



Método de inferencia neutrosófico para la evaluación de la tecnología 3D aplicada en reconstrucciones bucomaxilofaciales

Neutrosophic inference method for the evaluation of 3D technology applied in buccoxillofacial reconstructions

Alía Belén Otáñez Herrera¹, and Mónica Sofía Pallo Sarabia²

¹ Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. E-mail: oa.aliaboh32@uniandes.edu.ec

² Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. E-mail: ua.monicsaps83@uniandes.edu.ec

Resumen. La impresión 3D introducida en la cirugía bucomaxilofacial ha sido un logro que rebasa todas las fronteras en la planificación de reconstrucciones del complejo maxilofacial. Los diferentes defectos óseos causados por traumatismos, patologías de desarrollo o infecciosas resultan ser el motivo más habitual para técnicas reconstructivas. A partir de la problemática antes descrita la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un método para la evaluación de la tecnología 3D aplicada en reconstrucciones bucomaxilofaciales. Para ello se decidió utilizar los conjuntos de números neutrosóficos de 2-tuplas, que consiste en una evaluación basada en una escala lingüística como forma de Computación con Palabras. El uso de los conjuntos neutrosóficos permite incluir la indeterminación provocada por la falta de información o por información contradictoria e inconsistente que usualmente se encuentra en los problemas de la vida diaria.

Palabras Claves: Computación con Palabras, conjunto de números neutrosóficos, evaluación, tecnología 3D.

Abstract. 3D printing introduced in oral and maxillofacial surgery has been an achievement that goes beyond all borders in the planning of reconstructions of the maxillofacial complex. The different bone defects caused by trauma, developmental or infectious pathologies turn out to be the most common reason for reconstructive techniques. Based on the problem described above, this research aims to develop a method for the evaluation of 3D technology applied in bu-comaxillofacial reconstructions. For this, it was decided to use the sets of neutrosophic numbers of 2-tuples, which consists of an evaluation based on a linguistic scale as a form of Computation with Words. The use of the neutrosophic sets allows to include the indeterminacy caused by the lack of information or by contradictory and inconsistent information that is usually found in the problems of daily life.

Keywords: Computing with Words, set of neutrosophic numbers, evaluation, 3D technology.

1 Introducción

Desde el siglo XVIII en donde se revolucionaron los procesos de producción por la inserción de los métodos digitales, la industria ha dado un giro total en torno a los nuevos mecanismos de fabricación, mejorando así en diseño, cantidad y especialmente en la automatización e individualización de los resultados, así también en el adelanto tecnológico creando nuevas expectativas y objetivos sobre lo que era y no era posible cubrir bajo el sistema analógico. Es en 1986 cuando Hull data su primera impresión 3D por solidificación de láminas resinosas fotopolimerizables. Ya para finales del siglo XXI la Fabricación Aditiva y la Impresión 3D han tomado fuerza, superando sus limitaciones al sector industrial [1]. En la actualidad la tecnología 3D ha ido ganando campo en las ciencias médicas y odontológicas [1]. En el área de la cirugía bucomaxilofacial esta tecnología 3D ofrece la posibilidad de cambiar la perspectiva alrededor de la planificación de reconstrucciones en el macizo facial, tornando los tratamientos más seguros y confortables para el paciente y equipo profesional [2].

La corrección de defectos en la región maxilofacial exige un reto para el especialista, ya que generalmente involucran gran pérdida de tejido óseo que tendrá que ser reconstruido o reemplazado, para esto el cirujano debe

realizar un estudio meticuloso [3] sobre las estructuras relacionadas en busca de biocompatibilidad, buena adaptabilidad hacia las estructuras adyacentes, resultados funcionales y estéticos consiguientes al tratamiento reconstructivo [4].

La implementación de la impresión 3D asistida por un sistema computarizado de prototipaje replantea todo el proceso antes, durante y posterior a una reconstrucción [5, 6]. En la mayoría de casos este mecanismo de fabricación trabaja conjuntamente a un software de diseño asistido conocido como CAD/CAM el cual es capaz de digitalizar en formato 3D exámenes de imagen como es la tomografía computarizada [2, 4].

Entre las técnicas más populares se encuentran: la técnica de inyección de aglutinante sobre un medio en polvo; el modelado por deposición fundida (FDM); la técnica Polyjet (DOD) por inyección de polímeros fotosensibles; el método de inyección directa de metal (DMP) recurre a componentes como aleaciones de metales, titanio o elastómeros; el procesamiento de luz directa (DLP) que fotopolimeriza un polímero dentro de un contenedor. [1, 7].

