Robot para hacer dobleces individualizados en los alambres de ortodoncia lingual

A robot to make individualized bends on the lingual orthodontic wires

Autores: Mgtr. Ortod. Alfredo Gilbert*, Dra. Ing. Rosa Alicia Hernández** y Mtro. Ing. Luis Enrique Soto***

* Magíster en Ortodoncia

** Doctora en Ingeniería Mecánica

** Maestro en Ingeniería Mecánica

RESUMEN

Conforme la técnica de Ortodoncia Lingual crece en popularidad, más requerimientos se hacen necesarios para lograr buenos resultados, con menor tiempo de silla y mayor control por parte del ortodoncista. La digitalización y toda la tecnología alrededor de las diferentes técnicas dentales han permitido que procesos que anteriormente se realizaban manualmente hoy puedan elaborarse de manera automatizada y con estricto control matemático. Encontramos cada vez un mayor número de procedimientos organizados desde un *software*, que además de dar más calidad al trabajo del odontólogo, le permiten mejor control, velocidad y reducción de desperdicios. Adicionalmente, los procesos digitales requieren de poco espacio de almacenamiento y elaboración, no sufren deterioro y son fácilmente comparables.
Los alambres de la técnica lingual requieren gran precisión y son de difícil elaboración, por las características específicas de la arcada dental vista desde palatino.[1] La superficie palatina es asimétrica y presenta notables diferencias de angulación en cada uno de los dientes, además de reducidas distancias entre una y otra unidad dentaria. Adicionalmente, el punto de aplicación de la fuerza ortodóntica se acerca de manera notable al centro de resistencia dental y la periferia del arco es menor que por la cara externa/labial, todo lo cual da como resultante que arcos con ligeros desajustes provoquen severas discrepancias en la alineación de los arcos.[2] El ortodoncista emplea una gran cantidad de tiempo en la elaboración de alambres bien ajustados que permitan lograr las resultantes esperadas. En un principio, los arcos linguales se elaboraban tal como lo recomendó el Dr. Fujita[3], en forma de hongo. Un par de décadas después, se empezaron a fabricar los arcos de forma recta o con ajustes individuales. Existen opiniones diversas entre los ortodoncistas sobre cuál es la mejor forma para los alambres linguales.
Esta presentación trata de un sistema que permite el doblado de los arcos mediante control

ABSTRACT

As the technique of Lingual Orthodontics grows in popularity, more requirements become necessary to achieve good results, with less chair time and greater control by the orthodontist. The digitalization and all the technology around the different dental techniques have allowed that processes that were previously done manually today can be elaborated in an automated way and with strict mathematical control. We find an increasing number of procedures organized from the software, which besides giving more quality to the dentist's work, allows him better control, speed and waste reduction. Additionally, digital processes require little storage and processing space, do not suffer deterioration and are easily comparable.
The wires of the lingual technique require great precision and are difficult to elaborate due to the specific characteristics of the dental arch seen from the palatine. The palatal surface is asymmetric and has notable angulation differences in each of the teeth, besides small distances between one dental unit and another. Additionally, the application point of the orthodontic force comes remarkably close to the center of dental resistance and the periphery of the arch is less than on the external labial side, all of which results in arcs with slight misalignments causing severe discrepancies in the alignment of the arcs. The orthodontist uses a large amount of time in the elaboration of well-adjusted wires to achieve the expected results. In the beginning, the lingual arches were elaborated as recommended by Dr. Fujita, in the form of a fungus. A couple of decades later, the arches began to be made straight or with individual settings. There are diverse opinions among orthodontists about which way is the best for lingual wires.
This presentation deals with a system that allows the arches to be bent by means of robotic

robótico, de manera individualizada, de tal forma que el ortodoncista pueda elegir lo que a su consideración más convenga a cada uno de sus pacientes. El sistema aquí expuesto le permite trabajar de manera precisa, rápida, sin desperdicio de material y sin ocupar mayor espacio.

Palabras clave: Ortodoncia Lingual, robótica, digitalización, alambres.

control, in an individualized way, in such a way that the orthodontist can choose what he considers most convenient to each one of his patients. The system here exposed allows him to work accurately, quickly, without wasting material and without taking up more space.

Key words: *Lingual Orthodontics, robotics, digitalization, wires..*

INTRODUCCIÓN

Sin dejar de ser una técnica exclusiva, la ortodoncia lingual es cada vez más popular entre los pacientes adultos. Según un estudio de la OMS[4], el 30 % del total de los pacientes adultos presenta una oclusión normal o maloclusión menor y no necesita de tratamiento ortodóncico, mientras que el 70 % presenta necesidad de tratamiento ortodóncico en diferentes grados de severidad de maloclusión, entre los que un 43 % presenta maloclusión muy severa o discapacitante, para los cuales el tratamiento ortodóncico resulta obligatorio.[5] El apiñamiento dentario en el segmento incisal en una o ambas arcadas superior e inferior se encuentra en un 44 %; siendo mayor la irregularidad dentaria inferior (>4 mm) con un 28 %, mientras que la irregularidad dentaria superior (>4 mm) fue del 16 %. El Índice Estético Dental establece una serie de rasgos o condiciones oclusales en categorías que determina en forma ordenada los grados de severidad de maloclusión. También, en la zona de anteriores, el 70 % de los pacientes examinados presentaron maloclusión en diferentes grados de severidad y necesidad de tratamiento, donde fue prevalente la maloclusión muy severa en un 43 %. Todas estas medidas son las que hacen que el paciente adulto busque resolver su maloclusión, ya sea por requerimientos funcionales o por los estéticos.[6]

Si bien los *brackets* transparentes representan una buena opción cosmética, es verdad que los pacientes no siempre los aceptan, ya sea por desear ocultar por completo la aparatología o por conocer de la fragilidad del aparato. Por otra parte, los alineadores de materiales plásticos son definitivamente limitados en su eficacia y solo los ortodoncistas muy avezados se atreven a realizar un caso complicado con los mismos. Muchos de los pacientes que llegan al consultorio de ortodoncia lingual presentan recidivas de casos tratados con alineadores.

