

Sistema mecatrónico emulador de movimientos de la ATM

Joint temporomandibular movement emulator mechatronic system

CORTÉS-RAMÍREZ, Ulises†* & CASTAÑEDA-ESPINOZA, Angélica

Universidad Tecnológica de Huejotzingo, Departamento de Mecatrónica. México.

ID 1st Author: *Ulises, Cortés-Ramírez* / ORC ID: 0000-0003-4497-4774, CVU CONACYT ID: 425309

ID 1st Coauthor: *Angélica, Castañeda-Espinoza* / ORC ID: 0000-0002-9807-0378, CVU CONACYT ID: 727603

DOI: 10.35429/JEA.2020.23.7.24.33

Recibido: 01 de Mayo, 2020; Aceptado: 30 de Junio, 2020

Resumen

La Articulación Temporomandibular (ATM) del ser humano tiene tres funciones básicas: hablar, masticar y deglutir; y está formada por estructuras óseas, musculares y articulares, cuenta con tres grados de libertad, dos son angulares y uno lineal, durante el proceso de masticación entran en función los tres grados de libertad que la conforman, de lo que, uno de los problemas a resolver con este proyecto es crear un sistema mecatrónico que cuente con la capacidad de reproducir los movimientos de la ATM, esto para que estuantes de la carrera de Cirujano Dentista, dispongan de una herramienta didáctica de un modelo anatómico en el que puedan estudiar y observar sus movimientos, los movimientos se generarán a partir de mecanismos actuados con servomotores, esto impactará de manera directa las cátedras de Prostodoncia, Ortodoncia y Periodoncia. Por otra parte, el conocer a detalle la anatomía y fisiología de la ATM puede ayudar al estudio de tratamientos y prevención de enfermedades o disfunción de la misma.

Articulación Temporomandibular, Emulador ATM, Movimiento Mandibular

Abstract

The Temporomandibular Joint (TMJ) of the human being has three basic functions: speaking, chewing and swallowing; and it is formed by bone, muscle and joint structures, it has three degrees of freedom, two are angular and another one linear, during the chewing process the three degrees of freedom that make it up come into function, of which, one of the problems to solve with this project is to create a mechatronic system that has the ability to reproduce the movements of the TMJ, this so that students of the Dentist Surgeon's career, have a didactic tool of an anatomical model in which they can study and observe their movements, this movements will be generated from mechanisms operated with servomotors, this will directly impact the chairs of Prosthodontics, Orthodontics and Periodontics. On the other hand, knowing in detail the anatomy and physiology of TMJ can help the study of treatments and prevention of diseases or dysfunction of the same.

Temporomandibular Joint, Emulator TMJ, Mandibular movement

Citación: CORTÉS-RAMÍREZ, Ulises and CASTAÑEDA-ESPINOZA, Angélica. Sistema mecatrónico emulador de movimientos de la ATM. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería. 2020. 7-23:24-33.

* Correspondencia del Autor (Correo Electrónico: ulises.cortes@uth.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La estructura curricular del antiguo plan de estudios, de la carrera de Cirujano Dentista impartida en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala otorgaba a la oclusión un abordaje exiguo, durante el último año de estudios y dado que los avances científicos y tecnológicos, otorgan un cambio de perspectiva pasando de la odontología restauradora a un nuevo enfoque preventivo. Surge como una necesidad la reestructuración del nuevo plan de estudios, que otorgue las herramientas necesarias a los alumnos para enfrentarse a las situaciones que se presentaran a lo largo de su vida profesional (Universidad Nacional Autónoma de México).

Esto representa no solamente un cambio en los temas a impartir, también requiere de explorar metodologías del aprendizaje que aprovechen el alto grado de interacción de los estudiantes con la tecnología de uso común, tales como: teléfono, Tablet y múltiples dispositivos móviles; en respuesta a esto el presente trabajo, se enfoca en diseñar e implementar un modelo anatómico que pueda reproducir los movimientos de la Articulación Temporomandibular (ATM).

Con demasiada frecuencia, en las cátedras de Protopodancia, Ortodancia, Periodancia, entre otras, son enseñados conceptos diferentes y hasta contradictorios sobre oclusión. Estos conceptos estos conceptos son reforzados con equipo didáctico como tipodontos, representaciones anatómicas de la mandíbula, uno de los inconvenientes es que solo realizan movimientos de apertura y cierre, por lo que la alusión mecánica de la Articulación Temporomandibular no es certera, por lo que siguiendo la línea de investigación de Innovación Tecnológica de la Universidad Tecnológica de Huejotzingo, se desarrolló un modelo mecatrónico con la capacidad de emular los movimiento de la mandíbula. Ya que, de otra manera el estudiante se graduará con una impresión confusa e incompleta de los problemas de la oclusión, tal como sucede actualmente (Lugo, 2004).

Los movimientos articulares de la mandíbula incluyen cuatro factores fisiológicos básicos que son: oclusión dentaria, periodonto, ATM y mecanismo neuromuscular. La alteración de cualquiera de ellos afectara directamente a los demás; así mismo la alteración de estos elementos constitutivos alterara las funciones propias de este sistema tales como (Lugo, 2004):

- Masticación.
- Deglución.
- Respiración.
- Fonación.
- Postura.