2 Definiciones

Definición 1. Sea X un universo de discurso. Un *Conjunto Neutrosófico* (CN) está caracterizado por tres funciones de pertenencia, $u_A(x), r_A(x), v_A(x) : X \rightarrow]^{-0}, 1^+[$, que satisfacen la condición $^{-0} \leq \inf u_A(x) + \inf r_A(x) + \inf v_A(x) \leq \sup u_A(x) + \sup r_A(x) + \sup v_A(x) \leq 3^+$ para todo $x \in X$. $u_A(x), r_A(x)$ y $v_A(x)$ denotan las funciones de pertenencia a verdadero, indeterminado y falso de x en A , respectivamente, y sus imágenes son subconjuntos estándares o no estándares de $]^{-0}, 1^+[$, véase [8].

Definición 2. Sea X un universo de discurso. Un *Conjunto Neutrosófico de Valor Único* (CNVU) A sobre X es un objeto de la forma:

$$A = \{x, u_A(x), r_A(x), v_A(x) : x \in X\} \quad (1)$$

Donde $u_A, r_A, v_A : X \rightarrow [0, 1]$, satisfacen la condición $0 \leq u_A(x) + r_A(x) + v_A(x) \leq 3$ para todo $x \in X$. $u_A(x), r_A(x)$ y $v_A(x)$ denotan las funciones de pertenencia a verdadero, indeterminado y falso de x en A , respectivamente. Por cuestiones de conveniencia un *Número Neutrosófico de Valor Único* (NNVU) será expresado como $A = (a, b, c)$, donde $a, b, c \in [0, 1]$ y satisface $0 \leq a + b + c \leq 3$, véase [8], [9-11].

El método neutrosófico de las 2-tuplas al que se hará referencia en este artículo, proviene originalmente del marco de la lógica difusa, es por ello que primeramente se abordará el método original difuso [12], [13], [14].

Definición 3. Sea $S = \{s_0, s_1, \dots, s_t\}$ un conjunto de términos lingüísticos y $\beta \in [0, t]$ un valor en el intervalo de granularidad de S . La *Traducción Simbólica* de un término lingüístico, s_i , es un número valorado en el intervalo $[-0,5; 0,5]$ que expresa la diferencia de información entre una cantidad de información expresada por el valor $\beta \in [0, t]$, obtenido en una operación simbólica y el valor entero más próximo, $i \in \{0, \dots, t\}$ que indica el índice de la etiqueta lingüística s_i más cercana en S .

Definición 4. Sea $S = \{s_0, s_1, \dots, s_t\}$ un conjunto de términos lingüísticos y $\beta \in [0, t]$ un valor que representa el resultado de una operación simbólica, entonces la *2-tupla lingüística* (2TL) que expresa la información equivalente a β , se obtiene usando la siguiente función:

$$\Delta : [0, t] \rightarrow S \times [-0,5; 0,5] \quad s_i, \quad i = \text{round}(\beta) \quad (2)$$

$$\Delta(\beta) = (s_i, \alpha), \text{ con } \begin{cases} \alpha = \beta - i, & \alpha \in [-0,5; 0,5] \end{cases}$$

Donde *round* es el operador usual de redondeo, s_i es la etiqueta con índice más cercano a β y α es el valor de la traslación simbólica.

Cabe señalar que $\Delta^{-1} : \langle S \rangle \rightarrow [0, t]$ se define como $\Delta^{-1}(s_i, \alpha) = i + \alpha$. De este modo, una 2-tupla lingüística $\langle S \rangle$ queda identificada con su valor numérico en $[0, t]$.

Definición 5. Supóngase que $S = \{s_0, \dots, s_t\}$ es una 2TL con cardinalidad impar $t + 1$. Se definen $(s_T, a), (s_I, b), (s_F, c) \in L$ y $a, b, c \in [0, t]$, donde $(s_T, a), (s_I, b), (s_F, c) \in L$ expresan independientemente el grado de verdad, grado de indeterminación y el grado de falsedad por 2TL, respectivamente, entonces un *Conjunto de Números Neutrosóficos Lingüísticos de 2-tuplas* (CNL2T) se define de la siguiente manera [15]:

$$l_j = \{(s_T, a), (s_I, b), (s_F, c)\} \quad (3)$$

Donde $0 \leq \Delta^{-1}(s_{T_j}, a) \leq t$, $0 \leq \Delta^{-1}(s_{I_j}, b) \leq t$, $0 \leq \Delta^{-1}(s_{F_j}, c) \leq t$ y $0 \leq \Delta^{-1}(s_{T_j}, a) + \Delta^{-1}(s_{I_j}, b) + \Delta^{-1}(s_{F_j}, c) \leq 3t$.

