

InGeni



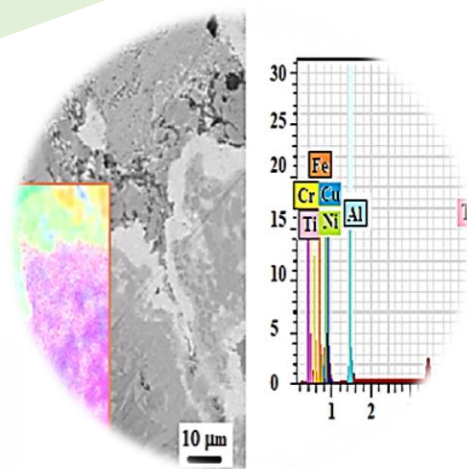
Revista Científica y Tecnológica



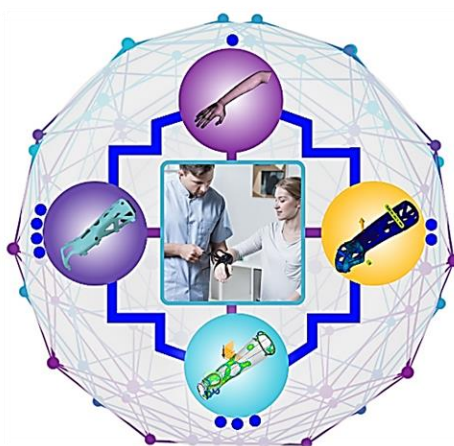
UTEQ
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE
QUEVEDO

eISSN: 2697-3642

Latindex – folio: 29646



Aleaciones de alta entropía
Pág. 31



Diseño de ortesis
Pág. 16



Integración paisajística
Pág. 1

Vol. 5, Núm. 2
Julio 2022



Integración paisajística en la vía Portoviejo-Crucita

(Landscape Integration on the Portoviejo-Crucita Road)

María Pita Mera¹ , Cristina Suárez Loor¹ , Glenn Vinueza Mendoza^{1,2} , Silvia Corrales Zambrano¹ 

¹ Universidad San Gregorio de Portoviejo, Portoviejo, Ecuador

² Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador

e.mypita@sangregorio.edu.ec, e.cpsuarez@sangregorio.edu.ec, gvinueza@uteq.edu.ec, e.sgccorrales@sangregorio.edu.ec

Resumen: Ante la falta de interés y una agravante descualificación de imagen surge la necesidad de integración en el diseño y espacios visualmente confortables en el ingreso a la ciudad. Para esto, se traza como objetivo de este artículo la integración paisajística de 7,8 km en la vía Portoviejo-Crucita, la misma que permita determinar los tipos de paisajes, evaluar su calidad visual, establecer el nivel de protagonismo de las distintas movilidades e identificar áreas de intervención. La metodología empleada se basa en la aplicación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y técnicas de investigación como la revisión bibliográfica, encuestas y fichas de observación. De su aplicación se pudo conocer que es factible analizar, establecer e integrar un espacio tanto arquitectónico como paisajístico en un solo conjunto visual. Se concluye que la notable carencia de espacios públicos y equipamientos comunitarios en el desarrollo del espacio urbano-rural contribuye a imposibilitar el encuentro del ciudadano, espacio de sociabilización y apropiación colectiva.

Palabras clave: Paisajismo, infraestructura urbana, movilidad, equipamientos comunitarios.

Abstract: Given the lack of interest and an aggravating disqualification of the image, the need arises for integration in the design and visually comfortable spaces at the entrance to the city. For this, the objective of this article is the landscape integration of 7,8 km in the Portoviejo-Crucita Road, which allows to determine the types of landscapes, evaluate their visual quality, establish the level of prominence of the different mobilities and identify areas of intervention. The methodology used is based on the application of the Annual Average Daily Traffic (ADTT) and research techniques such as bibliographic review, surveys and observation files. From its application, it was possible to know that it is feasible to analyze, establish and integrate an architectural and landscape space in a single visual set. It is concluded that the notable lack of public spaces and community facilities in the development of urban-rural space contributes to make it impossible for citizens to meet, a space for socialization and collective appropriation.

Keywords: Landscaping, urban infrastructure, mobility, community facilities.

1. INTRODUCCIÓN

[1] destaca que:

El estudio del paisaje viene de antiguo. No es nada reciente pese a que desde que viera la luz el Convenio Europeo del Paisaje en octubre de 2000, se han intensificado las acciones para lograr que el paisaje, la percepción visual que se tiene de todo territorio, tuviese un mayor protagonismo en la ordenación del territorio.

El paisajismo “todavía se encuentra bajo consideraciones peyorativas en algunos ámbitos de la planificación y la gestión” [2]; por ende, esta investigación contribuirá a generar una mejora de la imagen urbana del ingreso a la ciudad y posteriormente la calidad de vida de los pobladores. Sin embargo, estos lineamientos no inquietan proponer un cambio radical, ya que sería ir en contra de las costumbres propias de una ciudad como lo es Portoviejo. Teniendo en cuenta esto se pretende una solución más armónica, en donde se proporcionen espacios confortables al transitar la vía mediante un medio de transporte o nivel de peatón. Es de esta manera que se busca que el usuario tenga la opción de estar en contacto con el paisaje, a través de un elemento conector como lo es la carretera, promoviendo así el desarrollo del lugar mediante diseños que reflejen la imagen y que preserven el contexto de la zona a través de la arquitectura paisajística.

Portoviejo, capital de la provincia de Manabí, es una ciudad con un gran arraigo cultural debido a la antigüedad que la trasciende, la rica historia que permanece en ella, manifestaciones culturales tangibles e intangibles que forman parte de todo el patrimonio cultural. En esta ciudad se encuentra una cantidad de atractivos paisajes que han sido dejados a un lado, situación que no ha contribuido de manera adecuada el desarrollo paisajístico local. A simple vista parece claro que el desarrollo de la red de carretas ha obedecido fundamentalmente a criterios de eficiencia en el transporte, centrados en el mejoramiento continuo de la capacidad, velocidad y seguridad a los elementos y componentes del sistema. Sin embargo, criterios paisajísticos, como la integración de las vías en su entorno y particularmente las posibilidades de observación y disfrute del paisaje, son relegados a un segundo plano; no hay duda de que la mayoría de las imágenes que los habitantes tienen de los paisajes de su región obedecen a observaciones realizadas desde las redes viales en el tránsito vehicular [3].

Las problemáticas son diversas, identificadas algunas de estas mediante la presente investigación. Debido a esto, se busca dar un tratamiento a estos problemas y medir de manera cualitativa y cuantitativa algunos de estos resultados, que serán parte de futuras contribuciones académicas e investigativas de la ciudad y por qué no del país; todas las situaciones negativas suscitadas en el área de estudio parten del gran inconveniente de la falta de integración del paisaje, a nivel de la vía y su entorno. A este respecto, y a partir de un análisis novedoso en el medio en que se desarrollará, se pretende profundizar y ampliar la comprensión acerca de la naturaleza y los fundamentos constituyentes del saber paisajístico sobre la ciudad o sus elementos.

En este contexto, se pretende exponer lineamientos a seguir para generar una integración paisajística con un mayor potencial visual y utilitario en zonas del ingreso a la ciudad. La selección de estas zonas se realizó de acuerdo con criterios de concentración de actividades gastronómicas culturales y de ocio, sin dejar de lado el camino hacia donde llevan que es el famoso balneario turístico Crucita.

Crucita es una parroquia rural del cantón Portoviejo. Por sus características geográficas posee un enorme potencial paisajístico y de desarrollo turístico. Cabe destacar que Crucita se encuentra a 30 km de la ciudad de Portoviejo. En el 2010, esta comunidad rural contaba con una población de 14.050 habitantes [4]. Este destino turístico es el elemento con más peso para la selección del área y el mismo en los últimos años ha generado que mayor cantidad de ciclistas usen la carretera, potenciando así el turismo de esta.

Las zonas inmersas en la vía de estudio son: Ciudadela Municipal, Higuerón, Mejía y Sosote; en las cuales, si bien no se adentrará a la centralidad de cada una, se analizará y proyectará en los márgenes de estas.

Se parte del objetivo general de diseñar una integración paisajística en la vía Portoviejo-Crucita, a través de diversas técnicas de investigación para contribuir con estrategias de intervenciones urbanas. De aquí se desglosa, determinar el tipo de paisaje del sector, evaluar la calidad visual y valoración del paisaje observado, establecer el nivel de protagonismo de las distintas movibilidades, e identificar áreas de integración social.

Se realiza además una revisión del paisajismo a nivel tanto general como localizado en carreteras y la calidad que este posee, un análisis de dimensionalidad en cuanto a la infraestructura vial, se explora el sentido de la movilidad a partir del TPDA y con el marco geográfico del caso de estudio. Luego se extiende el proceso de ejecución de las cuestiones previas. Se exponen los resultados obtenidos y algunas cuestiones propositivas, y finalmente, se aportan algunas consideraciones sobre los resultados y se apuntan algunas políticas posibles a desarrollar de cara a intentar revertir los problemas detectados.

2. CUESTIONES PREVIAS: PAISAJISMO, CALIDAD VISUAL, INFRAESTRUCTURA URBANA, MOVILIDAD Y ZONA DE ESTUDIO

Al hablar de paisaje en la actualidad se sabe que desempeña un papel importante en el ámbito de la cultura, ecología, medioambiente y en la sociedad, constituyendo así un recurso favorable para la actividad económica y que su protección, gestión y ordenación pueden contribuir a la generación de empleos. De esta manera podemos reconocer que el paisaje es un elemento importante de la calidad de vida de todas las poblaciones tanto del medio urbano y rural, en zonas degradadas y de gran calidad, en espacios de una reconocida belleza y así mismo en los lugares más cotidianos para el individuo.

Al enfocarse en el antecedente, desde la década de los noventa el paisaje ha ido cobrando cada vez una mayor fuerza y protagonismo en los procesos de planificación, a través de diversos textos legales que establece el Convenio Europeo de Paisaje, que a su vez trata de preservar el valor y el carácter de los diferentes paisajes. El Convenio Europeo del Paisaje [5] pone en manifiesto la importancia del paisaje para el ser humano y la conservación de la naturaleza, planteando estrategias que animan a la implicación del público, las instituciones, autoridades y agentes locales, regionales, nacionales e internacionales en procesos de toma de decisiones públicas, mencionando además que se entiende por paisaje cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos. Apoyando esto, [6] plantea que nuestros paisajes se han hecho presentes en un proceso de cambio en las últimas décadas, ya que el paisaje es la realidad física engendrada por el diálogo entre la actividad humana y el entorno, tal como es percibida por la comunidad.

Teniendo en cuenta que el paisaje es cualquier parte del territorio tal y como lo percibimos sus habitantes, cuyas características son resultado de la interacción de factores naturales y humanos; por tanto, constituyen el paisaje tantos elementos naturales tales como el suelo, el agua, la vegetación, la fauna o el aire, como humanos, como el hombre, su cultura y su actividad económica [5]. Provocando así que el paisaje no sea inalterable, sino que va evolucionando a lo largo del tiempo conforme cambian los factores que lo conforman. Sin embargo, hoy en día las transformaciones paisajísticas provocan inquietud, una inquietud que tiene su origen en la velocidad de los cambios.

Para poder comprender la finalidad del estudio de integración paisajística, debemos conocer que es una actuación que se integra en el paisaje cuando no afecta negativamente el carácter del lugar ni cuando impide percibir los recursos paisajísticos. Según [7], al estudiar un territorio se analiza unos segmentos de paisaje con las comunidades vegetales que lo integran y sufren el “expolio”, un consumo continuado que, poco a poco, se integra y las moldea. El reticulado paisajístico, responde al uso y es fruto de una coevolución milenaria. Se debe apreciar el paisaje con su funcionalidad normal en evolución continua, ya que este no es estático. Muchas veces se piensa que este paisaje no se degenera, pero en realidad no es así; es como un ser humano que se va deteriorando o evolucionando. Por ende, se debe aprovechar esa evolución y poder dirigirla con suavidad fomentando su dinamismo, con ayudas que aceleren un sector y frenen esa destrucción de la estructura encañadora.

El concepto de integración establece una noción clave y de gran actualidad en las complejas sociedades contemporáneas, aplicándose en múltiples facetas de la realidad y referida a personas en riesgos de exclusión o marginación social. Según [8], entre las materias sobre las que aplica la idea de integración se encuentra el paisaje, y más exactamente las intervenciones humanas sobre el mismo, como las infraestructuras, los cambios de usos del suelo, o las construcciones, especialmente las desarrolladas sobre espacios rurales. Con el proceso urbanizador actual, este paisaje tiende a ser cada vez más continuo, más construido, más llenado como una gran matriz de concreto, de ladrillo y de pequeño fragmentos y corredores verdes dispersos e inconexos [2].

Para [9], los aspectos que condicionen la adecuada integración paisajística de una carretera se establecen primordialmente en la fase de diseño del trazado, en la que se comienza en el estudio previo de soluciones. Este planteamiento es seguido más en países europeos desde hace muchos años, y está en absoluta concordancia con las recomendaciones de la AASTHO para el diseño paisajístico y medioambiental de carreteras en Estados Unidos.

Planificar es el arte de conciliar intereses contrapuestos y que, por tanto, en el planteamiento y proyecto de carreteras, los valores del paisaje pueden contraponerse a la velocidad de proyecto y deben conciliarse con la seguridad de la vía. [10] dictamina que en los criterios para la planificación y el proyecto de carreteras que se integren en el paisaje hay que distinguir, por una parte, el territorio en el que aquellas se desarrollan y, por otra, el tipo de adecuación viaria que se plantea. Cada territorio tiene su paisaje por lo que se debe considerar las áreas de elevado interés o fragilidad en las que no se debe actuar, sin embargo, siempre existen problemas en el tema vial, muchos de estos problemas paisajísticos que surgen en el planeamiento y proyecto de carreteras se debe a que el principal criterio utilizado es el de llegar a cualquier punto del territorio en el menor tiempo posible.

Como en el caso de Ecuador, la infraestructura vial ha mantenido una historia de afectaciones constantes, como paralizaciones y colapso de puentes y caminos, generados tanto por el riesgo sísmico, así como los factores climáticos. [11] comentan que en el proceso mismo de desarrollo está inmerso la conformación de aglomeraciones urbanas, y es a su vez una consecuencia un motor del crecimiento económico. La disponibilidad de una adecuada infraestructura de transporte urbano, que permita movilizar a personas y bien enmarca un núcleo de necesidades básicas. La infraestructura asociada al transporte es considerada fundamental para el desarrollo económico de un área, además el principal mecanismo mediante el cual el sistema de movilidad puede tener efectos sobre la economía radica en los cambios de costos de transporte y movilidad, estos mismos efectos se asocian al crecimiento económico y a la aglomeración, la misma que se estima que aumenta la productividad de los negocios.

En los proyectos de vías o carreteras en relación con el paisaje también hay que tener en cuenta criterios generales como que el objetivo del proyecto no debe ser ocultar, sino integrar. Hay que distinguir los diferentes tipos de carreteras (autopistas, nuevas carreteras convencionales o acondicionamientos) y su funcionalidad con las características del entorno en las que está inmersa (urbano, periurbano o campo abierto). Todos estos lineamientos deben ser gradualmente introducidos para no forzar un cambio drástico que provoque rechazo en la comunidad.

En el terreno de la valoración del paisaje, la calidad y la belleza han sido términos indistintamente utilizados. Si bien el segundo ha estado más vinculado a las valoraciones directas del paisaje y tiene unas connotaciones de subjetividad más claras, la belleza del paisaje tendría dos fuentes: la primera que enmarca el objeto, en el que están inmersos las características de forma, proporción, color, espacio, escala composición y la relación con el espacio circundante; la segunda es el observador, en el que entra en juego el estado emocional, psicológico y fisiológico, la relación entre el observador y la sociedad y por último la relación entre el observador y los objetos [12].

Se comprende por calidad de un paisaje el grado de excelencia de este, su cualidad para no ser alterado o destruido; o de otra manera, su cualidad para que su esencia y su estructura actual se conserve [13]. Por otro lado, [14] define el mismo término como la significación visual del paisaje determinado por valores profesionales, públicos o personales y por las cualidades físicas del mismo. En [15] definen la valoración del paisaje como un proceso de descripción, análisis y evaluación de paisajes que es notable para un amplio rango de aspectos relacionados con la planificación física y la gestión.

El paisaje puede ser analizado y clasificado a través de términos cualitativos basados principalmente en observaciones subjetivas, donde la percepción es un fenómeno activo y tanto las experiencias previas como el medio cultural ayudan a elaborar una imagen individual de este. Pero también puede ser objeto de un estudio cuantificado, por medio de la sistematización de la información recaba, organizando tablas y matrices que permitan una valoración ponderada de la información, y así facilitar la asignación de categorías que contribuyan al desarrollo de una legislación que regula las intervenciones sobre él [16].

Una vez analizados ciertos factores paisajísticos y ciertas características viales, entra en juego el factor de la movilidad, que es cada vez más relevante dentro del estudio y de la calidad de vida de las ciudades, dado que la población urbana es creciente y genera retos en cuanto a la manera más eficiente de movilizar a las personas con rapidez, seguridad y calidad. El fenómeno de la motorización ha crecido exponencialmente, incrementado los niveles de inseguridad vial, principalmente en los países latinoamericanos. Esta situación genera que las principales ciudades tomen decisiones tanto individuales como colectivas, tratando de abarcar simultáneamente dos fenómenos concurrentes en el que uno es la ampliación de la capacidad para la movilidad de automóviles particulares, y el otro la extensión, ampliación o mejoramiento de los sistemas de transporte masivo [17].

El concepto de movilidad urbana ofrece una perspectiva de los individuos en su realidad socioeconómica y espacial más amplio que el término transporte, el cual se limita a una relación de oferta y demanda expresada esquemáticamente en cantidad de infraestructuras y medios de transporte y en el número de desplazamiento por persona por día [18]. Al tratar la movilidad y no el transporte se puede concentrar en la problemática de la persona y su entorno, y no solamente en sus desplazamientos; el estudio del transporte se ha reducido a una visión cualitativa y/o cuantitativa de las infraestructuras y los desplazamientos relacionados mayormente con los vehículos motorizados. La movilidad urbana se expresa de una manera muy diversa adquiriendo distintas formas; es por ello que trazar un panorama de la movilidad en países en desarrollo es algo complejo y sus características radican en desarrollos condicionados por factores históricos, sociales, económicos, políticos y espaciales.

Ante las cuestiones previas planteadas y teniendo en cuenta todos estos aspectos para una integración paisajística propicia, se toma como área de estudio un fragmento clave de 7,8 km de la vía Portoviejo-Crucita, siendo esta uno de los ingresos de principales a la cabecera cantonal de la provincia de Manabí. En el tramo a analizar se encuentran inmersas cuatro localidades con un potencial paisajístico clave para el desarrollo de la ciudad de Portoviejo. Estas localidades son la Ciudadela Municipal, Higuerón, Mejía y Sosote (Figura 1), donde esta última es la que más sobresale por su potencial y es la única localidad perteneciente al cantón Rocafuerte (hace años la agricultura era la actividad representativa, pero actualmente son las labores artesanales a través de la tagua, ollas de barro y la gastronomía como fuente de sustento para aproximadamente 900 familias). El caso de estudio constituye en ejemplo relevante para analizar y comprender los procesos que tienen lugar el área de ingreso a las ciudades.

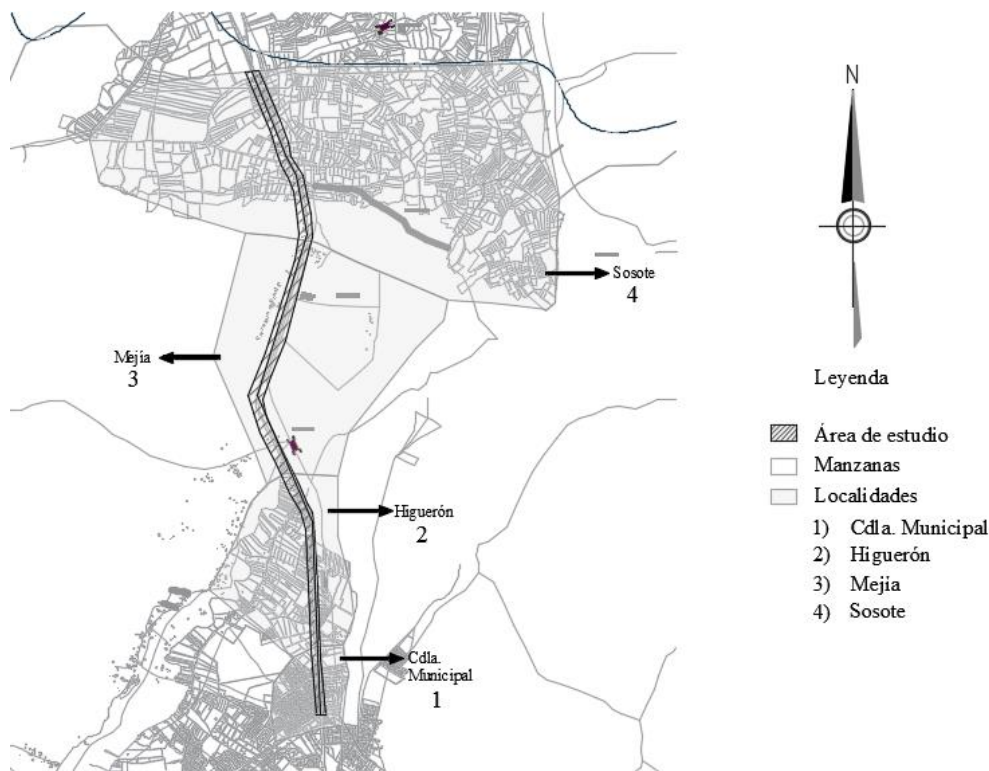


Figura 1. Mapa del área de estudio, localidades respectivas.