Cabe mencionar que este sistema posee a la articulación más compleja del cuerpo humano: la Articulación Temporomandibular. En ella tienen lugar todos los movimientos de la masticación, y ella sufrirá considerables modificaciones según su modo de locomoción y el régimen alimenticio propio de cada ser humano. Durante la masticación la mandíbula realiza lo que llamamos un ciclo masticatorio, este consiste en un movimiento tridimensional resultante de la conjunción de movimientos de apertura, cierre, lateralidad, protrusión y retrusión por eso será preciso conocer cómo se realiza cada uno de estos movimientos y cuál es la actividad muscular necesaria para que tengan lugar (Lugo, 2004).

La implementación y diseño de herramientas didácticas de la articulación temporomandibular son muy variadas como por ejemplo se tiene el caso de (Herrera Forcelledo, Lazo Herrera, & León Medina, 2018), donde se implementó una aplicación multimedia, que consta de un módulo de contenido, el cual incluye los aspectos correspondientes a las características morfofuncionales de la ATM, donde se trabajan los contenidos desde el origen, y desarrollo de las estructuras que participan en su formación, así como alteraciones del desarrollo y clasificación.

Se tiene también el caso de (Machado, Castañeda, Pineros, & Suárez, 2006), donde se desarrolla un sistema robotizado para generar los movimientos de la ATM, con el fin de contar con una herramienta para prueba de resistencia de materiales de prótesis dentales, en este trabajo los autores consideran las fuerzas ejercidas por la mandíbula y los movimientos de apertura y cierre, lateralidad y protrusiva. Y plantean una apertura de 45mm, lateralidad de 5mm y protrusiva de 5mm, con fuerzas masticatorias promedio de 200 Newtons.

En este trabajo se pretende abordar la implementación de un sistema mecatrónico en el que sea posible replicar de forma animada los movimientos de la ATM, tendrá como impacto la facilitación del entendimiento y aprendizaje de los conceptos de Biomecánica, para la mayor comprensión del funcionamiento del sistema estomatognático, en el estudiante de la carrera Cirujano Dentista. Además, ofrecer una herramienta lúdica didáctica y alternativa para la enseñanza en el nuevo plan de estudios de la carrera Cirujano Dentista, con un beneficio tangible a los pacientes que se atienden en las clínicas odontológicas de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FESI) de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Como objetivo principal se pretende realizar un sistema físico que cuente con la capacidad de reproducir de manera animada los movimientos que realiza la articulación temporomandibular (ATM) del ser humano durante el proceso de masticación, esto con la finalidad de que pueda ser aprovechada como herramienta didáctica para las carreras de Cirujano Dentista de la Facultad de Estudios Superiores de Iztacala de la UNAM. En esta primera fase del trabajo se presenta los movimientos de lateralidad y protrusiva, que mecánicamente son representados con un movimiento lineal, así como también el movimiento de apertura y cierre.

Anatomía de la Articulación Temporomandibular

Para una descripción de la morfología de la anatomía de cráneo humano se hace uso de un plano de referencia como se ilustra en la Figura 1, en la que se representa el cráneo seccionado por tres planos clave que son:

- Sagital (S).
- Frontal (F).
- y Horizontal (H).

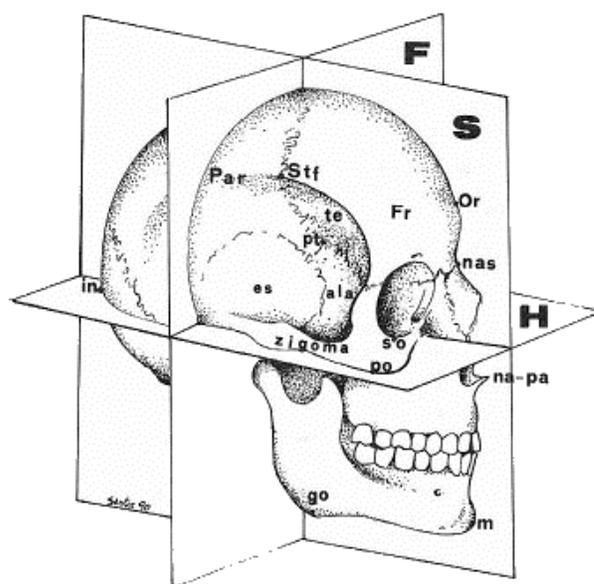


Figura 1 Plano de referencia de la anatomía del cráneo
Fuente: (Moreno Cabello, 2007)

El plano SAGITAL es el plano de simetría que divide al cuerpo en dos partes o mitades iguales, este también llamado plano medio, y es catalogado como MEDIAL.

El plano FRONTAL, que tiene unas amplias superficies aplanadas de delante a atrás, con un frente (hacia delante) y un dorso (hacia atrás), que contrasta con lo reducido de su perfil. El plano de la frente de la cara marca la frontalidad. Por tanto, todos los planos del sistema FRONTAL, son paralelos al plano de la frente.

El plano HORIZONTALES, transversales (perpendiculares) a los planos sagital y frontal. En la posición de sujeto de pie (con el eje corporal vertical), las secciones transversales al mismo son horizontales, el término transversal se refiere a un corte perpendicular al eje longitudinal de un elemento alargado (Moreno Cabello, 2007).