La función de puntuación y precisión permiten clasificar los CNNL2T como se muestra a continuación:

Sea $l_1 = \{(s_{T_1}, a), (s_{I_1}, b), (s_{F_1}, c)\}$ un CNNL2T en L, la función de puntuación y precisión en l_1 se define de la siguiente manera:

$$s_{(l_1)=\Delta} \left\{ \frac{2t + \Delta^{-1}(s_{T_1}, a) - \Delta^{-1}(s_{I_1}, b) - \Delta^{-1}(s_{F_1}, c)^{-1}}{3} \right\}, \Delta^{-1}(S(l_1)) \in [0, t] \tag{4}$$

$$H_{(l_1)=\Delta} \left\{ \frac{t + \Delta^{-1}(s_{T_1}, a) - \Delta^{-1}(s_{F_1}, c)^{-1}}{2} \right\}, \Delta^{-1}(H(l_1)) \in [0, t] \tag{5}$$

$$\begin{aligned} MAP(l_1, l_2, \dots, l_n) &= \sum_{j=1}^n w_j l_j \\ &= \left\{ \begin{array}{l} \Delta \left(t \left(1 - \prod_{j=1}^n \left(1 - \frac{\Delta^{-1}(s_{T_j}, a_j)}{t} \right)^{w_j} \right) \right), \\ \Delta \left(t \prod_{j=1}^n \left(\frac{\Delta^{-1}(s_{I_j}, b_j)}{t} \right)^{w_j} \right), \Delta \left(t \prod_{j=1}^n \left(\frac{\Delta^{-1}(s_{F_j}, c_j)}{t} \right)^{w_j} \right) \end{array} \right\} \tag{6} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MGP(l_1, l_2, \dots, l_n) &= \sum_{j=1}^n l_j^{w_j} \\ &= \left\{ \begin{array}{l} \Delta \left(t \prod_{j=1}^n \left(\frac{\Delta^{-1}(s_{T_j}, a_j)}{t} \right)^{w_j} \right), \Delta \left(t \left(1 - \prod_{j=1}^n \left(1 - \frac{\Delta^{-1}(s_{I_j}, b_j)}{t} \right)^{w_j} \right) \right), \\ \Delta \left(t \left(1 - \prod_{j=1}^n \left(1 - \frac{\Delta^{-1}(s_{F_j}, c_j)}{t} \right)^{w_j} \right) \right) \end{array} \right\} \end{aligned}$$

Definición 6. Dado un conjunto de CNNL2T, $l_j = \langle (s_{T_j}, a_j), (s_{I_j}, b_j), (s_{F_j}, c_j) \rangle$ ($j = 1, 2, \dots, n$) con vector de pesos $w_i = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ que satisface las condiciones $w_i \in [0, 1]$ y $\sum_{i=1}^n w_i = 1$, entonces se tienen los dos siguientes operadores de agregación, que son la *Media Aritmética Ponderada de Números Neutrosóficos Lingüísticos de 2-tuplas* (MAPNNL2T) y la *Media Geométrica Ponderada de Números Neutrosóficos Lingüísticos de 2-tuplas* (MGPNNL2T), respectivamente [15-36-37-38-39].

3 Materiales y métodos

La presente sección describe la estructura y funcionamiento del método propuesto para la evaluación de la tecnología 3D aplicada en reconstrucciones bucomaxilofaciales. El proceso de inferencia es desarrollado mediante la modelación de conceptos de la neutrosofía y la Computación con Palabras (CCP).

En el contexto de la investigación se realiza el proceso de toma de decisiones. Este proceso puede ser abordado de desde diferentes perspectivas, desde las más clásicas como la filosofía, las estadísticas, las matemáticas y las más recientes como la inteligencia artificial, [16], [17], [18], [19], [20], [21].

La solución de un problema de toma de decisiones consta de los siguientes pasos [22-24-33-34-35]:

- Definir el problema de toma de decisiones.
- Analizar el problema e identificar las alternativas de solución: $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ($n \geq 2$).
- Establecer los criterios de evaluación.
- Seleccionar los expertos.
- Evaluar las alternativas.
- Ordenar y seleccionar la mejor alternativa.

- Implementar y dar seguimiento.

Cuando el número de criterios satisface $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ ($m \geq 2$), se considera un problema de toma de decisiones multicriterio. Cuando el número de expertos es tal que $K = \{k_1, k_1, \dots, k_n\}$ ($n \geq 2$) se considera un problema de decisión grupal.

La figura 1 muestra una representación del método propuesto para la evaluación de la tecnología 3D aplicada en reconstrucciones bucomaxilofaciales.

