

DISEÑO DE UTILIDAD DE UN CEPILLO ORTODONTICO ELECTRICO MULTIFUNCIONAL CON MATERIALES BIODEGRADABLES

Liliana M. Jara, Vivian A. Gómez, Diana C. Orjuela, Alexander Rueda, Geison G. Sáenz.

RESUMEN: INTRODUCCION Actualmente existen múltiples opciones para realizar la prevención y cuidado de la salud oral en pacientes en tratamiento de ortodoncia, sin embargo, ninguno de ellos es un instrumento integrado y multifuncional que permita en un mismo aparato, realizar las funciones necesarias para una buena higiene oral. **OBJETIVO:** Diseñar y Elaborar un cepillo dental que integre los elementos de un kit de ortodoncia para lograr una higiene eficiente en personas con aparatología ortodóntica. **MATERIALES Y MÉTODOS:** Se realizó una revisión de la literatura en forma de búsquedas avanzada en las bases de datos Ebsco, PubMed, Google academic, y Medknow. Del total de artículos encontrados se seleccionaron 25 para esta revisión, usando la información mas util para definir las características del modelo de utilidad. **RESULTADOS:** Con la revisión se logró diseñar y elaborar un cepillo de ortodoncia que unifica los aditamentos necesarios y óptimos de un kit de higiene oral para ortodoncia con el fin de mejorar la experiencia del paciente a través de un solo instrumento. **CONCLUSIONES** Por medio del presente diseño tecnológico se pretende generar un impacto a nivel ambiental a través del uso de un material biodegradable y crear un mayor incentivo para el correcto uso de los aditamentos de higiene oral en los pacientes con aparatología ortodóntica.

Palabras claves: Aparatos ortodónticos, placa dental, plásticos biodegradables, higiene bucal

ABSTRACT: INTRODUCTION Currently there are multiple options for the prevention and care of oral health in patients undergoing orthodontic treatment, however, none of them is an integrated and multifunctional instrument that allows in the same device, to perform the necessary functions for good oral hygiene. **OBJECTIVE:** To design and develop a toothbrush that integrates the elements of an orthodontic kit to achieve efficient hygiene in people with orthodontic appliances. **MATERIALS AND METHODS:** A review of the literature was carried out in the form of advanced searches in the databases Ebsco, PubMed, Google academic, and Medknow. Of the total number of articles found, 25 were selected for this review, using the most useful information to define the characteristics of the utility model. **RESULTS:** The review was able to design and develop an orthodontic brush that unifies the necessary and optimal attachments of an orthodontic oral hygiene kit in order to improve the patient's experience through a single instrument. **CONCLUSIONS** By means of the present technological design, it is intended to generate an environmental impact through the use of a biodegradable material and to create a greater incentive for the correct use of oral hygiene attachments in patients with orthodontic appliances.

Keywords: Orthodontic appliances, dental plaque, biodegradable plastics, oral hygiene.

INTRODUCCIÓN

Los pacientes con aparatología ortodóntica están enfrentados a un desafío frente a la eliminación completa de biofilm y placa bacteriana, estos pacientes requieren motivación no solo de parte del profesional, sino también a través de incentivos tales como contar con elementos adecuados que les permitan enfrentarlo adecuadamente ; por lo tanto se busca mejorar la experiencia en higiene oral, lograr que sea agradable y que disfrute al mismo tiempo que cuida de sí mismo.

Los fabricantes de productos de higiene oral han incorporado características de diseño especiales para la eliminación de la placa alrededor de aparatos fijos de ortodoncia. La agregación de placa bacteriana en los pacientes que usan aparatos ortodónticos fijos es considerado un factor de riesgo para el avance de la gingivitis ⁽¹⁾ La gingivitis se identifica por la inflamación de la encía la cual puede presentar sangrado principalmente durante el cepillado de los dientes ⁽¹⁾

Un estudio realizado en noviembre del año 2018 ⁽²⁾ con una muestra de 122 pacientes de ortodoncia evidenció que el 68,6, utiliza

cepillos de uso de ortodoncia, el 33,3% cepillo interproximal y solo el 7,8% utilizan la seda dental. Dado que para realizar una correcta higiene se necesitan múltiples elementos, esto según los pacientes estudiados dificulta el proceso de higiene y por este motivo no son utilizados en su totalidad.

