamiento eficaz para reducir la gravedad de la AOS, evaluada mediante el IAH, y continúa siendo el tratamiento de elección. Por tanto, una vez completados los pasos previos, las siguientes recomendaciones sobre la indicación del tratamiento con CPAP, están basadas en la evidencia de calidad contrastada según la información disponible en la actualidad y en concordancia con la Academia Americana de Medicina del Sueño. Las distintas alternativas no son excluyentes y se recomienda una aproximación terapéutica de carácter multidisciplinar. Todas las opciones médicas, quirúrgicas o físicas disponibles para el tratamiento de la AOS deben ser complementarias y no excluyentes (4).

## **5.2. DISPOSITIVOS DE AVANCE MANDIBULAR**

### **5.2.1. ANTECEDENTES**

La utilización de aparatos intraorales en el tratamiento de los problemas obstructivos de la vía aérea superior (VAS) no es un concepto nuevo. En 1923, Pierre Robin preconizaba la utilización de un aparato de estas mismas características (monobloc), con el objeto de realizar un adelantamiento funcional mandibular, llevando a esta última hasta una posición más avanzada. Con ello se conseguía un arrastre añadido de la lengua y se evitaba la caída lingual hacia atrás (glosoptosis), que aparecía durante el decúbito supino en niños con hipoplasia mandibular (5).

Las primeras publicaciones de la aparatología intraoral en relación con el SAHS, aparecen en la década de los años ochenta del pasado siglo, como un intento de buscar tratamientos alternativos, tanto a los procedimientos quirúrgicos, como a la presión positiva continua en la vía respiratoria superior (CPAP). Aunque se han descrito en el mercado más de 50 tipos de aparatos eficaces para el tratamiento del ronquido, los aparatos de avance mandibular (DAM) en sus dos versiones (avance fijo y avance regulable), son los realmente eficaces en el manejo de los problemas obstructivos de la VAS (1).

### **5.2.2. DEFINICIÓN**

Los dispositivos de avance mandibular (DAM), son aparatos que, mediante el avance mandibular, modifica la posición de la lengua, el paladar blando y el hueso hioides, produciendo un aumento en el diámetro de las vías aéreas superiores, consiguiendo una mayor estabilización y menor colapsabilidad de ellas (3).

Estos dispositivos constan de dos férulas unidas a los arcos dentales superior e inferior, para avanzar y mantener la mandíbula en una posición adelantada, aumentando y estabilizando el espacio de las vías respiratorias faríngeas (6, 7). La recomendación inicial de los mismos, fue en pacientes con Apnea Obstruktiva del Sueño (AOS), que ya tenían indicación de CPAP, pero con baja tolerancia a este último; y en aquellos pacientes con AOS leve o moderado, donde exista sintomatología menor o ronquido (3).

La American Sleep Disorders Association (ASDA), define los DAM como dispositivos que se introducen en la boca y modifican la posición de la mandíbula, la lengua y otras estructuras de soporte de la VAS (vías aéreas superiores), para el tratamiento del ronquido y/o el SAHS. Los considera como una alternativa válida

de primera elección para roncadores simples, pacientes SAHS (Síndrome de Apneas-Hipopneas del Sueño) leve, SAHS leve-moderado con bajo índice de masa corporal, pacientes con síndrome de resistencia aumentada de la vía respiratoria superior (SARVRS); y como segunda elección, pacientes que no responden o rechazan los aparatos de presión positiva, pacientes con riesgo quirúrgico elevado y con deficiente respuesta al tratamiento quirúrgico.

Los DAM realizan un movimiento anterior e inferior de la mandíbula generando variaciones anatómicas en la VAS, que consiguen incrementar el área seccional faríngea. Este movimiento estabiliza y fija la mandíbula y el hueso hioides, lo que impide la posterior rotación de estas estructuras durante el decúbito, y evita la ocupación de la vía respiratoria (1).

Los DAM una vez colocados en boca, se fijan en una posición inicial con cierta protrusión y nivel de apertura (Posición Inicial, SP). Los valores más utilizados para el SP, son una protuberancia inicial entre el 50% y el 75% del máximo avance mandibular y una apertura interincisal entre 2 y 8 mm, aunque existen estudios con una apertura interincisal de entre 4 y 14 mm (8).

La siguiente revisión sistemática y metanálisis, demuestran cómo determinadas morfologías mandibulares (retrognacia y patrón de crecimiento dolicofacial), predisponen a AOS (9).

En otro estudio clínico prospectivo reciente, realizado en Taiwan por Shen HL y colaboradores, donde incluyó cincuenta y dos pacientes con AOS, se les indicó el uso de DAM (bimaxilares ajustables) durante más de 6 semanas.

Las variables clínicas y cefalométricas relevantes, se determinaron al inicio del estudio. Se definió como tratamiento exitoso, cuando se logró una reducción de más del 50 % en la apneahipopnea, encontrando ese resultado en 29 participantes (56 %). La vía aérea retroglótica mínima, posición mandibular y la altura de la cara fueron predictores significativos del éxito del tratamiento con DAM (10).

Un estudio clínico que incluyó cincuenta y dos estudiantes de odontología de la Universidad Alfonso X, de Madrid, analizó el uso de un modelo cinemático de movimiento mandibular en el plano sagital, para estudiar cómo la morfología mandibular afecta los desplazamientos de diferentes partes de la mandíbula, sus variantes y el patrón que siguen. Los resultados obtenidos, también podrían explicar parcialmente, por qué la obstrucción de las vías respiratorias es más grave en determinadas apneas del sueño no tratadas, que en otros pacientes que mantienen la boca abierta durante el sueño.

Incluso sugieren que las placas deben ser realizadas individualizadas, tomando en cuenta el patrón de avance mandibular de cada paciente (8).

### 5.2.3. INDICACIONES

Las indicaciones de los DAM son:

1. Pacientes con AOS de cualquier gravedad subsidiarios de tratamiento con CPAP, pero con imposibilidad de adaptación a la misma. Esta indicación como alternativa a la CPAP es la principal del tratamiento con DAM y debería estar disponible en las unidades de sueño de la sanidad pública.

2. Pacientes con AOS leve o moderada sin indicación de CPAP ni otra alternativa de tratamiento, que presenten sintomatología menor o ronquido que resulte molesto.

Igualmente, antes de la prescripción de un DAM, es necesario que el odontólogo realice una exploración oral para excluir aquellos pacientes que no cumplan criterios de inclusión odontológicos.

Las evidencias actuales apoyan el uso de dispositivos hechos a medida y graduables, ya que consiguen una mejor respuesta respecto al control de los eventos y comodidad para el paciente.

Tras la evaluación de la idoneidad del paciente desde el punto de vista de salud oral, la implementación del tratamiento y su seguimiento, deben realizarse por un odontólogo certificado o experto en las alteraciones respiratorias del sueño, que caracterizan a la AOS y que trabaje de forma coordinada con una unidad del sueño. El diagnóstico de AOS y la eficacia del DAM, deben ser objetivados mediante PR o PSG. La Poligrafía Respiratoria (PR), consiste en realizar un estudio solamente en los trastornos respiratorios, y la Polisomnografía (PSG) es una prueba más completa, que sirve para diagnosticar distintos problemas del sueño (sonambulismo, apneas, movimientos de piernas durante la noche, etc.) (4).

En un reciente metanálisis, se demuestra que el DAM reduce de forma significativa el IAH, no obstante, los estudios disponibles carecen de homogeneidad en los criterios de inclusión y objetivos. Entre los efectos adversos, se destacan molestias en la zona temporomandibular y cambios oclusales debido al movimiento de las arcadas dentales (11).