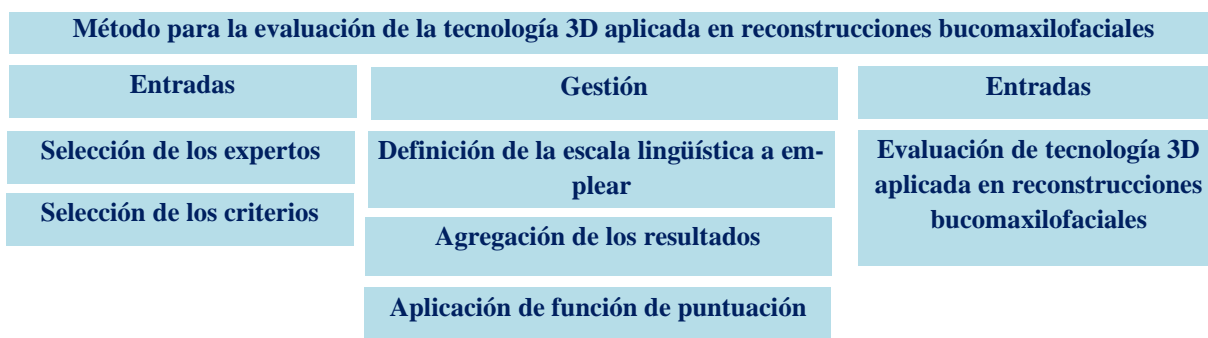


Figura 1: representación del método propuesto para la evaluación de la tecnología 3D aplicada en reconstrucciones bucomaxilofaciales.

A continuación se realiza una descripción del método propuesto:

1. Se seleccionarán los expertos necesarios que realizarán la evaluación de la tecnología 3D aplicada en reconstrucciones bucomaxilofaciales. $K = \{k_1, k_1, \dots, k_n\}$ ($n \geq 2$), a cada uno se le asigna un peso $w_i \in [0, 1]$ y $\sum_{i=1}^n w_i = 1$.
2. Se seleccionarán los criterios que permitan realizar la evaluación de la tecnología 3D aplicada en reconstrucciones bucomaxilofaciales, $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ ($m \geq 2$).
3. Se especificará la escala lingüística que se utilizará para evaluar, *Conjunto de Números Neutrosóficos Lingüísticos de 2-tuplas* (CNL2T) tal como expresa la tabla 1.
4. Se agregará el resultado por cada criterio para todos los expertos, usando la Ecuación 6 con los pesos asignados a cada experto. Esto da la evaluación por criterio. Además, se tendrá la agregación total de todos los criterios y expertos para dar una evaluación total, utilizándose otra vez la Ecuación 6 con pesos iguales a $1/m$ sobre los resultados agregados de cada criterio.
5. Se aplica la función de puntuación o la de precisión para valorar los resultados a partir de un valor numérico.

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados.

S	2-tuplas Lingüísticos	Números SVN
S ₁	Extremadamente bien (EB)	[1,0,0]
S ₂	Muy muy bien (MMB)	[0.9, 0.1, 0.1]
S ₃	Muy bien (MB)	[0.8,0.15,0.20]
S ₄	Bien (B)	[0.70,0.25,0.30]
S ₅	Medianamente bien (MDB)	[0.60,0.35,0.40]
S ₆	Media (M)	[0.50,0.50,0.50]
S ₇	Medianamente mal (MDM)	[0.40,0.65,0.60]
S ₈	Mala (MA)	[0.30,0.75,0.70]
S ₉	Muy mal (MM)	[0.20,0.85,0.80]
S ₁₀	Muy muy mal (MMM)	[0.10,0.90,0.90]
S ₁₁	Extremadamente mal (EM)	[0,1,1]

A partir de la aplicación de la secuencia de pasos definidos es posible la evaluación de la tecnología 3D aplicada en reconstrucciones bucomaxilofaciales. En la inferencia del método propuesto la experticia de los expertos es fundamental porque son especialistas en el tema y tienen un acceso amplio a las opiniones, lo que les permite dilucidar con más exactitud cuál es el verdadero estado de opinión de los encuestados.

4 Resultados

La presente sección describe la implementación del método para la evaluación de la tecnología 3D aplicada

en reconstrucciones bucomaxilofaciales. La corrida del método comienza con la selección de 5 expertos del área del conocimiento en el que se enmarca la investigación y de gran prestigio dentro del ramo y con una actitud independiente.

Los expertos son denotados con las variables del conjunto $E = e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7$. A cada uno se le asignó igual peso, por tanto, se tiene que $w_i = 1/5$, para $i = 1, 2, 3, 4, 5$.

