

Revista

Innovación Digital y Desarrollo Sostenible

Volumen 3, Número 2

IDS

Enero-Junio, 2023

ISSN: 2711 - 3760

DOI.10.47185/27113760

Medellín, Antioquia

Sobre la Revista

COMITÉ EDITORIAL/CIENTÍFICO:

JORGE ELIECER GIRALDO PhD.
Docente Investigador
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

NELSON DAVID MUÑOZ MSc, PhD(c).
Docente Investigador
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

MAURO CALLEJAS CUERVO PhD.
Docente Investigador
Universidad Pedagógica y Tecnológica de
Colombia.

FELIPE ROJAS RODAS PhD.
Docente Investigador
Institución Universitaria Digital de
Antioquia.

EQUIPO EDITORIAL:

JORGE ALBERTO GÓMEZ LÓPEZ PhD.
Editor Revista
Vicerrector Académico
Institución Universitaria Digital de
Antioquia.

JACQUELINE CASTAÑO DUQUE Esp.
Coordinadora de Investigaciones
Institución Universitaria Digital de
Antioquia.

ALEJANDRO CÁRDENAS ECHEVERRI
Diseñador - diagramador
Institución Universitaria Digital de
Antioquia.

DIEGO MAURICIO MUÑOZ Ing.
Profesional de apoyo editorial y gestión OJS
Institución Universitaria Digital de
Antioquia.

SITIO WEB DE LA REVISTA IDS

<http://revistas.iudigital.edu.co/index.php/ids>

CONTACTO

editor.revistaid@iudigital.edu.co

Sobre la Revista

La revista “Innovación Digital y Desarrollo Sostenible - IDS” es una publicación académica semestral de ciencia, tecnología e innovación promovida por la coordinación de investigaciones de la Institución Universitaria Digital de Antioquia - IU Digital, Medellín, Colombia. Tiene como objetivo esencial publicar resultados originales de investigación e innovación y generar un espacio dinámico de discusión académica en los campos del conocimiento relacionados con las ciencias básicas e ingenierías, ciencias agrarias, ciencias sociales y humanas. En este contexto, la revista IDS publica dos veces por año artículos transdisciplinarios sobre sus líneas de investigación y su relación con diversas áreas del conocimiento científico.

La revista “Innovación Digital y Desarrollo Sostenible - IDS” es el vector que nos permite dinamizar nuestras líneas de investigación fundamentales:

- 1) Sostenibilidad Ambiental
- 2) Ingenierías
- 3) Innovación Digital
- 4) Desarrollo Social

Para desplegar la transformación social y digital en diferentes áreas del conocimiento. Emerge como el espacio aceptado de quienes estén interesados en la expresión y el avance del conocimiento científico; respaldados, - preferiblemente- en trabajos formalmente avalados por sus instituciones o grupos de investigación a los cuales pertenezcan. La revista permite la publicación de trabajos en inglés y español de autores nacionales o extranjeros.

POLITICA DE ACCESO ABIERTO

El contenido de la revista es de acceso abierto y está bajo una licencia de [Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). La revista no realiza ningún cobro a los autores por la recepción, evaluación y publicación de los artículos sometidos a su consideración.



CONVOCATORIA PERMANENTE

La Revista “Innovación Digital y Desarrollo Sostenible - IDS” invita a los interesados a enviar artículos para su publicación en este medio. La convocatoria para recepción de artículos es permanente (durante todo el año), habrá dos fechas de corte, para la revista a publicarse en el primer semestre y para la revista a publicarse en el segundo semestre de cada año. Por favor leer en detalle las [directrices para autores](#). Para más información de cómo subir los archivos de un artículo a través de la plataforma OJS (Open Journal Systems) visite [el tutorial de envío](#) de artículos (Recuerde que para nuestra revista el cuarto paso del envío: cargar archivos complementarios “Formato carta de presentación del artículo” y “Formato de autores” es obligatorio).

La Revista “Innovación Digital y Desarrollo Sostenible - IDS” es una publicación editada por la Institución Universitaria Digital de Antioquia. Los conceptos y opiniones expresados en los artículos firmados, son responsabilidad de los autores.

Sobre la Revista

Tabla de Contenido

Editorial.....	5
1. Análisis Multitemporal y Espacial de la Cobertura de Bosques en Colombia Durante 1992-2015 -----	7
2. Implementación de la Realidad Aumentada en la Logística de Bodegas Automatizadas -----	21
3. Intervención Cognitivo-Conductual Breve en una paciente con sentimiento de culpa derivado de violencia de género. Un caso clínico -----	29
4. Diseño de un Perfil de Movimiento Trapezoidal a la Implementación Física de un Prototipo de Robot Cartesiano 3P -----	37
5. Programación Visual. Aplicaciones y Perspectivas en la Educación -----	45
6. Diseño de Robot Móvil para tareas de Desminado Humanitario -----	57
7. Prediagnóstico Médico de la Diabetes Mellitus tipo 2 mediante Machine Learning -----	65
8. Eficacia De La Terapia De Activación Conductual En Síntomas de Ansiedad y Depresión: Reporte De Caso -----	70

Sobre la Revista

EDITORIAL

Estimado lector, es grato informarle que la Revista Innovación Digital y Desarrollo Sostenible IDS, recientemente ha sido ingresada al directorio LATINDEX del Sistema Regional de Información en línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. <https://latindex.org/latindex/ficha/27854>

Latindex es producto de la cooperación de una red de instituciones. Incluye revistas de investigación científica, técnico-profesionales y de divulgación científica y cultural. El ingreso de la revista IDS en este directorio bibliográfico internacional es un referente de la calidad del proceso editorial que se está llevando a cabo en su edición.

Este hito es un insumo más que ayuda al posicionamiento de la Institución Universitaria Digital de Antioquia, en el entorno nacional e internacional.

Desde el equipo editorial continuaremos con la labor de indexación de la revista IDS en diferentes índices y directorios bibliográficos para darle más difusión a sus artículos.

En el actual número, más del 80% de los artículos provienen de instituciones externas a la Institución Universitaria Digital de Antioquia, se trata principalmente de artículos de investigación o de reflexión derivada de investigación de reconocidas instituciones nacionales y extranjeras.

Gracias por su interés en leer la revista IDS. No olvide citar nuestros artículos en sus trabajos académicos e investigativos y en sus futuras publicaciones en las que utilice resultados aquí expuestos. Le recordamos que desde este link <http://revistas.iudigital.edu.co/> se puede acceder gratuitamente a todos los números publicados de la revista, en el sistema OJS.

Agradecemos a las diferentes dependencias institucionales que mediante su gestión han dado soporte al proceso de consolidación de la revista IDS, así también a los estudiantes, profesores e investigadores, por su cooperación y decidido apoyo durante los últimos años.