En (Moreno Cabello, 2007) se reportan siete medidas de la mandíbula En la Figura 1 se muestran las partes medidas y en la Tabla 1 sus valores en mm.

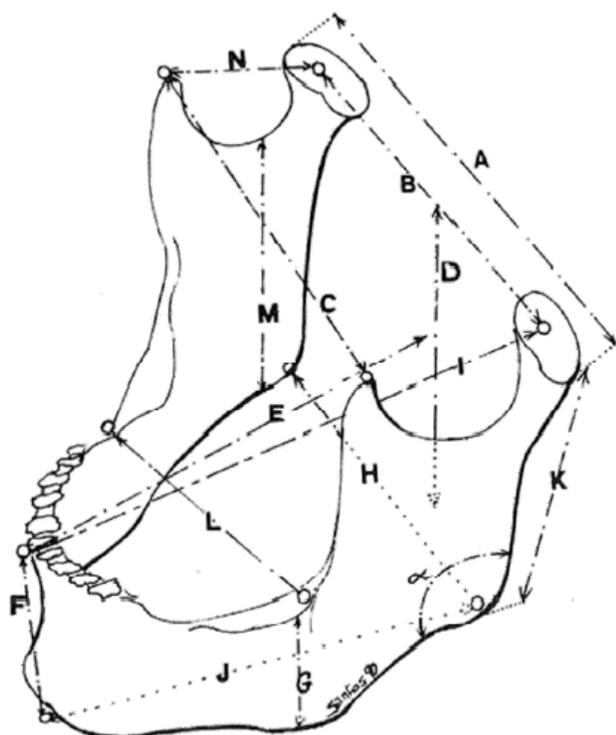


Figura 2 Medidas de la mandíbula

Fuente: (Moreno Cabello, 2007)

Parámetros	1	2	3	4	5	6	7
A	113	103.7	116	111	104	105	110
B	96.5	85.3	98	93	86	89	97
C	85	85	95	93	90	83.5	86
D	50	55	52	43.5	49	42	46.5
E	86	84	84	83	84	91	88
F	30.5	30	27	28	26	34	28.5
G	23.5	23	23	18	21	24	22
H	84.7	84	100	93	91	87	81
I	100	98	106	97	96	106	105.7
J	77.5	79	84	75	75	82	84.5
K	59	55	54	53	58.5	54	53
L	56	53	55	ATR	57	53	61
M	46.7	40	45	51	41	37	33.4
N	30	35	33	28.4	30	37	33.4
α	125	115	122	126	122	125	125

Tabla 1 Distancias antropométricas mandibulares [mm]

Fuente: (Moreno Cabello, 2007)

Disco Articular

El disco articular está formado por un tejido conjuntivo fibroso y denso desprovisto de vasos sanguíneos o fibras nerviosas. Morfológicamente se describe como un lente bicóncavo, con 2 caras, 2 bordes y 2 extremidades. Su periferia es de mayor grosor (borde posterior 3-4mm y borde anterior 1-2mm) y en el centro es más delgado (1mm).

La cara anterosuperior es cóncava en relación a la eminencia articular del temporal y convexa en la porción que queda en relación a la fosa mandibular, formando parte de la articulación temporomeniscal, mientras que la cara posteroinferior, es cóncava en toda su extensión y forma parte de la articulación maxilomeniscal como se muestra en la Figura 3 (García Garro, Meneses Beltran, & Vega Ávila, 2012).

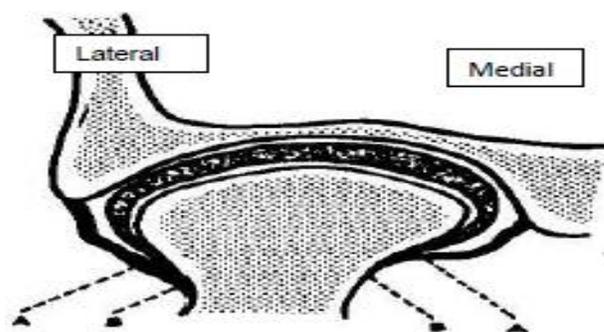


Figura 3 Ligamentos lateral y medial

Fuente: (García Garro, Meneses Beltran, & Vega Ávila, 2012)

Movimientos de la Articulación Temporomandibular (ATM)

La articulación temporomandibular realiza las funciones de masticación y habla, estas funciones son generadas a partir de los movimientos de:

- **Apertura y Cierre:** En este movimiento mantiene una oclusión céntrica, por la contracción de los músculos infrahioideos. La articulación supra meniscal interviene en este movimiento que se realiza en dos tiempos: En el primer tiempo o pequeña apertura los cóndilos del maxilar inferior se encuentran paralelamente de acuerdo a su eje de rotación. El segundo tiempo o gran apertura se debe por la contracción simultánea de los pterigoideos externos, que hacen que los meniscos se deslicen por las vertientes posteriores de los cóndilos temporales (Velarde Huanca, 2012).