Una vez seleccionados los expertos del proceso se realiza a la identificación de los criterios para la evaluación de la tecnología 3D aplicada en reconstrucciones bucomaxilofaciales

Se seleccionaron los siguientes criterios de evaluación:

- C₁: Regeneración de tejidos
- C₂: Regeneración de cartílago y tendón
- C₃: Tiempo de la fabricación por impresión 3D
- C₄: Calidad de las piezas fabricadas
- C₅: Capacidad de impresión 3D

Se seleccionó una escala lingüística tal como expresa la tabla 1.

En la Tabla 2 aparecen las evaluaciones de cada experto por cada criterio, siguiendo la escala lingüística S. Se puede apreciar que el uso de términos lingüísticos que significan la indeterminación y la falsedad de manera independiente, brindan mayor fidelidad a los resultados finales.

Tabla 2. Evaluación según la escala lingüística S y Números Neutrosóficos Lingüísticos de 2-tuplas, sobre los criterios por parte de cada uno de los tres expertos

Criterio/ Experto	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅
C ₁	Extremadamente bien (EB)	Muy muy bien (MMB)	Extremadamente bien (EB)	Muy muy bien (MMB)	Extremadamente bien (EB)
C ₂	Muy muy bien (MMB)	Muy bien (MB)	Muy muy bien (MMB)	Muy muy bien (MMB)	Muy bien (MB)
C ₃	Buena (B)	Muy bien (MB)	Muy bien (MB)	Buena (B)	Bien (B)
C ₄	Extremadamente bien (EB)	Muy muy bien (MMB)	Muy muy bien (MMB)	Muy muy bien (MMB)	Bien (B)
C ₅	Muy muy bien (MMB)	Muy bien (MB)	Muy bien (MB)	Bien (B)	Extremadamente bien (EB)

En la Tabla 3 se muestran los resultados de la agregación de las evaluaciones por los expertos, fijando cada criterio.

Tabla 3. Evaluación según la escala lingüística S y Números Neutrosóficos Lingüísticos de 2-tuplas, sobre los criterios anteriores agregados con respecto a las evaluaciones de los expertos

Criterio	Resultado de la agregación de las evaluaciones de los tres expertos
Criterio 1	[1,0,0], [0.9, 0.1, 0.1], [1,0,0], [0.9, 0.1, 0.1], [1,0,0]
Criterio 2	[0.9, 0.1, 0.1], [0.8,0,15,0.20] , [0.9, 0.1, 0.1], [0.9, 0.1, 0.1], [0.8,0,15,0.20]
Criterio 3	[0.70,0.25,0.30], [0.8,0,15,0.20] , [0.8,0,15,0.20] , [0.70,0.25,0.30], [0.70,0.25,0.30]
Criterio 4	[1,0,0], [0.9, 0.1, 0.1], [0.9, 0.1, 0.1], [0.9, 0.1, 0.1], [0.70,0.25,0.30]
Criterio 5	[1,0,0], [0.8,0,15,0.20] , [0.8,0,15,0.20] , [0.70,0.25,0.30], [1,0,0]

A partir de los valores mediante el uso de la Computación con Palabras a partir de los CNL2T, permite llegar a resultados fácilmente comprensibles por parte de los decisores, expertos y usuarios, en escalas lingüísticas de evaluación.

Para tener un resultado más exacto, se aplica la función de puntuación, véase Ecuación 4, para ordenar los criterios, esto aparece en la Tabla 4.

Tabla 4. Evaluación de la función de puntuación, sobre los criterios.

Criterio	Función de puntuación
Criterio 1	[0.96, 0.1, 0.1]
Criterio 2	[0.86,0,15,0.20]
Criterio 3	[0.74,0.25,0.30],
Criterio 4	[0.88,0,15,0.20]
Criterio 5	[0.86,0,15,0.20]
Índice general	[0.86,0,16,0.24]

Según los resultados de la Tabla 4, se pueden ordenar los criterios desde el que tiene mejores resultados al que tiene el peor de la siguiente manera:

$c_1 > c_4 > c_2 \geq c_5 > c_3$, a partir de la inferencia general se puede determinar el índice de la evaluación de la tecnología 3D aplicada en reconstrucciones bucomaxilofaciales es considerado como 0.86 lo que se puede interpretar como Muy bien (MB) en general.

5 Discusión

Actualmente la gran evolución tecnológica en el área de la salud ofrece grandes beneficios. Por la especificidad de este método al desarrollar prototipaje dependiendo del tratamiento que se vaya efectuar se acomoda con la estrategia y elementos adecuados. Los avances en el sistema 3D hacen posible la replicación de complejos tejidos craneofaciales conservando su funcionalidad a diferencia de 2D, con un pronóstico favorable, popularizando su persistencia en importantes decisiones quirúrgicas [25]. [4] En su estudio ejecutó la corrección de un defecto cráneo-maxilo-facial por medio de un implante que cubrió toda la región de interés, para eso la técnica de fusión selectiva por láser permitió la impresión de una pieza de titanio biocompatible, con la posibilidad de ser esterilizado y de bajo costo tomando en cuenta su larga durabilidad sin alteraciones en la armonía de la reconstrucción.