Diversos estudios han demostrado que la ortodoncia por sí sola no induce enfermedad periodontal si se siguen principios básicos en higiene ⁽²⁾, de una manera sistemática y secuencial contando con la colaboración total del paciente, siendo este el principal responsable de presentar algún tipo de enfermedad periodontal por el factor local predisponente, sin que sea la aparatología ortodóntica la causa principal como erróneamente se ha considerado. Sin embargo los estudios enfatizan que el hecho de contar con aditamentos ajenos a la anatomía dental, en algunos pacientes, produce un aumento en la dificultad para mantener condiciones ideales de higiene; De aquí la importancia, de desarrollar mecanismos que permitan poner al paciente con aparatología ortodóntica en

las mismas condiciones que un paciente que no la presenta.

El cepillo de dientes es el instrumento indicado para el control mecánico del biofilm durante el tratamiento de ortodoncia, pero también se debe incluir, además del uso de cepillos de dientes tipo manuales o eléctricos, el uso de cepillos de ortodoncia especiales o diseñados para uso de pacientes con aparatología fija ortodóntica, así como el uso de cepillos interdentales, seda dental, crema dental, entre otros. Es de gran importancia también tener en cuenta la técnica y la frecuencia del cepillado para mejorar los índices de la salud oral. ⁽³⁾

El cepillo dental ortodóntico, se define como un aditamento especial para pacientes con aparatología ortodóntica con filamentos con facilidad para ingresar en espacios interdentales y posteriores, sin embargo, los diseños actuales se pueden confundir con cepillos convencionales por su similitud.⁽³⁾ En los últimos años los resultados de diversos estudios han permitido desarrollar e innovar—en un tipo de cepillo de dientes eléctrico, que realiza la higiene oral a través de movimientos de micro-vibración a corta distancia y se han

utilizado también con éxito para los pacientes de ortodoncia. ⁽⁴⁾

Entre los cepillos de dientes eléctricos, hay modos de acción diferentes, clasificados por Deacon et al : **Vibración**: el cabezal del cepillo se mueve lateralmente y Circular, **Oscilación y Contraoscilación**: las cerdas adyacentes de un lado giran en una dirección y el otro en la dirección opuesta, **Rotación-oscilación**: La cabeza del cepillo gira en una dirección seguida de la otra, **Ultrasonido**: las cerdas vibran a frecuencias ultrasónicas (>20 kHz), **Iónico**: se aplica una corriente eléctrica a las cerdas para cambiar la polaridad del diente, repeliendo el biofilm y **Sin especificar**: incapaz de establecer la polaridad del diente. La creación de cepillos eléctricos puede mejorar el control de placa bacteriana sin afectar los elementos de la aparatología ortodóntica. ⁽⁵⁾

Un diseño utilitario de un instrumento permite realizar un objeto innovador y funcional que aporte una función nueva o integral a las que ya presenta y para las que son destinados, se busca que genere un beneficio, ventaja o efecto técnico que antes no tenía o que hasta el momento no ha sido implementado y presenta una novedad.

Dada la necesidad de optimizar los aditamentos ya existentes para facilitar la higiene oral de los pacientes con ortodoncia se evidencia la necesidad de proponer un diseño de utilidad de un cepillo multifuncional para presentar una opción más simple y novedosa que permita facilitar la higiene en este tipo de pacientes.

El diseño de utilidad del cepillo de ortodoncia que se propone en este artículo permite unificar los elementos diseñados para una correcta higiene oral en los pacientes con aparatología ortodóntica en un instrumento que sea multifactorial. A través de la revisión de la literatura de patentes y modelos de cepillos de ortodoncias, se encuentran múltiples diseños y tipos de cepillo, pero no existe en Colombia hasta el momento un cepillo que integre los elementos completos para una adecuada y eficiente higiene.