Cordialmente,

Equipo Editorial
Revista Innovación Digital y Desarrollo Sostenible-IDS
Institución Universitaria Digital de Antioquia

Análisis Multitemporal y Espacial de la Cobertura de Bosques en Colombia Durante 1992-2015

Posada-Marín, José Andrés^{1,2 (*)}; Chaparro Cañola, Elizabeth²

¹Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental, Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental –GIGA Medellín, Colombia

²Institución Universitaria Digital de Antioquia, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, Medellín, Colombia.

Resumen: Los bosques son ecosistemas claves por la cantidad de bienes y servicios que derivamos de estos. El crecimiento acelerado de la población y el desarrollo de diferentes actividades socio-económicas han detonado serias presiones que inducen variaciones espacio-temporales en sus extensiones que podrían afectar la prestación de bienes y servicios ecosistémicos. En este trabajo se realizó un análisis de la dinámica de las coberturas boscosas en Colombia durante 1992-2015, haciendo uso de la matriz de concordancia de Kappa. Los componentes de la matriz fueron determinados a partir de los cambios observados en mapas anuales de cobertura del suelo obtenidos de información satelital suministrada por la Iniciativa para el Cambio Climático de la Agencia Espacial Europea. Los resultados sugieren que las extensiones boscosas en Colombia se redujeron entre 1992 y 2004 a una tasa de 1.199,7 km²/año, mientras que se recuperaron entre 2004 y 2015 a una velocidad de 414,7 km²/año, lo que representa pérdida neta de 9.834 km² para el total del período de análisis. Las principales transiciones relacionadas con los bosques son detonadas por dinámicas asociadas con la agricultura. Además, este análisis muestra que los departamentos con mayor pérdida de bosques fueron Meta (3.914,9 km²), Caquetá (3.310,4 km²) y Antioquia (3.066,9 km²), mientras que los departamentos con mayor ganancia fueron Antioquia (1.619,0 km²), Santander (1.238,4 km²) y Caquetá (1.050,2 km²). Estos resultados complementan estudios previos realizados en Colombia, muestran la utilidad de una fuente de datos alternativa y se constituyen en un insumo base para la gestión de los territorios y el manejo de los bosques a escala departamental.

Palabras clave: Bosques, Deforestación, Datos satelitales, Cambio en el uso del suelo, Cambio en cobertura del suelo.

Recibido: 9 de diciembre de 2022. Aceptado: 20 de febrero de 2023

Received: December 9th, 2022. Accepted: February 20th, 2023

Multitemporal and Spatial Analysis of Forest Cover in Colombia during 1992-2015

Abstract: Forests provide a wide range of ecosystem services and goods. Accelerated population growth and socio-economic activities have triggered serious environmental pressures. These pressures induce spatio-temporal variations on forests extent affecting ecosystem services and goods supply. In this work, we performed an analysis of forests cover dynamics in Colombia during 1992-2015 based on Kappa's concordance matrix. Matrix's components were determined from observational data of annual maps derived from satellite data by the Climate Change Initiative of the European Spatial Agency. Results suggest that forests cover in Colombia was reduced at a rate of 1.199,7 km²/year between 1992 and 2004, while was recovered at a rate of 414,7 km²/year between 2004 and 2015. The reduction during the first period was higher than the recovery of the second period, representing 9.834 km² of net loss. The main forests-related transitions were triggered by agriculture. Furthermore, our analysis shows that departments with greater loss were Meta (3.914,9 km²), Caquetá (3.310,4 km²) and Antioquia (3.066,9 km²), while departments with greater gain were Antioquia (1.619,0 km²), Santander (1.238,4 km²) and Caquetá (1.050,2 km²). These results complement previous studies in Colombia, show the usefulness of an alternative data source, and constitute a basic input for the territories and forest management in departmental scale.

Keywords: Forests, Deforestation, Satellite data, Land use change, Land cover change.

(*) andres.posada@udea.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

La acción humana ha modificado considerablemente las características de la superficie del planeta en especial en el último siglo (Hansen et al., 2013). El cambio de uso/coertura del suelo (LUCC por sus siglas en inglés) es uno de los procesos más importantes relacionado con el cambio ambiental global (López et al., 2021). Estas alteraciones toman relevancia ya que las características de la superficie controlan los balances de agua, de cantidad de movimiento y de energía (Bonan, 2008). El LUCC puede modificar diferentes procesos biogeofísicos y biogeoquímicos a partir de perturbaciones en dichos balances, afectando el adecuado funcionamiento de los ecosistemas, y los bienes y servicios que de ellos derivamos (Broxton et al., 2014; Mahmood et al., 2014).

Dentro del LUCC, la deforestación es uno de los cambios que mayor atención recibe, debido a la importancia ecológica de los bosques y las presiones existentes sobre estos ecosistemas (Nasi et al., 2002). Con el crecimiento acelerado de la población se generan complejas dinámicas en torno al uso/coertura del suelo que amenazan las coberturas boscosas (Curtis et al., 2018). Por ejemplo, la demanda de alimentos de la población lleva a la expansión de la agricultura y la ganadería, cambiando los bosques por tierras de cultivo y pastizales (Skole y Tucker, 1993; Etter et al., 2006). Asimismo, la minería y la urbanización provocan su pérdida, desplazan algunas actividades económicas y modifican el estilo de vida de los habitantes de los territorios intervenidos (Hilson, 2002; D'Amour et al., 2017).

Hansen et al. (2013), haciendo uso de imágenes Landsat, caracterizaron la extensión, la pérdida y la ganancia de los bosques en el mundo entre 2000 y 2012. Según sus resultados, durante este período de análisis se perdieron alrededor de 2,3 millones de kilómetros cuadrados, mientras que 0,8 millones fueron recuperados. Además, como exponen Posada-Marín y Salazar (2022), existe una creciente preocupación de que la deforestación se intensifique por el aumento de los incendios forestales (Moutinho et al., 2020), la intensificación de sequías (Staal et al., 2018) y la expansión agrícola (Pereira et al., 2020).

Esto es preocupante dado que los servicios vitales que estos ecosistemas generan para la humanidad, no pueden ser reemplazados de manera efectiva por la tecnología. Si las tendencias actuales continúan, en unas pocas décadas se alterarán drásticamente una gran parte de los bosques naturales que quedan en la Tierra, con daños irreversibles para la humanidad (Nasi et al., 2002). Los trópicos son los lugares del mundo donde se concentran estos cambios. Por ejemplo, en la Amazonía durante 2010-2015 se perdieron alrededor de 50.000 km², siendo Brasil, Perú y Colombia los países que más contribuyen a su deforestación (Marengo et al., 2018).

En lo que respecta a Colombia, cerca de 1.971,6 km² de bosques fueron perdidos durante 2018 (IDEAM, 2020), siendo la Amazonía y la zona Andina las regiones donde se concentra la mayor parte de la deforestación (González-González et al. 2021). Además, se tiene cierta incertidumbre por lo que podría pasar con los bosques en escenario de posconflicto (Salazar et

al., 2018). Por un lado, el conflicto armado en el país sirvió para conservar algunas zonas, pero también este fenómeno ha generado grandes presiones sobre ecosistemas claves via la siembra de cultivos ilícitos (Erasso y Vélez, 2020). Se teme que, en escenario de posconflicto, se presenten otras dinámicas en torno al LUCC que amenacen los bosques y los servicios ecosistémicos que de ellos derivamos (Salazar et al., 2018).