La incorporación de tecnología de punta en la ortodoncia lingual se inició con un sistema[7], en que por primera vez se reportó el uso de *brackets* personalizados y alambres realizados mediante un sistema robótico. A este, le siguieron otros que de una u otra forma introdujeron esquemas tecnológicos con el fin de facilitar la técnica.[8] En lo que se refiere al diseño y fabricación de los alambres, se empezaron a hacer "sobre medida"[9], pero no fue sino hasta la incursión de una robótica más avanzada[9] que los arcos de alambre de ortodoncia lingual se empezaron a diseñar y fabricar dentro del consultorio con un sistema *In-House* a cargo del ortodoncista.

¿CÓMO FUNCIONA EL ROBOT?

El primer modelo de robot para doblar alambres de ortodoncia lingual dentro del consultorio, fue dado a conocer en la primavera de 2011. El aparato contaba con cuatro motores, dos en cada segmento posterior de la arcada. Por lo demás, dicha arcada podía expandirse en el segmento anterior y termoactivar las aleaciones de nitinol. El uso que se le podía dar al sistema, dadas las características señaladas, era el de conformar alambres en forma de hongo. Cuando la técnica de arco recto cobró impulso en la ortodoncia lingual, el robot cuatrimotor resultó obsoleto, pues el arco no requería de compensaciones entre canino y premolar y entre primero y segundo molares. La técnica de *multiloops* hizo nuevamente necesaria la utilización de un robot mejorado, capaz de elaborar todas las compensaciones existentes en la arcada dentaria.

Dicho avance se vio concretado en un robot con doce motores para habilitar el doblado de primer molar a primer molar (*figura 1*). Para la ejecución del método para el diseño y manufactura de arcos ortodónticos segmentados que controle cada pieza, se requiere un aparato que pueda ejecutar las instrucciones digitales producidas por un dispositivo de cómputo (*figura 2*) y, así, manipular un arco recto (sin segmentar) o un alambre preformado, promoviendo los dobleces necesarios para obtener el arco ortodóntico segmentado, personalizado y diseñado por el método de la presente invención (*figura 3*). Para lograr tal fin se creó una novedosa plantilla con sujetadores (*figura 4*) capaz de doblar los alambres o arcos simples de acuerdo al diseño aprobado por el ortodoncista, las necesidades del paciente, así como los parámetros ortodónticos que permitan la corrección de la maloclusión, logrando una máxima interdigitación, siempre respetando el plan de tratamiento establecido. De forma general, la plantilla con sujetadores consta de un procesador electrónico que genera los pulsos o información requerida para manipular una pluralidad de servomotores, en donde cada servomotor opera un sujetador especializado con el cual se manipula y dobla de forma precisa el alambre; la plantilla comprende doce sujetadores, ordenados en forma de arco bucal, teniendo un lado izquierdo y un lado derecho, estando dicha partición entre los dientes incisivos centrales.

Cada servomotor está eléctricamente conectado a un manejador, en donde dicho manejador comprende un microprocesador que recibe las instrucciones del procesador de la plantilla, así como un circuito de salida que permite tener una conexión eléctrica con el servomotor y enviar los pulsos para su accionamiento. Además, consta de un puerto de entrada que le permite recibir las señales del sensor de posición del servomotor, con lo cual el servomotor sabe en qué posición se encuentra el sujetador; el referido manejador está eléctricamente conectado a una salida determinada para un sujetador dado en el procesador de la plantilla.

Una vez que el dispositivo de cómputo cuenta con la escala y orientación correctas de la malla vectorial sobre la fotografía del modelo en 3D, se procede al diseño del arco ortodóntico (*figura 5*). Para esto, en el dispositivo de cómputo, el usuario traza los puntos control en la posición supuesta para cada *bracket*; una vez que se termina con esta tarea, el dispositivo de cómputo calcula y dibuja un primer perfil del arco ortodóntico usando como referencia las líneas de intersección entre el perfil del alambre del arco ortodóntico y la malla vectorial; hecho esto, se revisan las necesidades específicas del caso y, de existir tales, se ajusta el primer perfil del arco ortodóntico.