Un aspecto a tener en cuenta para el desarrollo de un cepillo de ortodoncia actualmente, es el impacto generado en el medio ambiente y sobretodo de los plásticos a nivel mundial en los océanos y referente a su degradación después de que este ha culminado su ciclo vital de utilización. Por esta razón el Programa de las Naciones Unidas para el Medio

Ambiente (PNUMA) trabajó en una resolución, que busca prevenir la presencia de plásticos en los océanos beneficiando de esta manera la vida marina y la preservación de la flora y fauna: "la presencia de basura plástica y microplásticos en el medio marino es un problema grave que aumenta rápidamente de preocupación mundial y que necesita una respuesta mundial de carácter urgente". ⁽⁶⁾

Es por este motivo que basados en este tipo de reportes a nivel mundial se busca en este proyecto realizar además de un modelo de utilidad de un cepillo dental para personas con aparatología ortodóntica óptimo, un cepillo que en sus componentes sea biodegradable y contribuya a la no afectación del océano y el medio ambiente. Por este motivo en el desarrollo del diseño de un cabezal intercambiable el material de elección en este modelo es el PLA, (Polilactida) el cual está reforzado con biocarbono para su impresión en 3D. ⁽⁷⁾

El biocarbono es el carbono obtenido de árboles, plantas y suelos para absorber y almacenar naturalmente el dióxido de carbono de la atmósfera. Una de sus características más importantes es la renovabilidad, por ello, se ha decidido

reforzar el PLA con biocarbono para obtener un material 100% biodegradable, gracias a lo cual pueden ser usados como material estructural para mejorar el suelo después del final de su vida útil ⁽⁷⁾

Los resultados de este estudio permitirán obtener un diseño de utilidad de un cepillo de ortodoncia el cual genere una higiene oral eficiente a través de un solo instrumento que unifique los aditamentos necesarios y óptimos de un kit de higiene para ortodoncia, y que permita mejorar los índices de higiene oral del paciente, demostrando que a través de un instrumento integral y multifactorial se puede realizar un adecuado mantenimiento de la salud oral.

MATERIALES Y METODOS

Se realizó una revisión de la literatura en forma de búsquedas avanzada en las bases de datos Ebsco, PubMed, Google academic, y Medknow de los últimos 5 años utilizando como palabras claves “Electric toothbrush” “powered toothbrush” “design” “orthodontics”. Se obtuvieron un total de 35 artículos

Del total de artículos encontrados se seleccionaron 25 para esta revisión, teniendo en cuenta aquellos que incluyeran

información sobre las características y diseño de los cepillos de dientes eléctricos. La información obtenida se utilizó como base científica para definir las propiedades adecuadas del modelo de utilidad con el fin de integrar las funciones que permitieran además de un uso mejorado y satisfactorio para los pacientes con aparatología ortodóntica, la ergonomía y portabilidad de dicho cepillo.

En cuanto a su diseño y confección, se realizó de la siguiente manera:

1. MAQUINAS

- Torno CNC (control numérico computarizado)
- Fresadora CNC 4 ejes (control numérico computarizado)
- Impresora 3D
- Máquina de corte laser
- Cautín
- Fuente 5v
- Multímetro

2. HERRAMIENTAS

- Broca de centros #2
- Broca $\varnothing 5/8$ "
- Broca $\varnothing 7.2\text{mm}$

- Herramienta de desbaste (Ref.: VNGP 160401)
- Escariador punta plana $\varnothing$ 0.2mm
- Escariador punta plana $\varnothing$ 1mm