- **Movimiento de Propulsión:** En este movimiento el maxilar inferior debe dirigirse hacia adelante. Por el cual intervienen los músculos genihoideos que deben tener una actividad depresora, este movimiento debe ser regulado por los músculos elevadores para evitar que el maxilar inferior descienda demasiado. Concluido este movimiento los dientes inferiores se encuentran 5 milímetros por delante de los dientes superiores (Velarde Huanca, 2012).
- **Movimiento de Retropulsión:** El maxilar inferior debe volver a la posición de oclusión céntrica en la que estaba inicialmente. Los primeros en intervenir son los músculos depresores con ayuda de los digástricos, el trabajo en conjunto hace retornar a los cóndilos y a los meniscos a las cavidades glenoideas (Velarde Huanca, 2012).
- **Movimiento de lateralidad Centrifuga:** El maxilar inferior debe dirigirse hacia uno de los lados laterales para que el punto mentoniano se aleje del plano sagital. En este caso el maxilar inferior debe bajar un poco para que no exista engranamiento dentario, donde el cóndilo del lado opuesto al del movimiento es traccionado por el pterigoideo externo y recorre junto con el menisco el plano de trayectoria condílea, dirigiéndose abajo, adelante y adentro. En este movimiento se requiere, que músculos maseteros y pterigoideos internos mantengan el contacto dentario, donde el punto mentoniano recorre una distancia de 5 a 15 milímetros.
- **Movimiento de lateralidad centrípeta:** El cóndilo de maxilar inferior, lateralizado vuelve a la primera ubicación, de oclusión céntrica, por la contracción de las fibras horizontales del músculo temporal.

Representación física de cóndilos y mandíbula

Basándose en la revisión de la literatura citada con anterioridad, podemos clasificar los movimientos de la mandíbula como:

- Apertura Cierre.
- Lateralidad.

- Propulsión.
- Y retropropulsión.

Para estos cuatro movimientos se tienen tres componentes principales ilustrados en la Figura 4, uno es el cóndilo mandibular, el disco articular que sirve como cojinete de deslizamiento y la cavidad del hueso temporal o cavidad glenoidea.

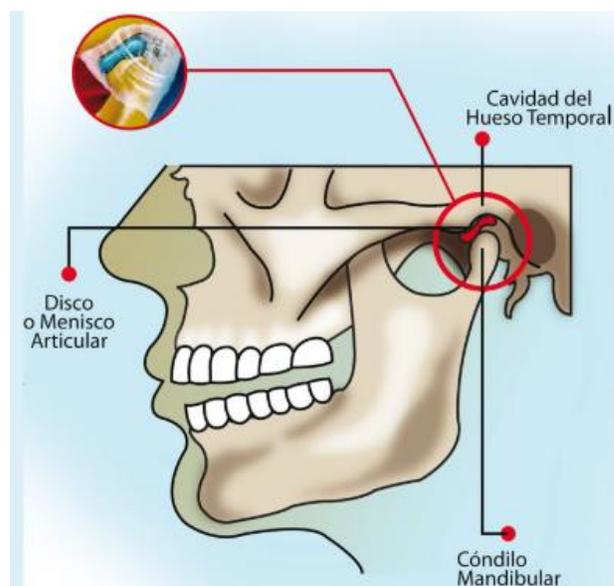


Figura 4 Cavidad del Hueso Temporal, cóndilo mandibular y disco articular

Fuente: (clinicavass, s.f.)

Para realizar la emulación de los movimientos de la mandíbula se realizó un modelo, que representará los cóndilos, mandíbula y la cavidad glenoidea, como se muestra en la Figura 5, de la que sus elementos corresponden a:

- Representación de Cóndilos.
- Representación de Cavidad Glenoidea.
- Representación de mandíbula.
- Soporte de Sistema Emulador.

Los cóndilos y la cavidad glenoidea estarán unidos a través de un amortiguador del punto A al punto B, como se muestra en la Figura 6, este amortiguador permitirá el deslizamiento a través de la superficie curva de la cavidad glenoidea.

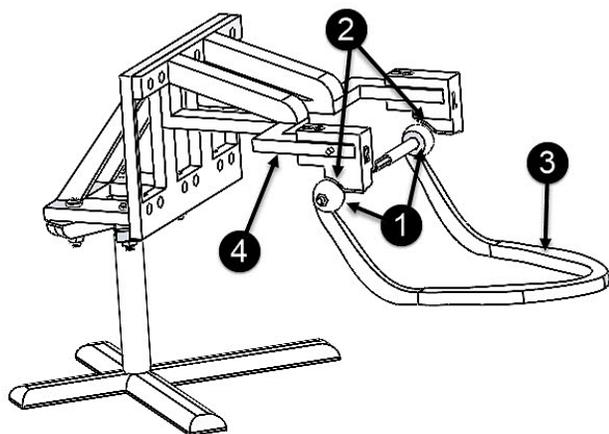


Figura 5 Representación física de Cóndilo y Cavidad Glenoidea

Fuente: elaboración propia [SolidWorks]

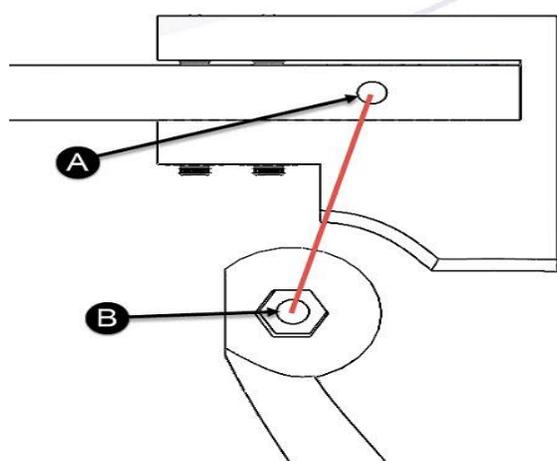


Figura 6 Unión de cóndilo y cavidad glenoidea

Fuente: elaboración propia [SolidWorks]