3. METODOLOGÍA

De manera general, el proceso de investigación se realizó mediante una revisión bibliográfica para el tipo de paisaje, estudios cualitativos y cuantitativos de observación directa, a través de investigación y análisis, encuestas, fichas de observación y conteos manuales; de tal manera que estos se puedan interpretar de acuerdo con cada objetivo planteado. El procedimiento para la elaboración del artículo será a través del método deductivo – inductivo [19], con la finalidad de comprender el proceso de investigación la metodología se desarrolla a continuación.

Mediante la revisión bibliografía para determinar los tipos de paisaje existentes, [20] proporciona las disertaciones más acertadas determinando que la ciencia que estudia los paisajes es la geografía y que estos se pueden clasificar según su funcionalidad y según si fitografía, en el primero se encuentran inmersos el tipo de paisaje natural que no presenta modificación de ningún tipo efectuados por los seres humanos, el tipo de paisaje rural que se origina en zonas donde se practica la agricultura o la ganadería como medio de explotación de la tierra y es muy modificado para la acción humano con fines económicos, y el paisaje de tipo urbano que en su totalidad se encuentran construidos por el hombre.

Continuando con Berthe y la clasificación según su fitogeografía que hace referencia a los paisajes que poseen cuatro factores claves como la flora, fauna, clima y la geografía. En esta clasificación se puede ubicar otros tipos de paisaje como el selvático que en su mayoría está constituida por selva, el paisaje de sabana que es una mezcla entre bosque y pasto, paisaje desértico constituido por el mismo desierto, y el paisaje de tundra donde la vida animal como la flora es muy escasa y se sitúa en los polos.

La valoración del paisaje y calidad visual está orientada a la mejora del paisaje interior de la carretera; es decir, la percepción que tiene el observador de los elementos propios de la infraestructura y del paisaje que se divisa desde ella. Para realizar la valoración del paisaje y su calidad visual se determina primeramente que el análisis a nivel local, de esta manera lleva a un

método directo de valoración de la calidad visual. [16] explica que dicho grupo de métodos se caracteriza porque la evaluación se realiza por medio de la contemplación del paisaje, bien en el campo o a través de algún sustituto como lo son las fotografías. El paisaje se valora directamente de modo subjetivo, utilizando escalas de rango, sin desagregarlo en componentes paisajísticos o categorías estéticas. Para la valoración del método se emplea la subjetividad representativa, que consiste en la valoración por una cierta cantidad de personas cuya opinión global sea representativa de la proporcionada por la sociedad (encuestas); este método emplea la técnica de asignación de valor que consiste en que los encuestados son solicitados para que asignen valores numéricos en una escala desde el 1 (siendo esta calidad visual muy baja) hasta 10 (calidad visual alta), a cada fotografía del paisaje (Figura 2). El conjunto de todos estos valores para cada fotografía proporciona el valor de esta. Un ejemplo de la aplicación de encuestar a la valoración del paisaje fue el empleado por [21] para la valoración de la calidad de las unidades de paisaje de La Rioja.

















ENCUESTA			
Integración paisajística en la vía Portoviejo - Crucita.			
Apartado A			
> Rellena los siguientes espacios de datos personales			
Edad:	<20 <input type="checkbox"/> 20-30 <input type="checkbox"/> 30-45 <input type="checkbox"/> 45-65 <input type="checkbox"/> >65 <input type="checkbox"/>		
Sexo:	hombre <input type="checkbox"/> mujer <input type="checkbox"/>		
Lugar de nacimiento:			
Localidad y provincia donde vive:			
Estudios/profesion:			
¿Qué tanto conoces la Vía Portoviejo-Crucita? Mucho <input type="checkbox"/> Bastante <input type="checkbox"/> Poco <input type="checkbox"/> Nada <input type="checkbox"/>			
> Apartado B			
Primero, da un vistazo rápido a las 16 fotografías que se exponen a continuación para obtener una sensación general de los paisajes que representan. Después, observa detenidamente y valora del 1 (siendo esta calidad visual muy baja) hasta 10 (calidad visual alta) cada uno de los paisajes representados, en función de CUÁNTO TE GUSTA cada uno.			
			
A ()	B ()	C ()	D ()
			
E ()	F ()	G ()	H ()
			
I ()	J ()	K ()	L ()
			
M ()	N ()	O ()	P ()
> Apartado C			
Considerando los 16 paisajes representados en el anterior apartado, ordena de mayor a menor en función de distintos aspectos que se preguntan:			
a) Señala los 3 paisajes que mas te gusten y los factores que han determinado tu elección.			
b) Señala los 3 paisajes menos atractivos y los factores que han determinado tu elección.			
c) Señala los 4 paisajes mas singulares.			

Figura 2. Modelo de encuesta realizada para la valoración del paisaje. Elaborado propia a partir de [16].

La evaluación del paisaje es una importante forma de vigilancia de los procesos de observación más difíciles. Hay una predisposición intuitiva a valorar la bondad del medio a través del tipo de paisaje [22]. Para poder puntualizar la secuencia de puntos de observación se implementó la observación sistemática (Figura 3), en la que los puntos de observación se seleccionan según una regla determinada, en función del espacio recorrido o el tiempo transcurrido. Para inventariar impactos visuales [23] señalan 330m como distancia óptima [24].

Ficha de Observación				
Tema:	Localización			
Integración paisajística en la vía Portoviejo - Crucita.				
Objetivo general: Generar una integración paisajística en la vía Portoviejo - Crucita, a través de diversas técnicas de investigación para contribuir con estrategias de intervenciones urbanas.				
Datos generales				
Fecha:		12 de noviembre del 2020		
Ubicación:		Rocafuerte, Ecuador		
Altitud:	53 ms.n.m.			
Temperatura:	26 - 28°			
Coordenadas:	0°57'31"S 80°28'06"W			
Sector 4:	SOSOTE			
A	B	C	D	E
F	G	H	I	J

Figura 3. Modelo de ficha de observación perteneciente a la localidad de Sosote.

En lo concerniente al nivel de protagonismo de las movi­lidades, una de las tareas importantes en este trabajo fue determinar el volumen del tráfico existente en el corredor vial. Con la aplicación de la metodología del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), se consigue obtener una jerarquía de la movilidad. La metodología básica para el estudio del tráfico vehicular se basa en la medición, que es principalmente realizar un conteo o aforo vehicular en el tramo de la vía a estudiar. Existen tres métodos de conteo vehicular que son manuales, automáticos y de origen y destino [25]; para el presente trabajo se empleó el conteo de forma manual. Como referencia se usó la clasificación general de los vehículos de acuerdo con las normas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Se realizó el conteo de tráfico en el área de influencia del corredor vial, para obtener la cantidad promedio de vehículos diarios que circulan en esta vía. En el conteo del tráfico se consideraron los días de mayor circulación de la semana, y posteriormente se efectuó una tabla de jerarquización de las distintas movi­lidades que transitan por el corredor vial mediante los datos obtenidos en el TPDA; y se integró la movilidad ciclista y peatonal, para un mayor abar­que y determinación de todas las movi­lidades circundantes en el corredor vial. Además, se colocaron estaciones de conteo estratégicamente dentro del corredor vial.

En aseveraciones explyadas por [8], para generar un diseño óptimo en el corredor vial se debe tener en cuenta que las autopistas generan una topografía propia que se superpone al territorio que

atraviesa y en ocasiones, esta nueva topografía puede generar un impacto paisajístico importante. Para minimizar ese impacto y permitir que la autopista sea lo más compatible posible con el territorio, existen una serie de elementos del medio que han de considerarse en su diseño, entre ellos el paisaje. Entre otros, los aspectos para tener en cuenta son el propio paisaje como condicionante del diseño en la proyección del trazado, sección transversal y geometría de la infraestructura, la vegetación como elemento integrador, pero también con funciones en la seguridad vial y de ecología, la elección de diseños constructivos acordes con los principales atributos del paisaje (formas, colores, texturas).

Pueden plantearse dos grupos de medidas orientadas a la mejora del paisaje interior. Un grupo englobaría aquellas medidas orientadas a la búsqueda de la naturalización del paisaje, mediante la creación de plantaciones que mejoren la integración de la infraestructura y la corrección de la topografía alterada durando su construcción. El otro grupo de medidas estaría enfocado a la búsqueda de elementos constructivos con un carácter más integrador que los que generalmente se utilizan en las autopistas [26].

4. RESULTADOS

En todo paisaje hay elementos naturales y elementos artificiales que son construidos por personas. Entre los elementos naturales, se encuentran bosques, ríos, montañas, prados, etc., y como elementos artificiales, se tiene puentes, carreteras, campos y campos de cultivo.

Dependiendo de todo este tipo de elementos y donde están situados, se distingue el tipo de paisaje mediante la revisión anteriormente efectuada y se destaca que este caso de estudio se ha caracterizado como de tipo mixto, compuesto por paisajes rurales y urbanos. Por un lado, rurales ya que en varias zonas del caso de estudio se encuentra el desarrollo agrícola como medio de explotación de la tierra, zona de fácil acceso lo que permite mantener una conexión fluida con la ciudad. Además de estar condicionados por los accidentes geográficos del relieve como el valle el cual nos caracteriza, la tierra, los minerales, el clima. Por otro lado, urbanos como lo es parcialmente Sosote y la Ciudadela Municipal por la intervención del hombre. Ambos se caracterizan por las construcciones edilicias, urbanizaciones y los medios de movilidad avanzados. Todo este conjunto contribuye a que estos paisajes sean más contaminados de tal manera que guardan relación con los desechos humanos encontrados en la investigación de campo.

La encuesta realizada para la calidad visual y valoración del paisaje dio conocer que en su mayoría el área de estudio destaca por diversos factores poco favorables para el paisaje, como lo es la presencia de residuos urbanos en la acera, afectando de esta manera aspectos visuales y sensoriales del usuario que transita tanto a pie como en vehículo motorizado. Otro factor es las diversas líneas de cableado que cortan el plano visual, imposibilitando una visión general de la estética natural que envuelve al cantón de Portoviejo. Otro factor un poco deleznable es considerado el del comercio desorganizado, que, si bien cierto no es un agravante altamente conflictivo en esta zona, si es un punto para considerar. Y el factor con mayor preponderancia destacado es el “verde”, que si bien es cierto el área de estudio está inmersa en un valle con montañas a la lejanía, la arborización en la infraestructura es carente y hasta decadente en zonas donde sí se hallan porciones de esta. A todo lo anteriormente mencionado se le agrega la opacidad en colores y el ambiente inhóspito, que suscitan una zona poco confortable para el morador y el transeúnte.

Como contraste reside el estudio de La Rioja [27], el cual por varios años ha sido protagonista de varios estudios sobre el paisaje en sus diversas caras como aquel enfocado en los cambios de usos del suelo y dinamismo; otro que aborda la cartografía y el análisis espacial del paisaje vegetal como herramienta para la gestión y la planificación ambiental, y el más reconocido de Escribano et al. [28] que hacen referencia a la realidad física del territorio y explayan en su resultado sobre la enorme influencia que ejerce la vegetación.

También se obtuvo ciertas características favorables que sirven para cuestiones propositivas acordes a las necesidades que presenta el área de estudio, varias de estas características son las inmersas en las fotografías que presentan mayor arborización frente a las montañas que rodean al cantón. De manera general lo más atrayente radica en escenarios de mayor naturaleza, sin tantas estructuras deterioradas o estructuras carentes de campañas políticas y anuncios varios.

Mediante la implementación del TPDS (Figura 4), de los vehículos durante 30 minutos en cuatro periodos, se obtuvo un flujo vehicular diario de 2419 vehículos, siendo el protagonista de esta movilidad el vehículo liviano privado, mismo valor total promedio diario hace saber que en la vía existe un congestionamiento nivel E, que describe una operación inestable y demora significativa.

DÍA DE LA SEMANA	TRANSITO DIARIO (TD)	TPDS= TRAFICO PROMEDIO DIARIO SEMANAL	
LUNES	2107,5	TPDS=	TS
MARTES	2441,25		7
MIERCOLES	2381,25		
JUEVES	2096,25		
VIERNES	2572,5	TPDS	16931,25
SABADO	2370		7
DOMINGO	2962,5		
TOTAL	16931,25	TPDS	2418,75

Figura 4. Resumen diario-semanal del flujo de movilidad.

Mediante el estudio de campo y las técnicas de investigación se determinó las dimensiones de los diversos elementos que componen la vía como las aceras, ciclovía y parterre con un ancho de 1,50 m cada elemento, y calzadas de 9 m de ancho, generando así un promedio de 25,50 m a lo ancho. Como parte de la accesibilidad universal se pudo conocer ciertas carencias de elementos fundamentales para la movilidad peatonal, como lo es el adoquín podo-táctil; dicha infraestructura destinada a la movilidad peatonal del área de estudio no es inclusiva ya que carece de rampas en las terminaciones de estas.

El área de estudio no cuenta con mobiliario urbano lo que provoca insatisfacción para el peatón, debido a la inexistencia de espacios destinados al encuentro de personas y lugar de descanso dotados de sombra. Por otro lado, se evidenció la falta de arbolado en las aceras e insuficiencia de verde urbano, lo cual no contribuye al mejoramiento del paisaje y del confort ambiental del sector.

Se evidencia únicamente una sola parada de bus identificada en el tramo vial de la Ciudadela Municipal, lo que provoca que a lo largo del área estudio los vehículos de transporte público se detengan arbitrariamente en la vía sin ningún control.

El estudio plantea formas en la que se puede lograr una integración del paisaje a través del entendimiento, la valorización e integración del mismo de las características físicas que posee el área del acceso de la ciudad de Portoviejo. En cierta parte referidos a los paseos de ocio que comenzaron a hacerse cada vez más recurrentes gracias a las posibilidades de movilidad.

5. RECOMENDACIONES.

Los resultados obtenidos en esta investigación llevan a generar una serie de recomendaciones y propuestas para lograr en la mejor medida posible una correcta integración paisajística del área de estudio. Primero, se considera el propio paisaje como condición del diseño trazado, la vegetación como elemento integrador, pero también con funciones como la seguridad vial y la elección de diseños constructivos acordes con los atributos del paisaje como su forma, su color y su textura.

Pueden plantearse dos grupos de medidas orientadas a la mejora del paisaje. Un grupo englobaría aquellas medidas orientadas a la búsqueda de la naturalización del paisaje, mediante la creación de plantaciones que mejoren la integración de la infraestructura. El otro grupo de medidas estaría enfocado a la búsqueda de elementos constructivo con un carácter más integrador que los que generalmente se utilizan en las autopistas [26].

Parte de esto es lograr que las autoridades municipales tengan mayor rigor en el control del comercio, a manera de que estos no ocupen la acera de tal manera que no interrumpan la circulación del peatón. Se puede también establecer la composición de un sistema de movilidad integral, como lo es el adoquín podotáctil y el vado al culminar las aceras para que las personas con capacidades diferentes puedan desplazarse sin dificultad a través del área de estudio.

Se recomienda eliminar las barreras arquitectónicas implementadas tanto en el parterre bajo el puente peatonal y la barrera metálica de seguridad ubicada en Mejía y reemplazarlas por elementos más naturales, el caso del puente peatonal con arborización y en el caso de Mejía con un muro de contención de material natural como la piedra escollera [10]. Haciendo referencia al puente peatonal, este se integrará de una manera óptima con el cambio de color de algunos elementos estructurales y además dichos elementos ser sustituidos por otro más ligero y adaptados a las formas del territorio, permitiendo apreciar con mayor nitidez el paisaje de la zona, sin dejar de lado la inclusión de vegetación en el mismo.

Otros criterios de diseño han sido los de compatibilizar el uso de la carretera por vehículos, ciclistas y peatones; mejoramiento de las zonas de paradas existentes y la creación de otras nuevas, y espacios de integración social (plaza, parques y punto de encuentro). A nivel vial se destacan las bandas transversales de alerta, cableado soterrado y en el lugar de dichos puntos colocar arborización.

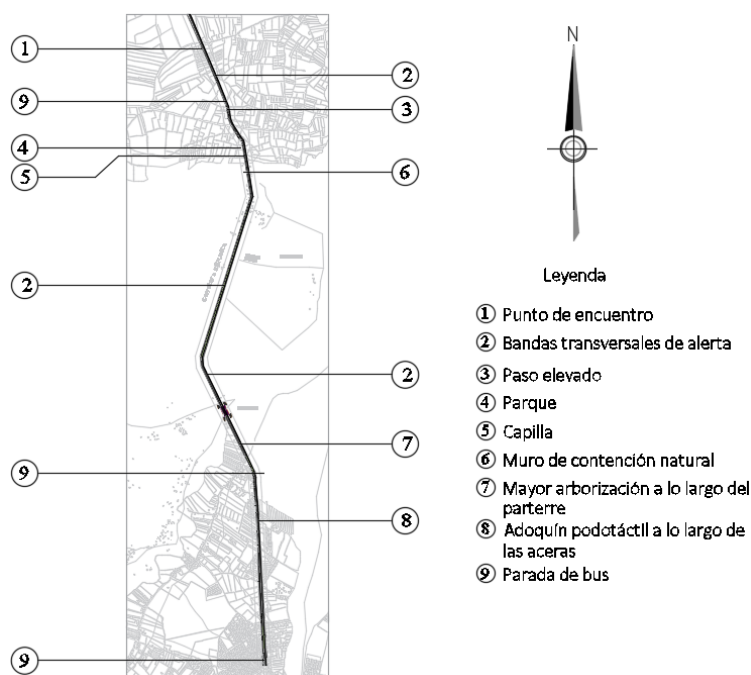


Figura 5. Mapa general de propuesta.

Como en muestra en la Figura 5, la ubicación de los distintos elementos propositivos planteados de tal manera que, el punto de encuentro presentado en la Figura 6 estaría ubicado en un terreno baldío a los lados del UPC (Unidad de Policía Comunitaria) por temas de seguridad y protección adicional, ya que comúnmente los puntos de encuentro son utilizados para la

concentración de personas que evacuan algún recinto en caso de emergencia. También, las Bandas Transversales de Alerta (BTA) deben ser situadas en puntos estratégicos para la seguridad del conductor.

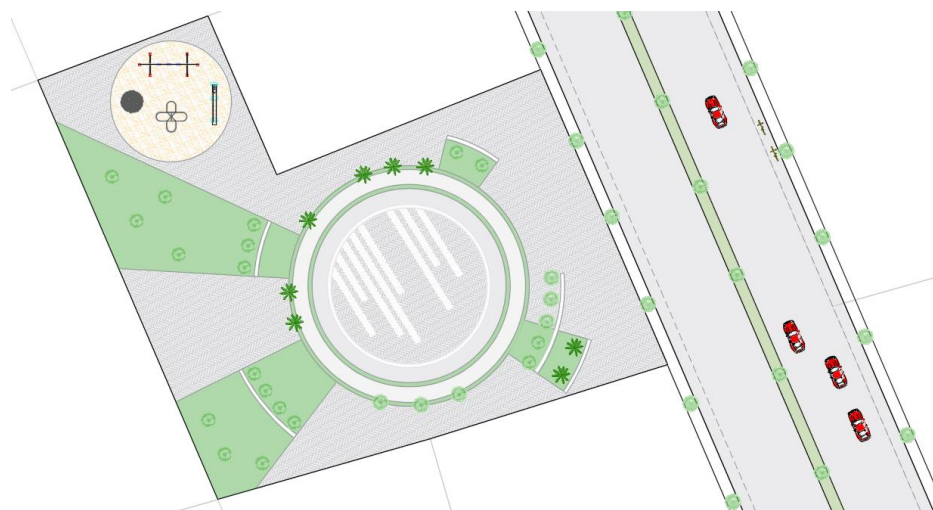


Figura 6. Diseño arquitectónico del punto de encuentro.