3. COMPONENTES

- Tarjeta electrónica
- Dispositivos electrónicos generales
- Sensores
- Bomba centrífuga
- Motor 3.7v 3000rpm
- Motor 1.5v 3000rpm
- Batería de litio 5v
- Pulsadores
- Diodo led distintos colores
- Cables jumper
- Cable de poder y cargador
- Empaque o-ring $\varnothing$ 7mm
- Manguera $\varnothing$ 2mm
- Seda dental
- Enjuague bucal
- Cepillo interdental

MATERIALES:

- Acero inoxidable Custom 455 $\varnothing$ 3/16" (Norma técnica ASTM F899)
- Titanio grado 5 $\varnothing$ 3/8" (Norma técnica ASTM B-265)

- Aleación duraluminio 7075 1. 1/2" (Norma técnica ASTM 7075)
- Alambre de cobre DWG calibre 32 (Norma técnica NTC 359- ASTM B3)
- Nylon $\varnothing$ 0.3mm y $\varnothing$ 0.17mm (Norma técnica ISO 16409)
- Filamento termoplástico PLA (Norma técnica ISO 1183-1-A)

METODO DE FABRICACION

3.1 Fabricación del cuerpo del cepillo: Se realiza el montaje técnico de las herramientas de desbaste VNGP 160401 y las brocas (centro #2 $\varnothing$ 7.3mm y $\varnothing$ 5/8") a utilizar en el torno de control numérico computarizado. Posteriormente se realiza el montaje de la aleación de duraluminio 7075 en el torno de control numérico computarizado.

Se realizan operaciones de refrentado, cilindrado y taladrado según el plano (CPRO-01), se hace el montaje de la aleación de titanio grado 5 en el torno de control numérico computarizado y se realizan operaciones de refrentado, cilindrado y taladrado según el plano (CPRO-01)

Por último se elabora el montaje técnico del cuerpo de duraluminio 7075 en el cuarto eje de la fresadora de control

numérico, y montando los escariadores de 0.2mm y de 1mm y se ejecutan operaciones de fresado de interpolación circular y planeados correspondientes según el plano (CPRO-01).

Maquinas usadas en La fabricación de los diferentes procesos:



Imagen 01. Torno control numérico



Imagen 02. Fresadora control numérico



Imagen 03. Impresora 3D



Imagen 04. Máquina de corte laser

3.2 Fabricación de las cabezas intercambiables:

Para realizar el montaje del filamento de PLA se traslada el archivo STL del software de diseño CAE (ingeniería asistida por computador) solidworks2019 a la maquina impresora 3D. Se inicia la impresión de la estructura de las distintas cabezas intercambiables según el plano (CPRO-02) y se corta el nylon tipo dental de diámetros 0.3 y 0.17 según las longitudes establecidas en el plano (CPR-02).

Por último se ensambla las estructuras de las cabezas de los cepillos intercambiables con las cerdas cortadas con anterioridad según lo establecido en el plano (CPR-02)

3.3 Fabricación de la transmisión de potencia:

Para este paso se realizara el montaje del filamento de PLA y se traslada el archivo STL del software de diseño CAE (ingeniería asistida por computador) solidworks2019 a la maquina impresora 3D. Una vez trasladada se inicia la impresión de las piezas (corona, biela y manivela) detalladas en el plano (CPRO-03) y se realiza el montaje técnico de las herramientas de desbaste VNGP 160401 en el torno de control numérico computarizado. De esta forma se realiza el montaje de la aleación del acero custom 455 diámetro 3/16" 7075 en el torno de control numérico computarizado. Para implementar el mecanizado del eje y el acople de motor descrito en el plano (CPRO-03) y se elabora el montaje técnico del eje de acero custome 455 en el cuarto eje de la fresadora de control numérico, y montando el escariador de 1mm.