González-González et al. (2021), determinaron que la actividad agrícola tiene un papel fundamental en la deforestación en el país y su influencia varía entre regiones. Esto recalca la necesidad de medidas de gestión del uso del suelo adaptadas a las realidades propias de cada territorio, con el fin de enfrentar los desafíos en torno a la conservación y manejo de estos ecosistemas claves. El monitoreo de estas coberturas es necesario para entender las dinámicas en torno a los bosques, tarea fundamental para su adecuada gestión. Dicho monitoreo puede ser realizado en diferentes escalas espaciales y temporales, basado en observaciones in situ o de sensores remotos (p.ej. Hansen et al., 2013).

En esta investigación, se caracterizan las dinámicas multitemporales y espaciales de las coberturas de bosques en Colombia durante 1992-2015. Para esto se determinó a partir de imágenes de satélite: i) su comportamiento temporal, ii) las transiciones dominantes, y ii) la distribución espacial de su pérdida y ganancia, generando una síntesis por departamento. Además, se contrastaron los resultados obtenidos con formulaciones teóricas realizadas por otros autores. La información producto de este análisis complementa la obtenida por previos estudios (p.ej. Finer y Mamani, 2020; González-González et al., 2021) y se constituye en un insumo base para la toma de decisiones en torno al uso del suelo y el manejo de bosques en el país a escala departamental.

2. MARCO TEÓRICO

Se define como bosque un área de más de 0,5 ha con una cobertura de árboles mínima de 10-30 %, siendo un árbol una planta con una altura mayor a 2 m (UNFCCC, 2002). La deforestación ocurre cuando se transforma y reemplaza un bosque por cualquier otro tipo de cobertura, es decir cuando se pierden las características antes mencionadas (Nasaki y Putz, 2009). El conocimiento del proceso de transformación de la Tierra es fundamental para la gestión ambiental y la sostenibilidad de los territorios (p.ej. Yu et al., 2011). Esto dado que el LUCC podría amenazar el funcionamiento adecuado de los ecosistemas y todos los servicios derivados de estos (p.ej. Wang et al., 2018; He et al. 2019). Por ejemplo, la deforestación modifica los flujos hidrológicos causando alteraciones en la capacidad del suelo para regular el agua en términos de cantidad y calidad (p.ej. Setälä et al., 2014; García-Leoz, 2017; Suescún et al., 2017) y podría generar impactos en el clima global, regional y local (p.ej. Lawrence y Vandecar, 2017; Sierra et al., 2021).

Los procesos de toma de decisiones en torno a la planificación territorial y la gestión ambiental, necesitan herramientas para estimar el LUCC y sus posibles implicaciones sobre los recursos naturales y los servicios ecosistémicos (Wang et al.,

2018). La modelación es una de las principales herramientas para proyectar el LUCC y sus potenciales impactos (Xi et al., 2021). Se han desarrollado diferentes modelos para simular la dinámica del cambio de uso/cobertura del suelo (p.ej. Verburg et al., 2002; Soares-Filho et al., 2006; Liu y Deng, 2010).

La mayoría de estos modelos estiman la probabilidad de conversión entre las categorías de uso/cobertura de la Tierra, con base en observaciones históricas, identificando comportamientos, tasas y patrones de cambio (Irwin y Geoghegan 2001, Lawler et al. 2014). El impacto del LUCC sobre los recursos naturales y servicios ecosistémicos, se puede determinar mediante una combinación de proyecciones del LUCC y modelos específicos para evaluar las potenciales alteraciones sobre estos (Haase et al., 2014; Lawler et al., 2014; Zhang et al., 2022). Tal conocimiento es fundamental para el desarrollo de medidas de manejo en torno a la gestión de los recursos naturales.

3. METODOLOGÍA

3.1 Conjunto de datos.

En este trabajo se usaron los datos proporcionados por la Iniciativa de Cambio Climático de la Agencia Espacial Europea (CCI-ESA, por sus siglas en inglés) (p.ej. Liu et al., 2018). A partir de esta fuente, se caracterizaron extensiones, tasas y tendencias históricas de los cambios en la cobertura boscosa en Colombia. Los datos consisten de 24 mapas anuales de uso/cobertura de la Tierra que cubren el período 1992-2015 y tienen una resolución espacial de 300 metros. Este producto fue elaborado a partir de MERIS (Espectrómetro de Imágenes de Resolución Media) que estima la cobertura de la Tierra mediante la reflectancia de la radiación solar dada desde la superficie terrestre (Baudin et al. 1994).

3.2 Procesamientos de los datos.

En la Figura 1 se sintetizan los pasos metodológicos empleados en el procesamiento de los mapas de CCI-ESA. El primer paso consistió en recortar los mapas con el polígono de Colombia. A continuación, las categorías originales del producto se reclasificaron teniendo en cuenta las clases para la detección de cambio de cobertura/uso del suelo sugeridas por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) (Kirches et al., 2014) (Tabla 1). En la Figura 2, se presenta una muestra de los mapas reclasificados para los dos años extremos del período de análisis: 1992 y 2015.

Luego de esto, se construyeron las matrices de concordancia de Kappa (López de Ullibarri y Pita-Fernández, 1999), haciendo uso de los mapas en diferentes años para definir cómo ha sido el cambio de uso/cobertura del suelo en el tiempo. Dichas matrices son cuadradas, su tamaño está dado por el número de categorías de uso/cobertura del suelo (N) (Tabla 2). Los valores de la diagonal principal (C_{ii}) representan los píxeles en los que no hubo cambio en la categoría particular de uso/cobertura del suelo (i). Los valores en el exterior de la diagonal principal (C_{ij}) representan el número de píxeles en los que el uso/cobertura del suelo pasa

de la categoría i en el mapa 1 (año 1) a la categoría j en el mapa 2 (año 2). Estos componentes permiten caracterizar las transiciones en la cobertura boscosa. Los valores marginales se calculan como la suma de cada fila o columna, y serán iguales al área total clasificada en cada categoría por mapa (año). Es así como la matriz de Kappa permite caracterizar extensiones, tasas, probabilidades de ocurrencia, patrones y comportamientos en el cambio de uso/cobertura del suelo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evolución temporal de las coberturas boscosas en Colombia durante 1992-2015.

En la Figura 3 se presenta la evolución temporal de la extensión boscosa en Colombia durante el período de análisis. En 1992, la cobertura de bosques en el país fue de aproximadamente 721.918 km², pasando a 712.084 km² en el 2015, lo que representa una pérdida neta de 9.834 km². Esto indica una tasa promedio de pérdida de bosques de 427,6 km²/año.