Los tipos de equipamientos considerados en la propuesta corresponden a los aplicados en el proyecto de la regeneración urbana del centro histórico de la ciudad de Portoviejo (Figura 7). Los mobiliarios urbanos aplicados son los asientos, basureros, semaforización y señalización. Esto permitirá una cohesión entre proyectos urbanos y rurales suscitados en el cantón.

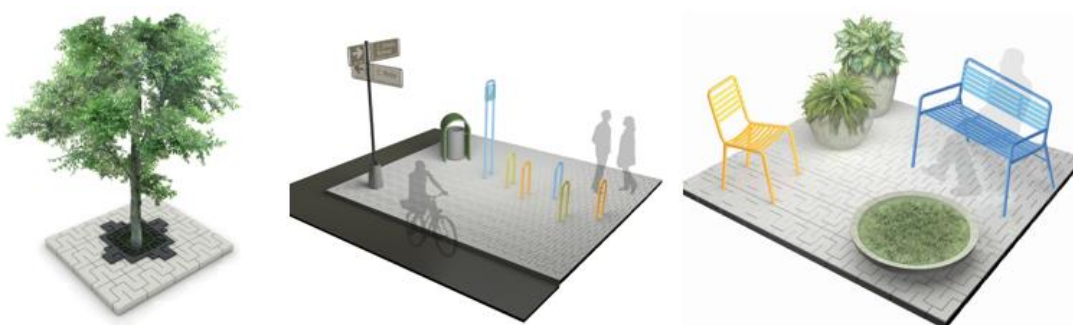


Figura 7. Equipamientos urbanos del Plan de Regeneración Urbana de Portoviejo.

Fuente: Documento Fase III, Centro Histórico de Portoviejo. Municipio de Portoviejo.

6. CONCLUSIONES

La integración paisajística generalizada resulta una característica poco recurrente en las diversas áreas en las ciudades de Latinoamérica. Frente a la gran cantidad de hectáreas de paisajes intermedios, con lógicas y dinámicas diferentes tanto de la ciudad como del campo claramente los instrumentos de análisis y proyecto tradicionales de las urbes y sus alrededores no son adecuados. No obstante, sería errado quedarse en la mera crítica negativa de la dispersión urbana. Es indispensable coordinar las estrategias y políticas paisajísticas en los tres niveles de estado - nacional, provincial y municipal-, dado que las políticas de acción sobre cada espacio geográfico tienden tanto a definirse como a aplicarse fragmentariamente, generando impactos no deseados e inclusive nuevas problemáticas que se superponen a las ya existentes.

El paisaje del territorio se configura, así, a través de numerosos contrastes que profundizan las desigualdades y la yuxtaposición de realidades diferentes. A su vez, la notable carencia de

espacios públicos y equipamientos comunitarios en el desarrollo del espacio urbano-rural contribuye a imposibilitar el encuentro del ciudadano, espacio de sociabilización y apropiación colectiva. Ello ocurre en particular en comunas de pequeña escala (como las analizadas en este caso de estudio) y sin tradición técnica sobre estas cuestiones, por lo que prevalece el libre albedrío de las decisiones, que simplemente se yuxtaponen unas a otras, sin tener como sustento estudios previos o planificación integral del ambiente paisajístico.

Los objetivos de una calidad paisajística e integración paisajística se han formulado a fin de condicionar, por medio de los instrumentos de paisaje, la planificación territorial y urbanística, en especial los nuevos crecimientos urbanos como lo son las localidades analizadas en este artículo, la gestión y la conservación de espacios naturales, la conservación y puesta en valor de espacios turísticos, así como las actuaciones de mejora de la imagen y regeneración de espacios degradados. Por lo tanto se busca generar lineamientos para poder conservar, ordenar y gestionar los espacios, recursos y elementos naturales y turísticos, para impedir la alteración o degradación de sus valores paisajísticos o propiciar su recuperación, y por otro lado mantener y mejorar la calidad paisajística y turística del entorno de estudio, regulando dimensiones y puntos de interacción en la vía, implementando zonas de esparcimiento y evaluando la calidad paisajística para una repotenciación del sitio.

La solución de condicionamiento propuesto tiene un trazado consistente y homogéneo, de fácil lectura por el usuario, que garantiza la accesibilidad y la seguridad vial sin afectaciones ambientales tan enigmáticas y mejorando la integración de la carretera con el paisaje, mediante una cuidadosa selección de los materiales y su implantación en el entorno. Por último, puede establecerse que existen soluciones técnicas para proyectar carreteras seguras que se incorporen al paisaje de una forma armónica, siempre que no se apliquen criterios de trazado preestablecidos que, en general priman los conceptos de velocidad sobre el resto.

REFERENCIAS

- [1] A. Perez Alberti, M. Borobio Sanchiz, F. Castillo Rodriguez y M. Payán Pérez, «Metodología y clasificación de tipos de paisaje en Galicia,» *GOT, Revista de Geografía e Ordenamento do Território*, n° 6, pp. 259-282, 2014.
- [2] L. A. Restrepo, «Paisajismo y ecología del paisaje en la gestión de la arborización de calles. Una referencia a la ciudad de Medellín, Colombia.» *Gestión y Ambiente*, vol. X, n° 1, pp. 131-140, 2007.
- [3] J. H. Arcila Losada, *Paisajismo vial: arquitectura, fundamento y método*, Manizales, 2013.
- [4] L. E. Márquez Ortiz, L. M. Cuétera Sánchez, J. L. Bernardo Vélez y D. A. Mera Ponce, «Sistema de indicadores para la evaluación de la sostenibilidad económica del sector hotelero en la parroquia Crucita, Manabí, Ecuador,» *Espacios*, vol. 41, n° 3, 2020.
- [5] Consejo de Europa, «Convenio Europeo del Paisaje,» 2000. [En línea]. Available: https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/planes-y-estrategias/desarrollo-territorial/090471228005d489_tcm30-421583.pdf.
- [6] J. Busquets y A. Cortina, *Gestión del paisaje. Manual de protección, gestión y ordenación del paisaje*, Barcelona: Ariel, 2009.
- [7] P. Montserrat Recoder, «La integración paisajística,» Huesca, 1996.
- [8] B. M. Ramos, «Estudio sobre métodos de evaluación del paisaje y su potencial en la integración de las autopistas en el paisaje, nueva propuesta metodológica basada en sistemas

- de información geográfica y aplicación a autopistas en operación,» 2014. [En línea]. Available: http://oa.upm.es/23191/1/Belen_Martin_Ramos.pdf.
- [9] M. Valles Ruiz, *Integración paisajística*, Curso de diseño geométrico de obras lineales, 2003.
- [10] S. Borrajo , «Diseño de carreteras para la integración paisajística,» *Obras Públicas*, vol. 3541, pp. 47-52, 2013.
- [11] J. A. Lupano y R. Sánchez, «Políticas de movilidad urbana e infraestructura urbana de transporte,» Diciembre 2008. [En línea]. Available: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/3642>. [Último acceso: Febrero 2021].
- [12] M. A. Encinas Escribano, «Propuesta de una metodológica de análisis del paisaje para la integración visual de actuaciones forestales: de la planificación al diseño,» Archivo Digital UPM, Montes, 2000.
- [13] A. A. Blanco, «La definición de unidades de paisaje y su clasificación en la provincia de Santander,» ETSI de Montes, Madrid, 1979.
- [14] R. C. Smardon, «Historical evolution of visual resource management within three federal agencies,» *Journal of Environmental Management*, vol. 22, nº 4, pp. 301-3018, 1986.
- [15] A. Cooper y R. Murray, «Un método estructurado de evaluación del paisaje y gestión del paisaje,» *Geografía aplicada*, vol. 12, nº 4, pp. 319-338, 1992.
- [16] M. Aguiló Alonso, J. Albaladejo Montoso, M. P. Aramburu Maqua, R. M. Carrasco González, V. Castillo Sánchez, M. A. Ceñal González-Fierro, M. Cifuentes Morales, P. Cifuentes Vega, M. A. Cristóbal López, J. F. Martín Duque, R. Escribano Bombín, G. Glaría Galcerán, S. González Alonso, G. González Barberá, J. Iglesias Gómez, E. Iglesias del Pozo, L. Á. López de Diego, F. Martín Llorente, G. M. Martínez-Mena, R. Milara Vilches, J. Pedraza Gilsanz, A. Rastrollo Gonzalo, R. Rubio Maroto, J. M. Sanz Sa, M. Á. Sanz Santos y F. Valero Huete, Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología, Montes: ETSI Montes, 2014.
- [17] C. V. Velásquez M, «Espacio público y movilidad urbana. Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM),» Universitat de Barcelona, Barcelona, 2015.
- [18] R. Montezuma, Ciudad y transporte: la movilidad urbana, Santiago de Chile: Cuadernos de la CEPAL, 2003.
- [19] E. Maya, «Una propuesta ágil para la presentación de trabajos científicos en las,» *Revista Métodos y Técnicas de Investigación*, 2014.
- [20] P. Berthe, *Tipos de Paisaje*, Hay Tipos, 2020.
- [21] M. P. Aramburu Maqua, R. Escribana Bombín, R. López Hernández y P. Sánchez Ramos, «Cartografía del Paisaje de la comunidad autónomas de La Rioja,» Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2004.
- [22] J. M. Rey Beyanas, C. Pérez Pérez, F. González Bernáldez y M. Zabaleta Franco, «Tipología y cartografía por fotointerpretación de los humedales de las cuencas del Duero y del Tajo,» *Mediterránea*, vol. Serie de Estudios Bibliográficos, nº 12, pp. 5-25, 1990.

- [23] D. R. Potter y J. A. Wagar, Techniques for inventorying manmade impacts in roadway environments, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, US Department of Agriculture., 1971.
- [24] M. A. Alonso, «Identificación de tramos de carretera con interés paisajístico,» *Revista de Obras Públicas*, pp. 329-344, 1984.
- [25] J. P. Palomeque Vilela, «Análisis del Tráfico vehicular en la av. La Ferroviaria desde el distribuidor de Tráfico(TREN) hasta la Parroquia El Cambio.,» Machala, Machala, 2015.
- [26] B. Martín, M. Loro Aguayo, R. M. Arce Ruiz y I. Otero, «Diferentes técnicas de integración paisajística en carreteras. Análisis de eficacia a través de la percepción de observadores,» *Informes de la construcción*, vol. 64, n° 526, pp. 207-220, 2012.
- [27] R. Escribano Bombín, M. P. Aramburu Maqua, R. López Hernández y P. Sánchez Ramos, Cartografía del paisaje de la Comunidad de la Rioja, Logroño, España: Gobierno de La Rioja-ETSI de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid, 2005.
- [28] R. Escribano, P. Mantilla, G. Saiz de Omeñaca y et al, «Ordenación del Paisaje, III. Estudios de planificación física. El Valle de Liébana. Tabajos de Cátedra de Planificación,» E.T.S. de Ingenieros de Montes, Madrid, 1987.

Selección de materiales para el diseño de ortesis aplicando Métodos Multicriterios, Simulación y Optimización Topológica

(Selection of Materials for Orthosis Design by Applying Multicriteria Methods, Simulation and Topological Optimization)

Josencka Sarmiento Anchundia , Rodger Salazar Looor 
Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador
josencka.sarmiento2015@uteq.edu.ec, rsalazarl@uteq.edu.ec

Resumen: En la actualidad, una de las principales causas de morbilidad en el Ecuador son las fracturas producidas en la sección del antebrazo en adolescentes empleándose yeso para la recuperación del paciente, provocando dificultad de movimiento e irritaciones sobre la piel. Una alternativa a este dispositivo son las ortesis impresas en 3D, las cuales cumplen con características principales de estabilidad, rigidez y densidad. En esta investigación se realizó el diseño de una ortesis empleando la selección de material, simulación y optimización topológica. Se determinó que el material óptimo es el PLA, mientras que en la simulación se obtuvo que el espesor mínimo de la ortesis es de 4 mm, cumpliendo con los requerimientos de esfuerzos y deformaciones admisibles para los cuatro movimientos que ejerce la muñeca, así como una reducción representativa del 9,58% de masa del diseño preliminar durante la optimización topológica.

Palabras clave: Dispositivos ortopédicos, Análisis Multicriterio, Método de elementos finitos, Topología, Fractura de baja energía, PLA.

Abstract: Currently, one of the main causes of morbidity in Ecuador are fractures in the forearm section in adolescents, using plaster for patient recovery, causing difficulty of movement and skin irritation. An alternative to this device is 3D printed orthoses, which meet the main characteristics of stability, rigidity, and density. In this research, the design of an orthosis was conducted using material selection, simulation, and topological optimization. It was determined that the optimal material is PLA, while in the simulation it was obtained that the minimum thickness of the orthosis is 4 mm, meeting the requirements of allowable stresses and deformations for the four movements exerted by the wrist, as well as a representative reduction of 9.58% of mass of the preliminary design during the topological optimization.

Keywords: Orthopedic devices, Multicriteria analysis, Finite element method, Topology, Low energy fracture, PLA.

1. INTRODUCCIÓN

Una fractura de baja energía se define como una fractura provocada por un resbalón, un tropiezo o una caída de altura [1], produciéndose con frecuencia en niños y adolescentes principalmente en la zona del antebrazo [2]. Este tipo de fracturas suelen ser complejas de tratar debido a la resistencia debilitada del hueso y al bajo potencial de curación [3], resultando

necesario realizar ciertos procedimientos para recuperar una funcionalidad óptima en el antebrazo, como lo son tratamientos empleando yeso París o una cirugía compleja [4]. En la utilización de yeso se inmovilizan las extremidades lesionadas en su sitio hasta que finalice el proceso de curación, empleándose una combinación de una venda de algodón y yeso calcinado [5].

Este método tradicional resulta ser incómodo para el usuario ya que puede presentar malestares como sudoración, comezón, enrojecimiento, mal olor, afectaciones de la piel y dolor muscular [6]. Una alternativa para la rehabilitación de personas con una función deficiente de las extremidades consiste el uso de ortesis, estos dispositivos externos se utilizan para restringir el movimiento de una parte concreta del cuerpo, protegiendo la zona afectada de las deformaciones y los daños físicos durante la recuperación [7-8]. Entre los parámetros claves para el diseño y manufactura de ortesis se consideran la eliminación de material excedente para reducir el peso del componente y gestionar espacios libres para la ventilación de la piel [9].

Se han obtenido buenos resultados en el desarrollo de dispositivos ortopédicos y protésicos empleando la manufactura aditiva, debido al grado de detalle y exactitud de las geometrías complejas resultantes [10]. De manera especial, el uso de la tecnología de impresión 3D de modelado por deposición fundida (FDM) se ha empleado para la creación de productos médicos personalizados y funcionales, favoreciendo la recuperación de las funciones orgánicas del paciente y contribuyendo en un mejor pronóstico [11]. Esta tecnología utiliza un filamento extruido de forma continua por medio de una impresora 3D, empleándose materiales termoplásticos con diferentes propiedades mecánicas y físicas según la aplicación se requiera [12].

Se han usado polímeros adaptables en el área de la medicina mediante esta tecnología como son: el Ácido Poliláctico (PLA), Tereftalato de polietileno (PET), Glicol de tereftalato de polietileno (PETG), Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), Polipropileno (PP) y Metilmetacrilato-Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno (MABS), obteniéndose considerables ventajas en la compatibilidad biológica, alta resistencia mecánica y configurabilidad de diseño en diversos dispositivos médicos [13-16]. Entre las ventajas del uso de FDM se tiene la reducción de costos de operación en la impresión 3D, amplia variedad de materiales configurables según el tratamiento y una reducción del tiempo frente a otras tecnologías [17].

Para facilitar la selección de materiales en aplicaciones biomédicas, el Método de Decisión Multicriterio (MCDM) resulta ser una herramienta importante en la toma de decisiones y evaluación de los requerimientos funcionales de nuevos productos médicos [18]. Algunos MCDMs se han empleado en la selección de materiales y equipos como son: el método de Entropía para la ponderación de criterios en la reconstrucción ósea y tejidos [19], el método TOPSIS para aplicaciones de prótesis de rodillas [20], el método VIKOR en el desarrollo de implantes óseos [21], el método COPRAS para la selección de equipos médicos [22].

Para la validación de un material aplicado en productos ortopédicos es relevante comprobar su comportamiento mecánico a esfuerzos y deformaciones localizadas en zonas críticas mediante simulación por análisis de elementos finitos (FEM), así como de establecer los parámetros admisibles de espesores para una reducción de material del dispositivo ortopédico mediante optimización topológica [23-24].

El propósito de este estudio consiste en seleccionar un material adecuado para el diseño de una ortesis realizando un proceso de validación por simulación y optimización topológica para aplicaciones en la recuperación en adolescentes que han sufrido una fractura de bajo impacto en la zona del antebrazo.

2. MÉTODOS

Dimensionamiento

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) durante el 2020 se reportaron que 8763 personas sufrieron fracturas en el antebrazo, considerándose como una de las principales causas de morbilidad en el Ecuador, teniendo una mayor incidencia en los grupos de edades entre 10 a 14 años [25]. Este estudio se centra en mujeres de 14 años empleándose las dimensiones antropométricas para la población latinoamericana, se consideran las dimensiones: longitud de brazo de 315 mm, diámetro de antebrazo de 238 mm, diámetro de muñeca de 155 mm [26].

Cargas

Es necesaria una estabilización adecuada del antebrazo minimizando la posibilidad de movimientos articulatorios en la zona de la muñeca, esto provocaría desplazamientos secundarios y presiones localizadas en los huesos, lo que dificultaría el proceso de recuperación [27]. En este estudio se consideran los parámetros de fuerza máxima ejercida por el torque de la muñeca según la investigación de Cazón et al., para los movimientos relativos de acción del brazo en las posiciones de flexión, extensión, abducción y aducción [28], como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Torque máximo ejercido por la muñeca.

Movimiento	Torque Máximo [N.m]	Dirección
Flexión	148	Z
Extensión	84	-Z
Abducción	114	Y
Aducción	99	-Y

Adicionalmente se considera la acción del propio peso de la ortesis según el material seleccionado mediante MCDM; en la Figura 1 se muestran los valores considerados para el torque, aplicación y dirección de las cargas distribuidas en el antebrazo.

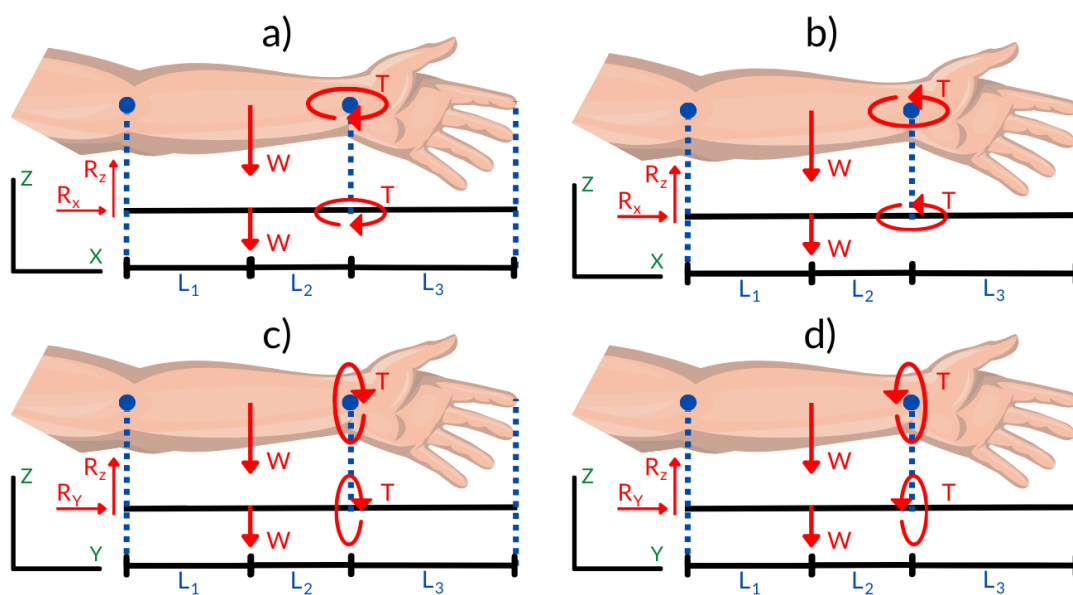


Figura 1. Distribución de cargas en: a) Flexión, b) Extensión, c) Abducción, d) Aducción.

Determinación de materiales

Para la selección de materiales de la ortesis se ha considerado parámetros como el peso, precio, resistencia, biocompatibilidad y adaptabilidad con la tecnología FDM. Los materiales evaluados son el PLA, PET, PETG, ABS, PP y MABS; se ha usado el software CES Edupack para obtener las propiedades mecánicas aplicadas de los materiales en este estudio, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Lista de materiales FDM y sus propiedades mecánicas.