Una vez terminado el montaje se ejecutan las operaciones de fresado de planeados correspondientes según el plano (CPRO-03) y se realiza el ensamblaje de la transmisión de potencia y el motor principal de 3.7v según plano (CPRO-03). Por último se realiza la conexión del motor a la fuente de 5v y se verifica el correcto

movimiento oscilatorio de la transmisión de potencia y luego se hace lo mismo junto a las distintas cabezas

3.3 Fabricación sistema de enjuague bucal:

Para la fabricación de este sistema se hará el traslado el archivo STL del software de diseño CAE (ingeniería asistida por computador) solidworks2019 a la maquina impresora 3D y se inicia la impresión de la estructura del tanque de almacenamiento, los alabes de la bomba centrífuga y la estructura de la bomba centrífuga según el plano (CPRO-04). Por ultimo se ensambla el tanque de almacenamiento con la bomba centrífuga, el motor de 1.5v a 3000rpm y la tubería de salida (manguera) según lo establecido en el plano (CPR-04

3.4 Fabricación del sistema de seda dental:

Se traslada el archivo STL del software de diseño CAE (ingeniería asistida por computador) solidworks2019 a la maquina impresora 3D y se inicia la impresión del carrete, y la compuerta según el plano (CPRO-05). Se hila la

seda dental en el carrete según el plano (CPR-05) y se realiza el corte de la lamina de acero AISI 304 mediante la maquina de corte laser según las dimensiones del plano (CPR-05)

3.5 Fabricación de la tarjeta de control:

Para esta fabricación es necesario realizar el circuito impreso de la tarjeta según plano (CPR-06) y la respectiva colocación de los componentes electrónicos sobre la tarjeta impresa (cautín y soldadura de estaño). Se realiza la instalación de sensores de presión, pulsadores, diodos led y temporizador (cautín, soldadura de estaño, cables jumper) según el plano (CPR-06).

Posteriormente, se realiza la conexión y el montaje del motor principal de 3.7v y la conexión del motor de 1.7v de la bomba centrifuga según el plano (CPR-06) y se realizan pruebas de conexión con la fuente de v y el multímetro. Por último se realiza la conexión de la batería de litio de 5v y se realizan pruebas de funcionamiento y operación de la tarjeta de control

Maquinas usadas en la fabricación de la tarjeta:



Imagen 05. Multímetro



Imagen 06. Cautín



Imagen 07. Fuente suicheada 5v

3.6 Ensamblaje del cepillo eléctrico: Se realiza el ensamblaje de todos los subgrupos del cepillo dental (cuerpo, cabeza, sistema de enjuague bucal, sistema de seda dental, sistema de transmisión de potencia, tarjeta de

control) y se ubican los pulsadores, diodos led y sensores en los lugares descritos en el manual de funcionamiento MFUN-CPRO y el plano (CPRO- EXPLOSIONADO). Se realiza la prueba de verificación de la carga de la batería y la descarga de la misma al igual que el funcionamiento correcto de sensores, pulsadores, luces y temporizador descritos en el manual de usuario MUSUR-CPRO.

También se realizan las pruebas del cepillo eléctrico intercambiando las distintas cabezas y verificando funciones específicas como ciclos de cepillado, enjuague bucal, y dispensación correcta de seda dental. Así como cada una de las funciones descritas en el manual de usuario MUSUR-CPRO

Es importante resaltar que se realizara la caracterización de cada una de las cabezas intercambiables del cepillo y de cada una de las funciones de uso; esto se realizara a través de la simulación la cual nos ayudara a conocer la composición y el proceso mencionada en los anteriores procesos de fabricación y de igual forma su posible utilización en pacientes la cual es un tema que queda abierto para ser

probado clínicamente en futuras investigaciones.

RESULTADOS:

Actualmente, hay muchos factores que se deben tener en cuenta a la hora de elaborar un cepillo. Este nuevo diseño de cepillo ortodóntico eléctrico multifuncional provee una nueva tecnología que brinda a los pacientes con aparatología ortodóntica, características ergonómicas importantes, elementos auxiliares rutinarios del kit de higiene oral y materiales biodegradables que permiten reducir el impacto al medio ambiente de la contaminación. Este nuevo cepillo contará con un material 100% biodegradable PLA, un modo de acción con movimientos oscilantes-rotarios durante el cepillado y para las cabezas intercambiables inter-proximales, un sensor de presión que guiara al usuario para que se cepille en el rango de presión óptimo de 0.8-2.5N, un temporizador con un tiempo sugerido de 2 minutos (30 segundos por cada cuadrantes), batería recargable entre 3000 a 5000 miliamperios para una duración entre 7 a 12 horas, cámara dentro del mango para el almacenamiento de enjuague bucal y seda dental.