Nuestros resultados muestran dos instantes durante este período con un comportamiento contrastante (Figura 3). El primero ocurre entre 1992-2004, este se caracteriza por reducciones en la cobertura boscosa del país con tasas de pérdida promedio de 1.199,7 km²/año. El segundo se da entre 2004-2015 y ocurre recuperación de bosques a una velocidad promedio de 414,7 km²/año. Además, el análisis visual de esta figura y los valores numéricos de estas tasas, sugieren que la pérdida durante el primer período fue más acelerada a la ganancia que ocurrió durante el segundo período (Figura 3).

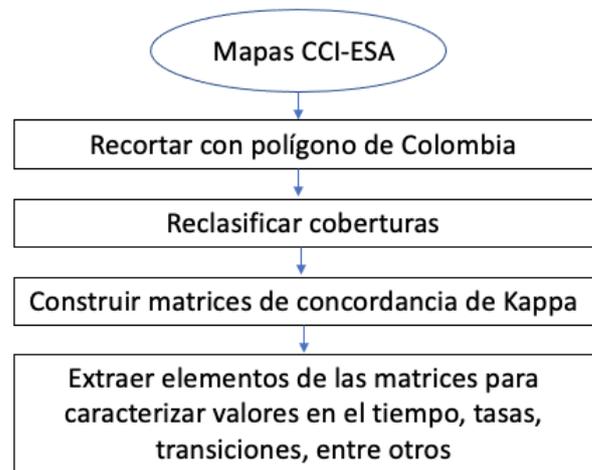


Figura 1. Procedimiento metodológico empleado en este estudio.

4.2. Posibles determinantes del comportamiento temporal de las coberturas.

El contraste entre estos dos instantes puede ser explicado por las dinámicas socioeconómicas en el país. En particular, se tienen dos fenómenos que podrían estar relacionados con este comportamiento. El primero se asocia con la implementación

de la política de defensa y seguridad democrática del gobierno nacional a partir del año 2003. Esta política se caracterizó por un fuerte despliegue militar para combatir la guerrilla y controlar los cultivos ilícitos (Pérez-Hernández, 2018).

Como sugiere García (2012), Este último factor es uno de los principales determinantes de la deforestación en Colombia, por lo que se planteó dentro de dicha política la reforestación con plantaciones forestales para exportación (Correa, 2004). De hecho, el Instituto De Estudios Ambientales y Meteorológicos (IDEAM, 2011), estimó que durante 2002-2010, la tasa de deforestación en Colombia se redujo 336,5 km²/año, esto asociado entre otros factores, a la reducción de cultivos ilícitos.

Otro factor que pudo influir en este comportamiento está relacionado con la implementación del Tratado de Libre Comercio (TLC) con Estados Unidos (p.ej. Ramírez-Gómez et al., 2004; Díaz-Valencia, 2017). Como exponen Ramírez-Gómez et al. (2004), los cambios en las políticas de precios pueden afectar la producción agropecuaria. Particularmente, en cultivos transitorios como el trigo, soya, algodón, sorgo y arroz, la reducción en áreas de cultivo sería casi proporcional a la reducción de los precios por efecto del TLC (Ramírez-Gómez et al., 2004). Nuestros resultados muestran el posible efecto de ambos factores en la extensión de bosque en el país. Sin embargo, puede que otros fenómenos también hayan contribuido a este comportamiento.

4.3. Transiciones de coberturas relacionadas a los bosques.

La Figura 4 muestra los porcentajes de cada cobertura del suelo por la cual fueron reemplazados los bosques deforestados durante el período de análisis. Entre 1992 y 2015, hubo una pérdida de 19.864,7 km², de los cuales el 54,1% de estos fueron reemplazados por cultivos, 11,9% fueron destinados para pastizales y el 31,3% pasó a tener una cobertura de arbustos. Un 2,6% de la extensión deforestada fue usada para establecer suelo urbano. Estas cuatro categorías son las que muestran un impacto directo por la acción del hombre. Por lo que nuestro análisis se concentra en estas.

La Figura 5 muestra los porcentajes de cada cobertura del suelo en las que se recuperó extensión boscosa durante el período de análisis. Entre 1992 y 2015, 13.051,6 km² de bosques fueron recuperados. El 74,5% de esta recuperación se dio en cultivos, 11,5% en pastizales y el 14,0% en arbustos (Figura 5).

El principio de integralidad de las ciencias ambientales (p.ej. Castellano-Bohórquez, 2002), sugiere que no existe un único factor que pueda explicar el comportamiento en estas coberturas boscosas. Existen múltiples factores que contribuyen a dicho comportamiento. Los procesos descritos en la sección 4.2., son ejemplos de dinámicas socioeconómicas reflejadas en la actividad agrícola que pueden generar cambios en las coberturas boscosas. De hecho, analizando la evolución temporal de la extensión de cultivos del país (Figura 6), se puede ver que existe una estrecha relación inversa entre esta y la cantidad de bosque (Figura 3) ($R=-0,88$).

4.4. Distribución espacial de la pérdida y ganancia de los bosques durante 1992-2015.

La Figura 7 muestra la distribución espacial de las áreas donde hubo pérdida y ganancia de bosques durante 1992 y 2015. Los colores hacen referencia a la cobertura por la cual fueron reemplazadas o partir de la cual hubo ganancia. Se pueden identificar algunos focos de deforestación localizados en los departamentos de Antioquia (centro, suroeste y Urabá en límites con chocó), Santander, Meta, Caquetá y Guaviare. En estos tres últimos departamentos existe un arco de deforestación en torno al bosque Amazónico (Martino, 2007). Este patrón espacial es acorde con lo encontrado por González-González et al. (2021).

La transición dominante a través del territorio es la de bosques a cultivos (puntos naranjas), concentrándose en Caquetá y Meta, donde la actividad agrícola ejerce presión sobre el Amazonas (Figura 7). De manera similar, se puede ver cierto efecto del sector ganadero en los departamentos de Meta y Guaviare, donde se concentra la transición de bosques a pastizales (puntos morados). A diferencia de estos patrones espaciales marcados en la pérdida, la ganancia de estos presenta un comportamiento disperso a través del territorio colombiano (Figura 7).

En la Tabla 3 se presenta el ranking de los departamentos de Colombia según el área de pérdida. El departamento del Meta encabeza este listado con aproximadamente 3.914 km² deforestados, de los cuales el 51,4% fueron reemplazados por cultivos y el 45,6% por pastizales. El siguiente departamento que encabeza este listado es Caquetá, donde el 84,7% de la extensión deforestada fue destinada para cultivos. Antioquia es el tercer departamento con mayor pérdida de bosques, aquí el 58,2% del área deforestada fue usada para cultivos y el 40,5% pasó a tener una cobertura arbustiva.

Esto último puede dar cuenta de procesos de transformación menos drásticos que llevan a que en estas áreas se pierdan árboles y se presente la dominancia de arbustos. Los valores registrados muestran diferentes dinámicas socioeconómicas propias de cada departamento. Por ejemplo, en Arauca el 94,1% de los bosques fueron reemplazados por cultivos y tan solo 5,8% fueron destinados para pastizales, mientras que en Guaviare estos porcentajes son 41,4% y 41,8% respectivamente. Esto da cuenta de que en Arauca la actividad agrícola ejerce más presión que la ganadera, mientras que en Guaviare ambas actividades ejercen una tensión similar.