En el siguiente ensayo clínico prospectivo, con seguimiento a tres meses, se evaluó la seguridad y viabilidad de la medición objetiva del cumplimiento de OA, utilizando un sistema de microsensor con termómetro integrado, que hace lectura a través de un chip colocado en el Dispositivo de avance mandibular (dicho sensor es para confirmar si el paciente usa o no el DAM).

Durante el período de seguimiento, la tasa de uso habitual de OA fue del 82% con un uso objetivo promedio de OA de  $6,7 \pm 1,3$  h por día, en comparación con la adherencia al tratamiento con el de CPAP, que es a menudo pobre. Los altos niveles

de cumplimiento durante la terapia de OA en este estudio son favorables. Este cumplimiento relativamente alto, influye favorablemente en la MDA (alivio medio de la enfermedad), definida como una función combinada de eficacia y cumplimiento, siendo una medida del efecto terapéutico global. Es mayor la efectividad de esta opción terapéutica específica con DAM, en comparación con otras modalidades de tratamiento para AOS.

En suma, los resultados de este estudio, demostraron que el alivio medio de la enfermedad se calculó como 51,1%, que es comparable con la tasa de efectividad de la CPAP (50%).

Estos resultados se ajustan a la hipótesis de que el tratamiento con dispositivos de avance mandibular, a pesar de ser inferior a la CPAP en la reducción del IAH, podría traducirse en un IAH similar y una efectividad similar, debido a un mayor cumplimiento.

Con base en los resultados de este estudio, se recomienda que el uso real de OA debe registrarse objetivamente en todos los pacientes con AOS, sometidos a terapia de OA (2).

Un metanálisis realizado en 2021 (que a su vez es una continuación del metanálisis que se realizó en 2017), comparó el tratamiento actual de primera línea para la AOS, es decir, el tratamiento continuo con presión positiva en las vías respiratorias (CPAP), con dispositivos de avance mandibular (DAM) en AOS de leve a grave.

El trabajo concluyó que el CPAP sigue siendo el estándar de oro para el tratamiento de la AOS y debería seguir siendo lo más recomendado, y que el DAM se puede utilizar como tratamiento complementario o como tratamiento para aquellos que no pueden acceder fácilmente o no prefieren el CPAP.

A pesar de la eficacia del CPAP en el tratamiento de la AOS, existe una baja satisfacción y cumplimiento del paciente, por varias razones, que van desde el costo, hasta la reticencia a dormir con una mascarilla en la cara. Es por eso, que en los últimos años, los DAM son indicados con mayor frecuencia entre los profesionales que trabajan en el área de la Medicina Odontológica del Sueño. No obstante, y según el metanálisis de Pattipati M y colaboradores, su indicación está limitada a casos leves y moderados de AOS y tradicionalmente no es un reemplazo para CPAP en AOS grave (12).

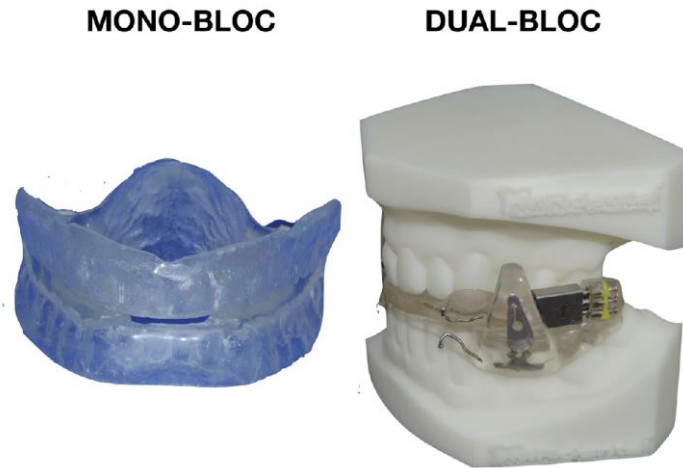
### 5.2.3. CLASIFICACIÓN

Existen múltiples clasificaciones, para los DAM (13).

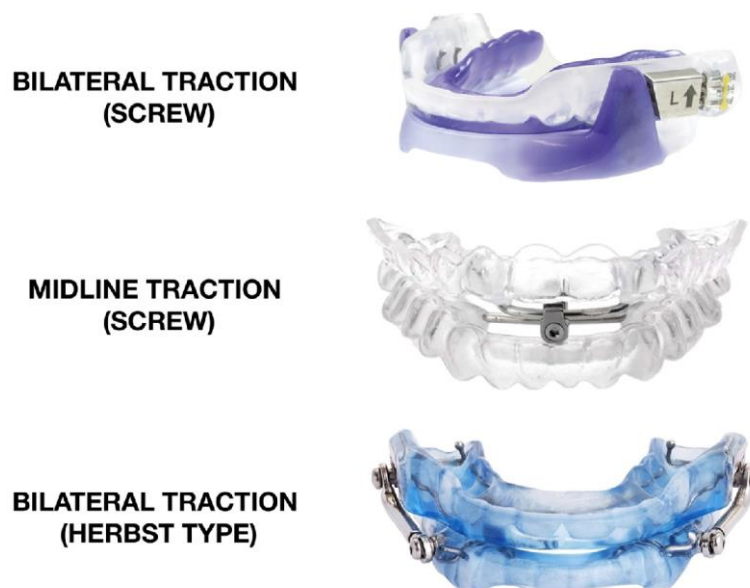
A continuación citaremos algunas de ellas:

- Según el material:
- Diferentes tipos de Resinas
  - Acrílicos solos
  - Acrílicos junto a Láminas Preformadas
  - Nylon
- Según el diseño:
- Capacidad de avance mandibular progresivo
  - Capacidad de movimientos laterales
- Según ajuste:
- Mono-Bloc
  - Dual-Bloc
- Según objetivo:
- Permanentes
  - Provisorias
- Según indicación:
- Prefabricados
  - Personalizados
- Según su confección:
- Laboratorio Convencional
  - Fresado CAD/CAM
  - Impresión 3D CAD/CAM

Según la revisión de la literatura, publicada por Antonino Lo Giudice y colaboradores, 2024, encontraron hallazgos contradictorios con respecto a las preferencias de los pacientes por los DAM. Algunos estudios sugieren que se prefieren los dispositivos monobloque para los pacientes, lo que resulta en mayores tasas de cumplimiento y éxito del tratamiento. En cambio, otros estudios reportan lo contrario, que prefieren los DAM Bi-Bloque. Otras investigaciones concluyeron que no hay diferencias significativas en la preferencia de los pacientes entre los diseños monobloque y otros DAM (Fig.4 y Fig. 5) (14).



**Fig 4.** Ejemplos de DAM mono-bloc y dual-bloc. Imagen tomada de Lo Giudice, A. y cols, 2024.



**Fig 5.** Ejemplos de DAM dual-bloc con diferentes tipos de sistemas de avance. Imagen tomada de Lo Giudice, A. y cols, 2024.

Existen múltiples marcas comerciales de dispositivos de avance Mandibular disponibles en el mercado, a continuación describiremos algunos de ellos, los cuales fueron presentados en el estudio de Julia A.M. Uniken Venema y colaboradores (15).

- Dispositivo Thornton Adjustable Positioner (TAP) (Fig. 6), tienen un tornillo fijo en la parte frontal superior del aparato, que conecta ambas partes del aparato (16).