El ajuste dinámico puede derivar en varias iteraciones (es decir, repetir varias veces un proceso con la intención de alcanzar una meta deseada, objetivo o resultado), las cuales se activan hasta que el ortodoncista esté satisfecho (*figura 6*); esto es, cuando el ortodoncista vea que el perfil de arco ortodóntico cumple los objetivos del tratamiento tales como: mantener la estabilidad de los dientes en el hueso sano y que las fuerzas de expansión sean equilibradas; así, si el perfil de arco ortodóntico cumple con al menos los objetivos del tratamiento, el ortodoncista podrá decidir el detener las iteraciones para la obtención de un perfil de arco ortodóntico. Una vez que el profesional ha autorizado el perfil del arco ortodóntico, el dispositivo de cómputo calculará los puntos de intersección vectorial, los cuales se dan en el cruce del perfil de arco ortodóntico autorizado por el ortodoncista y la malla vectorial, y ya con los puntos de intersección vectorial calculará los vectores de aproximación, los cuales corren sobre la malla y su magnitud, delimitada por los puntos de intersección vectorial; la distancia entre el punto neutro o posición de reposo de cada servomotor de la plantilla con sujetadores es calculada por el dispositivo de cómputo, sobre la base de los vectores de aproximación calculados; acto seguido, el dispositivo de cómputo convierte los vectores de aproximación del bloque y los desplazamientos que cada servomotor debe cumplir en código minimaestro. El código minimaestro genera un archivo de ejecución, el cual contiene las instrucciones para cada uno de los servomotores de la plantilla; en una modalidad preferente el archivo de ejecución del bloque se puede guardar en una memoria portátil coloquialmente conocida como *flash drive* o memoria USB, en una modalidad alternativa, esta puede ser transmitida vía cable por medio del

puerto USB del dispositivo de cómputo. En otra modalidad alternativa, puede ser enviado de forma inalámbrica por medio de protocolos Wi-Fi o *Bluetooth*; en cualquier modalidad, la plantilla, que ya cuenta con un alambre, dispuesto en las ranuras de los sujetadores y retenido entre los mismos, recibe el archivo de ejecución. Luego, el procesador interno de la plantilla con sujetadores procesa los datos del código mini del archivo de ejecución, con lo cual envía señales o pulsos a cada uno de los manejadores (*drivers*) de los servomotores, lo que ocasiona que los servomotores se energicen y actúen en consecuencia, provocando así el doblado del alambre. Allí, al final de la actividad de los servomotores se obtiene un arco ortodóntico con compensaciones; una vez formado el arco ortodóntico, cuando éste está elaborado con nitinol, se conecta a una fuente de poder (*figura 7*) que hace circular una corriente por el arco ortodóntico, elevando así su temperatura hasta 600 grados centígrados, y manteniéndola por un lapso de tiempo menor a 10 segundos, para después desenergizar la fuente de poder. Esto provoca que al arco al enfriarse mantenga la forma otorgada por la plantilla con sujetadores además de ganar características mecánicas, como dureza, resiliencia, brío y memoria entre otras. Finalmente, y de ser aprobado por el ortodoncista, el arco ortodóntico producido por la plantilla se instala en la boca del paciente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante 18 meses se ha empleado este robot (*figuras 8 a, b y c*) en un departamento de investigación en México, certificado por el RENIECyT, dependiente del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) de México. Los pacientes del protocolo fueron seleccionados para participar en la investigación cuando cumplieron con los parámetros siguientes: pacientes adultos con maloclusión, buena salud periodontal, oral y de estado general. En la actualidad, hay poca información acerca de la factibilidad del doblado de alambres de técnica lingual a través de un robot dentro del consultorio. La intención del sistema robótico es la de reducir el tiempo empleado en el doblado de los arcos, así como incrementar la exactitud en los dobleces. Además, se espera observar menor desperdicio de material. Los pacientes se clasificaron de la siguiente manera (*tabla 1**):

*15 pacientes en Clase I, de los cuales 14 presentan apiñamiento y 1, mordida abierta y 2 pacientes en Clase 2. Los dos grupos presentan apiñamiento y mordida profunda. El total de pacientes es de 17, de los cuales 16 presentan apiñamiento. En dos casos existe una mordida profunda mientras que uno de los casos presenta mordida abierta.

Clasificación dental	Clase I: 15	Clase II: 2	Total: 17
Apiñamiento	14	2	16
Mordida profunda	0	2	2
Mordida abierta	1	0	1
Total:	15	2	

Tabla 1: Clasificación dental/tipo de oclusión de los pacientes del protocolo.

Considerando que cada caso consta de dos arcadas, se realizaron 34 arcos con alambre .016" de acero inoxidable.

**En las tablas 1a y 1b, están especificados los tiempos de doblado inicial y de ajuste para los dos sistemas, el manual y el robótico.

GRUPO A DOBLADO MANUAL	FORMA DE HONGO (19)	MULTILOOPS (9)	ARCO RECTO (6)
Apiñamiento	Inicial: 24' 04" Ajustes: 9' 10"	Inicial: 32' 02" Ajustes: 11' 04"	Inicial: 12' 01" Ajustes: 3' 29"
Mordida profunda	Inicial: 18' 28" Ajustes: 2' 19"	Inicial: 21' 05" Ajustes: 4' 11"	Inicial: 8' 03" Ajustes: 2' 31"
Mordida abierta	Inicial: 18' 27" Ajustes: 4' 37"	Inicial: 21' 23" Ajustes: 7' 12"	Inicial: 9' 14" Ajustes: 3' 18"
Tiempo promedio por ambos arcos	Inicial: 18' 23" Ajustes: 5' 19"		

Tabla 1a: Tiempos de doblado inicial y de ajuste de arco con técnica manual.