Antúñez Conde y colegas, en un estudio comparativo entre planificación virtual y cirugía estándar para corrección de una malformación venosa intraósea en el hueso cigomático observó una reducción promedio de 67.7 minutos en la cirugía con CAD CAM respecto a la cirugía estándar, así mismo observaron una variación media de 3 días en la hospitalización post quirúrgica siendo 1.75 días la media de estancia hospitalaria en cirugía planeada virtualmente. La diferencia más llamativa en este estudio habla de la conformidad del paciente posterior a la cirugía, el 75% de los pacientes intervenidos bajo la cirugía convencional manifestaron resultados entre buenos (50%) y excelentes (25%), no obstante, los primeros presentaron incomodidad en la región del injerto. Por otro lado, en aquellos individuos intervenidos bajo planificación con software se notó mejor adaptación de la reconstrucción a la anomalía lo que se traduce directamente disminución del dolor posterior a la cirugía [26].

Es frecuente la adopción de la impresión 3D en cirugía ortognática; aquella que busca corregir las relaciones maxilomandibulares y armonizar el perfil facial mediante cortes o avances en el maxilar o la mandíbula dependiendo del trastorno que padezca el sujeto [1, 27]. La impresión 3D en la cirugía ortognática no solo se destina para la confección de férulas oclusales si no también en creación de guías quirúrgicas, espaciadores y placas de fijación [28]. La creación de una férula oclusal por este medio reduce el tiempo y materiales empleados normalmente de forma manual [29], los estudios confirman su confiabilidad y exactitud a la hora de reestablecer las relaciones oclusales en la intervención quirúrgica.

Por otra parte, las guías de osteotomía y posicionamiento evitan desajuste de los segmentos al proyectar estructuras idénticas que orienten la intervención y la disposición de la reconstrucción con un margen de error mínimo [30]. La rentabilidad de esta tecnología radica más allá de la nueva perspectiva en planeación de un proceso reconstructivo si no en el entendimiento del paciente respecto al procedimiento que le será realizado [31]. A pesar de la inversión más o menos alta que involucra instaurar esta tecnología en cirugía maxilofacial, los autores reconocen la eficiencia en la etapa de intervención al reducir los tiempos quirúrgicos y por tanto la morbilidad [31, 32].

Conclusión

Con el desarrollo del método fue posible la evaluación de la tecnología 3D aplicada en reconstrucciones bucomaxilofaciales. Sin duda la tecnología 3D es un método innovador en áreas de la salud, en cirugía maxilofacial su uso ha sido relevante por ser de gran ayuda en reconstrucciones de las estructuras faciales y del aparato estomatognático. El protagonismo que este sistema llega a tener alrededor de una cirugía reconstructiva se debe a su precisión, rapidez y fidelidad para replicar segmentos anatómicos.

El software de asistencia que acompaña a las impresiones 3D es el encargado de digitalizar toda la información necesaria para que el prototipaje sea lo más similar posible a la anatomía del individuo. A medida que la tecnología 3D se ha ido desarrollando, han surgido una diversidad de técnicas de impresión de acuerdo a las necesidades de los operadores, en el sector de salud, la impresión por inyección directa de metal es probablemente la más factible por su capacidad para imprimir implantes con larga vida útil y biocompatibles.