**Fig. 6.** Fotografía del Posicionador Ajustable de Thornton 3 (derecha) y Posicionador Ajustable de Thornton 3 Elite (izquierda).

*Imagen tomada de Kanti V & Aparna M, 2017.*

- Aparato SomnoDent (Somno-Dent, Somnomed AG, Australia) (Fig. 7), es un dispositivo de impulso bilateral, con tornillos en la región de premolares (15).



**Fig. 7.** Aparato SomnoDent. Imagen tomada de Uniken Venema JAM y cols, 2020.

#### 5.2.4. EFECTOS ADVERSOS

Existen diversas publicaciones, que hablan sobre los efectos adversos que provocan los DAM. Un trabajo reciente que incluyó un modelo de elementos finitos para evaluar los efectos adversos de los DAM sobre dientes y ligamentos periodontales, y cuál sería la mejor forma para mitigarlos, concluyó: que un mecanismo de conexión central podría afectar principalmente los dientes anteriores, y que un mecanismo de conexión lateral, proporciona una distribución más uniforme de las cargas sobre todos los dientes (7).

El Informe del Grupo de Trabajo de la Academia Americana de Medicina del Sueño (1995), reconoce la aparición de trastornos temporomandibulares, como la principal causa para interrumpir la terapia con el DAM (17). Estos dispositivos deben usarse todas las noches y necesariamente tienen algunos efectos secundarios a corto plazo (por ejemplo, sialorrea o xerostomía, dolor de cabeza, malestar en las articulaciones temporomandibulares, sensibilidad en músculos de la masticación, dolor dental y cambios oclusales al despertar).

Por otra parte, a largo plazo puede haber reducción del resalte y de la sobremordida (overjet y overbite), y disminución de la cantidad e intensidad de los contactos oclusales posteriores (17).

Algunos trabajos que incluyeron pacientes con diagnóstico de AOS, y que incorporaron las siguientes variables: distribución de carga en dientes, desplazamiento dental y estrés dental; concluyeron que los cambios dentales son el efecto secundario más evidente del tratamiento con DAM, causado por la fuerza restauradora sobre la ATM (17 y 18).

El estudio de García M, Cabrera y colaboradores, también sirve para entender, que el movimiento de la mandíbula hacia adelante, no es igual en todos los pacientes, y hay modificaciones importantes, en el grado de protrusión en relación a los dientes. Por lo tanto, van a existir pacientes, que utilizando el mismo dispositivo, van a tener consecuencias negativas mayores, que en otros pacientes (8).

Otro estudio clínico, ha sugerido que el uso prolongado de DAM podría causar cambios oclusales, periodontitis, dolor muscular y daño articular. En vista de las dificultades en la medición de los valores mecánicos relevantes in vivo, dicho estudio tuvo como objetivo analizar cuantitativamente los mecanismos biomecánicos que podrían conducir a estos efectos (19).

Un estudio de Uniken Venema JAM y colaboradores, tuvo como objetivo analizar los cambios en la oclusión dental, asociados con la terapia DAM y CPAP a largo plazo.

El uso prolongado de DAM se asocia con cambios en la morfología craneofacial, así como cambios en oclusión dental, incluida una reducción del resalte, la sobremordida, y el número de puntos de contacto oclusales.

Observaron que el CPAP y el DAM resultaron en cambios dentales significativos con el uso a largo plazo (15).

### **5.3. FLUJO DIGITAL**

#### **5.3.1 ANTECEDENTES**

Los Escáneres IntraOrales (IOS) se utilizaron originalmente para exploraciones seccionales y se están utilizando progresivamente para tratamientos de arcada completa. Dichas exploraciones seccionales, se han utilizado durante varios años con precisión clínica y la misma está bien documentada en la literatura. Últimamente, los IOS se están utilizando para tratamientos más extendidos, incluidos tratamientos bucales completos. Sin embargo, su precisión clínica en tratamientos bucales completos, no ha sido respaldada en su totalidad en la literatura (1).

La aplicación de la tecnología digital en el campo de la odontología, comenzó hace unos 30 años. El proceso de digitalización, se ha vuelto común en todos los aspectos de la odontología en la actualidad. La tecnología dental digital incrementa la exactitud de los resultados restaurativos, reduciendo el error humano y el tiempo requerido para la planificación del tratamiento convencional (20).

#### **5.3.2. DEFINICIÓN**

El flujo digital en odontología es un conjunto de procesos que utilizan tecnologías digitales para realizar un trabajo determinado.

Varias publicaciones han informado sobre las técnicas para la producción de férulas oclusales utilizando tecnología de impresión 3D. Estos, han incluido el uso de escáneres digitales para digitalizar las arcadas dentales, seguido del diseño de férulas oclusales mediante software CAD. Actualmente, hay disponibles en el mercado numerosos programas de software CAD dental digital, que son exactos, precisos y eficientes (3).

El flujo de trabajo dental digital consta de varios pasos importantes, en los que las imágenes desempeñan un papel crucial (20, 21). Para realizar el flujo digital, son los escáneres intraorales quienes brindan la posibilidad de sustituir las impresiones

convencionales, por impresiones digitales con sus consecuentes ventajas y limitaciones (22, 23).

La exactitud global de los escáneres intraorales depende de múltiples factores relacionados, entre los que se encuentran: la estrategia y la extensión del área de escaneo, el procedimiento de re-escaneo de los agujeros de malla, los métodos de fusión de varias imágenes para generar imágenes panorámicas o método de stitching y posprocesado, la versión del software de adquisición, la integración con software CAD, las condiciones de luz ambiental, las características de las superficies orales, la presencia de fluidos, el diseño de la preparación dental, la calibración del hardware y la experiencia del operador, entre otros (24, 25). CAD/CAM (computer aided design / computer aided manufacturing) son siglas que hacen referencia a la técnica de producción mediante tecnología informática, aplicadas tanto al diseño, como a la fabricación de piezas de ingeniería, pero que actualmente se utilizan en infinidad de campos, y en el área de la salud cada vez tienen un rol más protagónico. En español se conoce como el diseño asistido por computadora y la fabricación asistida por computadora.

En odontología, emplear un flujo de trabajo CAD/CAM proporciona previsibilidad, eficiencia y rentabilidad, evitando las posibles distorsiones del proceso tradicional, reduciendo todos los tiempos de trabajo y obteniendo restauraciones altamente precisas, resistentes y estéticas, con los nuevos materiales diseñados para estas tecnologías (26, 27).

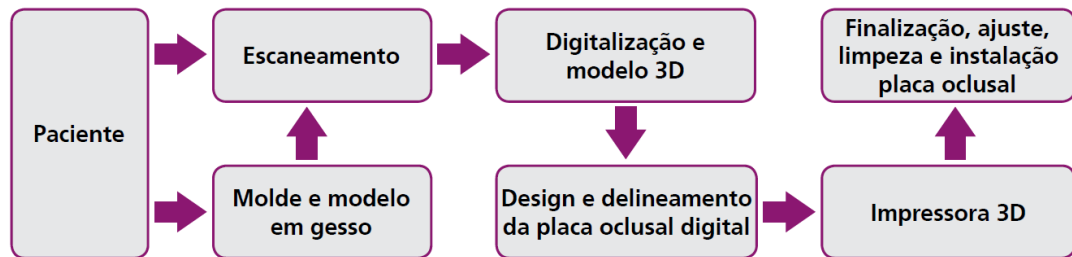
La planificación virtual en odontología digital se ha convertido en un pilar fundamental, ya que permite al profesional obtener un Modelo de Anatomía Digital preciso, lo que facilita la toma de decisiones clínicas. A pesar de la disponibilidad de múltiples softwares gratuitos y otros con diferentes costos (tanto iniciales, como de mantenimiento), cada uno con sus particularidades, es necesario que los odontólogos se familiaricen con las herramientas digitales específicas para poder obtener los mejores resultados posibles. Este proceso también requiere que el profesional mantenga un enfoque continuo de capacitación, dada la rapidez con que evolucionan las tecnologías en este campo. (28)

### **5.3.3. PLANIFICACIÓN VIRTUAL**

La primera instancia en el flujo de trabajo CAD/CAM, es la adquisición de datos del paciente por medio de un aparato de digitalización conocido como escáner. Los sistemas de escaneo pueden ser de 3 tipos: escáner de laboratorio o de escritorio,

escáner intraoral y escáner extraoral, lo que significa que la adquisición de datos del paciente puede ser directa cuando se utiliza un escáner intraoral y/o extraoral, o indirecta cuando se toman impresiones analógicas convencionales y se digitaliza la impresión o el modelo resultante de la misma (29).