GRUPO B DOBLADO ROBÓTICO	FORMA DE HONGO (19)	MULTILOOPS (9)	ARCO RECTO (6)
Apiñamiento	Inicial: 8' 06" Ajustes: 3' 12"	Inicial: 12' 40" Ajustes: 3' 45"	Inicial: 6' 06" Ajustes: 0' 29"
Mordida profunda	Inicial: 6' 37" Ajustes: 0' 22"	Inicial: 8' 28" Ajustes: 1' 11"	Inicial: 4' 25" Ajustes: 0' 31"
Mordida abierta	Inicial: 6' 36" Ajustes: 1' 37"	Inicial: 9' 19" Ajustes: 2' 12"	Inicial: 2' 50" Ajustes: 0' 35"
Tiempo promedio por ambos arcos	Inicial: 7' 05" Ajustes: 1' 37"		

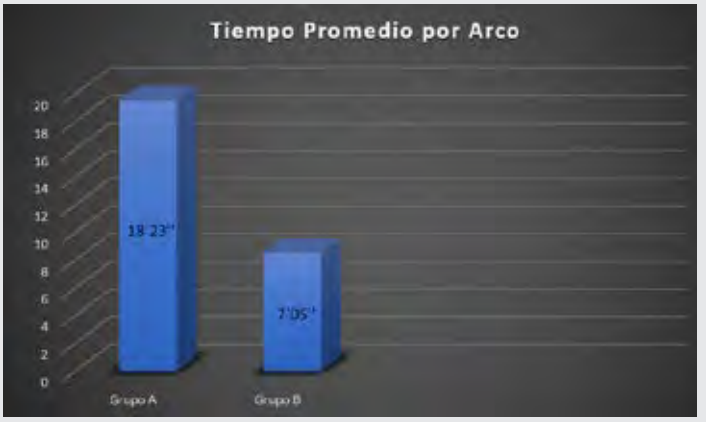
Tabla 1b: Tiempos de doblado inicial y de ajuste de arco con técnica robótica.

19 casos se realizaron con dobleces en forma de hongo, en 9 casos se utilizó la técnica de *multiloops* y en 6 se empleó la de arco recto. Se dividió a los pacientes en dos grupos, el grupo A, en donde los dobleces se realizaron de manera manual y el grupo B, en donde las compensaciones fueron hechas con el robot. Se midió el tiempo empleado y la precisión obtenida (necesidad de ajustar los dobleces). Los resultados se observan en la tabla 2:

GRUPO A DOBLADO MANUAL	Tiempo promedio por arco: 18' 23"	Tiempo en reajustes: 5' 19"
GRUPO B DOBLADO ROBÓTICO	Tiempo promedio por arco: 7' 05"	Tiempo en reajustes: 1' 37"
Totales	GRUPO A: 23' 42"	GRUPO B: 8' 42"

Tabla 2: Tiempo utilizado para el doblado con cada técnica.

Los resultados que se observan en la tabla 2 permiten apreciar el menor insumo de tiempo requerido en el doblado robótico comparado con el tiempo requerido para el doblado manual.


Tiempo Promedio por Arco
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
18'23"
7'05"
Grupo A
Grupo B

Tiempo Promedio por Arco
28 %
72 %
Grupo A
Grupo B

Tiempo en Reajustes
6
5
4
3
2
1
0
5'19"
1'37"
Grupo A
Grupo B

Tiempo en Reajustes
38 %
62 %
Grupo A
Grupo B

RESULTADOS

El tiempo total empleado en la elaboración robótica resultó un 73 % menor que el utilizado cuando se dobló manualmente. Antes de los ajustes, el tiempo requerido con el esquema automatizado consumió cerca del 60 % de tiempo menos que lo utilizado con las pinzas tradicionales. Los ajustes se debieron, en una gran mayoría (92 %), a la imposibilidad de llegar al premolar durante la salida del canino. En 6 casos, durante los ajustes manuales, el arco se fracturó y hubo necesidad de sustituirlo. Esto mismo ocurrió en uno de los casos robóticos.

Con ambas técnicas los arcos mantuvieron integridad y los dobleces de compensación resultaron estables. Cuando se utilizaron aleaciones resilientes de níquel titanio los arcos fueron sometidos a una temperatura de 600 °C. Los manuales, por medio de un aparato elevador de la temperatura[10] mientras que los robóticos con el transformador parte del robot. La transformación se mantuvo sin cambios en todos los casos.

DISCUSIÓN

La elaboración de los arcos en la técnica lingual es crucial para el buen resultado de los tratamientos. Habiendo tantas posibles variables en cuanto a anchura, altura y angulación, el ortodoncista debe controlar cualquier defecto. Hasta hace algunos años, los alambres de técnica lingual se conformaban en forma de hongo. Con el advenimiento de sistemas digitalizados, el ortodoncista puede ahora, inclusive, trabajar con *brackets* personalizados, a la medida de cada diente y de cada paciente. Esto ha traído como consecuencia el que los arcos también puedan ser fabricados de manera individual, siguiendo las características de cada unidad dental. Las ventajas de la individualización en cualquier proceso son obvias. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que estas características también comprometen todo el proceso, pues ¿de qué sirve que una parte del esquema esté "hecho a la medida", si su contraparte no lo está? Otra consideración para tomar en cuenta es ¿hasta dónde debe el ortodoncista depender de personal ajeno en el diseño de su aparatología?, ¿es correcto que sea un técnico "externo" el encargado de elaborar los arcos de alambre (y darle las instrucciones que este requiere) o debería siempre ser el clínico quien esté a cargo de este importante proceso?

En el artículo aquí expuesto, se presenta un innovador aparato robótico útil para elaborar los arcos de alambre de la técnica de ortodoncia lingual, que por su tamaño y manejabilidad puede incluirse cómodamente dentro del consultorio ortodóntico. Las ventajas que esto representa son: control de calidad por parte del odontólogo, rapidez de elaboración, elaboración individualizada, menor desperdicio de material y utilización práctica de los espacios operatorios.