Referencias

- [1] A. Zoabi, I. Redenski, D. Oren, A. Kasem, A. Zigron, S. Daoud, L. Moskovich, F. Kablan, and S. Srouji, "3D Printing and Virtual Surgical Planning in Oral and Maxillofacial Surgery," *Journal of Clinical Medicine*, vol. 11, no. 9, pp. 2385, 2022.
- [2] A. Truscott, R. Zamani, and M. Akrami, "Comparing the use of conventional and three-dimensional printing (3DP) in mandibular reconstruction," *BioMedical Engineering OnLine*, vol. 21, no. 1, pp. 1-25, 2022.
- [3] M. Barreda Hale, P. Romero-Araya, M. Cea Herrera, D. Espinoza, N. Castro, J. Castro, and G. Serandour, "Computer-assisted planning with 3D printing for mandibular reconstruction caused by a mandibular fracture with secondary osteomyelitis: A Case Report," *Clinical Case Reports*, vol. 9, no. 7, pp. e04410, 2021.
- [4] P. H. de Moraes, S. Olate, M. Cantín, A. F. Assis, E. Santos, F. d. O. Silva, and L. d. O. Silva, "Anatomical reproducibility through 3D printing in cranio-maxillo-facial defects," *Int. j. morphol*, vol. 33, no. 3, pp. 826-830, 2015.
- [5] I. Campioni, I. Cacciotti, and N. Gupta, "Additive manufacturing of reconstruction devices for maxillofacial surgery: design and accuracy assessment of a mandibular plate prototype," *Annali dell'Istituto superiore di sanita*, vol. 56, no. 1, pp. 10-18, 2020.
- [6] M. d. G. P. Cavalcanti, and J. L. F. Antunes, "3D-CT imaging processing for qualitative and quantitative analysis of maxillofacial cysts and tumors," *Pesquisa Odontológica Brasileira*, vol. 16, pp. 189-194, 2002.
- [7] J.-h. Oh, "Recent advances in the reconstruction of cranio-maxillofacial defects using computer-aided design/computer-aided manufacturing," *Maxillofacial plastic and reconstructive surgery*, vol. 40, no. 1, pp. 1-7, 2018.
- [8] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosoffia: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre: Infinite Study*, 2018.
- [9] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, "Impacto de la investigación jurídica a los problemas sociales postpandemia en Ecuador," *Universidad y Sociedad*, vol. 14, no. S5, pp. 542-551., 2022.
- [10] M. Y. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "Investigación científica: perspectiva desde la neutrosfia y productividad," *Universidad y Sociedad*, vol. 14, no. S5, pp. 640-649., 2022.
- [11] E. G. Caballero, M. Leyva, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "NeutroGroups Generated by Uninorms: A Theoretical Approach," *Theory and Applications of NeutroAlgebras as Generalizations of Classical Algebras*, pp. 155-179: IGI Global, 2022.
- [12] F. Herrera, and L. Martínez, "A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words," *IEEE Transactions on fuzzy systems*, vol. 8, no. 6, pp. 746-752, 2000.
- [13] F. Herrera, and L. Martínez, "An approach for combining linguistic and numerical information based on the 2-tuple fuzzy linguistic representation model in decision-making," *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, vol. 8, no. 05, pp. 539-562, 2000.
- [14] F. Mata, "Modelos para sistemas de apoyo al consenso en problemas de toma de decisión en grupo definidos en contextos lingüísticos multigranulares," *Universidad de Jaén, Doctoral Thesis Jaén*, 2006.
- [15] J. Wang, G. Wei, and Y. Wei, "Models for green supplier selection with some 2-tuple linguistic neutrosophic number Bonferroni mean operators," *Symmetry*, vol. 10, no. 5, pp. 131, 2018.
- [16] N. B. Hernández, C. E. N. Luque, C. M. L. Segura, M. d. J. R. López, J. A. C. Hungría, and J. E. Ricardo, "La toma de decisiones en la informática jurídica basado en el uso de los Sistemas Expertos," *Investigación Operacional*, vol. 40, no. 1, pp. 131-139, 2019.
- [17] C. Bouza, "Teoría de Decisión y Modelos Estadísticos," *Reporte Técnico*, vol. 62, 2017.
- [18] J. W. Escobar, "Metodología para la toma de decisiones de inversión en portafolio de acciones utilizando la técnica multicriterio AHP," *Contaduría y administración*, vol. 60, no. 2, pp. 346-366, 2015.
- [19] M. L. Vázquez, N. B. Hernandez, and F. Smarandache, *Métodos Multicriterios Para Determinación De La Efectividad De La Gestión Pública Y El Análisis De La Transparencia: Infinite Study*, 2018.
- [20] S. M. Valiente, "Uso de análisis multicriterio en la toma de decisiones grupales en el ámbito universitario," *Universidad Nacional de Mar del Plata*, 2000.
- [21] O. M. Cornelio, "Modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en un sistema de laboratorios remoto," 2019.