Dentro de un flujo de trabajo digital, este puede ser total o parcial como se ve en la siguiente imagen (Fig. 8).



**Fig 8.** Organigrama de las etapas en la confección digital de las placas oclusales  
*Imagen tomada Pretel H. y cols, 2019.*

En la fabricación de cualquier restauración protésica, es necesario registrar la relación entre el maxilar y la mandíbula, utilizando un método preciso. Dependiendo del tipo de prótesis y extensión del tratamiento, la relación entre arcos podría ser relación céntrica (RC) o máxima intercuspidad (MI), y dependiendo del tipo de método de registro, la precisión podría variar (31).

Existen múltiples artículos que explican detalladamente los pasos del proceso digital para poder obtener el DAM. Cada Software presenta determinadas variaciones, por lo tanto es necesario, conocer en profundidad el programa con el cuál esté trabajando cada profesional.

La siguiente es la primera publicación que explica al detalle cada paso, como para que lo pueda entender un profesional novato en el tema, y obtener un DAM, trabajando con un Software gratuito de código abierto (20).

### 5.3.4 ARTICULADORES VIRTUALES

Un articulador virtual, es un software informático capaz de reproducir la relación entre los maxilares y simular el movimiento de la mandíbula (32).

Con los avances de la odontología moderna, se ha concebido una nueva categoría en la clasificación de los Articuladores: los articuladores clase V o virtuales, los cuales

simulan las condiciones reales del paciente con más precisión y menos errores, permitiendo disminuir el tiempo de sillón, aumentando la comodidad del paciente y eficiencia en el tratamiento.

La evolución de los articuladores digitales se inició hace más de 20 años con el articulador matemáticamente ajustable de Szentpetery en 1999.

Luego en el 2000, Kordass y Gaertner desarrollaron el primer articulador completamente ajustable, que utiliza un rastreador de movimiento mandibular, donde registra las trayectorias exactas del movimiento de la mandíbula, mediante un sistema electrónico de registro de dicho movimiento, llamado Jaw Motion Analyzer (Zebris) (33).

Los articuladores virtuales permiten el análisis de la oclusión estática y dinámica, así como la relación de la mandíbula, sin riesgo de errores de laboratorio, como los que ocurren durante el montaje de los modelos de estudio en el articulador (34, 35).

Sin embargo, otros autores afirman que, los articuladores virtuales disponibles actualmente no logran ubicar el modelo maxilar digitalizado en la posición exacta en el entorno virtual. Algunos ubican los modelos en un articulador mecánico con un arco facial y luego esta posición se digitaliza para el entorno virtual (36, 37).

Este artículo de Revisión, publicado por Gary Goldstein & Charles Goodacre en 2022, explica que el odontólogo debe tener un conocimiento claro sobre los articuladores mecánicos, y la importancia de comprender en profundidad los articuladores virtuales y su funcionamiento (38).

Sigue siendo un gran desafío la transferencia de modelos digitalizados al articulador virtual. En este artículo se describe paso a paso una técnica mejorada para la transferencia de un modelo maxilar a un articulador virtual con una novedosa metodología basada en ingeniería inversa (39).

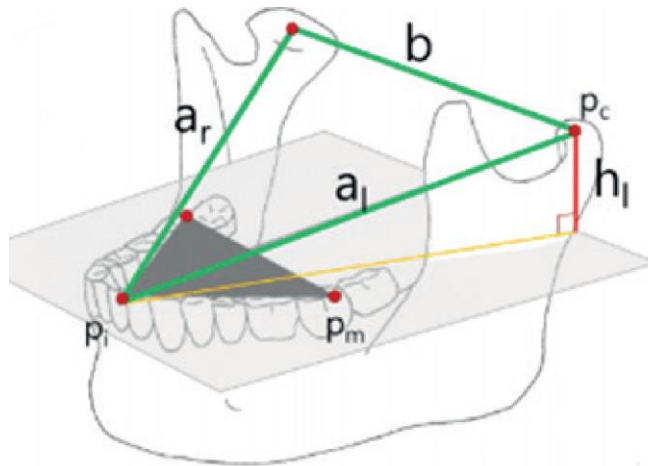
El propósito de la siguiente publicación, fue introducir un flujo de trabajo digital, usando diferentes datos, fundamentalmente los datos del escaneado de un articulador mecánico. Luego de eso, se digitaliza toda la información obtenida, y se empieza a trabajar con el software (40).

Entre los sistemas de articuladores digitales comerciales que existen, tenemos el sistema CAD/CAM Ceramill Map 300 de Amann Girrbach, el sistema Dental CAD/CAM de 3Shape y el articulador exocad de exocad GmbH (41).

Clasificación de los articuladores digitales:

1. Matemáticamente ajustables.

Se basan en una simulación matemática para representar los movimientos mandibulares, actuando como un articulador con valores promedio. El montaje en estos articuladores se considera arbitrario (Fig. 9).



**Fig. 9.** Puntos de referencia anatómicos para el articulador virtual. Triángulo de Bonwill (triángulo verde); plano oclusal (plano gris y línea amarilla); “a” corresponde al brazo derecho e izquierdo del triángulo de Bonwill; “b” a la base del triángulo; “h” a la altura; “B” al ángulo de Balkwill; “pi” al punto medio del borde incisal; “pm” a la punta de la cúspide distobucal del segundo molar y “pc” al centro del cóndilo.

*Imagen tomada de Díaz Díaz P. y cols, 2021.*

Los articuladores digitales matemáticamente ajustables basan el montaje de los modelos en un triángulo equilátero de 100 mm de lado, con vértices en los cóndilos y en la cara lingual de los incisivos centrales inferiores.

2. Completamente ajustables.

Corresponden a articuladores digitales, a los que se le pueden importar registros que reproducen exactamente los movimientos tridimensionales de la mandíbula, utilizando un sistema electrónico de registro denominado jaw motion tracking system (JMT). Es un sistema basado en sensores que rastrean la mandíbula del paciente durante sus movimientos funcionales. Además del software, puede utilizar ciertos marcadores, que permiten la integración completa con sistemas de registro intraoral y tomografía computarizada volumétrica (TCV) (33).

Existen diferentes sistemas de sensores en el mercado, los que se basan fundamentalmente en dos principios: ultrasónicos y ópticos.

El Jaw Motion Analyzer, su principio de funcionamiento se basa en capturar los movimientos mandibulares por un conjunto de emisores de ultrasonido que se encuentran adheridos a las superficies vestibulares de los dientes mandibulares, usando una plantilla personalizada.