Implementación de Movimientos de Lateralidad, Propulsión y Retropropulsión

Mecánicamente se puede argumentar que el movimiento de apertura y cierre está definido como un movimiento angular, que como ya se mencionó con anterioridad consta de dos fases, donde la segunda fase de gran apertura está acompañada de un movimiento de Propulsión, es decir que además del movimiento angular también se tiene un movimiento hacia delante de la mandíbula

Para el caso del movimiento de propulsión y retropropulsión constan del desplazamiento hacia delante de los dos cóndilos mandibulares como se ejemplifica en la Figura 8 y el movimiento de retropropulsión está determinado como el movimiento hacia atrás de la mandíbula.

Considerando el plano sagital este movimiento de hacia adelante y posteriormente hacia atrás de la mandíbula se realiza en el eje X, este desplazamiento también deberá seguir la curvatura de la cavidad glenoidea por lo que también tendrá un movimiento en el eje Y.

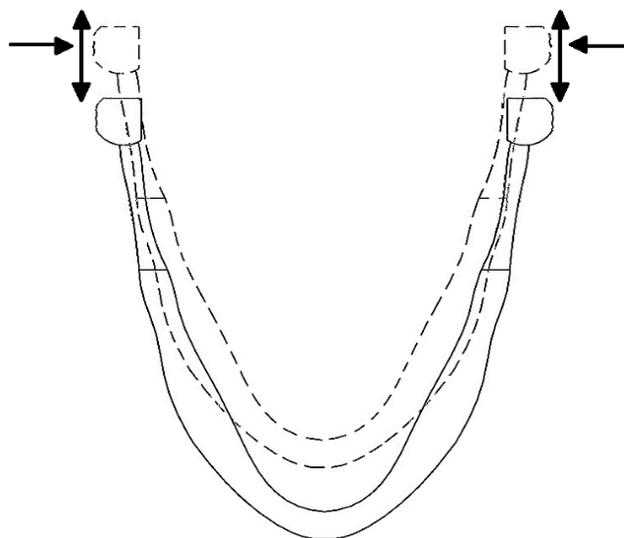


Figura 7 Movimiento hacia adelante y atrás de los Cóndilos

Fuente: elaboración propia [Paint]

Para el caso del movimiento de lateralidad solo es un cóndilo el que se desplaza hacia el frente, generando que el eje de giro este situado en el centro del cóndilo que permanecerá estático, como se observa en la Figura 8 y Figura 9.

Para recrear este movimiento en los ejes X y Y del plano sagital se diseñó una articulación lineal, implementada con un tornillo sin fin motorizado para generar el desplazamiento en el eje X, unido al cóndilo a través de un cardan para permitir el deslizamiento en el eje Y generado por la curvatura de la cavidad glenoidea, este mecanismo esta unido al eje que une a los dos cóndilos a través de una rotula.

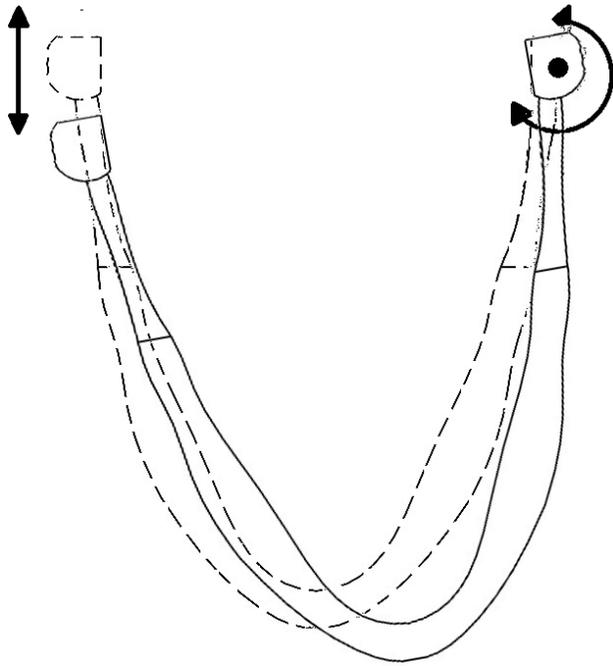


Figura 8 Movimiento de lateralidad izquierda
Fuente: elaboración propia [Paint]