La tecnología y el diseño incorporados en este nuevo cepillo, con su acción de limpieza multifuncional distinta, busca proporcionar una experiencia superior de cepillado de dientes en pacientes con ortodoncia, para mejorar la comodidad y especialmente la eficiencia óptima de la higiene oral. Por lo tanto, en este proyecto se termina con la simulación de su fabricación, y su elaboración

Recomendaciones: se sugiere una vez realizada la elaboración física proceder con pruebas para valorar ergonomía y experiencia del usuario con el fin de observar su eficiencia y considerar cambios en el diseño si fuera necesario.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Erbe C, Jacobs C, Klukowska M, Timm H, Grender J, Wehrbein H. A randomized clinical trial to evaluate the plaque removal efficacy of an oscillating-rotating toothbrush versus a sonic toothbrush in orthodontic patients using digital imaging analysis of the anterior dentition. The Angle Orthodontist [Internet]. 2018 Dec 5 [cited 2019 Apr 5]; Available from:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=30516414&lang=es&site=ehost-live>

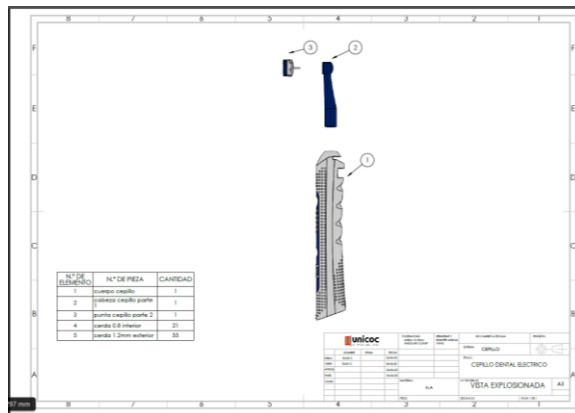
2. Sandra Atanasova ,Sofija Carceva Salja, Sanja Naskova, Julija Zarkova Atanasova, Ljubica Prosheva , Oral Hygiene Behavior during Treatment with Fixed Orthodontic Appliances , Journal of Dental and Medical Sciences, 2018. Volume 17, PP 67-71
3. Nápoles González Isidro de Jesús, Fernández Collazo María Elena, Jiménez Beato Patricia. Evolución histórica del cepillo dental. Rev. Cubana Estomatol [Internet]. 2015 Jun [citado 2019 Abr 11]; 52(2): 208-216. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75072015000200010&lng=es.)
4. Collins FM. Toothbrush technology dentifrices and dental biofilm removal. Dental Economics [Internet]. 2009 Aug [cited 2019 Apr 12]; 99(8):1–10. Available from: <https://search.ebscohost.com.ezproxy.javeriana.edu.co/login>.

[asp?direct=true&db=ddh&AN=44574073&lang=es&site=ehost-live](http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ddh&AN=44574073&lang=es&site=ehost-live)