Tabla 1. Correspondencia entre las categorías usadas por CCI-ESA y las categorías usadas para la detección del cambio en la cobertura terrestre según el IPCC.

Cobertura CCI-ESA	Traducción	Clases sugeridas por el IPCC	
Cropland rainfed	Cultivos de secano	Cultivos	
Cropland rainfed- Herbaceous cover	Cultivos de secano-herbáceos		
Cropland rainfed - Tree or shrub cover	Cultivos de secano de bosques- arbustos		
Cropland irrigated or post- flooding	Cultivos irrigados o post- inundación		
Mosaic cropland (>50%) / natural vegetation (tree/shrub/herbaceous cover)	Mosaico de cultivos y vegetación natural		
Mosaic natural vegetation (tree/shrub/herbaceous cover) (>50%) / cropland	Mosaico de vegetación natural y cultivos		
Tree cover broadleaved evergreen closed to open (>15%)	Bosques perenne y latifoliar cerrado a abierto	Bosques	
Tree cover broadleaved deciduous closed to open (>15%)	Bosques caducifolio y latifoliar cerrado a abierto		
Tree cover broadleaved deciduous closed (>40%)	Bosques caducifolio y latifoliar cerrado		
Tree cover broadleaved deciduous open (15-40%)	Bosques caducifolio y latifoliar abierto		
Tree cover needleleaved evergreen closed to open (>15%)	Bosques de coníferas perennes cerrado a abierto		
Tree cover needleleaved evergreen closed (>40%)	Bosques de coníferas perennes cerrado		
Tree cover needleleaved evergreen open (15-40%)	Bosques de coníferas perennes abierto		
Tree cover needleleaved deciduous closed to open (>15%)	Bosques de coníferas caducifolio cerrado a abierto		
Tree cover needleleaved deciduous closed (>40%)	Bosques de coníferas caducifolio cerrado		
Tree cover needleleaved deciduous open (15-40%)	Bosques de coníferas caducifolio abierto		
Tree cover mixed leaf type (broadleaved and needleleaved)	Bosques mezclados		
Mosaic tree and shrub (>50%) / herbaceous cover	Mosaico de bosques y arbustos, y vegetación herbácea		
Tree cover flooded fresh or brakish water	Cobertura de bosques inundados por agua dulce o salobre		
Tree cover flooded saline water	Cobertura de bosques inundados por agua salada		
Shrubland	Matorrales o arbustos		Arbustos
Shrubland evergreen	Matorrales o arbustos perennes		
Shrubland deciduous	Matorrales o arbustos caducifolios		
Water bodies	Cuerpos de agua	Agua	

Cobertura CCI-ESA	Traducción	Clases sugeridas por el IPCC
Permanent snow and ice	Nieve o hielo permanente	Hielo
Shrub or herbaceous cover flooded fresh/saline/brakish water	Cobertura de arbustos, herbáceas, inundados por agua	Humedales
Mosaic herbaceous cover (>50%) / tree and shrub	Mosaico de vegetación herbácea y bosques-arbustos	Pastizales
Grassland	Pastizales	
Bare areas	Áreas desnudas	Suelos desnudos
Consolidated bare areas	Áreas desnudas consolidadas	
Unconsolidated bare areas	Áreas desnudas no consolidadas	
Urban areas	Áreas urbanas	Urbano
Lichens and mosses	Líquenes y musgos	Vegetación esparcida
Sparse vegetation (tree/shrub/herbaceous cover)	Vegetación esparcida	
Sparse tree	Bosques esparcidos	
Sparse shrub	Arbustos esparcidos	
Sparse herbaceous cover	Cobertura herbácea esparcida	

Leyenda

Cobertura del suelo

- Bosques
- Cultivos
- Pastizales
- Arbustos
- Vegetación Esparcida
- Humedales
- Urbano
- Suelos Desnudos
- Agua
- Hielo

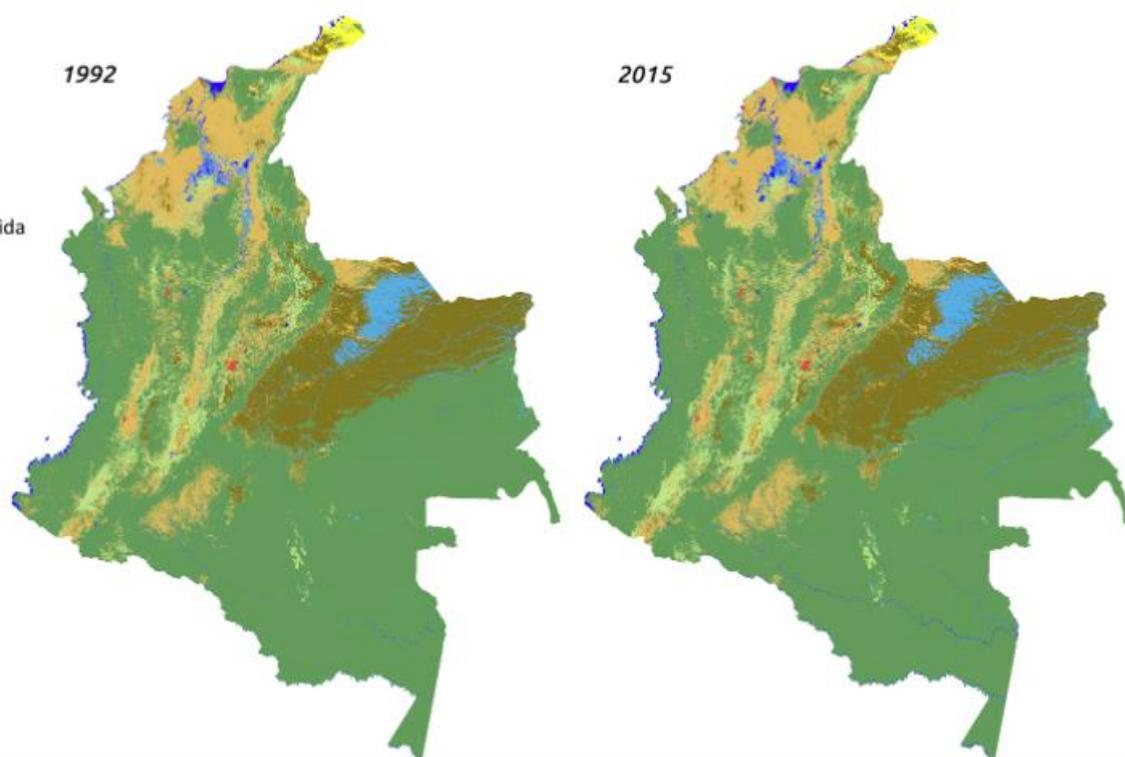


Figura 2. Coberturas del suelo para Colombia en los años 1992 y 2015. Datos procesados a partir de la iniciativa para el cambio climático de la Agencia Espacial Europea (CCI-ESA).