Fig. 1: Robot con 12 motores, de primer molar a primer molar.

Fig. 2: Binomio *software/hardware* para la elaboración de los alambres.

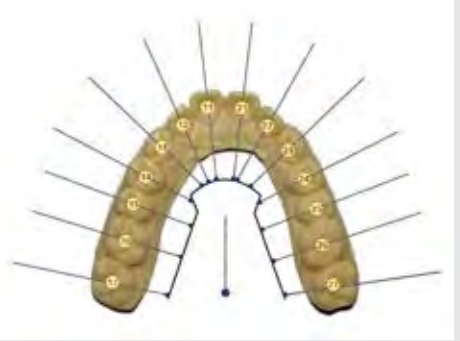


Fig. 3: El diseño del alambre es realizado en el programa computacional por el ortodoncista.

Fig. 4: Los sujetadores de la plantilla mantienen la posición durante el doblado.

Fig. 5: El diseño del arco se realiza mediante el *software* específico.

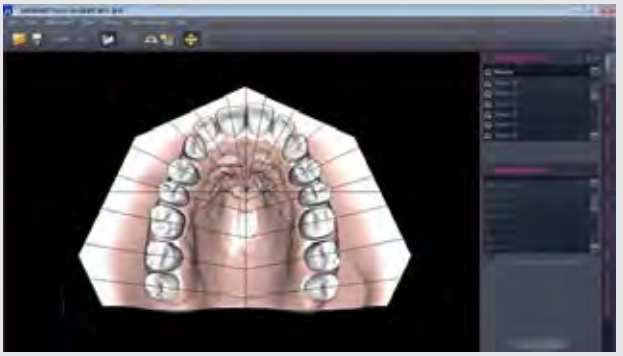


Fig. 6: El diseño se realiza en la computadora, previo al doblado por el robot.

Fig. 7 : La fuente de poder para los alambres resilientes.

Figs. 8 a, b y c: Robot visto por parte interna, anterior y posterior.

UTILIZACIÓN DEL SOFTWARE

La secuencia de utilización del *software* está conformada por 16 mini pasos conectados consecutivamente, para realizar el doblado del arco de alambre. El ortodoncista puede entonces ir realizando los ajustes que considere necesarios, tomando en cuenta el plan de tratamiento del paciente. Cada uno de los procedimientos está señalado convenientemente en la interfase del programa, y es restrictivo para el paso subsecuente, esto es que, mientras no se dé por concluida una sección, no se puede pasar a la siguiente. El esquema es como se muestra. (*Figs. 9a-o*)

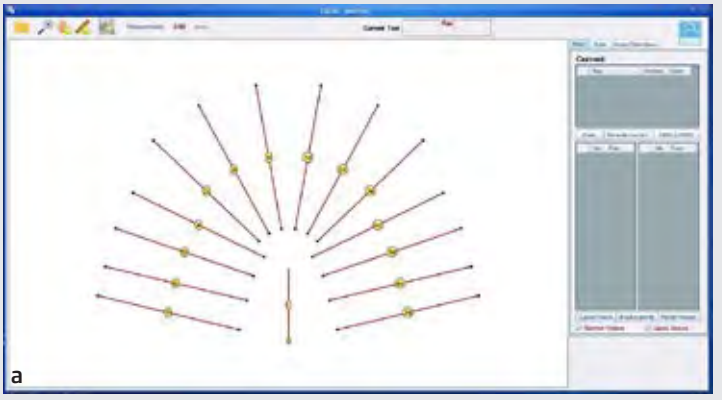


Fig. 9a: Arco ideal, antes de realizar cualquier modificación en el diseño.

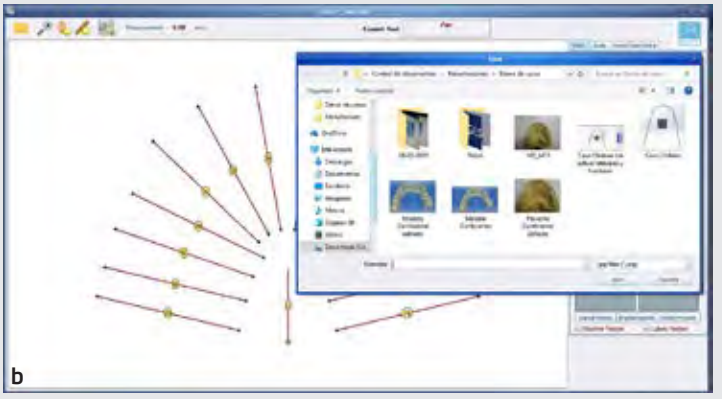
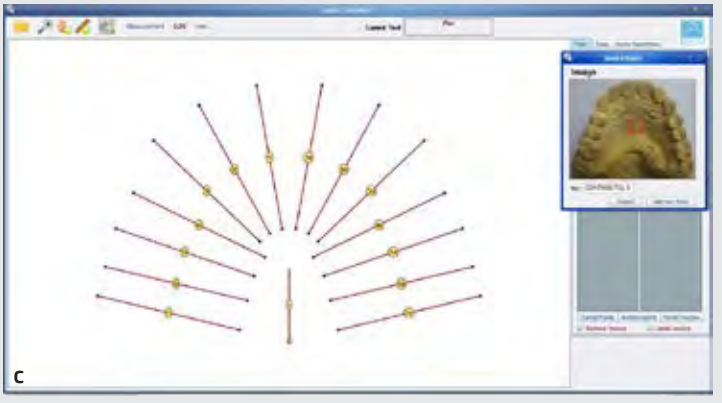
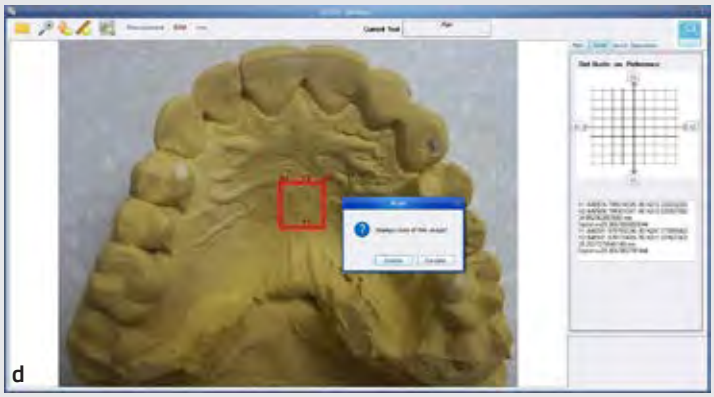