Materiales	Densidad [kg/m ³]	Precio [\$/kg]	Módulo de Young [GPa]	Esfuerzo último [MPa]	Resistencia a la compresión [MPa]	Elongación [%]
PLA	1410.00	3.22	4.24	32.80	39.40	6.10
PET	1400.00	1.53	3.10	70.00	103.00	75.00
PETG	1280.00	2.71	2.11	52.90	63.50	118.00
ABS	1060.00	3.24	2.76	49.60	86.20	60.00
PP	1250.00	1.71	3.13	26.40	29.50	27.00
MABS	1090.00	2.28	2.11	55.20	66.20	50.00

Métodos MCDM

Método de Entropía

Se emplea el método usado por Lee et al. [29]; el método de Entropía consiste en la medición probabilística de la incertidumbre de una serie de datos, en donde una amplia distribución de datos es un indicador de una mayor incertidumbre [30]. Para la valoración de pesos se asignan etiquetas a los criterios considerados de la siguiente manera:

- Densidad=C1, en kg/m³;
- Precio=C2, en \$/kg;
- Módulo de Young=C3, en GPa;
- Esfuerzo último=C4, en MPa;
- Resistencia a la compresión=C5, en MPa;
- Elongación=C6, en %.

Método TOPSIS

El método TOPSIS clasifica y compara un conjunto de alternativas con atributos similares hacia una solución ideal, mediante la medición de distancias cercanas y lejanas de soluciones para criterios beneficiosos y no beneficiosos respectivamente [31]. Se emplea el método usado por Loo et al. [32], considerando los siguientes criterios de beneficio y no beneficio:

- C1 Bajo=No beneficioso
- C2 Bajo=No beneficioso
- C3 Alto=Beneficioso
- C4 Alto=Beneficioso
- C5 Alto=Beneficioso
- C6 Alto = Beneficioso

Método COPRAS

El método COPRAS se caracteriza por emplear un sistema de elección de preferencias de alternativas basado en soluciones positivas y negativas ideales [33]. Los pasos del método empleado se describen en el estudio de Salabun et al. [34], posee un enfoque similar al método TOPSIS por lo que se mantienen las mismas consideraciones para los criterios positivos y negativos.

Método VIKOR

El método VIKOR emplea un sistema de valoración por clasificación de alternativas en conflicto basado en la medición de valores cercanos a la solución ideal [35]. La metodología se describe en el estudio de Więckowski y Salabun [36], se mantienen las consideraciones de beneficio y no beneficio del método TOPSIS.

Modelo CAD

El modelo CAD del antebrazo se obtuvo mediante el escaneo 3D del brazo izquierdo de una mujer de 14 años. Para el diseño de la ortesis se emplea el software Fusion 360, tomando como referencia las superficies del antebrazo se genera una geometría base, la cual se le asigna un espesor de 2 mm inicialmente. En la sección del pulgar se coloca un agujero limitado a zonas de contacto de la palma para facilitar la movilidad del usuario, como se muestra en la Figura 2.

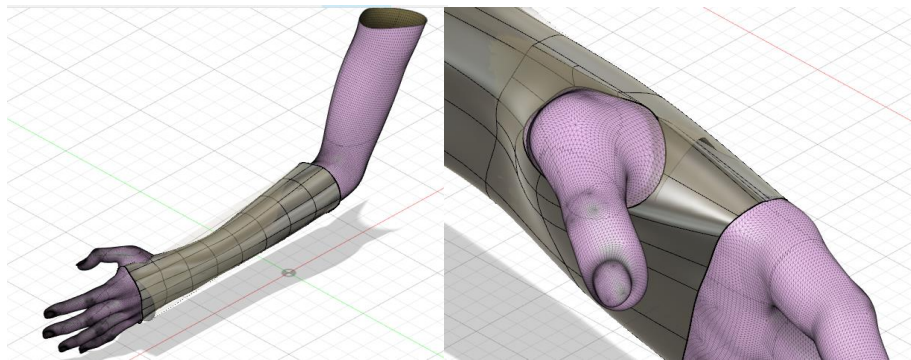


Figura 2. Adaptación geométrica al antebrazo.

Simulación y Optimización Topológica

Para la simulación de la ortesis se consideran los valores de los torques máximos pertenecientes a cada uno de los movimientos que ejerce la muñeca como se muestra en la Tabla 1. En la optimización topológica se generan orificios a través de la extensión de la ortesis para garantizar una ventilación adecuada, se asigna una restricción en la reducción de material en la sección de la muñeca como se muestra en la Figura 3.

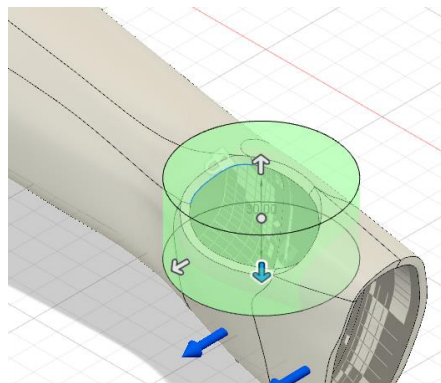


Figura 3. Zona de preservación.

La estrategia para la optimización de la ortesis consiste en la implementación de patrones de teselado de Voronoi, asignados a una configuración geométrica que provea la solución más ligera y estructuralmente resistente a los esfuerzos y deformaciones [37]. Este proceso resulta iterativo en la búsqueda de un escenario adecuado para satisfacer las diferentes cargas empleadas y garantizar una reducción considerable del peso original del componente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados AHP

Los pasos considerados del método AHP se detallan a continuación. En la Tabla 3 se observa la normalización de criterios, mientras que en la Tabla 4 se muestra la ponderación de criterios. Es relevante destacar que la influencia del porcentaje de elongación presenta una mayor importancia debido a la flexibilidad que debe presentar el material a los movimientos del brazo y muñeca.

Tabla 3. Matriz normalizada de criterios.

C1	C2	C3	C4	C5	C6
0.1883	0.2192	0.2430	0.1143	0.1016	0.0181
0.1869	0.1042	0.1777	0.2440	0.2656	0.2231
0.1709	0.1845	0.1209	0.1844	0.1637	0.3511
0.1415	0.2206	0.1582	0.1729	0.2223	0.1785
0.1669	0.1164	0.1794	0.0920	0.0761	0.0803
0.1455	0.1552	0.1209	0.1924	0.1707	0.1488

Tabla 4. Pesos ponderados.

w1	w2	w3	w4	w5	w6
0.0141	0.0912	0.0711	0.1125	0.1859	0.5251

Resultados TOPSIS

El método TOPSIS se desarrolla a partir de la normalización vectorial que involucra la sumatoria cuadrática de las raíces de los materiales, como se muestra en la Tabla 5. Luego se realiza la estandarización a partir de los pesos obtenidos como se observa en la Tabla 6. Consecuentemente se realiza la valoración de soluciones ideales y no ideales como se muestra en la Tabla 7. Finalmente se determinan los índices de distanciamiento entre cada una de las soluciones obtenidas como se observa en la Tabla 8. Se obtiene que el material más adecuado para este método es PLA.

Tabla 5. Matriz normalizada TOPSIS.

Materiales	C1	C2	C3	C4	C5	C6
PLA	0.5416	0.4822	0.5775	0.2680	0.2319	0.9625
PET	0.5448	0.7540	0.4222	0.5720	0.6061	0.5385
PETG	0.5839	0.5642	0.2874	0.4322	0.3737	0.2740
ABS	0.6554	0.4790	0.3759	0.4053	0.5073	0.6308
PP	0.5936	0.7250	0.4263	0.2157	0.1736	0.8339
MABS	0.6456	0.6334	0.2874	0.4510	0.3896	0.6924

Tabla 6. Matriz estandarizada de pesos TOPSIS.

Materiales	C1	C2	C3	C4	C5	C6
PLA	0.00762	0.04400	0.04108	0.03015	0.04310	0.50543
PET	0.00766	0.06879	0.03003	0.06436	0.11269	0.28281
PETG	0.00821	0.05148	0.02044	0.04863	0.06947	0.14387
ABS	0.00922	0.04370	0.02674	0.04560	0.09431	0.33127
PP	0.00835	0.06615	0.03032	0.02427	0.03227	0.43790
MABS	0.00908	0.05779	0.02044	0.05075	0.07242	0.36358

Tabla 7. Solución positiva y negativa ideal.

Valores	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Solución Positiva ideal	0.00762	0.04370	0.04108	0.06436	0.11269	0.50543
Solución Negativa ideal	0.00922	0.06879	0.02044	0.02427	0.03227	0.14387

Tabla 8. Distancia entre soluciones positivas y negativas ideales.

Material	Distancia hacia solución positiva ideal	Distancia hacia solución negativa ideal	Distancia hacia solución positiva	Ranking
PLA	0.07753	0.36320	0.8241	1
PET	0.22430	0.16574	0.4249	5
PETG	0.36513	0.04773	0.1156	6
ABS	0.17671	0.20023	0.5312	4
PP	0.11512	0.29420	0.7188	2
MABS	0.15017	0.22518	0.5999	3

Resultados COPRAS

El método COPRAS emplea la normalización lineal que involucra la sumatoria de las raíces de los materiales, como se muestra en la Tabla 9. Posteriormente se realiza la estandarización a partir de los pesos obtenidos como se observa en la Tabla 10. Luego se realiza la valoración de criterios beneficiosos y no beneficiosos como se muestra en la Tabla 11. Finalmente, se determinan los índices de rendimiento para cada uno de los materiales como se observa en la Tabla 12. Se determina que el material PLA es el más propicio nuevamente en este método.

Tabla 9. Matriz normalizada COPRAS.

Materiales	C1	C2	C3	C4	C5	C6
PLA	0.18825	0.21920	0.24298	0.11433	0.10160	0.01815
PET	0.18692	0.10415	0.17765	0.24399	0.26560	0.22315
PETG	0.17089	0.18448	0.12092	0.18438	0.16374	0.35109
ABS	0.14152	0.22056	0.15817	0.17288	0.22228	0.17852
PP	0.16689	0.11641	0.17937	0.09202	0.07607	0.08033
MABS	0.14553	0.15521	0.12092	0.19240	0.17071	0.14877

Tabla 10. Matriz normalizada de pesos COPRAS.

Materiales	C1	C2	C3	C4	C5	C6
PLA	0.00265	0.02000	0.01728	0.01286	0.01889	0.00953
PET	0.00263	0.00950	0.01264	0.02745	0.04938	0.11718
PETG	0.00240	0.01683	0.00860	0.02075	0.03044	0.18437
ABS	0.00199	0.02012	0.01125	0.01945	0.04132	0.09375
PP	0.00235	0.01062	0.01276	0.01035	0.01414	0.04219
MABS	0.00205	0.01416	0.00860	0.02165	0.03174	0.07812

Tabla 11. Matriz soluciones COPRAS.

Materiales	S+	S-
PLA	0.04903	0.03218
PET	0.08947	0.12932
PETG	0.05979	0.20360
ABS	0.07203	0.11586
PP	0.03725	0.05515
MABS	0.06199	0.09433

Tabla 12. Matriz soluciones Ranking COPRAS.

Materiales	Qi	Ui	Ranking
PLA	0.29066	100%	1
PET	0.14959	51%	3
PETG	0.09798	34%	6
ABS	0.13913	48%	5
PP	0.17823	61%	2
MABS	0.14441	50%	4

Resultados VIKOR

El método VIKOR emplea pasos similares al método TOPSIS en el proceso de normalización como se muestran en las Tablas 5 y 6. Posteriormente se determinan los valores de proximidad a soluciones de beneficio y no beneficio como se observa en la Tabla 13. Los resultados obtenidos indican que nuevamente el material PLA es el óptimo de los 6 candidatos.

Tabla 13. Matriz soluciones Ranking VIKOR.

Materiales	Si	Ri	Qi	Ranking
PLA	0.257937	0.160869	0	1
PET	0.453053	0.323340	0.412	5
PETG	0.773809	0.525135	1	6
ABS	0.411577	0.252947	0.275	3
PP	0.521644	0.185910	0.290	4
MABS	0.472508	0.206018	0.270	2

Simulación

Se realizaron cuatro análisis estáticos para el diseño de la ortesis considerando el torque aplicado en la sección antebrazo-muñeca-mano y el peso del material PLA seleccionado por los MCDMs. Para la simulación inicialmente se asignó un espesor de 2 mm al modelo CAD. No obstante, se determinó que el esfuerzo máximo obtenido en flexión, extensión y abducción supera el valor de esfuerzo último del material de 32.80 MPa. Posteriormente se consideró un

espesor de 2.5 mm donde se produjo un comportamiento similar al caso anterior con valores próximos al esfuerzo último.

Por lo que se ajusta a un espesor de 3 mm obteniéndose valores admisibles con el caso más crítico para la abducción con un esfuerzo de 24.94 MPa y deformación admisible en cada caso para una configuración estructural aceptable de la ortesis. Los resultados de la distribución de esfuerzos para cada uno de los casos estudiados se muestran en la Figura 4 y se resumen en la Tabla 14.

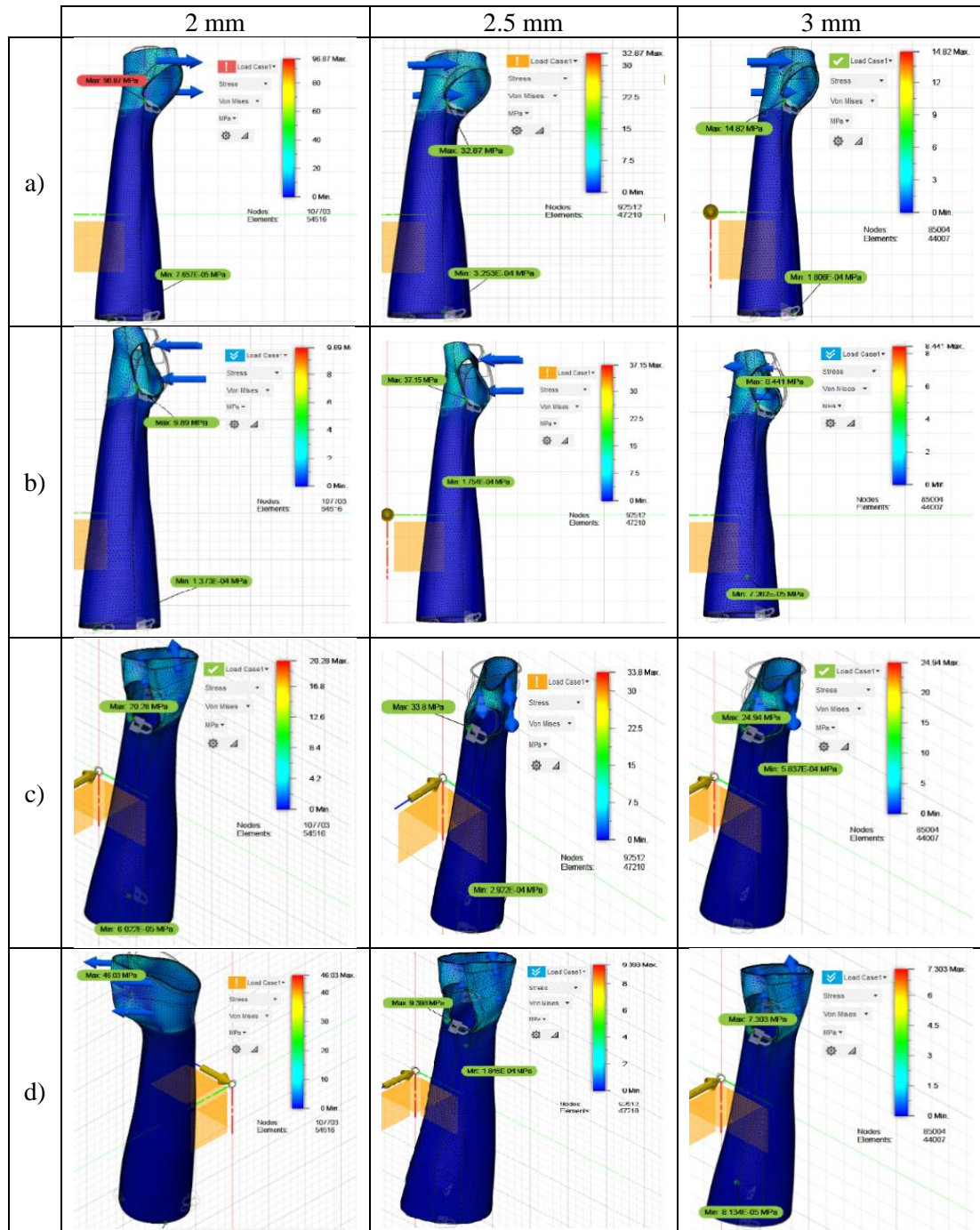


Figura 4. Esfuerzos obtenidos de ortesis con espesores de 2, 2.5 y 3 mm respectivamente durante: a) Flexión b) Extensión c) Abducción d) Aducción.

Tabla 14. Esfuerzos y desplazamientos máximos para espesores de 2, 2.5 y 3 mm.

Movimiento	Espesor								
	2 mm			2.5 mm			3 mm		
	Esfuerzo Máximo [MPa]	Desplazamiento máximo [mm]	Factor de seguridad	Esfuerzo Máximo [MPa]	Desplazamiento máximo [mm]	Factor de seguridad	Esfuerzo Máximo [MPa]	Desplazamiento máximo [mm]	Factor de seguridad
Flexión	96.87	1.608	0.78	32.87	0.616	2.31	14.82	0.208	5.12
Extensión	39.89	0.432	1.674	37.15	0.55	2.043	8.44	0.1193	8.99
Abducción	46.03	0.666	1.69	33.8	0.4418	2.25	24.29	0.2801	3.04
Aducción	20.28	0.3639	3.14	9.398	0.121	8.08	7.303	0.081	10.39

Los resultados de la optimización topológica realizada para un espesor de 3 mm demuestran que, bajo las cargas de flexión, extensión, abducción, aducción se consiguen porcentajes de la masa original que permanece en la ortesis del 34.42%, 34.51%, 22.37% y 21.18% respectivamente. Se determina que las áreas que presentan mayor reducción del material corresponden a la sección del antebrazo con proximidad al codo y en la zona dorsal de la mano, por lo que realiza una combinación de cada uno de los estudios realizados, obteniéndose una solución preliminar de optimización como se muestra en la Figura 5.

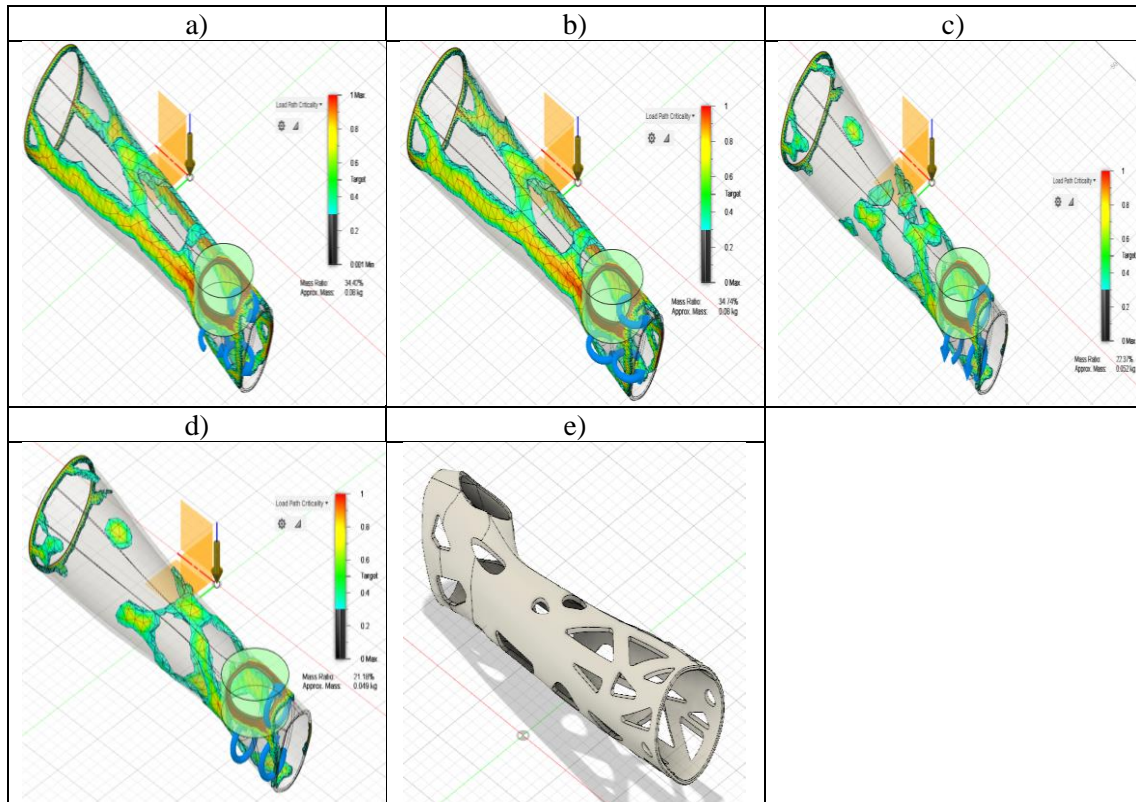


Figura 5. Análisis topológico: a) Flexión b) Extensión c) Abducción d) Aducción e) Resultado de la optimización preliminar.