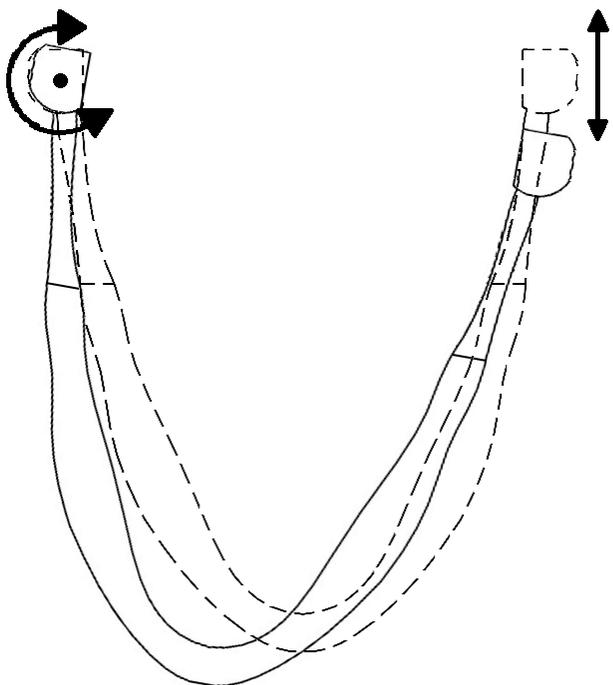


Figura 9 Movimiento de lateralidad derecha
Fuente: elaboración propia [Paint]

En la Figura 10, se muestra el mecanismo de la articulación lineal implementada para mover los cóndilos de adelante hacia atrás. Esta articulación está conformada por un servomotor de rotación continua, un tornillo sin fin para generar un movimiento lineal en el eje X. del plano Sagital y un cardan para permitir el deslizamiento a través del eje Y por la curvatura de la cavidad glenoidea, la rótula permite una rotación en el eje Y cuando uno de los cóndilos se está desplazando hacia adelante o hacia atrás y el otro está estático.

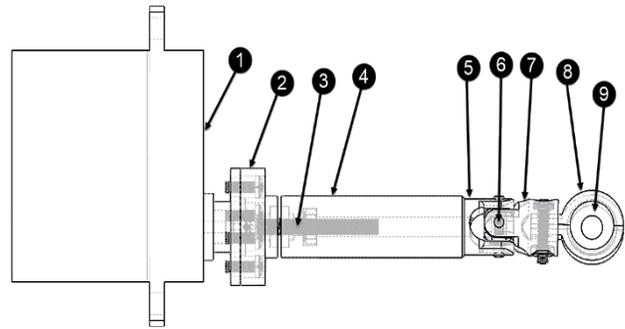


Figura 10 Mecanismo de articulación lineal
Fuente: elaboración propia [SolidWorks]

- Servomotor de rotación continua.
- Brida unión motor y tornillo sin fin.
- Tornillo sin fin.
- Cilindro de tornillo sin fin.
- Cardan unido a tornillo sin fin.
- Unión de cardan.
- Cardan unido a rotula.
- Base de rotula.
- Esfera de rotula unida al eje de cóndilos.

Implementación de Movimientos de Apertura y Cierre

Para implementar el movimiento de apertura y cierre, se diseñó una articulación angular mostrada en la Figura 11.

- Servomotor.
- Brida unión motor con eje cilíndrico.
- Cilindro para acoplamiento con mecanismo angular.
- Eje de acoplamiento de motor con mecanismo angular.
- Cardan motor.
- Unión cardan.
- Cardan mecanismo angular.
- Piñón
- Cremallera.

– Eje unión cónдилos.

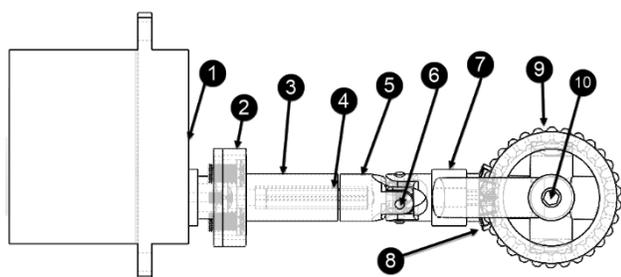


Figura 11 Mecanismo de articulación angular
Fuente: elaboración propia [SolidWorks]

La articulación angular genera un giro en el eje Z del plano sagital, generando el movimiento de apertura y cierre, el centro de giro situado en el eje Z se desplazará a través del eje X y eje Y para generar el movimiento de máxima apertura.

Este mecanismo angular además de generar el giro en el eje Z del plano sagital, también debe permitir que los cónдилos se desplacen de adelante y hacia atrás de manera simultánea o independientemente, para movimientos de propulsión y retropropulsión, o lateralidad.

El movimiento angular es generado por una caja de engranes de 90°, para permitir el desplazamiento en el eje X del plano sagital, se tiene un eje de acoplamiento que une el eje del motor con el eje del mecanismo angular, para el desplazamiento en el eje Y, generado por la curvatura de la cavidad glenoidea se cuenta con una unión cardan.

Programa para generar los movimientos de las articulaciones lineales

Como ya se mencionó previamente las articulaciones lineales se actuaron con servomotores de rotación continua, en el caso del servomotor la referencia que se le indica es la velocidad angular en un rango porcentual de 0 a 100%, donde el 0% corresponde a la velocidad máxima en sentido antihorario, 50% a una velocidad cero y 100% a la velocidad máxima en sentido horario, esto es lo que permite que el cónдилo pueda moverse de adelante y hacia atrás.

Para manipular los servomotores de rotación continua se implementó una interfaz de usuario en el software LabVIEW mostrada en la Figura 12, y como hardware se empleó una tarjeta Nucloe-F3030K, compatible con el lenguaje de programación ISE-LabVIEW® (Cortés Ramírez & Castañeda Espinoza, 2018).