Por otra parte, Modjaw™ utiliza un lápiz de posicionamiento óptico para conectar el escáner bucal, por lo que puede combinarse con un escáner intraoral sin necesidad de tomar una TCV (tomografía computarizada volumétrica), lo que significa una reducción en la dosis de radiación recibida por el paciente (33).

Múltiples autores, han propuesto agregar elementos al momento de registrar los movimientos y las referencias mandibulares.

También existen dispositivos médicos basados en tecnología de campo magnético, que registra los movimientos de la mandíbula. Uno de ellos es el sistema Dental Motion Decoder (sistema DMD) (42).

Un ejemplo de cómo utilizar estos sistemas, se describe en el siguiente informe, donde su propósito, fue explicar una técnica totalmente digital para evaluar la posición mandibular tanto en oclusión de relación céntrica (CR), como en posición de máxima intercuspidad (MI), utilizando un articulador virtual basado en tomografía computarizada volumétrica (TCV) (43).

Los siguientes artículos explican escaneos faciales, y fotografías de la cara.

La cara y los labios se consideran referencias clave a la hora de determinar la posición de los dientes.

Se busca un escaneo facial y coincidencia de modelos digitales integrados mediante horquilla de transferencia digital (44 - 46).

Las técnicas fotográficas, capturan la posición natural de la cabeza y permiten al odontólogo alinear una fotografía de referencia 2D, con el escaneo digital intraoral maxilar y el articulador virtual (47).

A su vez, un artículo que utilizó diversas técnicas instrumentales combinadas, presentó un método para la aplicación digital de diagnóstico y tratamiento tridimensional (3D) con un articulador virtual y datos 3D, utilizando TCV, escaneos intraorales y faciales. Concluyó que el método descrito en este artículo, ofrece el potencial para un proceso de diagnóstico y tratamiento, integrando perfectamente TCV, exploraciones intraorales y escaneos faciales con un alto grado de precisión. Esto puede mejorar la precisión en el diagnóstico y planificación de tratamientos (48). Es importante personalizar la orientación del modelo y la configuración de los parámetros del articulador virtual, según los cóndilos del paciente, ya que son partes

indispensables en el flujo de trabajo digital. Toda la información obtenida a través de los registros digitales conseguidos con los métodos descritos anteriormente, siempre debe ser procesada mediante un Software (49).

Actualmente existen diversas marcas, entre las cuales, algunas son de libre acceso y otras necesitan de determinadas licencias para su completo funcionamiento (40).

Incluso muchos de estos programas, tienen la capacidad de utilizar inteligencia artificial (IA), la cual se ha expandido a áreas que se pensaba eran solo para expertos científicos en el campo de la salud (50, 51).

## 6. DISCUSIÓN

Hasta hace unos años, se utilizaba el concepto de síndrome de apneas-hipopneas del sueño (SAHS), para referirse al trastorno asociado a las apneas. Sin embargo, el documento internacional de consenso (DIC) sobre apnea obstructiva del sueño publicado recientemente (2022), propone una nueva nomenclatura, eliminando las palabras «hipopnea», y «síndrome». En este consenso, los investigadores más destacados de la temática coinciden, que dichas terminologías se alejan de la realidad de la enfermedad, recomendando la denominación de «apnea obstructiva del sueño» y sus siglas AOS como criterio de consenso (4).

Para algunos autores, la apnea obstructiva del sueño (AOS) es un trastorno respiratorio común (9, 11), que, a pesar de su alta prevalencia (12), sigue siendo subdiagnosticado en muchas personas. Muchos trabajos coinciden que el tratamiento con el CPAP, es más efectivo que otras alternativas. Sin embargo, otros autores consideran importante incluir en la decisión terapéutica, los desafíos relacionados con la baja adherencia y la incomodidad del paciente. En este sentido, los expertos en el área sugieren la búsqueda de alternativas terapéuticas. Una de ellas son los DAM, que han ganado popularidad en los últimos años debido a su efectividad en casos de AOS leve a moderada y a su mejor aceptación por parte de los pacientes (10).

Según Vanderveken y colaboradores, el uso de DAM presenta ventajas significativas, entre ellas: su capacidad para mejorar la adherencia al tratamiento, en comparación con el CPAP, debido a su incomodidad. En las conclusiones, los autores aseguran que los DAM, al ser menos invasivos, ofrecen una experiencia menos disruptiva durante el sueño, tendiendo a ser mejor aceptados por los pacientes, superando el 80% de cumplimiento al tratamiento, lo que es muy superior en comparación con el cumplimiento con el CPAP (2).

Asimismo en términos de eficacia, algunos estudios han demostrado que los DAM pueden ser eficaces en la reducción del IAH y en la mejora de los síntomas relacionados con la AOS, tales como la somnolencia diurna y el ronquido. A pesar de que el CPAP sigue siendo el tratamiento de referencia para la AOS grave, los DAM han mostrado ser una alternativa válida para aquellos pacientes que no se adaptan al CPAP, o que padecen formas más leves de la enfermedad (7, 17).

De todas maneras, algunos autores sugieren incluir otros factores al momento de indicar el tratamiento más adecuado, como la morfología mandibular y la presencia de ciertas características anatómicas (como retrognacia o patrón de crecimiento dolicofacial). En esa línea, una revisión sistemática con metanálisis, constató que esas variables anatómicas pueden influir significativamente en la eficacia del tratamiento. A los efectos de mejorar la adherencia y la eficacia del tratamiento, los estudios sugieren incluir modelos cinemáticos del movimiento mandibular para personalizar aún más los DAM (9).

Otro estudio que incluyó pacientes con AOS, coincide con los hallazgos de Neelapu y colaboradores (9), que encuentran asociaciones entre morfología mandibular y probabilidad de respuesta positiva al tratamiento con DAM (10).

En esa línea, García y colaboradores, sugieren que el movimiento de la mandíbula hacia adelante, no es igual en todos los pacientes, y hay modificaciones importantes en el grado de protrusión en relación a los dientes. Por lo tanto, van a existir pacientes, que utilizando el mismo dispositivo, van a tener consecuencias negativas mayores, que en otros pacientes (8).

Un ensayo que evaluó el alivio medio de la enfermedad al utilizar DAM, constató valores equivalentes al alivio usando CPAP (51.1% vs 50% respectivamente). Según los autores, estos resultados se ajustan a la hipótesis de que el éxito del tratamiento con dispositivos de avance mandibular, a pesar de ser inferior al CPAP en la reducción del IAH, podría traducirse en un IAH similar y una efectividad similar, debido a un mayor cumplimiento. Por último, los investigadores recomiendan que el uso real de OA debe registrarse objetivamente en todos los pacientes con AOS, sometidos a terapia de OA (2).

En relación a la posición inicial protrusiva, varios autores coinciden en que debe ser individualizada para cada paciente, y tomar en cuenta el movimiento mandibular (10, 13).

A los efectos de minimizar los errores en la confección de los dispositivos, y en última instancia maximizar el éxito del tratamiento, la incorporación de herramientas de flujo digital, cobran particular relevancia. En este sentido, los investigadores coinciden en que los escáneres intraorales, han sido una de las innovaciones más significativas en la odontología digital, reemplazando las tradicionales impresiones convencionales. Aunque la literatura documenta una alta precisión en el uso de los IOS para exploraciones seccionales, la aplicabilidad de estos dispositivos para tratamientos de arcadas completas aún está bajo discusión. La precisión de estos escáneres depende de varios factores, como la estrategia de escaneo, la extensión

del área, el tipo de software y la experiencia del operador. Por lo tanto, los expertos coinciden en que es esencial que los profesionales de la odontología estén debidamente capacitados para manejar las herramientas y minimizar posibles errores (6, 8).

Existe gran consenso entre los investigadores, en que el avance tecnológico en la odontología, particularmente con el flujo digital, ha revolucionado la confección de estos dispositivos. El escaneo intraoral y el diseño asistido por computadora (CAD) han permitido una personalización precisa de los DAM, adaptándose mejor a las características anatómicas individuales de los pacientes. Este enfoque no solo mejora la eficacia del tratamiento, sino que también reduce el tiempo de fabricación y aumenta la comodidad para los pacientes. A su vez, la precisión en el diseño contribuye a la mejor tolerancia y efectividad de los dispositivos (24, 25).

Para Solaberrieta el flujo de trabajo digital en este tipo de tratamientos, debe incluir la utilización de articuladores virtuales, los cuales permiten el análisis de la oclusión estática y dinámica, así como la relación de los maxilares, sin riesgo de errores de laboratorio, como los que ocurren durante el montaje de los modelos de estudio en el articulador (40). Sin embargo otros autores, afirman que, los articuladores virtuales disponibles actualmente, no logran ubicar el modelo maxilar digitalizado en la posición exacta dentro del entorno virtual. Algunos ubican los modelos en un articulador mecánico con un arco facial y luego esta posición se digitaliza para el entorno virtual (39).

Si bien la incorporación de estas técnicas digitales, tienden a la confección de mejores dispositivos, el uso de los DAM no está exento de efectos adversos. Entre los efectos secundarios más comunes descritos por diversos trabajos, se incluyen molestias en las articulaciones temporomandibulares, dolor dental, cambios oclusales y en algunos casos dolor muscular. Estos efectos son generalmente de carácter temporal, pero en algunos casos pueden convertirse en problemas permanentes, si no se manejan adecuadamente (15, 19).

Según Kushida y colaboradores (17) y Arslan y colaboradores (18), el uso prolongado de los DAM puede llevar a alteraciones en la morfología dental, como la reducción del resalte y la sobremordida. También se ha encontrado que la presión ejercida por el dispositivo puede tener un impacto en los dientes y ligamentos periodontales, lo que refuerza la importancia de un seguimiento profesional continuo durante el tratamiento (17, 18).

Otro estudio clínico reciente ha sugerido que el uso prolongado de DAM podría causar cambios oclusales, periodontitis, dolor muscular y daño articular (19).

En esa línea, otro trabajo a largo plazo del 2020, concluyó que el uso prolongado de DAM, se asocia con cambios en la morfología craneofacial, así como cambios en la oclusión, incluida una reducción del resalte, la sobremordida, y el número de puntos de contacto oclusales (15).

## 7. CONCLUSIONES

La apnea obstructiva del sueño (AOS) es una condición que afecta a una gran parte de la población mundial y está asociada con múltiples complicaciones, tanto físicas como cognitivas. Su tratamiento ha sido principalmente abordado con la presión positiva continua en las vías respiratorias (CPAP), aunque los DAM han cobrado relevancia por su eficacia, especialmente en casos de AOS leve y moderada, y por su mayor aceptación entre los pacientes.

A lo largo de la revisión, se ha destacado el papel fundamental que los DAM desempeñan en la mejora de la respiración durante el sueño, mediante el avance de la mandíbula, lo que permite estabilizar y ampliar las vías respiratorias superiores. En paralelo, los avances tecnológicos en el ámbito de la odontología, han permitido a través de un flujo de trabajo digital la mejora en la confección de estos dispositivos, facilitando su personalización y aumentando su eficacia.

Es así que, la integración de tecnologías digitales como el escaneo intraoral, el diseño asistido por computadora (CAD) y la fabricación asistida por computadora (CAM), han marcado un cambio significativo en el proceso de diseño y producción de los DAM, mejorando la precisión y reduciendo tiempos de fabricación.

Por otro lado, el uso de articuladores virtuales, que permiten la simulación precisa de los movimientos mandibulares y la relación entre los arcos dentales, está mejorando significativamente la planificación y ejecución de los tratamientos.

Este nuevo paradigma, ha provocado un cambio en el flujo de trabajo analógico a un flujo digital, pero requiere de una pronunciada curva de aprendizaje y comprensión de los diversos hardwares y softwares que componen cada etapa del proceso.

Los avances hacia la integración de tecnologías, como los escaneos faciales y la incorporación de inteligencia artificial (IA) en los sistemas CAD/CAM, podrían ayudar a superar estos obstáculos, aunque aún hay incertidumbre sobre la dependencia de la IA para garantizar resultados óptimos. Estos avances en el procesamiento de los datos, está transformando la forma en que se diagnostica y trata la AOS.

De manera complementaria a los avances tecnológicos, la inter y la transdisciplina cobran relevancia en este tipo de afecciones. En este sentido, en los últimos años surge el concepto de medicina dental del sueño, que hace énfasis en el diagnóstico y tratamiento de los trastornos respiratorios del sueño, como la apnea obstructiva y el ronquido, imponiendo el trabajo multidisciplinario de especialistas en áreas, como la otorrinolaringología, neurología y odontología. Por lo expuesto, resulta de vital

importancia la formación de recursos humanos en esta área del conocimiento con posgrados, que hagan énfasis en el diagnóstico y tratamiento de este tipo de afecciones.

En suma, la evolución de las tecnologías digitales y la personalización de los tratamientos, ofrecen un panorama prometedor en el manejo de la apnea obstructiva del sueño, con dispositivos más eficientes, lo que no solo mejora la eficacia terapéutica, sino también la calidad de vida de los pacientes. Sin embargo, el futuro de estos tratamientos dependerá de la continua integración y optimización de estas tecnologías para superar los desafíos actuales en términos de precisión y accesibilidad.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dispositivos de avance mandibular (DAM) en el tratamiento del SAH. Arch Bronconeumol 2005; 41 Supl 4:68-74.
2. Vanderveken OM, Dieltjens M, Wouters K, De Backer WA, Van de Heyning PH, Braem MJ. Objective measurement of compliance during oral appliance therapy for sleep-disordered breathing. Thorax. 2013 Jan;68(1):91-6. doi: 10.1136/thoraxjnl-2012-201900. Epub 2012 Sep 19. PMID: 22993169; PMCID: PMC3534260.
3. Roncero, A., Castro, S., Herrero, J., Romero, S., Caballero, C., & Rodriguez, P. (2022). Apnea obstructiva de sueño. Open Respiratory Archives, 4(3), 100185.
4. Montserrat J.M., Alonso-Álvarez M.L., Almendros I., Alonso-Fernández A., et al. International Consensus Document on Obstructive Sleep Apnea. Arch Bronconeumol. 2022;58:52–68. doi:10.1016/j.arbres.2021.03.017. [DOI] [PubMed] [Google Scholar].
5. Čverha M, Varga I, Trenčanská T, Šufliarsky B, Thurzo A. The Evolution of Robin Sequence Treatment Based on the Biomimetic Interdisciplinary Approach: A Historical Review. Biomimetics (Basel). 2023 Nov 10;8(7):536. doi: 10.3390/biomimetics8070536. PMID: 37999177; PMCID: PMC10669884.
6. Bilir H, Eyyupoglu SE, Karaman E, Lukic N. Effect of laboratory and chairside polishing methods on the surface topography of occlusal splint materials manufactured using conventional, subtractive and additive digital technologies. Braz Dent Sci. 23;26(3):e3873. <https://doi.org/10.4322/bds.2023.e3873>
7. Caragiuli M, Mandolini M, Landi D, Bruno G, De Stefani A, Gracco A, Toniolo I. A finite element analysis for evaluating mandibular advancement devices. J Biomech. 2021 Apr 15;119:110298. doi: 10.1016/j.jbiomech.2021.110298. Epub 2021 Feb 4. PMID: 33639337.
8. García M, Cabrera JA, Bataller A, Vila J, Mayoral P. Mandibular movement analysis by means of a kinematic model applied to the design of oral appliances for the treatment of obstructive sleep apnea. Sleep Med. 2020 Sep;73:29-37. doi: 10.1016/j.sleep.2020.04.016. Epub 2020 Apr 30. PMID: 32769030.
9. Neelapu BC, Kharbanda OP, Sardana HK, Balachandran R, Sardana V, Kapoor P, Gupta A, Vasamsetti S. Craniofacial and upper airway morphology in adult obstructive sleep apnea patients: A systematic review and meta-analysis of cephalometric studies. Sleep Med Rev. 2017 Feb;31:79-90. doi: 10.1016/j.smrv.2016.01.007. Epub 2016 Jan 30. PMID: 27039222.