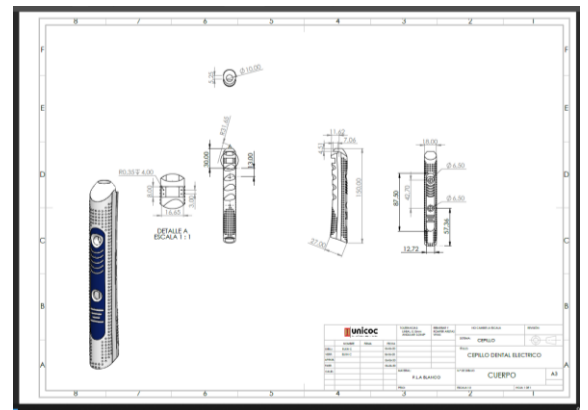
5. Goh EXJ, Lim LP. Fact or Fiction? Powered Tooth brushing is More Effective than Manual Tooth brushing. Oral Health & Preventive Dentistry [Internet]. 2017 [cited 2019 Apr 12];15(1):23–32. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=28232971&lang=es&site=ehost-live>
6. Cressey, Daniel. The plastic ocean scientists know that there is a colossal amount of plastic in the oceans. However, they do not know where it all is, what it looks like or what damage it does. Nature Int weekly J of science.2016; 536: 263-265. Available from [file:///C:/Users/DIANA%20CAROLINA%20ORJUE/AppData/Local/Packages/microsoft.windowscommunicationsapps_8wekyb3d8bbwe/LocalState/Files/S0/16753/Attachments/The%20plastic%20ocean\[20153\].pdf](file:///C:/Users/DIANA%20CAROLINA%20ORJUE/AppData/Local/Packages/microsoft.windowscommunicationsapps_8wekyb3d8bbwe/LocalState/Files/S0/16753/Attachments/The%20plastic%20ocean[20153].pdf)
7. Ertane EG, Dorner-Reisel A, Baran O, Welzel T, Matner V, Svoboda S. Processing and Wear Behaviour of 3D Printed PLA Reinforced with Biogenic Carbon. Advances in Tribology [Internet]. 2018 Aug [cited

2019 May 10]; 1–11. Available from: [https://search.ebscohost-com.ezproxy.javeriana.edu.co/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=131015167&lang=es&site=ehost-live](https://search.ebscohost.com.ezproxy.javeriana.edu.co/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=131015167&lang=es&site=ehost-live)

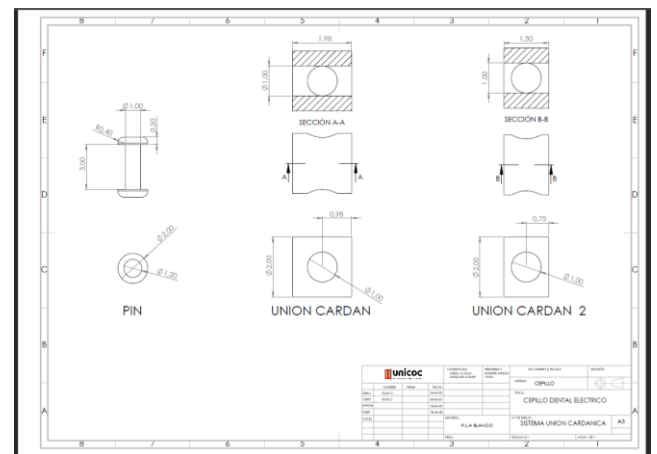
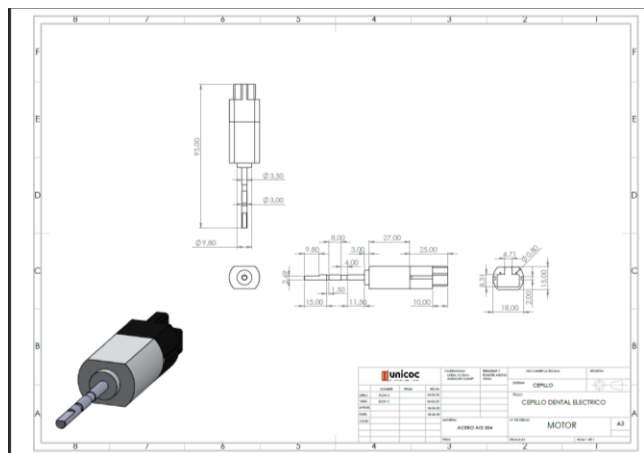
ANEXOS



Plano CPRO-01



Plano CPR-02



Plano CPRO-03

PlanoCPR-04

PlanoCPR-05