Tabla 2. Matriz de concordancia para el cálculo del índice de Kappa.

Mapa2	Mapa1				Marginal
	1	2	...	n	
1	C ₁₁	C ₁₂	...	C _{1n}	C _{1.}
2	C ₂₁	C ₂₂	...	C _{2n}	C _{2.}
.	.			.	.
.	.			.	.
.	.			.	.
n	C _{n1}	C _{n2}	...	C _{nn}	C _{n.}
Marginal	C _{.1}	C _{.2}	...	C _{.n}	n

En la Tabla 4 se muestra el ranking de los departamentos de Colombia según el área de ganancia de bosques. El departamento de Antioquia encabeza este listado con aproximadamente 1.619 km² recuperados, de los cuales el 69,7% eran originalmente cultivos y el 30,1% arbustos. El

ranking lo continúan los departamentos de Santander y Caquetá, en estos al rededor del 88,0% de los nuevos bosques se presentaron en suelos destinados para cultivos. Al igual que en Antioquia, la segunda cobertura en la que más ocurre recuperación son los arbustos (Figura 5).

Esto puede estar relacionado con la sucesión natural de coberturas, una vez que el hombre abandona estos suelos donde desarrolla actividades económicas, la vegetación que se empieza a formar es de tipo matorral y arbustiva, y en el transcurso del tiempo se puede generar un nuevo bosque (García-Leoz, 2017). Este comportamiento es generalizado a través del territorio colombiano.

A pesar de que hay recuperación, para todo Colombia esta corresponde al 65% de la pérdida total, lo que indica una tendencia a la disminución en los bosques. Sin embargo, existen algunos departamentos donde hay una ganancia neta en esta cobertura (Tablas 3 y 4). Magdalena, Córdoba y Tolima, son los lugares con mayor ganancia neta.

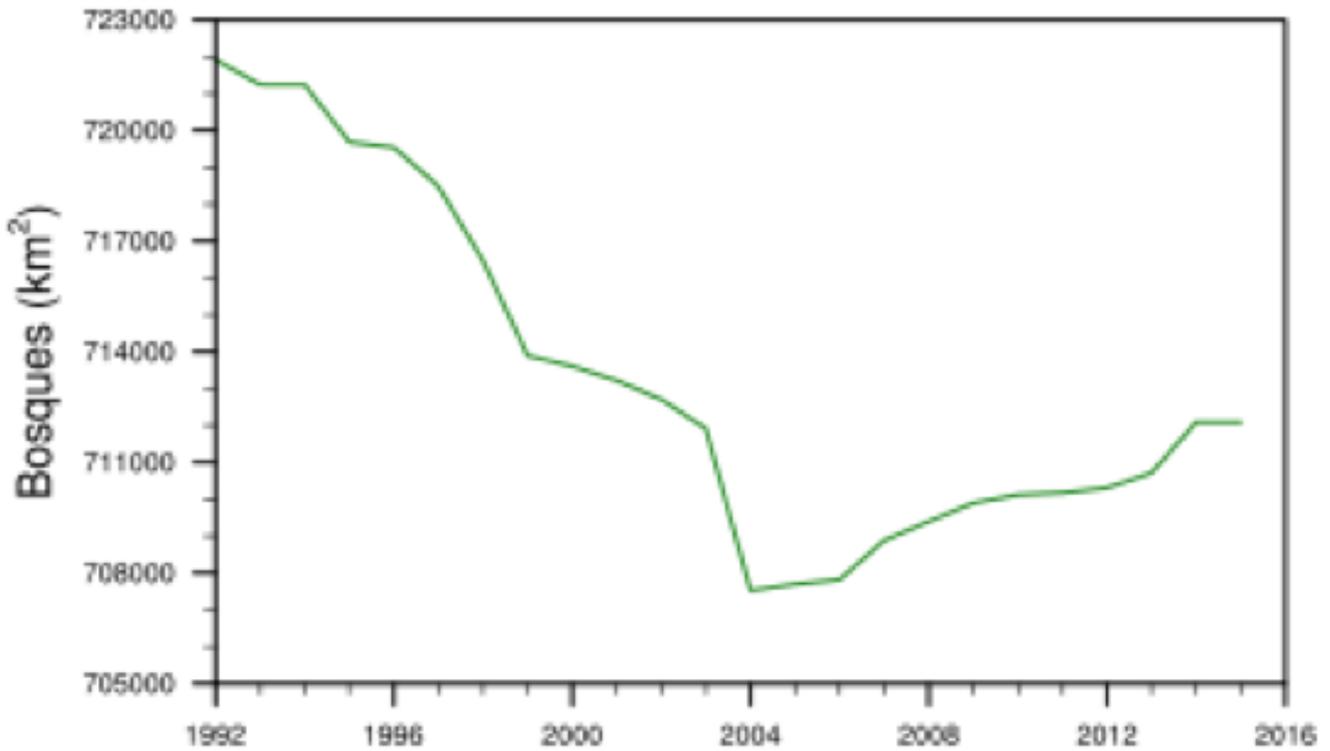


Figura 3. Evolución temporal de las coberturas boscosas en Colombia durante 1992-2015. Elaboración propia a partir del procesamiento de datos de la CCI-ESA.

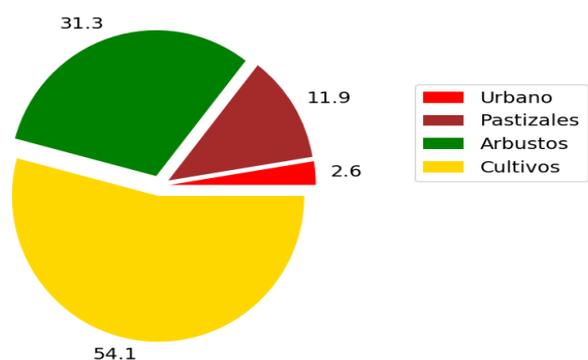


Figura 4. Porcentajes de cada cobertura del suelo por la cual fueron reemplazados los bosques deforestados durante 1992 y 2015. Elaboración propia a partir de datos de la CCI-ESA.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se analizó la variabilidad multitemporal y espacial de las coberturas boscosas en el territorio colombiano, basados en datos de la iniciativa para el cambio climático de la Agencia Espacial Europea (CCI-ESA) durante el período 1992-2015. Dentro del tiempo de análisis se observan dos instantes con comportamientos distintos, en el que primero

ocurre reducción de las coberturas boscosas hasta el año 2004 y una ganancia de las coberturas a partir de aquí hasta el 2015. Las tasas de cambio sugieren que esta pérdida fue más acelerada que la ganancia. En general, para el período completo, comparando 1992 y 2015, se perdieron (ganaron) bosques, los cuales fueron reemplazados (recuperados) principalmente por (de) cultivos.