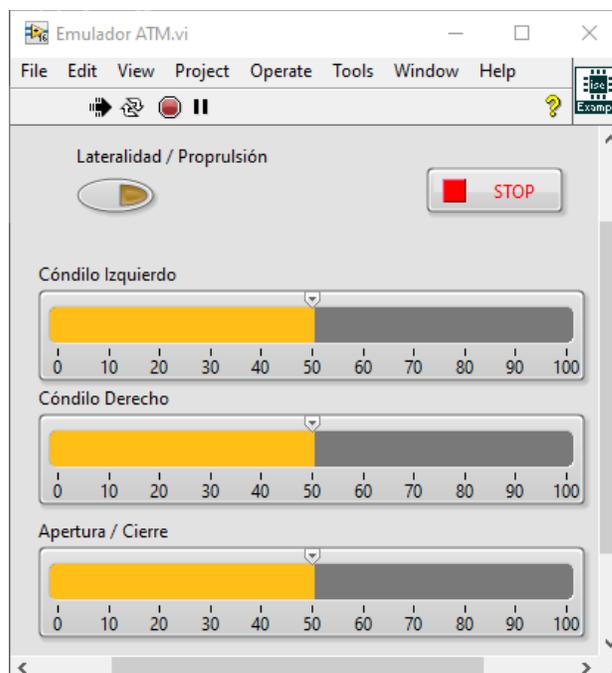


Figura 12 Interfaz de usuario para la manipulación de las articulaciones de la ATM

Fuente: elaboración propia [LabVIEW]

Este programa permite generar los movimientos de lateralidad, propulsión y retropropulsión, al igual que el movimiento de apertura y cierre.

Resultados

El sistema mecatrónico desarrollado consta de tres articulaciones, dos lineales y una angular, a partir de ellas se logró generar cuatro de los movimientos de la ATM, los cuales son:

- **Movimiento de lateralidad:** en la Figura 13, se muestra el movimiento de lateralidad a la izquierda, para este caso el cónдилo del lado izquierdo permanece en su lugar y su centro sobre el eje Y del plano sagital es el centro de giro de la mandíbula. para el caso de la articulación angular el cardan y el eje lineal permiten que permanezca unida la cadena cinemática, por lo que en esta posición sería posible un movimiento de apertura y cierre.

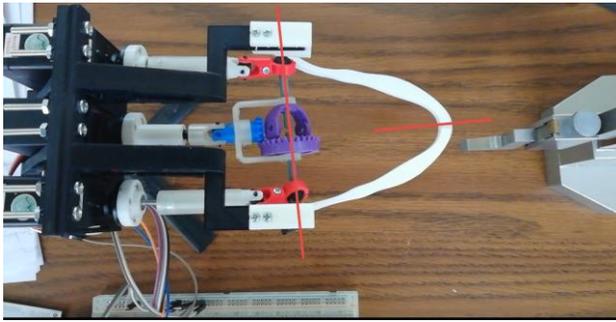


Figura 13 Movimiento de lateralidad
Fuente: fotografía (Trabajo de campo, 2020)

- **Movimiento de Propulsión y Retropropulsión:** en la Figura 14 se muestra el movimiento de propulsión del cóndilo derecho, el cual es desplazado hacia adelante por el tornillo sin fin de la articulación lineal, el cardan permite que pueda moverse a través del eje Y del plano sagital, para seguir la curvatura de la cavidad glenoidea.
- **Movimiento de apertura y cierre:** en la Figura 15, se muestra el movimiento de máxima apertura el cual está acompañado de un movimiento angular de la mandíbula y el desplazamiento hacia delante de los cóndilos.

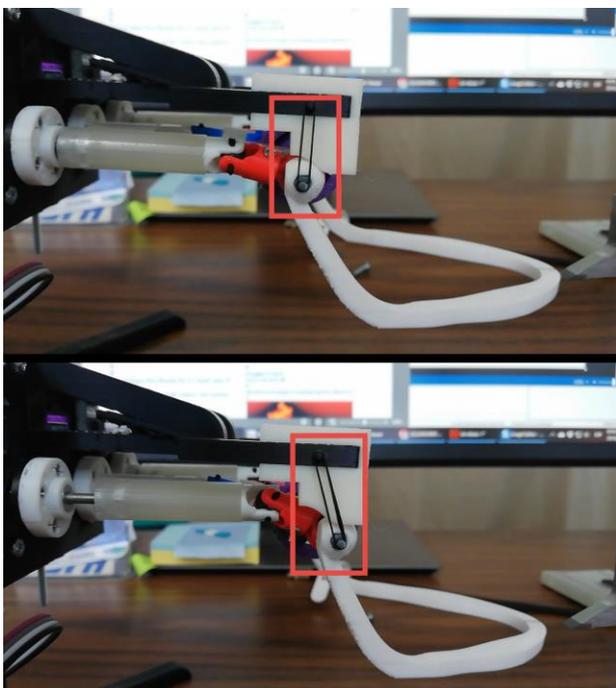


Figura 14 Movimiento de propulsión y retropropulsión
Fuente: fotografía (Trabajo de campo, 2020)



Figura 15 Movimiento de máxima apertura
Fuente: fotografía (Trabajo de campo, 2020)

Conclusiones

En la Figura 16, se muestra el prototipo para imitar los movimientos de la mandíbula, para el caso de los cóndilos se diseñó una representación física con las que fuera posible visualizar los movimientos, físicamente estos elementos no tienen esta forma, pero si las dimensiones físicas, como el ancho y altura de la mandíbula.