Fig. 9b: El caso se carga en la computadora.





Figs. 9c y d: Se prepara el calibrado de la imagen.

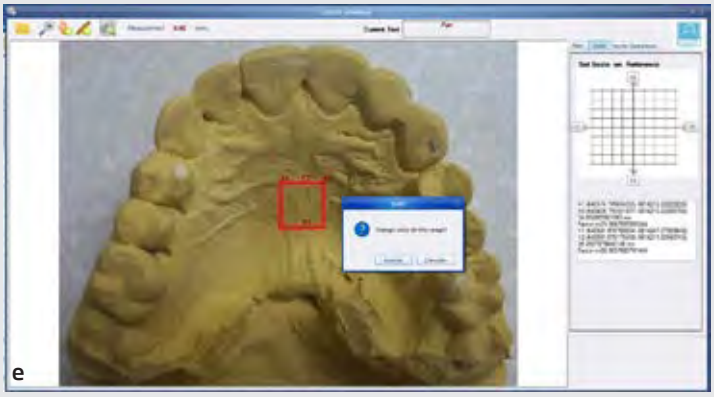


Fig. 9e: Al aceptar, se hacen visibles los vectores direccionales de los vectores sobre el modelo escalado.

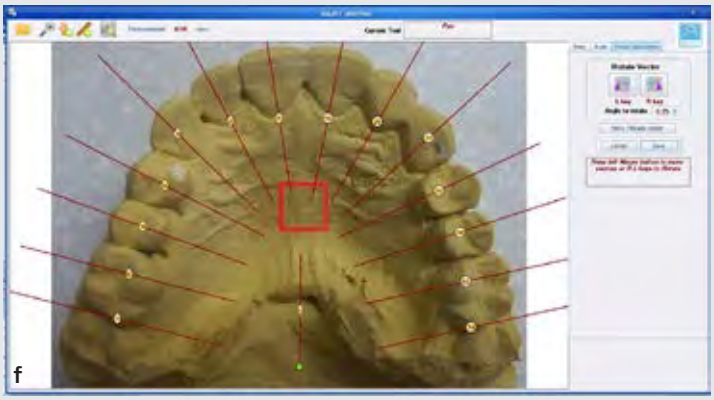


Fig. 9f: Se mueven y rotan los vectores direccionales hasta que el ortodoncista quede satisfecho con la posición y se salve el proyecto.

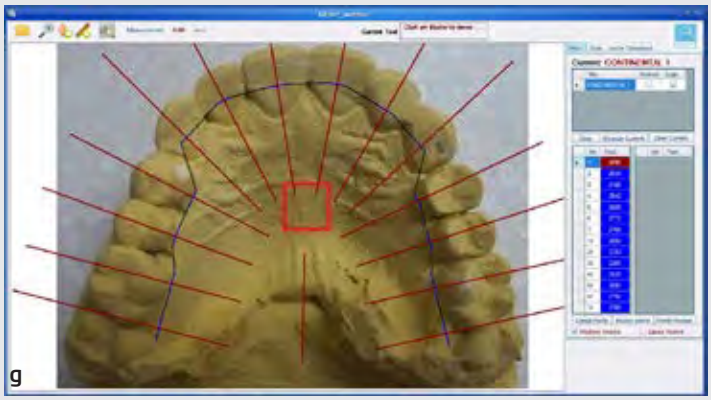


Fig. 9g: Se diseña el alambre haciendo *click* en la línea de los vectores.

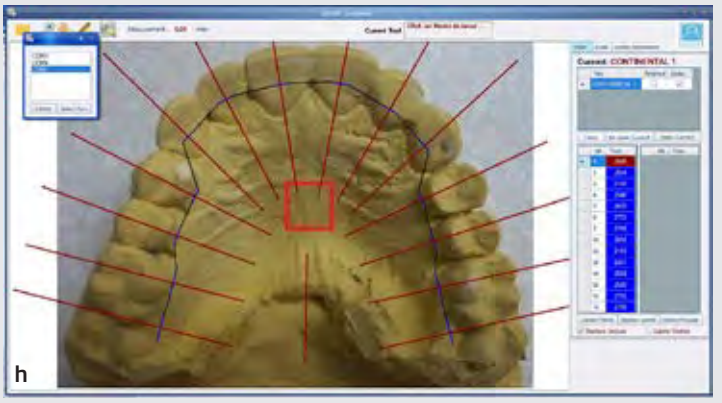


Fig. 9h: Se selecciona el puerto de comunicación.

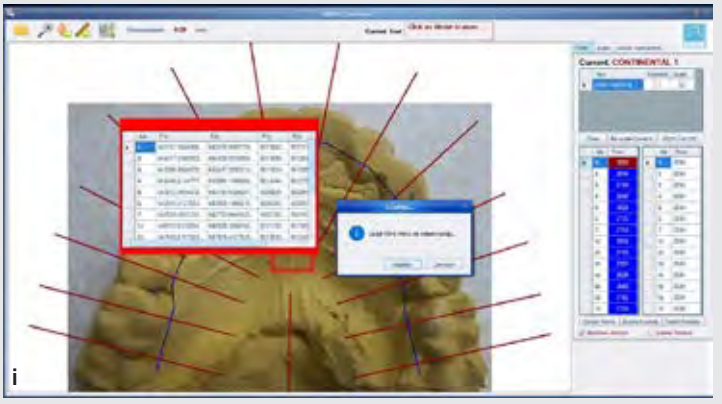


Fig. 9i: Al seleccionar procesamiento de puntos (*Points Process*), el robot se mueve a la posición de carga del alambre.

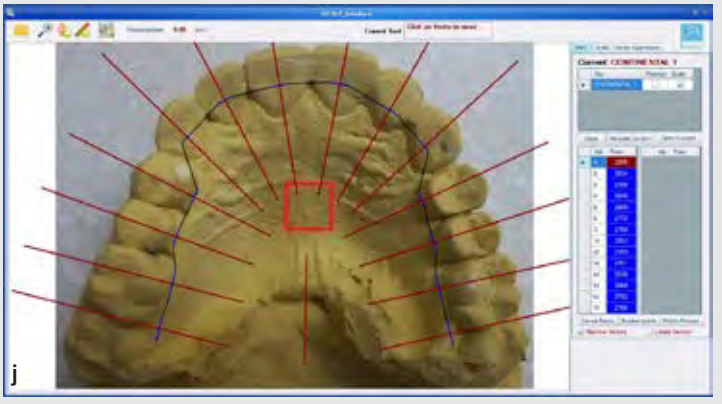


Fig. 9j: Al insertar y aceptar, el robot dobla el alambre a la forma diseñada, moviendo los dedos poco a poco para no estresar o hacer saltar el alambre de su posición, el caso queda guardado para posterior uso o edición.

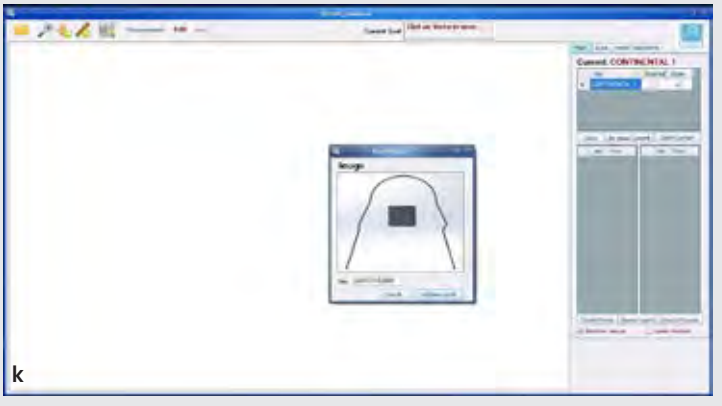


Fig. 9k: También, pueden procesarse alambres diseñados en otros sistemas, solo que se carga o escala la imagen del diseño.

Fig. 9l: Simulación antes de colocar las rectas de los dedos.

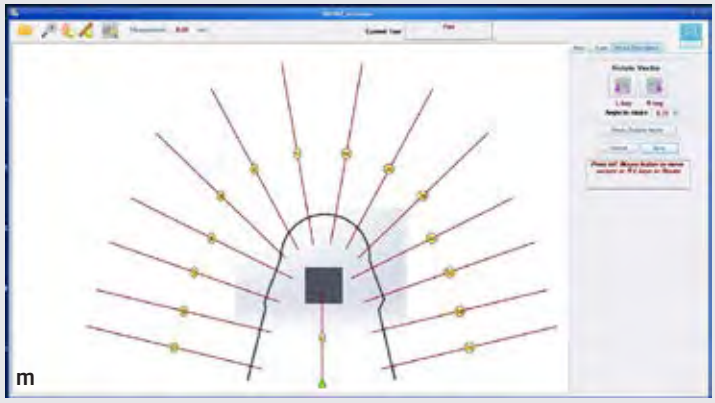


Fig. 9m: Colocación de las rectas de los dedos antes de activar la calibración de la imagen.

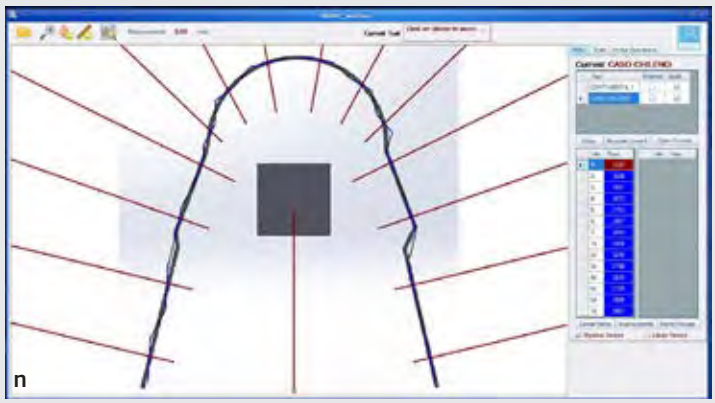


Fig. 9n: La simulación muestra las secciones rectas de los dedos, éstas son de la misma longitud de las secciones rectas de los *brackets* más populares. Se procesa y guarda el proyecto.

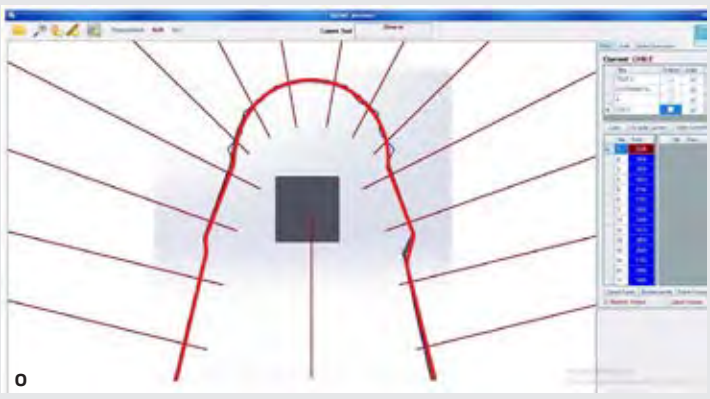


Fig. 9o: Alambre generado sin activar los servos del 21, 23, 12 y 13; el arco armónico flota libre desde las puntas mesiales de los primeros premolares y es contenido por las guías frontales.

CONCLUSIONES

La técnica de ortodoncia lingual requiere de gran precisión en la elaboración de los arcos. La discrepancia de ancho de los dientes anteriores contra los posteriores, las irregularidades características de las superficies linguales y la cercanía entre el centro de resistencia dental y el punto de aplicación de la fuerza ortodóntica por lingual hacen todos, en conjunto, necesario un estricto control en el diseño y la fabricación de los arcos ortodónticos.

Hoy en día, gran número de procedimientos dentales son planeados mediante la utilización de un programa computarizado a cargo, pues de esta manera se estandarizan los valores y se da más velocidad al tratamiento. Adicionalmente, la digitalización permite lograr una mayor calidad, mejor control, y mayor velocidad y cuidado en la reducción de los desperdicios. Adicionalmente, los procesos digitales requieren de poco espacio de almacenamiento y elaboración, no sufren deterioro y son fácilmente comparables.

El doblado y ajuste de los alambres manualmente se ve además complicado por la dificultad de acceso a la cara lingual de los dientes. El control robótico mediante la dupla *software/hardware* para realizar las compensaciones del alambre se presenta como una opción viable, de bajo costo y gran exactitud para obtener los resultados requeridos. Llevar a cabo estos procedimientos digitales dentro del consultorio, con la supervisión del ortodoncista, confiere al mismo un mejor control de calidad sobre el resultado final de su tratamiento, además de agilizar los procesos, reducir costos y minimizar el desperdicio de material.

Dirección de contacto:
algilb@gmail.com

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nidoli G, Lazzati M, Macchi A, Castoldi A. *Analisi clinici-statistica della morfologia dentale in rapporto al posizionamento dei brackets linguali.* Mondo Ortodontico 1985; 4: 45-53.

2. Tanne K, Lu YC, Sakuda K. *Biomechanical responses of tooth to orthodontic forces applied at the lingual bracket positions.* J Osaka Univ Dent Sch 1992; 32: 6-13.

3. Fujita K. *New orthodontic treatment with lingual bracket mushroom arch wire appliance.* Am J Orthod. 1979 Dec;76(6):657-75.

4. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. *Perfiles básicos de salud de países en las Américas. Área Andina e Istmo Centroamericano.* Disponible en: www.paho.org/spanish/dd/ais/cp_604.htm

5. Santos JA, Barros Florentino VG, Santana Sarmento DJ, Cavalcanti AL. *Prevalência de maloclusão e necessidade de tratamento ortodôntico em indivíduos adultos.* Act Scientiarum. Health Sciences. 2011; 33 (2): 197-202.

6. Järvinen S. *Indexes for orthodontic treatment need.* Am J Orthod Dentofacial Orthop 2001: 120: 237-239.

7. Wiechmann D, Rummel V, Thalheim A, Simon JS, Wiechmann L. *Customized brackets and archwires for lingual orthodontic treatment.* Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2003 Nov;124(5):593-9.

8. Fillion D. *Computer generated conception and fabrication of transfer trays for indirect bonding of lingual attachments: The Orapix system.* Rev Orthop Dento Fac 2007; 41: 61-75.

9. Saxe AK, Louie LJ, Mah J. *Efficiency and effectiveness of SureSmile.* World J Orthod. 2010 Spring;11(1):16-22.

10. Gilbert A. *An in-office wire-bending robot for lingual orthodontics.* J Clin Orthod. 2011 Apr; 45(4): 230-4; quiz 236.

11. Sander C, Roberts WE, Sander FG, Sander FM. *Reprogramming the memory of superelastic nickel titanium archwires.* J Clin Orthod. 2009 Feb;43(2):90-6.