Con el modelo preliminar de la ortesis se realiza nuevamente un análisis estático considerando los movimientos relativos del brazo con el propósito de verificar la resistencia estructural de la nueva geometría obtenida. Para el espesor de 3 mm se determina que la ortesis se encuentra dentro de los rangos límites de esfuerzos y deformaciones, no obstante, debido a la proximidad del esfuerzo último en el movimiento de abducción se decide realizar un ajuste del espesor. Se procede a utilizar un espesor de 3.5 mm determinándose que bajo flexión no se cumple con un mínimo factor de seguridad en ese movimiento. Finalmente, se emplea un espesor de 4 mm obteniendo valores admisibles para la nueva geometría. Los resultados de la distribución de esfuerzos para cada uno de los casos optimizados se muestran en la Figura 6 y se resumen en la Tabla 15.

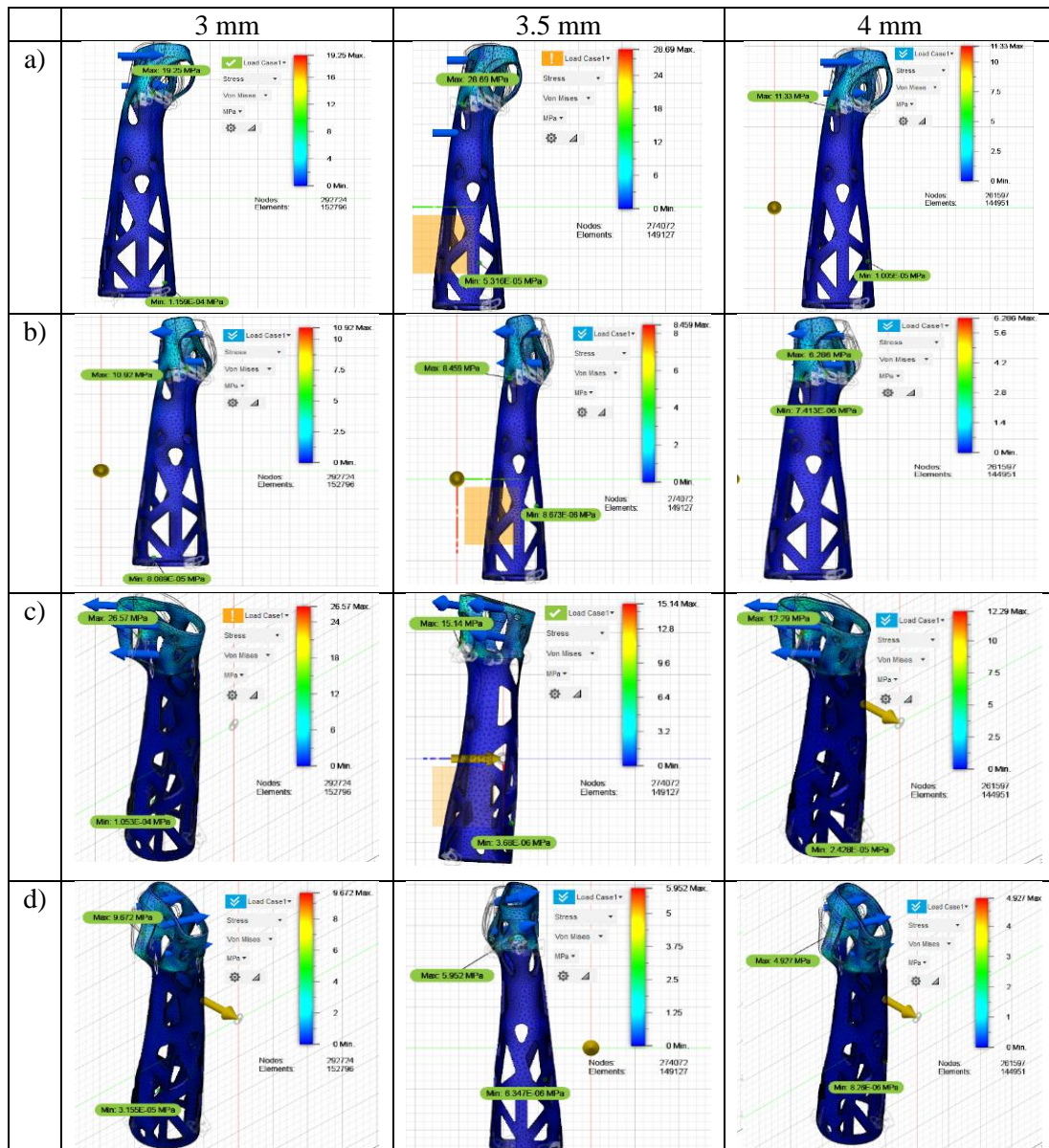


Figura 6. Esfuerzos obtenidos de ortesis mediante optimización topológica con espesores de 3, 3.5 y 4 mm respectivamente, para: a) Flexión b) Extensión c) Abducción d) Aducción.

Tabla 15. Esfuerzos y desplazamientos máximos para espesores considerados.

Movimiento	Espesor								
	3 mm			3.5 mm			4 mm		
	Esfuerzo Máximo [MPa]	Desplazamiento máximo [mm]	Factor de seguridad	Esfuerzo Máximo [MPa]	Desplazamiento máximo [mm]	Factor de seguridad	Esfuerzo Máximo [MPa]	Desplazamiento máximo [mm]	Factor de seguridad
Flexión	19.25	0.3397	3.945	28.69	0.4	2.645	11.33	0.1247	6.6
Extensión	10.92	0.1913	6.95	8.459	0.093	8.973	6.286	0.0701	12.07
Abducción	26.57	0.3858	2.856	15.14	0.1932	5.013	12.29	0.1538	6.174
Aducción	9.672	0.1197	7.845	5.952	0.0586	12.75	4.927	0.044	12

Se determina que se consigue una reducción de la masa original con respecto al diseño optimizado de 0.313 kg a 0.283 kg con un porcentaje de reducción del 9.58% de masa, representando un valor representativo para la ortesis en su ergonomía y aplicación. Finalmente se realiza un tratamiento del modelo obtenido en sus aristas mediante redondeos, particionando la ortesis en 2 piezas y colocando elementos de conexión, con se logra evitar cualquier molestia en la piel y la integración de un ajuste práctico en su colocación en el brazo del paciente. Con lo cual se procede con la impresión 3D del modelo CAD obteniéndose la ortesis optimizada según las consideraciones realizadas en este estudio como se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Diseño optimizado de la ortesis.

4. CONCLUSIONES

Los materiales plásticos considerados en este estudio, que cumplen con características mecánicas similares al yeso, fueron evaluados mediante los MCDMs determinándose que el material idóneo para el diseño de ortesis es el PLA, coincidiendo en la asignación de resultados de los métodos TOPSIS, VIKOR y COPRAS. La simulación demuestra que el espesor asignado de 4 mm a la ortesis en adolescentes cumple con los requerimientos estructurales y geométricos para garantizar la estabilidad, rigidez y compresión en la inmovilización del antebrazo, mientras que con el análisis topológico se consigue una reducción de masa del 9,75% del diseño original. Como resultado se logra obtener la limitación de los desplazamientos en el hueso afectado, así

como incorporar ergonomía y comodidad en su uso, con lo que se puede conseguir una recuperación efectiva del paciente.

El diseño y optimización de ortesis en la actualidad involucra el uso de nuevos procesos de manufactura y materiales, por lo que este trabajo puede contribuir en futuras investigaciones relacionadas a la selección de materiales y la verificación por simulación computacional para diferentes medidas antropométricas en pacientes con fracturas de bajo impacto.

AGRADECIMIENTOS: Los autores agradecen el apoyo de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

REFERENCIAS





- [1] X. Zhang et al, "Incidence of Low-energy Upper Extremity Fractures and the Risk Factors in Chinese People 50 years or Older", *Orthopaedic Surgery*, vol. 11, no. 2, pp. 304-310, 2019.
- [2] H. M. Macdonald, M. Määttä, L. Gabel, K. Mulpuri y H. A. McKay, "Bone Strength in Girls and Boys After a Distal Radius Fracture: A 2-Year HR-pQCT Double Cohort Study", *Journal of Bone and Mineral Research*, vol. 33, no. 2, pp. 229-240, 2018.
- [3] J. Yoo et al, "Low energy fractures: What is the difference? Specific features and clinical outcomes by minimally invasive locking plates", *Biomedical Research*, vol. 28, pp. 484-488, 2017.
- [4] S. I. Chisalita, L. T. Chong, M. Wajda, L. Adolfsson, M. Woisetschläger y A. Spångeus, "Association of Insulin-like Growth Factor-1, Bone Mass and Inflammation to Low-energy Distal Radius Fractures and Fracture Healing in Elderly Women Attending Emergency Care", *Orthopaedic Surgery*, vol. 9, no. 4, pp. 380-385, 2017.
- [5] S. A. Venumbaka et al, "Application of multi materials additive manufacturing technique in the design and manufacturing of hand orthoses," En *Computers Helping People with Special Needs*, Anónimo ed. Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 461-468.
- [6] R. Ambu, A. Motta y M. Cali, "Design of a customized neck orthosis for FDM manufacturing with a new sustainable bio-composite," En *Design Tools and Methods in Industrial Engineering*, Anónimo ed. Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 707-718.
- [7] Y. Tao, J. Shao, P. Li y S. Q. Shi, "Application of a thermoplastic polyurethane/polylactic acid composite filament for 3D-printed personalized orthosis", *Materiali in Tehnologije*, vol. 53, no. 1, pp. 71-76, 2019.
- [8] A. Gupta, S. Chaturvedi, A. K. Bhat, M. Samheel y A. saxena, "Design and manufacture of customizable finger immobilizer and mallet finger splints," En *2019 International Conference on Biomedical Innovations and Applications (BIA)*, Anónimo ed., Bulgaria, 2019, pp. 1-4.
- [9] W. Yan, M. Ding, B. Kong, X. Xi y M. Zhou, "Lightweight Splint Design for Individualized Treatment of Distal Radius Fracture", *J Med Syst*, vol. 43, no. 8, pp. 1-10, 2019.
- [10] F. Carvalho y I. F. Pires, "Manufacturing technology in rehabilitation practice: Implications for its implementation in assistive technology production," En *Advances in Additive Manufacturing, Modeling Systems and 3D Prototyping*, Anónimo ed. Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 328-336.
- [11] S. Y. U. Morimoto et al, "Upper limbs orthosis y prostheses printed in 3D: An integrative review", *Brazilian Journal of Occupational Therapy*, vol. 29, 2021.

- [12] A. Damon, W. Clifton, F. Valero-Moreno y E. Nottmeier, "Orientation Planning in the Fused Deposition Modeling 3D Printing of Anatomical Spine Models", *Curēus* (Palo Alto, CA), vol. 12, no. 2, pp. e7081, 2020.
- [13] F. S. Shahar, M. T. H. Sultan, A. U. Md Shah y S. N. A. Safri, "A Comparative Analysis between Conventional Manufacturing and Additive Manufacturing of Ankle-foot Orthosis", *Applied Science and Engineering Progress*, vol. 13, no. 2, 2020.
- [14] T. Sathies, P. Senthil, y M.S. Anoop, "A review on advancements in applications of fused deposition modelling process", *Rapid Prototyping Journal*, vol. 26, no. 4, pp. 669-687, 2020.
- [15] S. Wojtyła, P. Klama y T. Baran, "Is 3D printing safe? Analysis of the thermal treatment of thermoplastics: ABS, PLA, PET, and nylon", *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 14, no. 6, pp. D80-D85, 2017.
- [16] R. Miclaus, A. Repanoviciy y N. Roman, "Biomaterials: Polylactic Acid and 3D Printing Processes for Orthosis and Prosthesis", *Materiale Plastice*, vol. 54, no. 1, pp. 98-102, 2017.
- [17] V. S. A. Vishnu, T. Zacharia y L. Paul, "Design and development of orthosis for clubfoot correction in infants an additive manufacturing approach", *Materials Today: Proceedings*, vol. 27, pp. 2605-2608, 2020.
- [18] A. Jahan y K. L. Edwards, "Chapter 6 - future developments," En *Multi-Criteria Decision Analysis for Supporting the Selection of Engineering Materials in Product Design*, Anónimo ed. Butterworth-Heinemann: Elsevier Ltd, 2013, pp. 105-108.
- [19] F. Nasiri, S. Ajeli, D. Semnani, M. Jahanshahi y H. Morad, "Fuzzy VIKOR Optimization for Designing High Performance Hydroxyapatite/Polycaprolactone Scaffolds for Hard Tissue Engineering", *Jtp*, vol. 8, no. 1, pp. 17-36, 2020.
- [20] R. Kumar et al, "Multiple-Criteria Decision-Making y Sensitivity Analysis for Selection of Materials for Knee Implant Femoral Component", *Materials*, vol. 14, no. 8, pp. 2084, 2021.
- [21] D. Petkovic, M. Madic, G. Radenkovic, M. Manic y M. Trajanovic, "Decision support system for selection of the most suitable biomedical material," En *ICIST 2015 Proceedings*, M. Zdravković, M. Trajanović and Z. Konjović, Eds.2015, pp. 27-31.
- [22] H. L. Napitupulu, "Ultrasound device selection by using F-ANP and COPRAS", *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*, vol. 505, no. 1, pp. 12083, 2019.
- [23] N. Sabyrov, Z. Sotsial, A. Abilgazyev, D. AdairyM. H. Ali, "Design of a flexible neck orthosis on Fused Deposition Modeling printer for rehabilitation on regular usage", *Procedia Computer Science*, vol. 179, pp. 63-71, 2021.
- [24] M. Seebach et al, "Design of bone plates for mandibular reconstruction using topology and shape optimization," En *Advances in Structural and Multidisciplinary Optimization*, Anónimo ed. Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 2086-2096.
- [25] Ecuadorencifras, Camas y Egresos Hospitalarios. Available: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/Camas_Egresos_Hospitalarios/Cam_Egre_Hos_2020/BDD_Cam as_Egresos_Hospitalarios_2020.zip](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/Camas_Egresos_Hospitalarios/Cam_Egre_Hos_2020/BDD_Cam_as_Egresos_Hospitalarios_2020.zip).
- [26] R. C. Ávila, L. R. L. Prado y E. L. M. González, *Dimensiones Antropométricas De Población Latinoamericana: México, Cuba, Colombia, Chile, Venezuela*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara, 2007.

- [27] C. M. González, M. B. Rodríguez y F. M. Martínez, "El complejo articular de la muñeca: aspectos anatófisiológicos y biomecánicos, características, clasificación y tratamiento de la fractura distal del radio", *MediSur*, vol. 14, no. 4, pp. 430-446, 2016.
- [28] A. Cazon, S. Kelly, A. M. Paterson, R. J. Bibb y R. I. Campbell, "Analysis and comparison of wrist splint designs using the finite element method: Multi-material three-dimensional printing compared to typical existing practice with thermoplastics", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part H, Journal of Engineering in Medicine*, vol. 231, no. 9, pp. 881-897, 2017.
- [29] P. T. Lee, C. Lin y S. Shin, "Financial performance evaluation of shipping companies using entropy and grey relation analysis," *En Multi-Criteria Decision Making in Maritime Studies and Logistics*, Anónimo ed. Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 219-247.
- [30] V. A. Yadav y S. Samir, "Ranking of phase change materials for medium temperature thermal energy accumulation system using shannon entropy, TOPSIS, and VIKOR methods," *En Multi-Criteria Decision Modelling*, Anónimo ed. Milton: CRC Press, 2021, pp. 43-63.
- [31] M. Jiří, "The robustness of TOPSIS results using sensitivity analysis based on weight tuning," *En World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2018*, Anónimo ed. Singapore: Springer Singapore, 2018, pp. 83-86.
- [32] R. B. S. Loor, J. Martínez-Gomez, J. C. Rocha-Hoyos y E. A. L. Cedeño, "Selection of materials by multi-criteria methods applied to the side of a self-supporting structure for light vehicles", *International Journal of Mathematics in Operational Research*, vol. 16, no. 2, pp. 139-158, 2020.
- [33] S. Özcan y A. K. Çelik, "A comparison of TOPSIS, grey relational analysis and COPRAS methods for machine selection problem in the food industry of Turkey", *International Journal of Production Management and Engineering*, vol. 9, no. 2, pp. 81-92, 2021.
- [34] W. Sałabun, J. Wątróbski y A. Shekhovtsov, "Are MCDA Methods Benchmarkable? A Comparative Study of TOPSIS, VIKOR, COPRAS, and PROMETHEE II Methods", *Symmetry (Basel)*, vol. 12, no. 1549, pp. 1549, 2020.
- [35] B. Uzun y D. Uzun Ozsahin, "Vlse criterion optimization and compromise solution in serbian (VIKOR)," *En Application of Multi-Criteria Decision Analysis in Environmental and Civil Engineering*, Anónimo ed., 2021.
- [36] J. Więckowski' y W. Sałabun, "How the normalization of the decision matrix influences the results in the VIKOR method?", *Procedia Computer Science*, vol. 176, pp. 2222-2231, 2020.
- [37] F. Buonamici et al, "A practical methodology for computer-aided design of custom 3D printable casts for wrist fractures", *Vis Comput*, vol. 36, no. 2, pp. 375-390, 2019.

Manufactura y caracterización de aleaciones de alta entropía

(Manufacturing and characterization of high entropy alloys)

Enrique Rocha-Rangel , José A. Castillo-Robles ,
José A. Rodríguez-García , Eddie N. Armendáriz-Mireles 
Universidad Politécnica de Victoria, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México
erochar@upv.edu.mx, jcastillor@upv.edu.mx, jrodriguez@upv.edu.mx, earmendarizm@upv.edu.mx

Resumen: Las aleaciones de alta entropía son una nueva clase de aleaciones multicomponentes, que consisten en cinco o más elementos metálicos con proporciones equiatómicas. A pesar del gran número de elementos de aleación, las HEA pueden exhibir fases de solución sólida simples, como las fases cúbicas centrada en las caras y centrada en el cuerpo. En este trabajo se fabricó la aleación $\text{Al}_x\text{CrCuFeNiTi}$ ($x = 0, 0.45, 1, 2.5, 5$ mol) mediante aleado mecánico para determinar el efecto del aluminio en la evolución de fases durante el proceso y su impacto en las propiedades mecánicas. La molienda de los polvos se realizó a 300 rpm durante 180 minutos. Los polvos resultantes de la molienda se prensaron a 250 kg/cm². Las muestras prensadas se sinterizaron a 1300°C durante 1 hora. De los resultados se tiene que, al aumentar la concentración de aluminio, las aleaciones sufren una transformación de una sola fase FCC a una mezcla de fases FCC y BCC, así como la precipitación de intermetálicos de FeAl_3 , Al_3Ni , TiAl y Ti_3Al . La aleación que alcanzó la mayor dureza fue la de mayor contenido de aluminio. Estas aleaciones se endurecen significativamente con la adición de aluminio, debido a la formación de la fase BCC y por la formación de intermetálicos.

Palabras clave: Aleaciones de alta entropía, aleado mecánico, aluminio, propiedades mecánicas.

Abstract: High entropy alloys are a new kind of multicomponent alloys, consisting of five or more metallic elements with equiatomic proportions. Despite the large number of alloying elements, HEA can exhibit simple solid solution phases, such as face- and body-centered cubic phases. In this work, the $\text{Al}_x\text{CrCuFeNiTi}$ ($x = 0, 0.45, 1, 2.5, 5$ mol) alloy was fabricated by mechanical alloying to determine the effect of aluminum on the phase evolution during the process and its impact on the mechanical properties. Grinding of the powders was carried out at 300 rpm during 180 minutes. The powders resulting from milling were pressed at 250 kg/cm². The pressed samples were sintered at 1,300°C during 1 hour. From results it can be seen that with increasing Al concentration, the alloys undergo a transformation from a single FCC phase to mixture of FCC and BCC phases, as well as the precipitation of FeAl_3 , Al_3Ni , TiAl and Ti_3Al intermetallics. The alloy that achieved the highest hardness was the one with the highest Al content. These alloys harden significantly with the addition of Al, due to the BCC phase formation and intermetallic compounds.

Keywords: High entropy alloys, mechanical alloying, aluminum, mechanical properties.

1. INTRODUCCIÓN

Los metales y sus aleaciones han sido parte de la solución a los grandes retos a los que se ha enfrentado la humanidad desde la antigüedad. Estos materiales generalmente buscan la combinación de sus propiedades mediante la adición de pequeñas cantidades de uno o más elementos metálicos dentro de un metal principal. Un gran avance se produjo en 2004 cuando se publicaron estudios sobre la producción de aleaciones de alta entropía (HEA por sus siglas en inglés), que presenta una nueva familia de materiales metálicos que abrió un nuevo campo de estudio dentro de las aleaciones [1-3]. HEA se definen como aleaciones con cinco o más elementos principales, donde cada elemento tiene la misma concentración en la aleación, por lo que los elementos metálicos tienen la misma probabilidad de poblar un sitio de red determinado, logrando una estructura cristalina única. Además de los elementos principales, las HEA pueden contener elementos menores, cada uno de ellos inferior al 5 %. El nombre de las aleaciones se debe a que sus estados de solución líquida o sólidos aleatorios tienen entropías de mezcla significativamente mayores que las de las aleaciones convencionales.

Debido al concepto de diseño distinto, estas aleaciones suelen presentar propiedades inusuales. Por ello, se ha despertado un gran interés por estos materiales, dando lugar a un nuevo campo emergente y apasionante. Dentro de los sistemas de estudio los elementos que más aparecen son los metales de transición Cr, Fe, Co y Ni en combinaciones con otros elementos también de transición como Ti, Mn y Al. Habiéndose desarrollado así un gran número de aleaciones buscando que éstas puedan ser utilizadas para diversas aplicaciones que demandan resistencia a altas temperaturas, oxidación, corrosión y desgaste. Hasta ahora el sistema más estudiado es el reportado en la literatura como la aleación Cantor que es una aleación con composición CoCrFeMnNi [4]. Buscando optimizar la microestructura y las propiedades de este sistema, se ha añadido aluminio y otros elementos, obteniendo algunos resultados muy interesantes [5-11]. Sin embargo, los mecanismos de refuerzo aún no están claros. Una característica principal de estos estudios es que en muchos casos las aleaciones han sido fabricadas mediante procesos de fusión en hornos de arco eléctrico, lo que conlleva la segregación de algunos elementos como el Cu y el Co. Para eliminar los defectos de fundición y mejorar la microestructura, las aleaciones de alta entropía pueden prepararse mediante aleado mecánico (MA). Además, la aleación mecánica también disminuye la tendencia al ordenamiento y conduce a una mayor solubilidad sólida. Además, también la ruta MA facilita la formación de HEA nanocristalinas [12]. De esta forma se han procesado mediante aleado mecánico diferentes sistemas, basados en la aleación CoCrFeMnNi, donde se han añadido otros elementos como Al, Mo, Ti y Zn, buscando aquí mejorar las propiedades de las aleaciones resultantes y tratando de explicar los mecanismos de refuerzo de las mismas, mediante observaciones de la microestructura y mediciones de diferentes propiedades [13-20].

Revisando la literatura, se encuentra que hasta ahora no se ha reportado el sistema Al_xCrCuFeNiTi, donde se estudie el efecto de las adiciones de aluminio en las propiedades de la aleación. Este sistema podría presentar propiedades interesantes debido a los posibles intermetálicos que se pueden formar entre estos elementos, además de su tendencia como se ha reportado en trabajos anteriores a formar estructuras FCC + BCC.

Así, a partir de la revisión de la literatura [21-23] se encontró que el sistema CoCuCrFeNi utilizado para aplicaciones magnéticas ha sido muy estudiado, pero al sustituir el Co por el Ti la aplicación se vuelve de carácter más estructural, que es lo que nos interesa. Asimismo, encontramos que el Cr es promotor de estructuras fcc, mientras que el Cu, Ni y Ti promueven la formación de estructuras bcc, el Ni puede ayudar a formar las fases g y g' como en las superaleaciones, el Cr, Ni y Ti promueven la resistencia a la corrosión de la aleación. Por otro lado, existe la posibilidad de formar intermetálicos entre Cr-Ti, Fe-Ti y Ni-Ti. La adición de aluminio favorece a la formación de intermetálicos con Fe, Ni y Ti, ayuda a mejorar la resistencia a la corrosión y a obtener aleaciones más ligeras. Así, el sistema hexacomponente

Al_xCrCuFeNiTi ha sido poco reportado en la literatura, sistema que podría presentar interesantes propiedades debido a las posibles estructuras que se pueden formar entre sus constituyentes. El presente trabajo se centra no sólo en la producción de HEA Al_xCrCuFeNiTi ($x = 0, 0,45, 1, 2,5, 5$ mol) mediante el proceso de aleado mecánico, sino también en el estudio del efecto del aluminio en la evolución de fases durante el proceso y su impacto en las propiedades mecánicas.

2. METODOLOGÍA

Polvos elementales de Al, Cr, Cu, Fe, Ni y Ti de pureza superior al 99% con tamaño de malla de 325 mallas fueron aleados mecánicamente en un molino planetario (Retch, PM100), utilizando bolas de ZrO₂ de 3mm de diámetro como medio de molienda, en una proporción de 12:1 peso de bola: peso de polvo, la molienda se realizó a 300rpm durante 180 min. Los polvos molidos se recogieron a intervalos regulares de 60, 120 y 180 min, para estudiar la distribución del tamaño de las partículas en un equipo Mastersizer 2000. Para evitar la oxidación y la segregación de las partículas de polvo, se usó alcohol etílico como agente de control. Las composiciones estudiadas fueron Al_xCoCrCuFeNi ($x = 0, 0,45,1, 2,5, 5$ mol). Las muestras se han etiquetado como 1, 2, 3, 4 y 5 para contenidos de aluminio de $x = 0, 0,45,1, 2,5, 5$ mol respectivamente.

Con los polvos resultantes de la molienda, se fabricaron muestras cilíndricas de 10 mm de diámetro por 3 mm de longitud a una presión de 250 kg/cm² con la ayuda de una prensa uniaxial (Montequipo, LAB-30-T). A continuación, las muestras prensadas se sinterizaron en un horno eléctrico (Carbolite, RHF17/3E) al vacío a 1300°C durante 1 hora. La velocidad de calentamiento fue de 10°C/min, una vez alcanzado el tiempo de sinterización, se apagó el horno con las muestras dentro para su enfriamiento gradual. Antes de la caracterización de las muestras sinterizadas, todas ellas fueron preparadas metalográficamente usando lijas de SiC y paño con una suspensión de diamante de 3 µm y 1 µm hasta lograr un acabado a espejo. A continuación, se realizaron algunas observaciones de su microestructura en un microscopio óptico (Nikon, Eclipse MA 200), la densidad de las muestras se estimó por el principio de Arquímedes según norma ASTM C20-00 [24], las fases presentes se determinaron con ayuda de un equipo de difracción de rayos-X (Siemens modelo D-5000), en barridos de 2θ de 20 a 80°, empleando velocidades de barrido de 2°/min. Para la determinación de la dureza se siguió los estándares descritos en la norma ASTM C1327 [25], para ello se empleó una carga de 500 gramos fuerza durante 10 s de penetración. Finalmente, para determinar la distribución de elementos metálicos en la aleación se usó espectroscopia dispersiva de rayos-X.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Distribución de tamaño de partícula

La Figura 1 muestra la distribución del tamaño de partícula para la mezcla de polvo (CrCuFeNiTi) molida durante 1, 2 y 3 h en un molino de tipo planetario. En la figura se puede observar que a medida que aumenta el tiempo de molienda la distribución de tamaños de partícula es menor, sin embargo, el tamaño de partícula también es menor ya que en la muestra molida durante 3 horas el tamaño oscila entre 2.5 y 4 micras, mientras que el tamaño de partícula para la muestra molida durante 1 hora este tamaño varía entre 2 y 8 micras. Con respecto a la muestra molida durante 3h se tiene que el tamaño mínimo de 2.5 micras es mayor al de las muestras molidas durante menos tiempo, probablemente estos tamaños se deban a la aglomeración de polvos muy finos obtenidos a mayores tiempos de molienda. De manera general se observa que con el incremento del tiempo de molienda se forma un polvo más fino y de tipo monomodal.

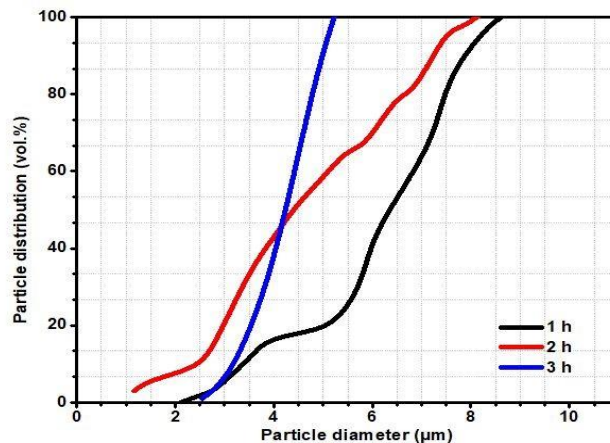


Figura 1. Distribución del tamaño de las partículas de la mezcla de polvo CrCuFeNiTi, graficada vs. tiempo de molienda.

3.2. Densidad relativa

En la Figura 2 se presentan los valores de la densidad relativa alcanzada por las diferentes muestras después de la sinterización a 1,300°C durante 1h. En esta figura se observa que la densidad está en torno al 93%, siendo un poco mayor para la muestra sin adición de aluminio, mientras que para la muestra con Al = 1 mol el valor de la densidad es bajo, esto último se debe a que se observaron grietas en la muestra después de la sinterización. Se puede comentar que los valores de densidad alcanzados no fueron muy altos y es necesario modificar las condiciones de procesamiento como mayor tiempo y temperatura de sinterización para mejorarlo. Aquí igualmente es importante aclarar, que la densidad relativa, se calculó dividiendo la densidad real de las muestras, obtenidas por el método de Arquímedes, entre la densidad teórica de cada aleación, la cual se calculó a partir de la regla de las mezclas y el resultado de este cociente se multiplicó por 100.

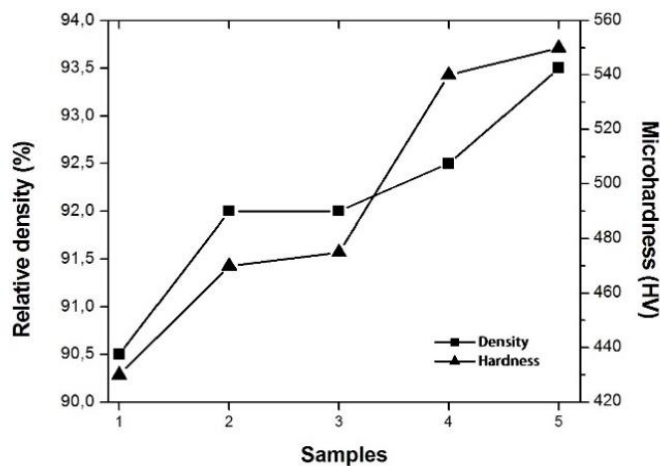


Figura 2. Densidad relativa y microdureza de las HEA sinterizadas durante 1h a 1,300°C como una función del contenido de aluminio (x). Al_xCrCuFeNiTi (x = 0, 0.45, 1.0, 2.5, 5.0 % molar, respectivamente).

3.3. Dureza

En la Figura 2 también se muestran los valores resultantes de las mediciones de microdureza realizadas en cada una de las muestras del estudio. En esta figura se observa el efecto importante que tiene el aluminio sobre la dureza del material, ya que la dureza aumenta a medida que aumenta también el contenido de aluminio en las muestras, siendo hasta aproximadamente un 30% mayor en la muestra con el máximo contenido de aluminio en comparación con la muestra a la que no se le añadió este metal. La razón de este comportamiento puede deberse a la formación de los intermetálicos que el Al puede formar con el Fe, el Ni y el Ti. Sin embargo, el incremento en la dureza de las aleaciones, igualmente, es debido a la transformación de la fase BCC a la fase FCC.

3.4. Análisis de fases

En la Figura 3 se muestran los patrones de DRX por difracción de rayos X de las aleaciones de alta entropía $Al_xCrCuFeNiTi$ sinterizadas con diferentes contenidos de aluminio. En la figura se observa que los elementos metálicos se alean formando una solución sólida a través de una estructura cristalina simple FCC y también de la estructura BCC. Al aumentar la cantidad de Al, las HEA tienden a transformarse de la fase FCC simple a una mezcla de fases FCC y BCC. Se observa que entre los 38 y los 42 grados, hay algunos planos de difracción cuya intensidad aumenta a medida que se eleva el contenido de aluminio. Estos picos deben su presencia a la formación de diferentes compuestos intermetálicos del tipo $TiAl$, Ti_3Al , $Al_{3,2}Fe$ y Al_3Ni . Estudios anteriores [23] muestran que el orden de aleación está relacionado con el punto de fusión de los elementos; es decir, cuanto más bajo es el punto de fusión, es más sencillo que se forme la aleación, lo que explica aquí, por qué el aluminio ha formado algunos compuestos intermetálicos. Además, el tipo de estructura cristalina del elemento que interactúa influye en el mecanismo de aleación, de modo que los elementos de la misma estructura cristalina se disuelven fácilmente entre sí [26, 27].

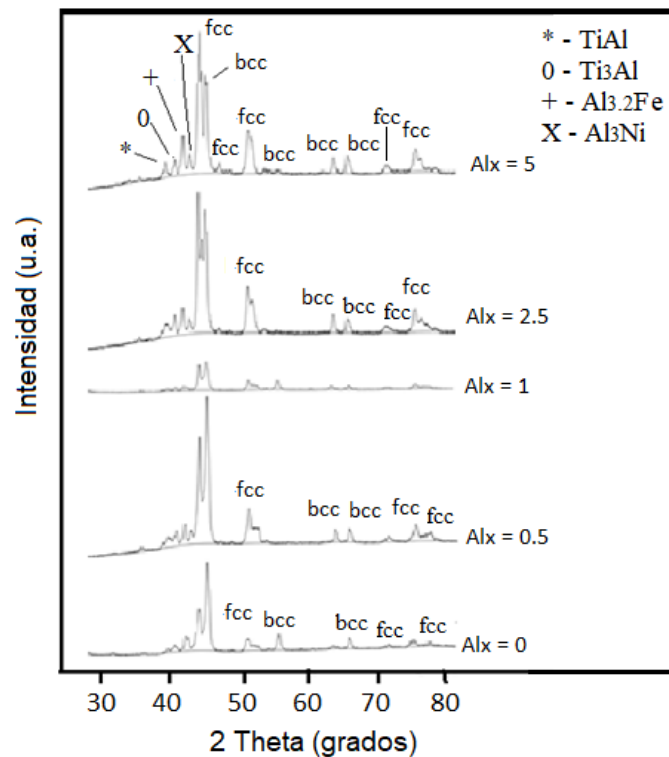


Figura 3. Patrones de difracciones de las HEA $Al_xCrCuFeNiTi$, sinterizadas con diferente contenido de aluminio.

3.5. Microestructura

En la Figura 4 se muestran las microestructuras de las HEA sinterizadas, tomadas del microscopio óptico. En general, la microestructura está formada por granos irregulares de diferentes tamaños y morfologías (angulares, redondeados). Cabe destacar el mayor tamaño de los granos de color amarillo brillante a bajas concentraciones de Al (2). Estos granos están asociados a la presencia de compuestos intermetálicos, detectados por DRX, que se forman tras la reacción del aluminio con los elementos presentes en la aleación. Aparentemente, se obtienen partículas intermetálicas más finas a partir del 5 % molar de Al (5). Cuanto mayor es la cantidad de Al en los HEA, menos porosidad se observa, es decir, se consigue una mayor densidad aparente. La porosidad se identifica como las zonas oscuras (negras) en las imágenes.

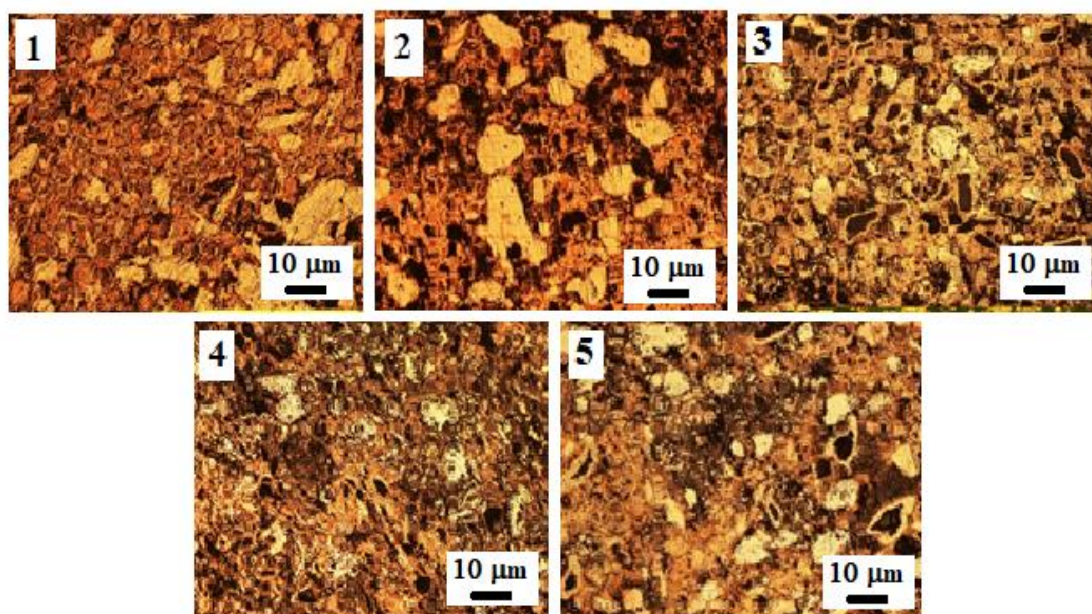


Figura 4. Microestructura de las diferentes aleaciones de alta entropía, observada con un microscopio óptico, fotos tomadas a 10X.

3.6. Análisis por espectroscopia de rayos-X

La parte izquierda de la Figura 5 muestra una imagen representativa de EDS del mapeo de metales realizado en el recuadro coloreado del interior de la figura, mientras que la parte derecha de la Figura 5 muestra la composición química medida por EDS en la misma zona. En este espectro se observa la presencia de todos los elementos metálicos que constituyen la aleación. La composición detectada coincide con las adiciones de metales al principio del experimento. Como se mencionó en la sección de difracción de rayos X, tras la sinterización, en las aleaciones $Al_xCrCuFeNiTiAl$ coexisten dos soluciones sólidas que tienen estructuras FCC y BCC. Normalmente, en las aleaciones multicomponentes pueden formarse fácilmente compuestos intermetálicos y otros compuestos complejos. Algunos autores han informado de que la presencia de Ti en la aleación facilita la aniquilación de la fase BCC, mientras que la formación de la fase BCC suele depender de la concentración de Al [28]. Y como ya se mencionó anteriormente la formación de los compuestos intermetálicos debido a los incrementos del contenido de aluminio en las aleaciones, favorecen los incrementos de dureza de la aleación situación que pueden corroborarse en las figuras 3 y 2 respectivamente.

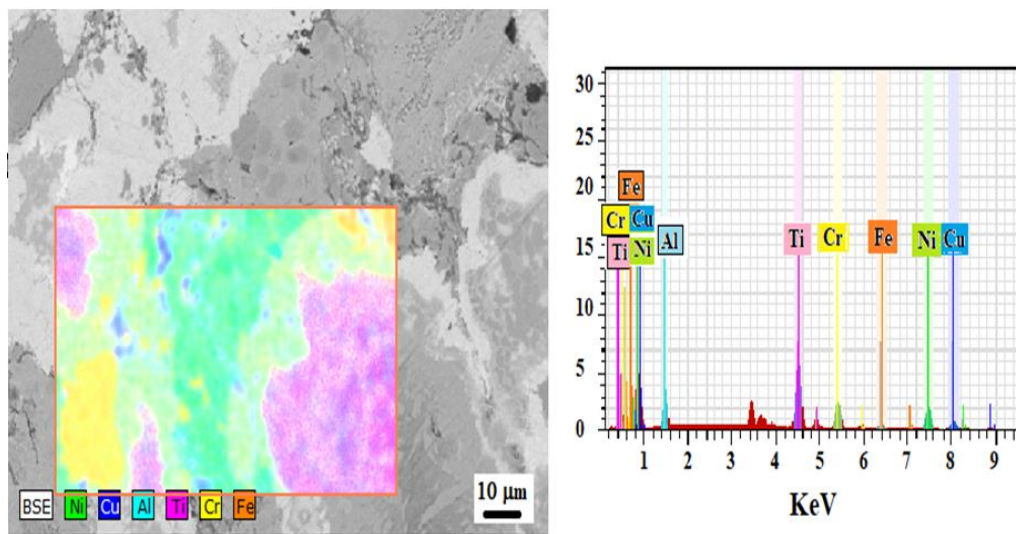


Figura 5. Mapeo por EDS en la microestructura de la muestra con 2.5% mol.