El proyecto planteado pretende generar los movimientos que realiza la articulación temporomandibular para la función de masticación, para esto se requieren de cinco movimientos que son:

- Apertura y Cierre.
- Lateralidad.
- Propulsión.
- Y retropropulsión.

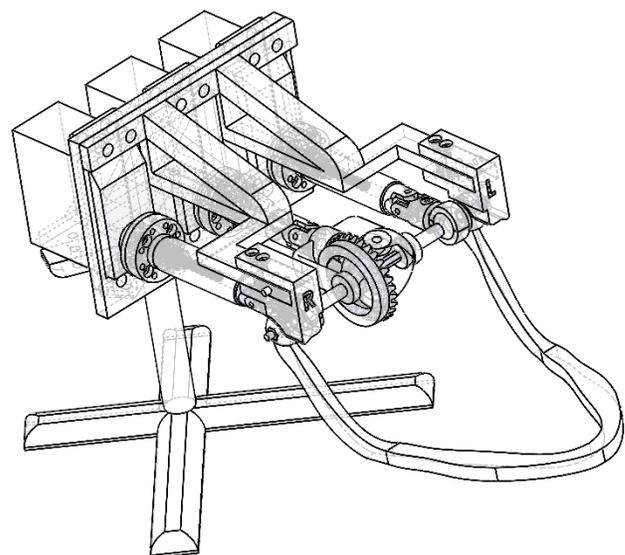


Figura 16 Prototipo para emular los movimientos de la mandíbula
Fuente: elaboración propia [SolidWorks]

Movimientos que el prototipo emulador de movimientos de la ATM ya tiene.

En esta fase del proyecto se tiene implementados los movimientos de lateralidad, propulsión y retropropulsión, así como el de apertura y cierre, generados a partir de dos articulaciones lineales, unidas a la mandíbula a través de un cardan y rotula, esta configuración mecánica posee el movimiento lineal de los cóndilo y además permite seguir la curvatura de la cavidad del hueso temporal, la rótula permite que cuando uno de los cóndilos se mueve linealmente el otro tenga un movimiento rotatorio sobre el eje perpendicular al plano horizontal; y la articulación angular que abrirá y cerrará la mandíbula con la capacidad mecánica de que su eje de rotación pueda girar en el eje Y del plano Sagital.

Con los movimientos que ya cuenta el prototipo, ya es posible desarrollar la secuencia de movimiento para simular el proceso de masticación de la ATM.

El prototipo a pesar de que cuenta con la capacidad de imitar los movimientos de la ATM aún puede perfeccionarse sus mecanismos para evitar vibración y tener una mejor resolución en los movimientos, desarrollar una mandíbula de tamaño real y los huesos temporales, así como las cavidades glenoideas.

El sistema mecatrónico emulador de la ATM, es un desarrollo tecnológico que va orientado a facilitar las prácticas de los cirujanos dentistas, dado que el mecanismo empleado permite realizar movimientos similares al de las personas, buscando que los estudiantes de esta carrera tengan herramientas cercanas a lo que pueden experimentar los pacientes. Además de ello, puede ser útil para dotar a androides de expresiones faciales a través de movimientos mandibulares, ya que actualmente solo simulan el habla con movimientos de apertura y cierre.

Referencias

clinicavass. (s.f.). Tensión en la mandíbula: causas, efectos y ejercicios de relajación. Recuperado el 2019 de Septiembre de 20, de <https://clinicavass.com/tension-mandibula-causas-efectos-ejercicios-relajacion/>

Cortés Ramírez, U., & Castañeda Espinoza, A. (2018). Interfaz de Sistemas Embebidos con LabVIEW (ISE-LabVIEW©). Congreso Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico, 303-308.

García Garro, P. A., Meneses Beltrán, Y. S., & Vega Ávila, G. C. (2012). Descripción Anatómica y Cinemática del Musculo Pterigoideo Lateral (MPTL). Santiago de Cali, Colombia: Universidad del Valle.

Herrera Forcelledo, A., Lazo Herrera, L. A., & León Medina, D. (2018). Herramientas informáticas educativas sobre las características morfofuncionales de la articulación temporomandibular. Universidad Medica Pinareña, 14(3), 248-256.

Lugo, A. A. (2004). Fundamentos de Oclusión. México: Instituto Politécnico Nacional.

Machado, C., Castañeda, J., Pineros, P., & Suárez, L. (2006). Desarrollo de un simulador de movimientos mandibulares para pruebas de resistencia abrasiva de biomateriales. Actas Odontológicas, 3(1), 55-59.

Moreno Cabello, P. (2007). Estudio de la Dinámica Mandibular Humana en un Articulador Dental Virtual Individualizable. Córdoba: Universidad de Córdoba.

Universidad Nacional Autónoma de México. (s.f.). Plan de Estudios de la Carrera de Cirujano Dentista. Iztacala, México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Velarde Huanca, A. R. (2012). Fisiología de la articulación Temporomandibular. Revista de Actualización Clínica, 23, 1075 - 1079: