

Planificación virtual asistida por inteligencia artificial en el diseño de una guía de perforación para distracción osteogénica con RED Device.

Virtual planning assisted by artificial intelligence in the design of a drilling guide for osteogenic distraction with RED Device.

Sergio Renato Olmedo Cueva,* Edison René Díaz Mora,* Jerson Daniel Llangari Cando,†
Marjory Elizabeth Vaca Zapata,§ Ángel Eduardo Miranda Salguero§

RESUMEN

Introducción: el labio y paladar hendido es uno de los defectos congénitos que a menudo deja grandes secuelas, tales como la hipoplasia maxilar severa, en la cual la cirugía ortognática convencional no es la mejor opción de tratamiento. La distracción osteogénica es una alternativa que emplea el RED Device, con la aplicación de inteligencia artificial (IA) en el diseño de guías, se optimiza el tiempo y mejora la preservación de estructuras anatómicas. **Objetivos:** enfatizar la importancia de una planificación virtual asistida por IA en el diseño de una guía de perforación. **Caso clínico:** se presenta un paciente de 16 años con secuela de labio y paladar hendido, en el cual se realizó distracción osteogénica con planificación virtual y aplicación de IA. Además, se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura. **Resultados:** se evidenció que la aplicación de la IA en la planificación virtual de la distracción osteogénica maxilar con el uso del RED Device permitió un avance gradual del maxilar y posicionamiento controlado de los pines. **Conclusiones:** la distracción osteogénica asistida por IA mejora la precisión quirúrgica, optimiza resultados y minimiza complicaciones, ofreciendo una alternativa efectiva y estable para el tratamiento de la hipoplasia maxilar severa en pacientes con fisura labio-palatina.

Palabras clave: distracción osteogénica, labio y paladar hendido, planificación virtual, inteligencia artificial, RED Device.

ABSTRACT

Introduction: cleft lip and palate is one of the congenital defects that often leaves major sequelae such as severe maxillary hypoplasia where only conventional orthognathic surgery is not the best treatment option. Distraction osteogenesis is an alternative with the implementation of the RED Device with the application of artificial intelligence (AI) in the design of guides, optimizing time and improving the preservation of anatomical structures. **Objectives:** to emphasize the importance of AI-assisted virtual planning in the design of a drilling guide. **Clinical case:** a 16-year-old patient with sequelae of cleft lip and palate is presented. The patient underwent distraction osteogenesis with virtual planning and the application of AI. In addition, a systematic review of the literature was conducted. **Results:** it was evident that the application of AI in the virtual planning of maxillary distraction osteogenesis with the use of the RED Device allowed a gradual advancement of the maxilla and controlled positioning of the pins. **Conclusions:** AI-assisted distraction osteogenesis improves surgical precision, optimizes outcomes, and minimizes complications, offering an effective and stable alternative for the treatment of severe maxillary hypoplasia in patients with cleft lip and palate.

Keywords: distraction osteogenesis, cleft lip and palate, virtual planning, artificial intelligence, RED Device.

* Hospital Pediátrico Baca Ortiz. Quito, Ecuador.

† Universidad de las Américas. Quito, Ecuador.

§ Universidad de los Hemisferios. Quito, Ecuador.

Recibido: 05 de mayo 2025. Aceptado: 14 de mayo 2025.

Citar como: Olmedo CSR, Díaz MER, Llangari CJD, Vaca ZME, Miranda SÁE. Planificación virtual asistida por inteligencia artificial en el diseño de una guía de perforación para distracción osteogénica con RED Device. Rev ADM. 2025; 82 (3): 176-181. <https://dx.doi.org/10.35366/120442>



INTRODUCCIÓN

El labio y paladar hendido son uno de los defectos congénitos más frecuentes y pueden causar múltiples dificultades, tales como al alimentarse, en el habla y la audición, así como problemas psicosociales. El tratamiento de las hendiduras orofaciales es prolongado; habitualmente comienza después del nacimiento y se prolonga hasta que el niño alcanza la edad adulta o incluso durante la edad adulta. Con frecuencia se observan deformidades

residuales, trastornos funcionales o ambos en adultos con una hendidura reparada. La cirugía ortognática convencional, como la osteotomía de Le Fort I, a menudo se realiza para la corrección de la hipoplasia maxilar. Una intervención alternativa es la distracción osteogénica, que logra el alargamiento óseo mediante la distracción mecánica gradual.¹

McCarthy fue el primero que emprendió la osteogénesis por distracción del esqueleto facial. Es una técnica idealmente adecuada para los casos de fisuras difíciles en los que se requieren avances maxilares relativamente grandes pero que se ven obstaculizados por tejido cicatricial fibroso restrictivo en el paladar y por un suministro vascular deficiente. El proceso implica hacer cortes de osteotomía y luego esperar cinco días para que se forme un callo cartilaginoso (el periodo de latencia). Luego, éste se puede deformar plásticamente, estirándose a 0.5 mm dos veces al día, activando el dispositivo de distracción para lograr el avance del segmento osteotomizado (fase activa); cuando se logra el avance deseado, el proceso

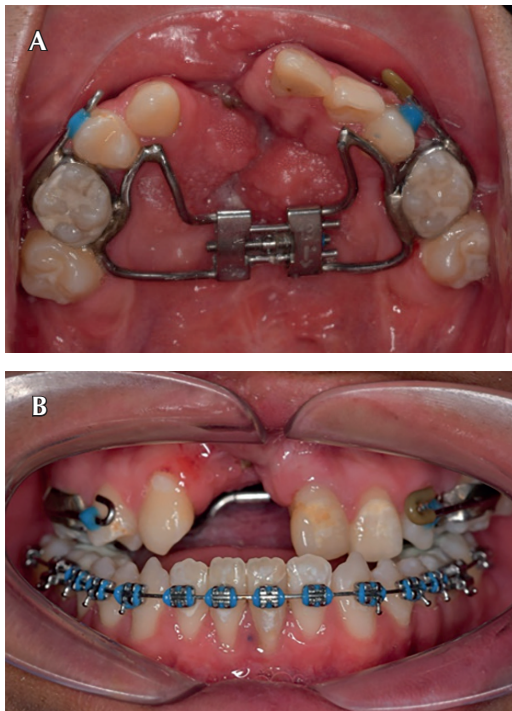


Figura 1: Registro de fotografías intraorales. A) Fotografía oclusal superior. B) Fotografía frontal en oclusión.



Figura 2: Fotografía lateral derecha en oclusión en la que se observa un retrognatismo maxilar.

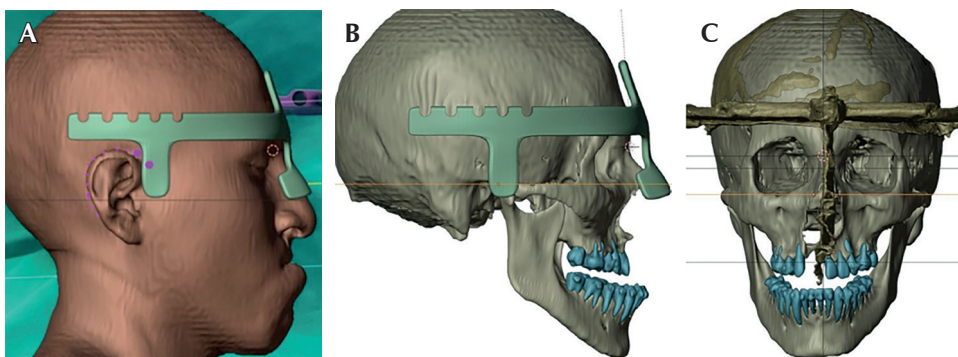


Figura 3:

Aplicación de inteligencia artificial en el diseño y elaboración del posicionador para los pines del RED Device, optimizado de acuerdo con la anatomía del paciente.

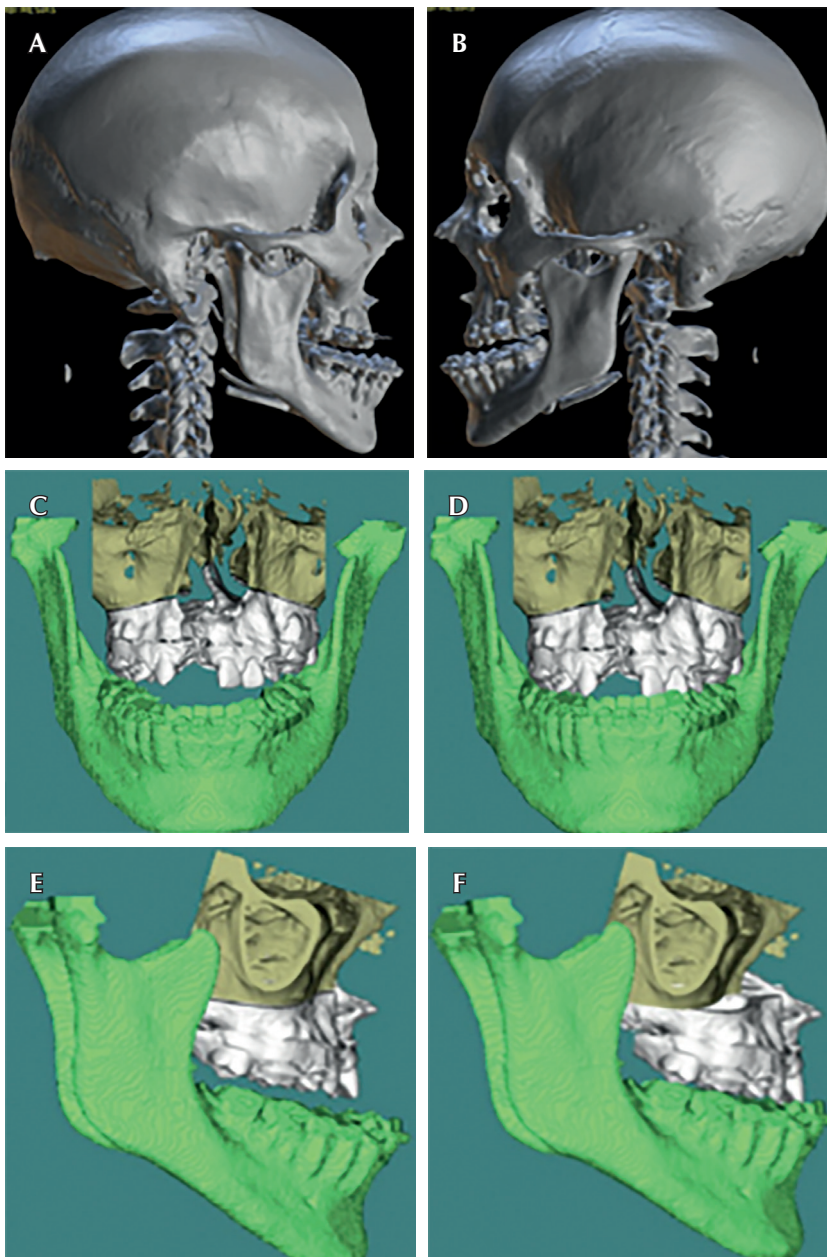


Figura 4:

Reconstrucción tomográfica 3D, reposicionamiento y medición de la inclinación maxilar virtual antes de la fijación.

A) Imagen lateral derecha. **B)** Imagen lateral izquierda. **C)** Vista coronal de la guía de corte Le Fort I preoperatoria. **D)** Guía de corte Le Fort I postoperatoria. **E)** Vista sagital de guía de corte para avance maxilar. **F)** Simulación final de avance maxilar de 10 mm.

se detiene y se observa un periodo de consolidación de hasta tres meses en el que el callo cartilaginoso se calcifica y se ha creado «hueso nuevo». Los tejidos blandos son menos restrictivos en esta forma de tratamiento, ya que son propensos a ceder lentamente su resistencia en comparación con los movimientos quirúrgicos de osteotomía más inmediatos y, por ende, se pueden lograr mayores movimientos del segmento óseo, aunque durante un periodo de tiempo más largo.²

Dentro de las alternativas de tratamiento para este tipo de anomalía ha sido, desde 1977, la combinación entre ortodoncia/ortopedia dentomaxilar y cirugía ortognática con osteotomía Le Fort I.³ Sin embargo, si el avance es mayor a 10 mm, la intervención quirúrgica convencional presenta un mayor índice a la recidiva asociada a un avance maxilar inmediato del 20 al 25%; esto sucede, sobre todo, por la resistencia de los tejidos cicatriciales palatinos y del labio superior, que al no tener fibras de elastina y poseer fibras co-

lágenas muy ordenadas, se comportan como un tejido denso que opone gran resistencia al avance maxilar inmediato.⁴

Existe evidencia de que puede haber menor recidiva del maxilar reposicionado anteriormente por distracción osteogénica que por osteotomía y fijación inmediata. El uso de un dispositivo de distracción puede ser útil en los casos en los que no se puede lograr una movilización adecuada durante la cirugía. La tracción lenta sobre los tejidos blandos permite un mayor movimiento, además existe evidencia de que la osteogénesis por distracción puede resultar en una menor incidencia de una insuficiencia velofaríngea en el maxilar hendido.²

Por lo tanto, la distracción osteogénica es un procedimiento fundamental en la corrección de hipoplasias maxilares severas, especialmente en pacientes con secuelas de labio y paladar hendido. Para lograr resultados óptimos, es crucial un posicionamiento preciso con RED Device (Rigid External Distractor) –un distractor externo rígido como herramienta médica para corregir y estabilizar deformidades faciales–, ya que cualquier error en la colocación de los pines de fijación puede generar asimetrías, desviaciones en la trayectoria de avance óseo y complicaciones postoperatorias. Dada la importancia de un posicionamiento preciso, es necesario optimizar el procedimiento mediante herramientas digitales y algoritmos inteligentes que permitan predecir la mejor ubicación de los pines y minimizar los errores quirúrgicos.

La inteligencia artificial (IA) y la planificación virtual optimizan la cirugía maxilofacial mediante modelos 3D personalizados y algoritmos avanzados. La reconstrucción con tomografía computarizada de haz cónico permite evaluar la ubicación ideal de los pines del RED Device, lo que mejora su posicionamiento mediante análisis de densidad ósea y aprendizaje automático. La fabricación de guías quirúrgicas impresas en 3D garantiza precisión y reproducibilidad, esto reduce tiempos operatorios, minimiza complicaciones y mejora la predictibilidad de la distracción maxilar. La IA estandariza el procedimiento y optimiza resultados en pacientes con secuelas de labio y paladar hendido, asimismo, facilita decisiones basadas en modelos digitales y datos objetivos.⁵

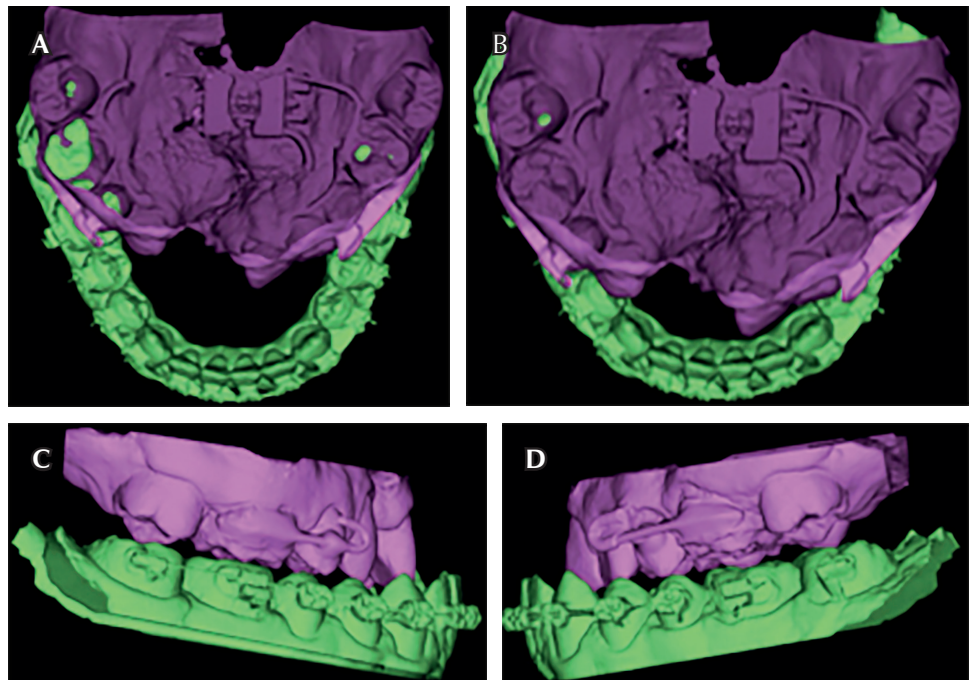
El objetivo de este estudio es evaluar la aplicación de la inteligencia artificial y la importancia de una planificación virtual en el diseño de guías de perforación personalizadas para optimizar el posicionamiento del RED Device. Además de determinar cómo el uso de modelos 3D y cirugías virtuales pueden mejorar la precisión quirúrgica, y así reducir errores en la colocación de los pines y optimizar los resultados clínicos de la distracción osteogénica maxilar.

PRESENTACIÓN DEL CASO

Se presenta un paciente masculino de 16 años de edad en el Hospital Pediátrico Baca Ortiz, con diagnóstico de secuela

Figura 5:

- Oclusión final. **A)** Vista axial preoperatoria. **B)** Simulación virtual de la oclusión final desde una vista axial postoperatoria. **C)** Simulación virtual vista sagital derecha en oclusión final postoperatoria. **D)** Simulación oclusión final izquierda postoperatoria.



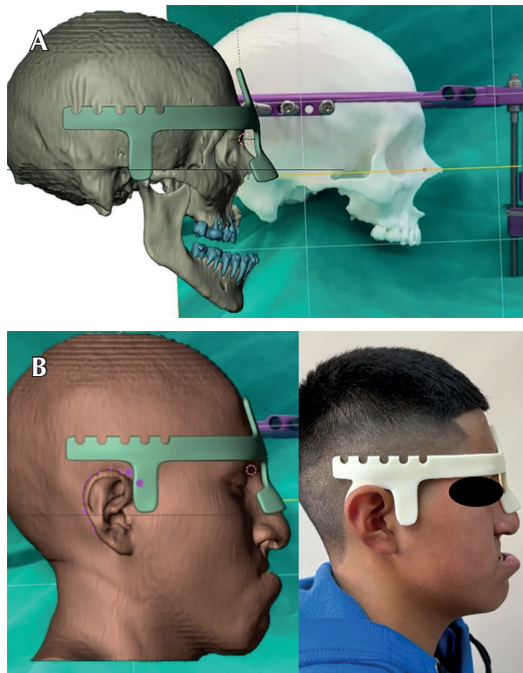


Figura 6: Estereolitografía de cráneo e impresión de la guía. **A)** Planificación de la guía de perforación virtual y posicionamiento del RED Device en el modelo de estereolitografía. **B)** Guía de perforación colocado en el paciente previo a la cirugía.

de labio y paladar hendido unilateral izquierdo completo. Refiere antecedentes de cinco procedimientos quirúrgicos previos, los cuales incluyen dos queiloplastias, una cirugía de retracción premaxilar, una palatoplastia primaria y un colgajo de lengua para cierre de fístula palatina residual.

Durante la revisión clínica intraoral, se evidenció un cierre completo del paladar, así como la presencia de un expansor maxilar y aparatología ortodóncica; de igual manera, se pudo evaluar la morfología y alineación dental, lo que facilitó el análisis del tratamiento en curso. Además, estos hallazgos contribuyeron al seguimiento de la evolución del paciente y a la planificación de intervenciones futuras (Figura 1). Un rasgo común en este tipo de anomalías es la hipoplasia maxilar, en la cual se evidencia la clase III del paciente (Figura 2).

Después de haber informado al paciente y su representante legal sobre los procedimientos a realizar (ortodoncia, distracción osteogénica maxilar y elaboración de guías de perforación para colocación del RED Device), y considerando como diagnóstico una hipoplasia maxilar severa, se decidió comenzar con los estudios complementarios previos a la intervención quirúrgica (Figuras 3 a 5).

DISCUSIÓN

La distracción osteogénica se ha presentado como una buena alternativa en el tratamiento de estos pacientes, ya que ofrece resultados funcionales y estéticos más predecibles y, según algunos autores, con menor recidiva y mayor estabilidad en el tiempo.⁶⁻⁸

La planificación virtual desempeña un papel fundamental en la preparación de estos abordajes, ya que permite optimizar el tiempo operatorio y minimizar riesgos como la perforación endocraneal, el compromiso dental, las fracturas craneales y la aplicación de fuerzas descontroladas (Figuras 6 y 7).

Por estas mismas razones, el uso de la IA resulta crucial en la elaboración de guías de perforación y en la



Figura 7: Guía de perforación para la colocación de los pines.

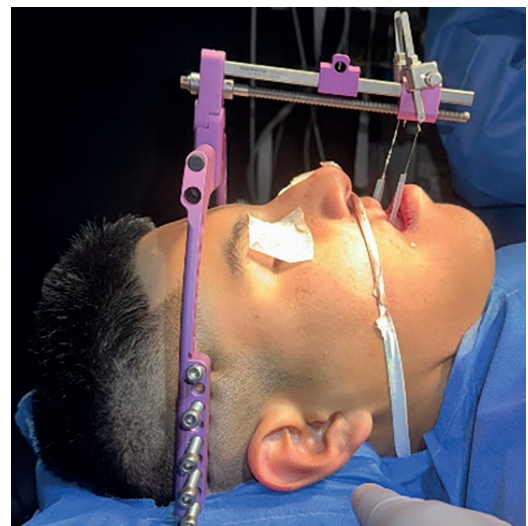


Figura 8: Fijación del RED Device.

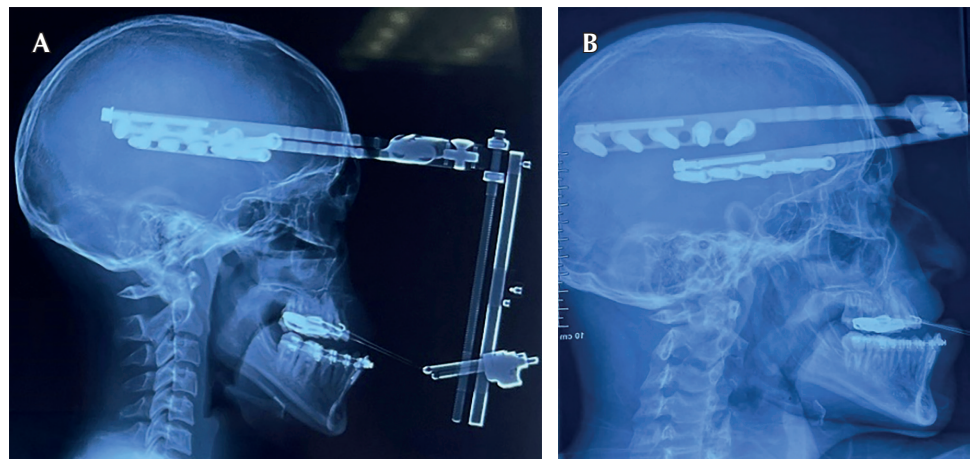


Figura 9:

A) Antes. B) Después.

simulación quirúrgica 3D. Estas herramientas permiten una mayor precisión en la colocación de los pines y reducen la variabilidad intraoperatoria, lo que se traduce en procedimientos más seguros y predecibles (Figura 8).

Además, la integración de la IA en la planificación quirúrgica facilita la identificación de estructuras anatómicas clave y la personalización de los abordajes de acuerdo con las necesidades específicas de cada paciente (Figura 9). De este modo, se optimizan los resultados clínicos y se mejora la recuperación postoperatoria, asegurando un tratamiento más eficiente y con menores complicaciones.

CONCLUSIÓN

El tratamiento de la hipoplasia maxilar severa causada por secuelas de labio y paladar hendido requiere un enfoque multidisciplinario debido a la complejidad del manejo y a la necesidad de abordar múltiples aspectos funcionales y estéticos. La cirugía ortognática convencional presenta limitaciones cuando se requieren avances mayores o iguales a 10 mm, ya que aumenta el riesgo de recidiva.

REFERENCIAS

1. Kloukos D, Fudalej P, Sequeira-Byron P, Katsaros C. Maxillary distraction osteogenesis versus orthognathic surgery for cleft lip and palate patients. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018; 8 (8): CD010403.
2. Shand JM, Heggie AA. Maxillary horseshoe osteotomy. In: Naini FB, Gill DS, editors. *Orthognathic surgery: principles, planning and practice*. Chichester, UK: John Wiley & Sons; 2017. p. 806.
3. Bell WH, McBride KL. Correction of the long face syndrome by Le Fort I osteotomy. A report on some new technical modifications and treatment results. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1977; 44 (4): 493-520.

4. Leiva-Villagra N, Ayala-Jiménez F, Stange-Dempster C, Fuentes-Flores V. Distracción osteogénica maxilar con distractor rígido externo en pacientes con fisura labio-palatina. *Revisión bibliográfica. Odontol Sanmarquina*. 2019; 22 (3): 197-204.
5. Shand JM, Heggie AA. Maxillary horseshoe osteotomy. In: Naini FB, Gill DS, editors. *Orthognathic surgery: principles, planning and practice*. Chichester, UK: John Wiley & Sons; 2017. pp. 806-807.
6. Rubio-Palau J, Ayats-Soler M, Albert-Cazalla A, Martínez-Padilla I, Prieto-Gundin A, Prieto-Peronnet N et al. Accuracy of virtually planned maxillary distraction in cleft patients: An evaluative study. *Ann Maxillofac Surg*. 2021; 11 (1): 49-57. doi: 10.4103/ams.ams_331_20.
7. KLS Martin. RED II System: Rigid External Distraction. KLS Martin; [s.f.]. Available in: https://www.medkoh.ch/fileadmin/user_upload/dev/1%20Chirurgische%20Disziplinen/4%20Mund-%2C%20Kiefer-%20und%20Gesichtschirurgie/Distraktoren/RED_II_Distraktor.pdf
8. Leiva-Villagra N, Ayala-Jiménez F, Stange-Dempster C, Fuentes-Flores V. Distracción osteogénica maxilar con distractor rígido externo en pacientes con fisura labio-palatina. *Revisión bibliográfica. Odontol Sanmarquina*. 2019; 22 (3): 197-204.

Conflicto de intereses: los autores manifiestan no tener conflicto de intereses.

Aspectos éticos: este artículo es original y no ha sido publicado previamente ni se encuentra en proceso de revisión por otra revista. El participante involucrado firmó un consentimiento informado para el uso académico y científico de su información. Se garantizó la confidencialidad y el anonimato de los datos personales conforme a los principios éticos de la Declaración de Helsinki y las buenas prácticas editoriales.

Financiamiento: autofinanciado.

Correspondencia:

Jerson Daniel Llangari Cando

E-mail: danielkndh@gmail.com