- [22] V. V. Falcón, B. S. Martínez, J. E. Ricardo, and M. Y. L. Vázquez, "Análisis del Ranking 2021 de universidades ecuatorianas del Times Higher Education con el Método Topsis," *Revista Conrado*, vol. 17, no. S3, pp. 70-78, 2021.
- [23] J. Ricardo, A. Fernández, and M. Vázquez, "Compensatory Fuzzy Logic with Single Valued Neutrosophic Numbers in the Analysis of University Strategic Management," *International Journal of Neutrosophic Science*, pp. 151-159, 2022.
- [24] M. L. Vázquez, J. Estupiñan, and F. Smarandache, "Neutrosophía en Latinoamérica, avances y perspectivas," *Revista Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas. ISSN 2574-1101*, vol. 14, pp. 01-08, 2020.
- [25] N. Araneda, M. Parra, J. Valdivia Osorio, and S. Olate, "3D print of the maxillary sinus for morphological study," *International Journal of Morphology*, vol. 35, no. 3, pp. 1102-1106, 2017.
- [26] R. Antúnez-Conde, C. Navarro Cuéllar, J. I. Salmerón Escobar, A. Díez-Montiel, I. Navarro Cuéllar, G. Dell'Aversana Orabona, J. L. del Castillo Pardo de Vera, C. Navarro Vila, and J. L. Cebrián Carretero, "Intraosseous Venous Malformation of the Zygomatic Bone: Comparison between Virtual Surgical Planning and Standard Surgery with Review of the Literature," *Journal of Clinical Medicine*, vol. 10, no. 19, pp. 4565, 2021.
- [27] A. J. Bauermeister, A. Zuriarrain, and M. I. Newman, "Three-dimensional printing in plastic and reconstructive surgery: a systematic review," *Annals of plastic surgery*, vol. 77, no. 5, pp. 569-576, 2016.
- [28] D. Khorsandi, A. Fahimipour, P. Abasian, S. S. Saber, M. Seyedi, S. Ghanavati, A. Ahmad, A. A. De Stephanis, F. Taghavinezhaddilami, and A. Leonova, "3D and 4D printing in dentistry and maxillofacial surgery: Printing techniques, materials, and applications," *Acta biomaterialia*, vol. 122, pp. 26-49, 2021.
- [29] S. Shaikh, P. Nahar, and H. M. Ali, "Current perspectives of 3d printing in dental applications," *Brazilian Dental Science*, vol. 24, no. 3, 2021.
- [30] H.-H. Lin, D. Lonc, and L.-J. Lo, "3D printing in orthognathic surgery– A literature review," *Journal of the Formosan Medical Association*, vol. 117, no. 7, pp. 547-558, 2018.
- [31] D. H. Ballard, P. Mills, R. Duszak Jr, J. A. Weisman, F. J. Rybicki, and P. K. Woodard, "Medical 3D printing cost-savings in orthopedic and maxillofacial surgery: cost analysis of operating room time saved with 3D printed anatomic models and surgical guides," *Academic radiology*, vol. 27, no. 8, pp. 1103-1113, 2020.
- [32] I. Velasco, H. Ramos, and S. Vahdani, "Manejo quirúrgico de tumor mandibular asistido con la tecnología de impresión tridimensional: nota técnica y reporte de caso," *Revista chilena de cirugía*, vol. 69, no. 4, pp. 332-340, 2017.
- [33] Ricardo, J. E., Fernández, A. J. R., & Vázquez, M. Y. L. "Compensatory Fuzzy Logic with Single Valued Neutrosophic Numbers in the Analysis of University Strategic Management". *International Journal of Neutrosophic Science*, pp 151-159. 2022.
- [34] Falcón, V. V., Martínez, B. S., Ricardo, J. E., & Vázquez, M. Y. L. "Análisis del Ranking 2021 de universidades ecuatorianas del Times Higher Education con el Método Topsis". *Revista Conrado*, vol 17 no S3 pp 70-78. 2021.
- [35] Leyva Vázquez, M. Y., Viteri Moya, J. R., Estupiñán Ricardo, J., & Hernández Cevallos, R. E. "Diagnosis of the challenges of post-pandemic scientific research in Ecuador". *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, no 53 (spe1) pp 1-19. 2021.
- [36] Vázquez, M. Y. L., Ricardo, J. E., & Vega-Falcón, V. La inteligencia artificial y su aplicación en la enseñanza del Derecho Artificial Intelligence and its Application in Legal Education. *Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*. vol 10 no 3, pp 368-380. 2022.
- [37] Vázquez, M. L., Estupiñan, J., & Smarandache, F. Neutrosophía en Latinoamérica, avances y perspectivas Neutrosophic in Latin America, advances and perspectives. *Neutrosophic Computing and Machine Learning* , Vol. 14, pp 1-8. 2020.
- [38] Pawelczyk, C. A., & Fernández, D. M. M. "Gestión educativa y satisfacción académica en alumnos de escuela de infantería del ejército peruano". *Universidad y Sociedad*, vol 12 no S1, pp 373-379. 2020.
- [39] Villegas, J. Y. V., Jimenez, E. J. B., Garcia, T. C. S., & Fernandez, D. M. M. "Autoevaluación, Coevaluación, Portafolio y Aprendizaje Colaborativo en el rendimiento académico de los alum-nos de la facultad de educación". *Revista Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas. ISSN 2574-1101*, vol 14, pp 71-76. 2020.

Recibido: Octubre 05, 2022. **Aceptado:** Diciembre 18, 2022