4. CONCLUSIONES

- La combinación de aleado mecánico y sinterización resulta ser una ruta experimental efectiva, para retener la alta entropía en las aleaciones. Mientras que la primera conduce a un tamaño de partícula más fino, induce a la distorsión de la red y facilita la unión metálica en el estado sólido, la segunda promueve la difusión de los iones metálicos y, por lo tanto, promueve la solubilidad y la densificación.
- Aunque, las condiciones de molienda establecidas promovieron efectivamente la reducción del tamaño de las partículas en el sistema estudiado, las condiciones de sinterización influyeron notablemente en la microestructura final y, por tanto, en las características físicas de los especímenes. En este sentido, se podían obtener cuerpos más densos aumentando la temperatura de sinterización, evitando al mismo tiempo el tiempo de retención sobre la sinterización.
- Al aumentar la concentración de Al, las aleaciones de alta entropía sufren una transformación microestructural, de una sola fase de FCC a una mezcla de fases coexistentes hechas de fases de FCC y BCC, así como la precipitación de compuestos intermetálicos de FeAl_3 , Al_3Ni , TiAl y Ti_3Al .
- La aleación HEA que alcanzó la mayor dureza es la que tiene el mayor contenido de Al (5% mol). Estas aleaciones se endurecen significativamente con la adición de Al, debido a: la transformación de la fase BCC a la fase FCC, el fuerte enlace atómico entre el Al y otros elementos, el mayor radio atómico del Al, así como al hecho de que el aluminio forma compuestos intermetálicos, particularmente con Ni y Ti.

REFERENCIAS


- [1] J.W. Yeh, S.K. Chen, S.J. Lin, J.Y. Gan, T.S. Chin, T.T. Shun, C.H. Tsau, S.Y. Chang, "Nanostructured high-entropy alloys with multiple principal elements: novel alloy design concepts and outcomes," *Adv Eng Mater*, 6, 299-303, 2004.

- [2] C.Y. Hsu, J.W. Yeh, S.K. Chen and T.T. Shun, "Wear resistance and high-temperature compression strength of FCC CuCoNiCrAl_{0.5}Fe alloy with Boron addition," *Metall. Mater. Trans. A* 35, 1465-1469, 2004.
- [3] P.K. Huang, J.W. Yeh, T.T. Shun and S.K. Chen, "Multi-principal-element alloys with improved oxidation and wear resistance for thermal spray coating," *Adv Eng Mater* 6, 74-78, 2004.
- [4] B. Cantor, I.T.H. Chang, P. Knight and A.J.B. Vincent, "Microstructural development in equiatomic multicomponent alloys," *Mater. Sci. Eng., A* 375-377, 213-218, 2004.
- [5] A.M. Manzoni, S. Singh, H.M. Daoud, R. Popp, R. Volkl, U. Glatzel, N. Wanderka, "On the Path to Optimizing the Al-Co-Cr-Cu-Fe-Ni-Ti High Entropy Alloy Family for High Temperature Applications," *ENTROPY*, 18, 4, 104-109, 2016.
- [6] S.I. Vorobiov, D.M. Kondrakhova, S.A. Nepijko, D.V. Poduremne, N.I. Shumakova, I.Y. Protsenko, "Crystalline Structure, Electrophysical and Magnetoresistive Properties of High Entropy Film Alloys," *Journal of Nano and Electronic Physics*, 11, 2, 1-6, 2016.
- [7] S.T. Chen, W.Y. Tang, Y.F. Kuo, S.Y. Chen, C.H. Tsau, T.T. Shun, J.W. Yeh, "Microstructure and properties of age-hardenable Al_xCrFe_{1.5}MnNi_{0.5} alloys," *Materials Science and Engineering A-Structural Materials Properties Microstructure and Processing*, 527, 21-22, 5818-5825, 2010.
- [8] A.M. Manzoni, S. Singh, H.M. Daoud, R. Volkl, U. Glatzel, N. Wanderka, N. "On the Optimization of the Microstructure and Mechanical Properties of Al-Co-Cr-Cu-Fe-Ni-Ti - Based High Entropy Alloys," *Jordan Journal of Physics*, 8, 3, 177-186, 2015.
- [9] D.H. Xiao, P.F. Zhou, W.Q. Wu, H.Y. Diao, M.C. Gao, M. Song, P.K. Liaw, "Microstructure, mechanical and corrosion behaviors of AlCoCuFeNi-(Cr,Ti) high entropy alloys," *Materials & Design*, 116, 438-447, 2017.
- [10] C.W. Tsai, M.H. Tsai, J.W. Yeh, C.C. Yang, "Effect of temperature on mechanical properties of Al_{0.5}CoCrCuFeNi wrought alloy," *J Alloys Compd*, 490, 160-165, 2010.
- [11] A.V. Kuznetsov, D.G. Shaysultanov, N.D. Stepanov, G.A. Salishchev, O.N. Senkov, "Tensile properties of an AlCrCuNiFeCo high-entropy alloy in as-cast and wrought conditions," *Mater Sci Eng A*, 533, 107-118, 2012.
- [12] Y.H. Fan, Y.P. Zhang, H.G. Guan, H.M. Suo and L. He, "AlNiCrFexMo_{0.2}CoCu high entropy alloys prepared by powder metallurgy," *Rare Met Mater Eng*, 42, 1127-1129, 2013.
- [13] M.V. Marych, G.A. Bagliuk, A.A. Mamonova, A.N. Gripachevskii, "The influence of production conditions on the structure, phase composition, and properties of the high-entropy Ti-Cr-Fe-Ni-Cu alloy," *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*, 57, 9-10, 533-541, 2019.
- [14] C.D. Gomez-Esparza, F. Baldenebro-Lopez, L. Gonzalez-Rodelas, J. Baldenebro-Lopez, R. Martinez-Sanchez, "Series of Nanocrystalline NiCoAlFe(Cr, Cu, Mo, Ti) High- Entropy Alloys produced by Mechanical Alloying," *Materials Research-Ibero-American Journal of Materials*, 19, 39-46, 2016.
- [15] A.I. Yurkova, V.V. Chernyavskii, V.F. Gorban', "Structure and Mechanical Properties of High-Entropy AlCuNiFeTi and AlCuNiFeCr Alloys Produced by Mechanical Activation Followed by Pressure Sintering," *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*, 55, 3-4, 152-163, 2016.
- [16] G.A. Baglyuk, M.V. Marich, A.A. Mamonova, A.N. Gripachevskii, "Features of Structurization During Sintering of Compacts from a Multicomponent Ti-Cr-Fe-Ni-Cu Charge," *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*, 54, 9-10, 543-547, 2016.

- [17] R. Sriharitha, B.S. Murty, R.S. Kottada, “Phase formation in mechanically alloyed $\text{Al}_x\text{CoCrCuFeNi}$ ($x=0.45, 1, 2.5, 5$ mol) high entropy alloys,” *Intermetallics*, 32, 119-126, 2013.
- [18] Y.L. Chen, Y.H. Hu, C.A. Hsieh, J.W. Yeh, S.K. Chen, “Competition between elements during mechanical alloying in an octonary multi-principal-element alloy system,” *Journal of Alloys and Compounds*, 481, 1-2, 768-775, 2009.
- [19] Y.L. Chen, Y.H. Hu, C.W. Tsai, C.A. Hsieh, S.W. Kao, J.W. Yeh, T.S. Chin, S.K. Chen, Alloying behavior of binary to octonary alloys based on Cu-Ni-Al-Co-Cr-Fe-Ti-Mo during mechanical alloying,” *Journal of Alloys and Compounds*, 477, 1-2, 696-705, 2009.
- [20] Z. Fu, W. Chen, H. Wen, D. Zhang, Z. Chen, B. Zheng, Y. Zhou and E.J. Lavernia, “Microstructure and strengthening mechanisms in an FCC structured single-phase nanocrystalline $\text{Co}_{25}\text{Ni}_{25}\text{Fe}_{25}\text{Al}_{17.5}\text{Cu}_{17.5}$ high-entropy alloy,” *Acta Mater*, 107 59-71, 2016.
- [21] A.M. Manzonio, U. Glatzelb, “New multiphase compositionally complex alloys driven by the high entropy alloy approach,” *Materials Characterization*, 147, 512–532, 2019.
- [22] B. Cantor, “Multicomponent and High Entropy Alloys,” *Entropy*, 16, 4749-4768, 2014.
- [23] B.E. MacDonald, Z. Fu, B. Zheng, W Chen, Y Lin, F Chen, L. Zhang, J Ivanisenko, Y Zhou, H Hahn and E, J. Lavernia, “Recent Progress in High Entropy Alloy Research”, *JOM*, 69, 10, 2024–2031, 2017.
- [24] ASTM C20-00 (2010). Standard test methods for apparent porosity, water absorption, apparent specific gravity, and bulk density of burned refractory brick and shapes by boiling water.
- [25] ASTM C1327 (2015), Standard test method for Vickers indentation hardness of advanced ceramics.
- [26] Y.J. Zhou, Y. Zhang, Y.L. Wang, & G.L. Chen, “Solid solution alloys of AlCoCrFeNiTi_x with excellent room-temperature mechanical properties”, *Applied Physics Letters*, 90(18), 181904, 2007.
- [27] J.F. Shackelford, Y. Han, S. Kim, & S. Kwon, *CRC Materials Science and Engineering Handbook (English Edition) (4.a ed.)*. CRC Press, 2016.
- [28] J. He, W. Liu, H. Wang, Y. Wu, X. Liu, T. Nieh, & Z. Lu, “Effects of Al addition on structural evolution and tensile properties of the FeCoNiCrMn high-entropy alloy system”, *Acta Materialia*, 62, 105–113, 2014.

Uso de las aplicaciones de internet durante el primer año de la pandemia del COVID 19

(Use of internet applications during the first year of the COVID 19 pandemic)

Jéssica Alexandra Ponce Ordóñez¹ , Eduardo Samaniego Mena² , Ariosto Vicuña Pino² 

¹ Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador

² Carrera de Ingeniería en Sistemas, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador
jponceo@uteq.edu.ec, esamaniego@uteq.edu.ec, avicuna@uteq.edu.ec

Resumen: En este artículo se realiza el estudio del uso de internet y de las aplicaciones que más se han utilizado durante el primer año de la pandemia del COVID 19 en Ecuador. Para el efecto, se utilizó la base de datos pública del Instituto Nacional de Estadística y Censos sobre la encuesta nacional multipropósito de hogares 2020, usando la sección de tecnologías de la información y comunicación. Se aplicaron los métodos multivariantes del análisis factorial y el análisis de componentes principales (PCA). Los componentes identificados explican un 83,3% de la varianza total y el test de KMO dio un valor de 0,925 que significa que el estudio es muy bueno, la prueba de Bartlett reportó un valor significativo menor a 0,05. Se obtuvo que los componentes principales que más influyen en el uso de la tecnología en tiempos de pandemia son Redes Sociales, Wifi, Bluetooth, Correo Electrónico, GPS y Descargas.

Palabras clave: Uso de internet, COVID-19, estadística multivariante, TIC.

Abstract: This article studies the use of the Internet and the applications that have been most used during the first year of the COVID 19 pandemic in Ecuador. For this purpose, the public database of the National Institute of Statistics and Census of the National Multipurpose Household Survey 2020 was employed, using the section on information and communication technologies. The multivariate methods of factor analysis and principal component analysis (PCA) were applied. The identified components explain 83.3% of the total variance and the KMO test gave a value of 0.925 which means that the study is very good, Bartlett's test reported a significant value less than 0.05. It was obtained that the principal components that most influence the use of technology in times of pandemic are Social Networks, Wi-Fi, Bluetooth, Email, GPS and Downloads.

Keywords: Use of Internet, COVID-19, multivariate statistics, ICT.

1. INTRODUCCIÓN

La pandemia causada por el virus Covid-19 fue notificada por primera vez el 31 de diciembre de 2019. Los casos aumentaron de forma vertiginosa en diferentes países [1]. La organización Mundial de la Salud preocupada por el aumento de casos declaró la pandemia el 11 de marzo del año 2020. Este acontecimiento trajo como consecuencia que los gobiernos aplicaran algunas medidas sanitarias como el confinamiento que provocó una ruptura social alejando a las personas de sus familias y amigos e influyó en su vida laboral y social. Este alejamiento empujó a una nueva forma de acercamiento mediante el uso de la tecnología. El estrés generado por el confinamiento y el uso de herramientas tecnológicas basadas en internet lleva a considerar la

importancia de las nuevas formas de comunicación en tiempos de crisis. El internet en este aspecto permitió que la comunicación a distancia acercara a las personas [2].

Las personas conectadas al internet han generado nuevos estilos de vida guiados por la mayor información que obtienen desde diferentes fuentes. La sociedad depende de los medios de comunicación que han determinado el cambio que hemos experimentado. China propició en los ciudadanos la búsqueda de información con servicios de mensajes cortos (SMS) e internet. En la crisis de salud pública china en el 2003 se crearon canales informativos. El internet fue una herramienta poderosa que desafiaba la información oficial durante la crisis de China [3].

El uso del internet ha creado cambios profundos en la manera de compartir datos y transmitir información. La proliferación de los sitios web, chats y redes sociales, crean una red enorme de personas conectadas independientemente de su ubicación geográfica [2]. La pandemia COVID-19 condujo a adoptar restricciones de contacto físico, lo que ha llevado a usar el internet como medio para obtener información alojadas en distintas fuentes. En Ecuador, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC) indica que el número de personas que usan el internet en el 2020 aumentó 11,5 puntos porcentuales a nivel nacional [4].

A partir de estos antecedentes, este trabajo tiene como objetivo identificar cómo usó el internet la población ecuatoriana durante la pandemia ocasionada por el virus COVID 19. La base de datos pública del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador permitió obtener información a partir de la encuesta nacional multipropósito de hogares aplicada en el año 2020. La encuesta desde la sección de tecnologías de la información y comunicación contiene información del uso del internet a partir de 19455 registros. El estudio de los datos se realizó con un estudio multivariante aplicando los métodos del análisis factorial y de componentes principales (PCA).

2. METODOLOGÍA

2.1. Selección de Variables

El estudio se realizó con una base de datos pública -disponible en línea- en el sitio web del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Esta base de datos contiene los resultados de la encuesta nacional multipropósito realizada a los hogares del Ecuador en el año 2020. Tuvo una cobertura urbana/rural sobre una muestra de 12.068 viviendas. Esta técnica de adquirir información es usada por [2] quien para obtener datos sobre el comportamiento del internet durante la pandemia se basó en una encuesta virtual creada por la Fundación Oswaldo Cruz (Fiocruz), en alianza con la Universidad Federal Estatal de Minas Gerais y la Universidad Estatal de Campinas.

La encuesta posee las siguientes secciones: 1. Información de los Miembros del Hogar, 2. Educación, 3. Características Ocupacionales, 4. Ingresos, 5. Actividad Física y Transporte, 6. Tecnología de la Información y Comunicación, 7. Victimización, 8. Calidad de los Servicios Públicos, 9. Información Ambiental, 10. Datos de la Vivienda y Hogar. La sección de la encuesta que se consideró para el estudio fue la correspondiente a las tecnologías de la información y comunicación con 19455 registros y se seleccionó un total de diez variables. Las variables seleccionadas son aquellas que se ajustaron al propósito del estudio y se realizó una limpieza de los datos de la encuesta para poder ordenar los componentes.

2.2. Análisis descriptivo

La investigación realizada es de tipo descriptiva, donde los componentes que determinan el uso del internet en tiempo de la pandemia por COVID-19 se los obtuvo desde el análisis estadístico descriptivo y exploratorio que permite conocer y comprender los datos, usando estadísticas de resumen y herramientas gráficas como las utilizadas por [5]. Se determinaron los porcentajes de: población dentro de los rangos que correspondan para el efecto, lugar de mayor

frecuencia de uso del internet y razones de su uso. Finalmente, se usarán medidas de centralidad y dispersión aplicadas a las diez variables de investigación.

2.3. Análisis de Correlación de Variables

Para dar inicio al análisis multivariante se construyó la matriz de correlación. La correlación es un indicador usado para describir cuantitativamente la fuerza y dirección de la relación entre dos variables cuantitativas de distribución normal y ayuda a determinar la tendencia de dos variables a ir juntas, a lo que también se denomina covarianza [6]. Determinar la matriz de correlaciones es fundamental para validar el uso del análisis factorial y el análisis de componentes principales porque indica la existencia o no de multicolinealidad necesaria para la reducción de dimensiones. Las variables seleccionadas de la sección 7 de la encuesta multipropósito fueron utilizadas para construir la matriz de correlación.

2.4. Test de KMO y Bartlett

Antes de aplicar el método del análisis factorial exploratorio es necesario confirmar si es viable o no aplicarlo. Para el efecto, se usó dos pruebas: el índice de Kaizer-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett. El test de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) mide la comparación de los coeficientes de correlación observados con los coeficientes de correlación parcial. Asume valores entre 0 y 1. Debe considerarse adecuado un coeficiente de KMO mayor a 0,6 [7]. El test Kaiser, Mayer y Olkin KMO empleado por [8] para investigar el vínculo entre la participación en línea utilizando Internet y sus impactos en la formación de capital social y el desarrollo comunitario, en la investigación se usó para evaluar el modelo factorial desde la relación de los coeficientes de correlación. La interpretación del coeficiente es la siguiente: Si $KMO \geq 0.9$, excelente; $KMO \geq 0.8$, muy bueno; $KMO \geq 0.7$, bueno; $KMO \geq 0.6$, regular; y, para valores de $KMO < 0.5$ se considera no apropiado. Por su parte, la prueba de Bartlett permite determinar si las varianzas entre varios grupos son iguales o no; a esto se le denomina homogeneidad de las varianzas y se considera que existe homogeneidad si se obtiene un valor menor de $p < 0,05$. De la matriz de correlaciones que se ha obtenido, se procede a realizar las pruebas para validar el uso del análisis factorial exploratorio y de componentes principales.

2.5. Análisis Factorial Exploratorio

El análisis factorial exploratorio (AFE) de ítems es una de las técnicas frecuentemente aplicadas en estudios relacionados con el desarrollo y validación de test, porque es la técnica por excelencia que se utiliza para explorar el conjunto de variables latentes o factores comunes que explican las respuestas a los ítems de un test [9]. Trata de identificar grupos homogéneos -llamados también factores- que expliquen la configuración de las correlaciones dentro de un conjunto de variables observadas. Cada grupo homogéneo tienen un alto grado de correlación que conlleva a un significado común y que da lugar a la reducción de las dimensiones que pueden explicar la mayoría de la varianza observada en un conjunto de variables de la realidad observada. Para el caso de estudio, se necesitó identificar el uso de internet de la población ecuatoriana durante la pandemia del COVID-19.

2.6. Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales (ACP) expresa un conjunto de variables en un conjunto de combinaciones lineales de factores no correlacionados entre sí. Este método permite representar los datos originales (individuos y variables) en un espacio de dimensión inferior del espacio original limitando al máximo la pérdida de información. El ACP se utiliza para la reducción de dimensionalidad y su aplicación destaca cuando existe un alto número de variables cuantitativas. Su uso permite obtener un sistema transformado de coordenadas denominadas componentes principales, combinación lineal de las primitivas [10]. Finalmente, se obtuvo las componentes que agrupan las aplicaciones más utilizadas en el primer año de la pandemia del COVID19 en el Ecuador.

2.7. Materiales

Los materiales utilizados en este trabajo son dos: La base de datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) que contiene los datos recogidos en la encuesta nacional multipropósito realizada a los hogares del Ecuador en el año 2020 [4]. La encuesta propone doce secciones: registros de los miembros del hogar; educación; características ocupacionales; uso del tiempo; actividad física y transporte; tecnologías de la información y comunicación; calidad de los servicios públicos; uso, confianza, satisfacción y funcionamiento de las instituciones públicas; cobertura de servicios; equipamiento del hogar; datos de la vivienda y hogar, y acceso y uso de servicios-productos financieros. La sección de interés para el estudio es la de tecnologías de la información y la comunicación. El análisis estadístico se llevará a cabo mediante el paquete estadístico SPSS V26.

3. RESULTADOS

Dentro del contexto de la salud mundial, la pandemia del COVID19 cambió algunas formas de interacción de la humanidad debido a las restricciones de movilidad y confinamiento que se tomaron con el afán de evitar una catástrofe de dimensiones inimaginables. El ser humano, como un ente social, se vio, en principio, aislado de su entorno familiar y social. Sin embargo, es justo en este instante que las tecnologías de la información y comunicación basadas en internet toman un rol preponderante. El Ecuador no estuvo exento de estos acontecimientos y dentro de este contexto también desarrolló el uso de estas tecnologías para mantener comunicación con sus familiares, círculo social y negocios. Entonces, se determinó cómo la población ecuatoriana usó el internet durante la pandemia ocasionada por el virus COVID 19.