10. Shen HL, Wen YW, Chen NH, Liao YF. Craniofacial morphologic predictors of oral appliance outcomes in patients with obstructive sleep apnea. *J Am Dent Assoc.* 2012 Nov;143(11):1209-17. doi: 10.14219/jada.archive.2012.0066. PMID: 23115150.
11. Gottlieb DJ, Punjabi NM. Diagnosis and Management of Obstructive Sleep Apnea: A Review. *JAMA.* 2020 Apr 14;323(14):1389-1400. doi: 10.1001/jama.2020.3514. PMID: 32286648.
12. Pattipati M, Gudavalli G, Zin M, Dhulipalla L, Kolack E, Karki M, Devarakonda PK, Yoe L. Continuous Positive Airway Pressure vs Mandibular Advancement Devices in the Treatment of Obstructive Sleep Apnea: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus.* 2022 Jan 31;14(1):e21759. doi: 10.7759/cureus.21759. PMID: 35251830; PMCID: PMC8890605.
13. Manetta IP, Ettlin D, Sanz PM, Rocha I, Meira E Cruz M. Mandibular advancement devices in obstructive sleep apnea: an updated review. *Sleep Sci.* 2022 Apr-Jun;15(Spec 2):398-405. doi: 10.5935/1984-0063.20210032. PMID: 35371398; PMCID: PMC8906377.
14. Lo Giudice, A.; La Rosa, S.; Palazzo, G.; Federico, C. Diagnostic and Therapeutic Indications of Different Types of Mandibular Advancement Design for Patients with Obstructive Sleep Apnea Syndrome: Indications from Literature Review and Case Descriptions. *Diagnostics* **2024**, *14*, 1915. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14171915>.
15. Uniken Venema JAM, Doff MHJ, Joffe-Sokolova DS, Wijkstra PJ, van der Hoeven JH, Stegenga B, Hoekema A. Dental side effects of long-term obstructive sleep apnea therapy: a 10-year follow-up study. *Clin Oral Investig.* 2020 Sep;24(9):3069-3076. doi: 10.1007/s00784-019-03175-6. Epub 2019 Dec 20. PMID: 31863188.
16. Kanti, V., & Aparna, M. K. (2017). Obstructive sleep apnea in a patient with orofacial pain secondary to cervical fixation. *Journal of the American Dental Association* (1939), 148(3), 185–189. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2016.08.019>
17. Kushida CA, Morgenthaler TI, Littner MR, Alessi CA, Bailey D, Coleman J Jr, Friedman L, Hirshkowitz M, Kapen S, Kramer M, Lee-Chiong T, Owens J, Pancer JP; American Academy of Sleep. Practice parameters for the treatment of snoring and Obstructive Sleep Apnea with oral appliances: an update for 2005. *Sleep.* 2006 Feb;29(2):240-3. doi: 10.1093/sleep/29.2.240. PMID: 16494092.
18. Arslan BO, Yalnız Ö, Hoşgör ZZU. Assessment of the Impact of Different Diagnostic Definitions on REM-related Obstructive Sleep Apnea: Board versus

- Restricted?. J Turk Sleep Med. 2020 Sep;7(3):124-130. doi:10.4274/jtasm.galenos.2020.70894.
19. Zhiguo Z, Ruizhi T, Fan Z, Wenchao S, Maoning W. Biomechanical effects of a mandibular advancement device on the periodontal ligament: Based on different bone models. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2023 Aug;144:105914. doi: 10.1016/j.jmbbm.2023.105914. Epub 2023 May 27. PMID: 37290168.
  20. Buzayan MM, Yeoh OT, Alsadaie K, Sivakumar I. Designing an occlusal appliance digital protocol using an open-source 3D modeling software program: a technical report. *Int J Comput Dent.* 2024 Jun 6;27(2):199-205. doi: 10.3290/j.ijcd.b4174233. PMID: 37350408.
  21. Vandenberghe, B. (2020). The crucial role of imaging in digital dentistry. *Dental Materials*, 36(5), 581– 591.
  22. Sakornwimon N, Leevailoj C. Clinical marginal fit of zirconia crowns and patients' preferences for impression techniques using intraoral digital scanner versus polyvinyl siloxane material. *J Prosthet Dent.* 2017;118(3):386–91.
  23. Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G, Kilpela A, Makynen A. Recent advances in dental optics - Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Opt Lasers Eng.* 2014;54:203–21.
  24. Erozan C, Ozan O. Evaluation of the precision of different intraoral scannercomputer aided design (CAD) software combinations in digital dentistry. *Med Sci Monit.* 2020;26:1–8.
  25. Gibreel M, Perea-Lowery L, Vallittu PK, Lassila L (2021) Characterization of occlusal splint materials: CAD-CAM versus conventional resins. *J Mech Behav Biomed Mater* 124:104813. [https:// doi. org/ 10. 1016/j. jmbbm. 2021. \[104813\]](https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2021.104813).
  26. Logozzo S, et al. Recent advances in dental optics –Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Opt Laser Eng* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.optlaseng.2013.07.017>
  27. Berli C., Thieringer F.M., Sharma N., Müller J.A., Dedem P., Fischer J., Rohr N., Comparing the chanical properties of pressed, milled, and 3D-printed resins for occlusal devices, *J. Prosthet Dent* 2020; 124: 780–786. [CrossRef].
  28. Róth I, Czigola A, Joós-Kovács GL, Dalos M, Hermann P, Borbély J. Learning curve of digital intraoral scanning - an in vivo study. *BMC Oral Health.* 2020 Oct 19;20(1):287. doi: 10.1186/s12903-020-01278-1. PMID: 33076894; PMCID: PMC7574448.
  29. Schlenz MA, Vogler J, Schmidt A, Rehmann P, Wöstmann B. New Intraoral Scanner-Based Chairside Measurement Method to Investigate the Internal Fit of