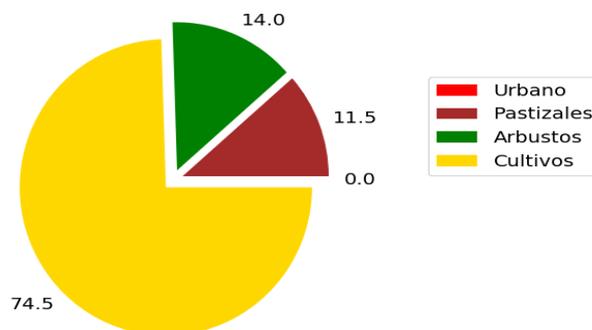


Figura 5. Porcentajes de cada cobertura del suelo en las cuales hubo ganancia de bosques durante 1992 y 2015. Elaboración propia a partir de datos de la CCI-ESA.

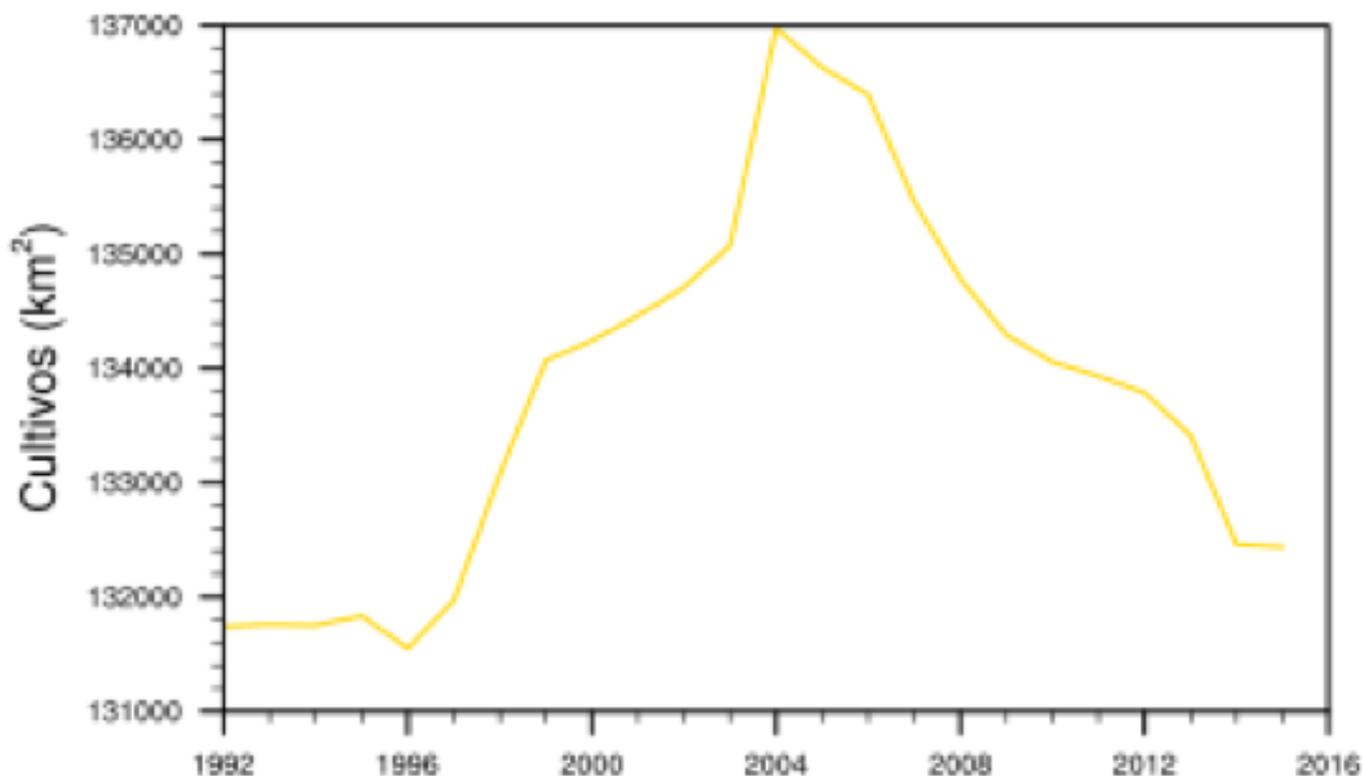


Figura 6. Evolución temporal de la cobertura de cultivos en Colombia durante 1992-2015. Elaboración propia a partir de datos de la CCI-ESA.

En el país ocurrieron diferentes dinámicas socioeconómicas como el tratado de libre comercio con Estados Unidos y la política de seguridad democrática del gobierno nacional, que repercutieron sobre la actividad agrícola y determinaron la

evolución espaciotemporal de las extensiones boscosas. Además, la segunda transición dominante (bosques-Arbustos), muestra procesos de degradación y de sucesión natural de estos ecosistemas.