3.1. Selección de Variables

El análisis de contenido de los diferentes modelos se plantea desde nueve dimensiones conceptuales con base en el uso del internet en tiempos de la COVID 19. Las dimensiones que se tomaron en cuenta están descritas en la tabla 1.

Tabla 1. Selección de las variables de estudio

Variables	Siglas	Preguntas
RedesSociales	RS	P1: ¿Utiliza en su teléfono celular: Redes Sociales?
WifiBluetooth	WB	P2: ¿Utiliza en su teléfono celular: Wifi Bluetooth?
MailCorreoElectronico	MC	P3: ¿Utiliza en su teléfono celular: mail, correo electrónico?
GPS	GPS	P4: ¿Utiliza en su teléfono celular: GPS?
Descargas	D	P5: ¿Utiliza en su teléfono celular: Descarga de juegos, música, etc.?
UsoInternet	UI	P6: ¿Ha usado el Internet, desde cualquier lugar, en los últimos 12 meses?
A1AlternativaUso	AU	P7: ¿Para qué servicios / actividades usó (...) el Internet:
FrecuenciaUso	FU	P8: ¿En qué lugar uso el internet con mayor frecuencia?
HorasInternet	HI	P9: ¿Cuántas horas en total dedicó al Internet?
Rango_Edad	RE	P10: ¿Cuál es su rango de edad?

3.2. Análisis descriptivo

La población estuvo constituida por 19455 registros de personas encuestadas, con una edad media de 33 ± 5 . De acuerdo con el rango de edad de la figura 1, se encuentra que predomina el grupo de 55-65 años con un 34,02% y el de 25-54 años con 28,47%.

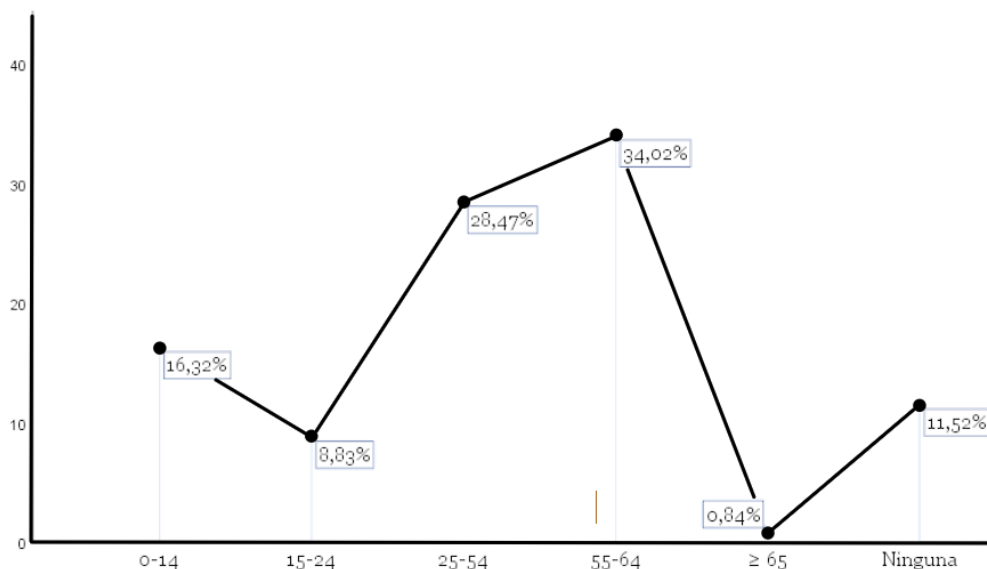


Figura 1. Rango de edad

Fuente de datos: INEC

El lugar con mayor frecuencia para el uso del internet (figura 2) está distribuido de la siguiente manera: 53,68% pertenecen al hogar, 36,25% a otros lugares, 3,99% al lugar de trabajo, 3,79% a la casa de otras personas (pariente, amigo, vecino, etc.), 1,87% a centros de acceso público y 0,42% a instituciones educativas.

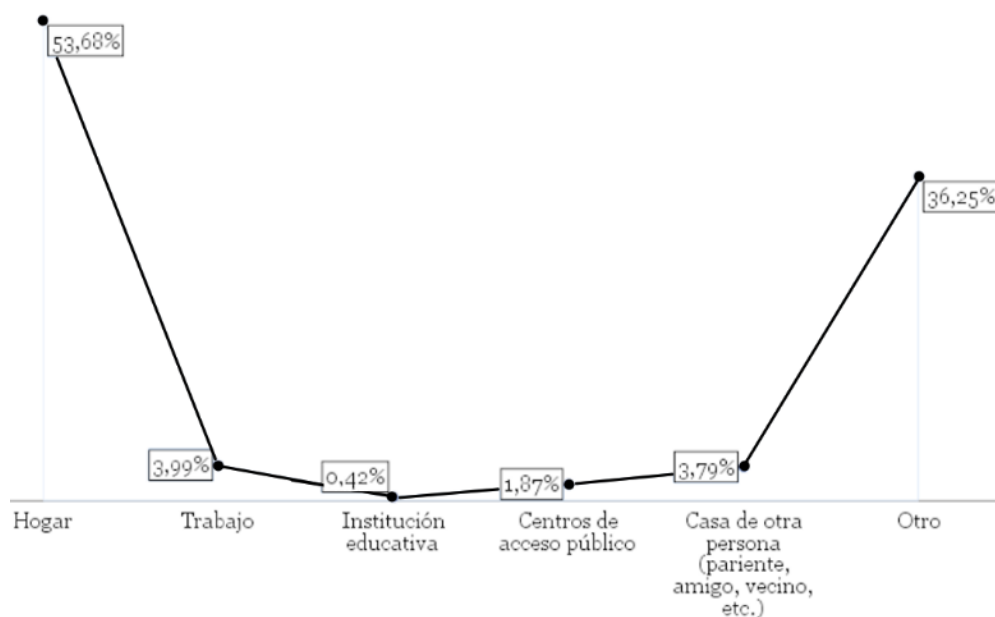


Figura 2. Lugar frecuente de uso del internet

Fuente de datos: INEC

Se registraron en la encuesta varias alternativas del uso del internet (figura 3). Las personas emplean el internet para revisar información en la web y comunicación en general en un 47,68%, Educación y aprendizaje que contempla el 12,68% y entre las actividades de entretenimiento ver películas, escuchar música o revisar software y por razones de trabajo suman el 3,10.

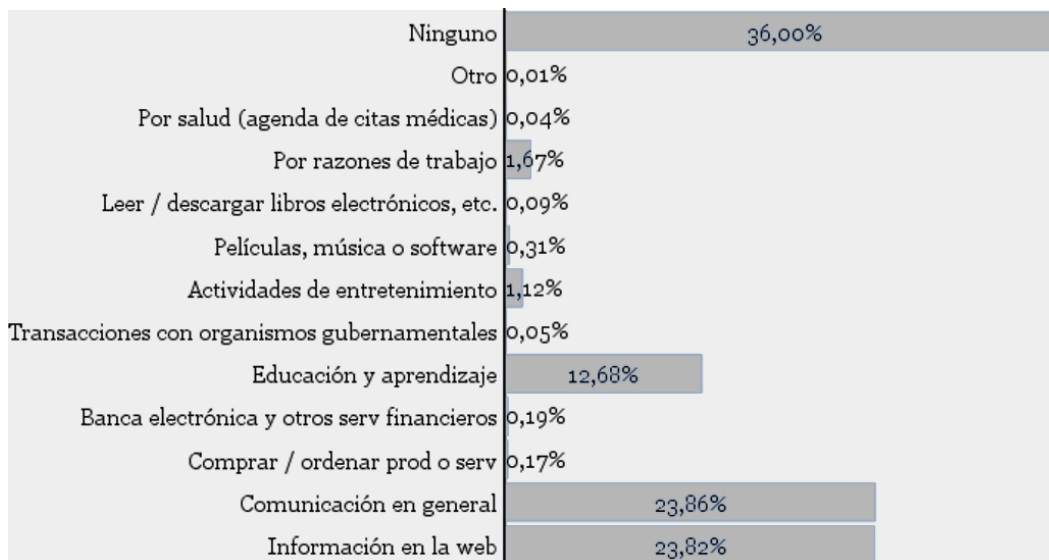


Figura 3. Alternativas de uso del internet
Fuente de datos: INEC

Las variables usadas en la investigación, así como sus valores medios y de dispersión se encuentran detallados en la tabla 2.

Tabla 2. Medias y desviaciones de las preguntas de la encuesta

Preguntas sección tecnologías de la información	Media	Desviación
P1: ¿Utiliza en su teléfono celular: Redes Sociales?	52,91	48,88
P2: ¿Utiliza en su teléfono celular: Wifi Bluetooth?	52,95	48,86
P3: ¿Utiliza en su teléfono celular: mail, correo electrónico?	53,16	48,75
P4: ¿Utiliza en su teléfono celular: GPS?	53,37	48,60
P5: ¿Utiliza en su teléfono celular: Descarga de juegos, música, etc.?	53,23	48,70
P6: ¿Ha usado el Internet, desde cualquier lugar, en los últimos 12 meses?	1,36	5,27
P7: ¿Para qué servicios / actividades usó (...) el Internet:	6,33	5,27
P8: ¿En qué lugar uso el internet con mayor frecuencia?	3,07	2,37
P9: ¿Cuántas horas en total dedicó al Internet?	2,10	2,45
P10: ¿Cuál es su rango de edad?	3,29	1,43

3.3. Análisis de correlación de variables

Se realizó una matriz de correlación (tabla 3) que determina la asociación de las variables en el uso del internet en tiempos de pandemia Covid-19, con el rango de edad como agrupación. Los valores seleccionados en la matriz de correlaciones se hicieron mediante el criterio de 0,99 que representa la cantidad ideal en la correlación. Con base en este criterio, las variables que tiene una mayor asociación son RS y WB con un valor de 0,998. Le sigue la asociación de las variables WB y MC, WB y D, MC y GPS con un valor de 0,996. Las variables RS y MC, RS y D, WB y GPS, MC y D, GPS y D poseen un coeficiente de correlación de 0,995. El coeficiente de correlación entre RS y GPS es de 0,994 siendo este el menor de todos los valores.

Tabla 3. Matriz de correlaciones.

	<i>RS</i>	<i>WB</i>	<i>MC</i>	<i>GPS</i>	<i>D</i>	<i>UI</i>	<i>AU</i>	<i>FU</i>	<i>HI</i>
<i>RS</i>	1,000	,998	,995	,994	,995	,668	,686	,660	-,499
<i>WB</i>		1,000	,996	,995	,996	,667	,684	,659	-,499
<i>MC</i>			1,000	,996	,995	,665	,683	,658	-,499
<i>GPS</i>				1,000	,995	,664	,681	,656	-,498
<i>D</i>					1,000	,665	,682	,657	-,498
<i>UI</i>						1,000	,949	,927	-,641
<i>AU</i>							1,000	,887	-,605
<i>FU</i>								1,000	-,624
<i>HI</i>									1,000
a. Determinante = 5,943E-12									

3.4. Contraste en el modelo factorial

La prueba KMO (Kaiser, Meyer y Olkin) relaciona a los coeficientes de correlación con un valor de 0,925 por lo que se menciona que el test es muy bueno para el análisis factorial. El valor obtenido en Bartlett muestra que se puede aplicar el análisis factorial en el estudio debido a que los datos son homogéneos. En la tabla 4 se puede visualizar con detalle las pruebas KMO y Bartlett.

Tabla 4. Prueba de contraste en el modelo factorial con KMO y Bartlett.

Pruebas de contraste en el modelo factorial		Valor
<i>Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo</i>		,925
<i>Prueba de esfericidad de Bartlett</i>	<i>Aprox. Chi-cuadrado</i>	502763,799
	<i>gl</i>	36
	<i>Sig.</i>	,000

Según la matriz de varianza total explicada hay dos autovalores mayores que uno, lo que significa extraer dos componentes que explican un 83,256% de la variabilidad de los datos. En la tabla 5 se visualiza que por cada componente con autovalor mayor que uno, se encuentra la suma de cargas al cuadrado de la extracción que coincide con los autovalores al usar el método de PCA.

Tabla 5. Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	6,441	71,572	71,572	6,441	71,572	71,572
2	1,052	11,683	83,256	1,052	11,683	83,256
3	,977	10,855	94,110			
4	,463	5,142	99,252			
5	,049	,549	99,801			
6	,007	,074	99,875			
7	,005	,057	99,932			
8	,004	,045	99,977			
9	,002	,023	100,000			

Método de extracción: análisis de componentes principales.

El gráfico de sedimentación pierde la inclinación a partir del segundo autovalor hacia la derecha, por lo que se considera extraer los dos primeros componentes desechando aquellos que están desde el tercero hasta el noveno autovalor. Por otra parte, es necesario mencionar que en la figura 4 se muestran todos los posibles autovalores y no solo los de la matriz analizada.

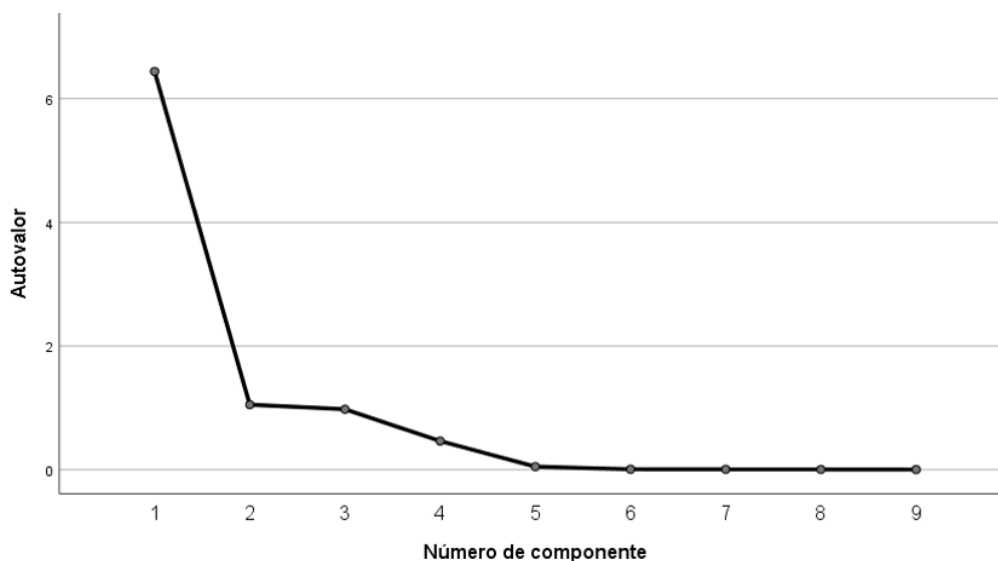


Figura 4. Gráfico de sedimentación
Fuente de datos: INEC

En la matriz de componentes (tabla 6) se visualiza la solución factorial de las correlaciones entre las variables del estudio y cada componente. Comparando las saturaciones relativas de las variables, se aprecia que el primer componente está constituido por las variables RS, WB, MC, GPS y D. Todas estas variables saturan un único componente que constituyen un conjunto diferenciado en la matriz de correlaciones. Estos componentes reflejan los servicios que usan el internet en los hogares. El segundo componente está formado por una única variable que es HI independiente a los servicios que utilizan del internet.

Tabla 6. Matriz de componentes del método de extracción: análisis de componentes principales. Puntuaciones de componente.

	Componente 1	Componente 2
RS	,151	,184
WB	,151	,185
MC	,151	,186
GPS	,151	,187
D	,151	,186
UI	,126	-,400
AU	,127	-,366
HI	-,098	,435
RE	,000	-,544

La figura 5 representa cada uno de los componentes contenidos en la solución factorial. La figura muestra un diagrama de dispersión simple debido a que hay solo dos factores.

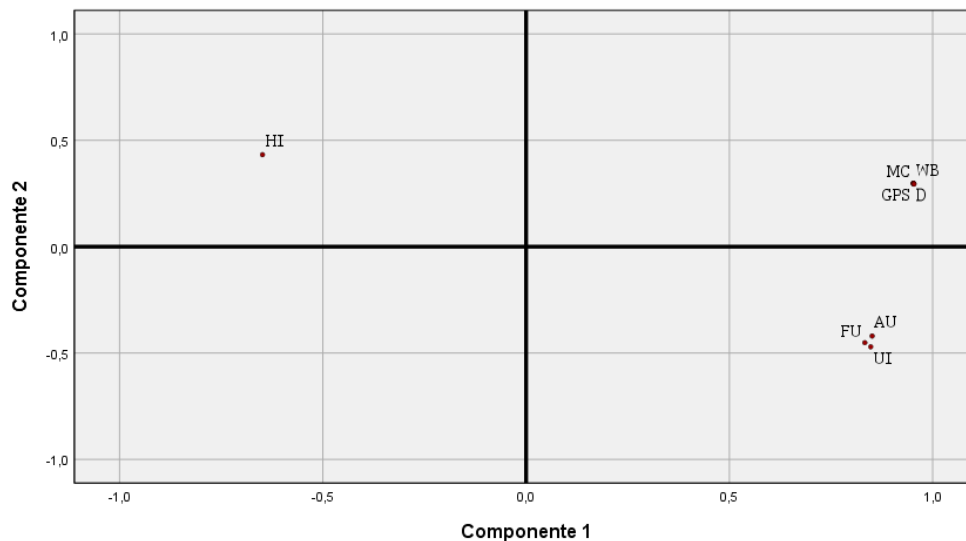


Figura 5. Gráfico de componentes
Fuente de datos: INEC

4. CONCLUSIONES

El análisis de componentes principales demostró que las variables con mayor asociación del componente 1 son las redes sociales, wifi, Bluetooth, correo electrónico, GPS y descargas. Este componente obtuvo un coeficiente de variación de 0,998 lo que significa que en las viviendas encuestadas tienen mayor uso del internet por medio del wifi para acceder a las redes sociales. Esto probablemente se deba a que los planes de los teléfonos celulares dejaron de ser prioridad debido a las restricciones de movilidad y confinamiento. Además, se usa el wifi y Bluetooth como medio de comunicación entre dispositivos. La matriz de varianzas total explicada por medio de sus valores permite tomar una decisión para extraer los componentes con mayor variabilidad contenida en los datos.

REFERENCIAS

- [1] M. C. A. T. Alcántara Trujillo, E. T. Caro Meza, M. B. Solis Llallico, y H. Lopez Gutierrez, «Niveles de satisfacción estudiantil en una facultad de ingeniería por la virtualización de la enseñanza durante la pandemia de COVID 19», *Ciencia Latina*, 5(3), 3723-3734, 2021.
- [2] C.L. Szwarcwald, et al., "ConVid - Behavior Survey by the Internet during the COVID-19 pandemic in Brazil: conception and application methodology", *Cad Saude Publica*, Apr 30;37(3), 2021.
- [3] M. Montaña Blasco, C. Ollé Castellà, M. Lavilla Raso, "Impact of the Covid-19 pandemic on media consumption in Spain". *Revista Latina de Comunicación Social*, 78(1), 155-167, 2020.
- [4] INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). (abril de 2021). Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2020/202012_Principales_resultados_Multiproposito_TIC.pdf
- [5] B. Hidalgo Cajo, M. Gisbert Cervera, "Diseño y validación de un instrumento para evaluar la adopción de la tecnología digital en el profesorado universitario". *Revista Campus Virtuales*, 10(2), 51-67, 2021.
- [6] I. Roy-García, R. Rivas-Ruiz, M. Pérez-Rodríguez, L. Palacios-Cruz, " Correlación: no toda correlación implica causalidad", *Revista Alergia Mexico*, 66(3), 354-360, 2019.
- [7] M. L. Garmendia, "Análisis factorial: una aplicación en el cuestionario de salud general de Goldberg, versión de 12 preguntas", *Rev Chil Salud Pública*, Vol 11 (2), 57-65, 2007.
- [8] Y. Yao, X. Zhou, "Impacts of the internet on perceptions of governance at the community level: the case of Jiangqiao Township in Shanghai", *China. Public Administration and Policy: An Asia-Pacific Journal*, 24(2), 165-181, 2021.
- [9] S. Lloret-Segura, A. Ferreres-Traver, A. Hernández-Baeza, I. Tomás-Marco, "El análisis factorial exploratorio de los ítems: una guía práctica", revisada y actualizada, *Anales de psicología*, vol. 30, no 3, 1151-1169, 2014.
- [10] D. Filho, A. Sant'Anna, "Principal component regression-based control charts for monitoring count data", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 85, 1565-1574, 2016.



UTEQ

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE
QUEVEDO

¡Seguimos creciendo!