- Crowns: A Clinical Trial. *Int J Environ Res Public Health*. Mar 25;17(7):2182. doi: 10.3390/ijerph17072182. PMID: 32218254; PMCID: PMC7177940.
30. Pretel H, Martins RP. Confecção digitalizada 3D de placas oclusais . *Orthod. Sci. Pract.* 2019; 12(45):113-119. DOI: 10.24077/2019;1245-113119.
  31. Sweeney S, Smith DK, Messersmith M. Comparison of 5 types of interocclusal recording materials on the accuracy of articulation of digital models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015 Aug;148(2):245-52. doi: 10.1016/j.ajodo.2015.04.025. PMID: 26232833.
  32. Lepidi L, Suriano C, Wang HL, Granata S, Joda T, Li J. Digital fixed complete-arch rehabilitation: From virtual articulator mounting to clinical delivery. *J Prosthet Dent.* 2022 Mar;127(3):398-403. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.08.049. Epub 2020 Dec 13. PMID: 33317830.
  33. Díaz Díaz P, Muñoz Solís J, Contreras Diez de Medina D. Herramientas digitales para la obtención de registros, posicionamiento y articulación virtual de modelos. *Odontol Sanmarquina.* 2021 Feb. 15;24(1):75-83. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/odont/article/view/19699>
  34. Buzayan MM, Etajuri EA, Seong LG, Abidin ZBZ, Sulaiman EB, Ahmed HMA. First steps of a digital workflow to build up a virtual articulator using open-source Autodesk Meshmixer software. *Int J Comput Dent.* 2022 Mar 24;25(1):71-81. PMID: 35322654.
  35. Solaberrieta E, Mínguez R, Barrenetxea L, Otegi JR, Szentpétery A. Comparison of the accuracy of a 3-dimensional virtual method and the conventional method for transferring the maxillary cast to a virtual articulator. *J Prosthet Dent.* 2015 Mar;113(3):191-7. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.04.029. Epub 2015 Jan 2. PMID: 25557006.
  36. Goob J, Erdelt K, Schweiger J, Pho Duc JM, Schubert O, Güth JF. Reproducibility of a magnet-based jaw motion analysis system. *Int J Comput Dent.* 2020;23(1):39-48. PMID: 32207460.
  37. Solaberrieta E, Otegi JR, Mínguez R, Etxaniz O. Improved digital transfer of the maxillary cast to a virtual articulator. *J Prosthet Dent.* 2014 Oct;112(4):921-4. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.03.021. Epub 2014 May 13. PMID: 24836282.
  38. Goldstein G, Goodacre C. Selecting a Virtual Articulator: An Analysis of the Factors Available with Mechanical Articulators and their Potential Need for Inclusion with Virtual Articulators. *J Prosthodont.* 2023 Jan;32(1):10-17. doi: 10.1111/jopr.13517. Epub 2022 Apr 29. PMID: 35344633

39. Kim JE, Kim SJ, Kwon DH, Shim JS, Kim JH. Mounting casts on a mechanical articulator by using digital multisource data: A dental technique. *J Prosthet Dent.* 2021 Jan;125(1):41-45. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.10.022. Epub 2020 Feb 4. PMID: 32033790.
40. Solaberrieta E, Garmendia A, Minguez R, Brizuela A, Pradies G. Virtual facebow technique. *J Prosthet Dent.* 2015 Dec;114(6):751-5. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.06.012. Epub 2015 Sep 12. PMID: 26372628.
41. Carossa M, Cavagnetto D, Ceruti P, Mussano F, Carossa S. Individual mandibular movement registration and reproduction using an optoelectronic jaw movement analyzer and a dedicated robot: a dental technique. *BMC Oral Health.* 2020 Oct 7;20(1):271. doi: 10.1186/s12903-020-01257-6. PMID: 33028288; PMCID: PMC7542888.
42. Park JH, Lee GH, Moon DN, Kim JC, Park M, Lee KM. A digital approach to the evaluation of mandibular position by using a virtual articulator. *J Prosthet Dent.* 2021 Jun;125(6):849-853. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.04.002. Epub 2020 Jul 2. PMID: 32624222.
43. Sun A, Yang Y, Gao H, Lin WS, Chen L, Tan J. Integrating Facial and Intraoral Scans for Digital Esthetic and Occlusal Design: A Technical Report. *J Prosthodont.* 2021 Oct;30(8):729-733. doi: 10.1111/jopr.13397. Epub 2021 Jun 19. PMID: 34109701.
44. Lam WYH, Hsung RTC, Choi WWS, Luk HWK, Cheng LYY, Pow EHN. A clinical technique for virtual articulator mounting with natural head position by using calibrated stereophotogrammetry. *J Prosthet Dent.* 2018 Jun;119(6):902-908. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.07.026. Epub 2017 Sep 29. PMID: 28969919.
45. Amezua X, Iturrate M, Garikano X, Solaberrieta E. Analysis of the influence of the facial scanning method on the transfer accuracy of a maxillary digital scan to a 3D face scan for a virtual facebow technique: An in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2022 Nov;128(5):1024-1031. doi: 10.1016/j.prosdent.2021.02.007. Epub 2021 Mar 12. PMID: 33722381.
46. Kois JC, Kois DE, Zeitler JM, Martin J. Digital to Analog Facially Generated Interchangeable Facebow Transfer: Capturing a Standardized Reference Position. *J Prosthodont.* 2022 Mar;31(S1):13-22. doi: 10.1111/jopr.13437. PMID: 34605582.
47. Lee KC, Park JH, Kim JC, Lee S, Moon D, Lee GH. Digital application of three-dimensional diagnosis and treatment with a virtual articulator. *J Esthet Restor Dent.* 2024 May;36(5):710-722. doi: 10.1111/jerd.13185. Epub 2023 Dec 22. PMID: 38131436.

48. Yang S, Feng N, Li D, Wu Y, Yue L, Yuan Q. A Novel Technique to Align the Intraoral Scans to the Virtual Articulator and Set the Patient-Specific Sagittal Condylar Inclination. *J Prosthodont.* 2022 Jan;31(1):79-84. doi: 10.1111/jopr.13403. Epub 2021 Jul 5. PMID: 34170604.
49. Petre A, Drafta S, Stefanescu C, Oancea L. Virtual facebow technique using standardized background images. *J Prosthet Dent.* 2019 May;121(5):724-728. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.07.008. Epub 2018 Dec 21. PMID: 30580985.
50. Sabatini GP, Yoon HI, Orgev A, Fonseca M, Molinero-Mourelle P, Yilmaz B, Cakmak G. Complete Digital Workflow for Fabricating an Occlusal Device Using Artificial Intelligence- Powered Design Software and Additive Manufacturing: A Dental Method. *Int J Prosthodont.* 2024 Feb 21;37(7):275-284. doi: 10.11607/ijp.8941. PMID: 38787592.
51. He M, Ding Q, Li L, Yang G, Zhao Y, Sun Y, Zhang L. The Accuracy of Transferring Casts in Maximal Intercuspal Position to a Virtual Articulator. *J Prosthodont.* 2022 Apr;31(4):326-332. doi: 10.1111/jopr.13405. Epub 2021 Jul 17. PMID: 34196456.

## **9. AGRADECIMIENTOS**

A mi esposa Magui, a mis hijos Mateo, Guillermina y Tomás, por su apoyo incondicional y compañía en cada momento de este viaje académico.

A mi tutor, el Dr. Ignacio Fernandez, por ser fuente de constante motivación y guía académico en la realización de la monografía.

A mis padres, familia y amigos que siempre estuvieron apoyando y alentando.

A los docentes de la carrera de Especialidad en Odontología Restauradora Integral, por los conocimientos compartidos durante los años de carrera, siempre con dedicación y generosidad.

A mis compañeros de la Cátedra de Operatoria Dental 1, de la Facultad de Odontología, de la Universidad de la República (Udelar), que han estado presentes en todo este proceso.