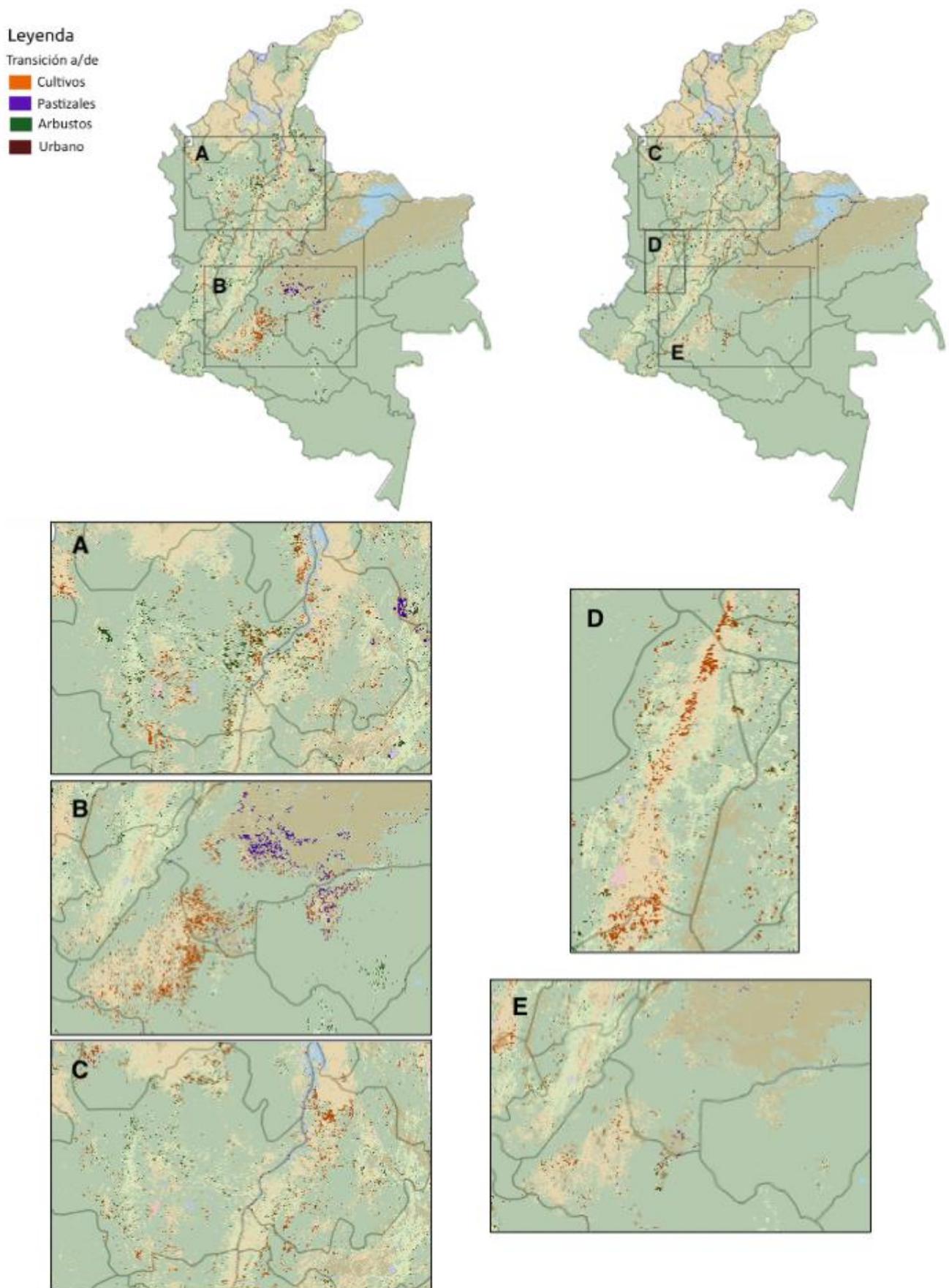


Figura 7. Cobertura del suelo para Colombia en los años 1992 y 2015. Elaboración propia a partir de datos de la CCI-ESA. En los paneles A-E se muestran los focos sobre zonas con mayor cambio en las coberturas boscosas.

Tabla 3. Pérdida de bosques y transición de coberturas por departamento.

Departamento	Área perdida (km ²)	Cultivos (%)	Pastizales (%)	Arbustos (%)	Urbano (%)
Meta	3914,9	51,4	45,6	3,0	0,0
Caquetá	3310,4	84,7	0,8	14,5	0,1
Antioquia	3066,9	58,2	0,3	40,5	1,0
Santander	1177,2	68,7	8,0	22,9	0,3
Guaviare	1000,8	41,4	41,8	16,7	0,1
Norte De Santander	779,3	44,0	19,6	36,1	0,2
Cundinamarca	628,1	46,4	15,3	37,5	0,8
Boyacá	619,9	66,2	13,3	20,3	0,1
Valle del Cauca	570,0	51,1	1,8	45,9	1,3
Bolívar	546,8	71,8	0,2	27,7	0,3
Putumayo	529,9	64,5	1,3	33,6	0,6
Cauca	494,9	24,5	0,9	74,3	0,2
Nariño	401,0	78,0	5,4	16,4	0,3
Cesar	325,2	30,6	1,6	67,4	0,4
Caldas	311,9	74,9	0,6	23,7	0,8
Chocó	308,9	73,8	23,6	2,2	0,3
Tolima	283,0	31,2	2,9	65,0	0,9
Huila	279,5	55,9	1,5	42,5	0,1
Arauca	271,0	94,1	5,8	0,0	0,2
Casanare	269,8	57,1	42,2	0,4	0,3
Vichada	236,8	25,8	69,3	4,9	0,0
Magdalena	104,8	40,1	3,2	53,4	3,4
Risaralda	83,3	72,4	2,9	22,2	2,5
La Guajira	75,4	30,9	6,1	63,0	0,0
Vaupés	54,3	40,3	5,8	46,1	7,8
Quindío	50,4	51,1	1,1	44,6	3,2
Córdoba	44,9	80,4	2,2	16,6	0,8
Amazonas	40,2	58,6	5,1	13,0	23,3
Guainía	32,7	49,3	22,9	15,7	12,1
Bogotá [^]	27,3	42,6	26,7	19,1	11,6

Departamento	Área perdida (km ²)	Cultivos (%)	Pastizales (%)	Arbustos (%)	Urbano (%)
Atlántico	15,7	34,5	2,3	54,6	8,6
Sucre	9,5	36,2	1,9	59,0	2,9

Tabla 4. Ganancia de bosques y transición de coberturas por departamento.

Departamentos	Área ganada (km ²)	Cultivos (%)	Pastizales (%)	Arbustos (%)
Antioquia	1619,0	69,7	0,2	30,1
Santander	1238,4	88,6	2,7	8,7
Caquetá	1050,2	87,1	3,2	9,7
Cundinamarca	778,4	83,1	2,4	14,5
Valle del Cauca	637,5	86,2	0,6	13,2
Bolívar	616,9	93,1	0,4	6,5
Cauca	603,8	75,5	0,3	24,2
Tolima	588,1	64,8	0,6	34,6
Putumayo	538,0	70,5	0,0	29,4
Magdalena	497,2	96,5	1,7	1,8
Meta	457,8	49,1	45,3	5,6
Boyacá	442,7	87,8	3,4	8,9
Vichada	436,0	16,5	83,5	0,0
Norte De Santander	408,2	91,1	1,3	7,6
Casanare	403,6	43,4	56,6	0,0
Córdoba	377,1	81,2	1,1	17,7
Nariño	329,0	92,8	0,5	6,7
Cesar	324,6	92,2	0,4	7,3
Sucre	307,5	79,0	0,4	20,7
Huila	303,9	75,2	0,3	24,5
La Guajira	258,8	86,4	4,0	9,6
Caldas	252,4	90,0	0,3	9,6
Arauca	139,8	82,7	17,3	0,0
Chocó	138,8	88,9	5,4	5,6
Risaralda	130,8	89,3	0,4	10,3

Departamentos	Área ganada (km ²)	Cultivos (%)	Pastizales (%)	Arbustos (%)
Guaviare	79,8	63,9	5,1	31,0
Quindío	41,6	67,7	0,4	31,8
Bogotá	26,1	45,9	17,9	36,2
Guainía	13,1	16,4	80,1	3,4
Atlántico	12,5	79,9	9,4	10,8
Vaupés	-	-	-	-
Amazonas	-	-	-	-

REFERENCIAS

- Baudin, G., Bessudo, R., & Bezy, J. L. (1994). Medium-resolution imaging spectrometer (MERIS). *Proceedings-spie the International Society for Optical Engineering* (115-115).
- Bonan, G. B. (2008). Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *science*, 320(5882), 1444-1449.
- Broxton, P. D., Zeng, X., Sulla-Menashe, D., y Troch, P. A. (2014). A global land cover climatology using MODIS data. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 53(6), 1593-1605.
- Castellano Bohórquez, H. (2002). Integralidad y relación economía-ambiente o el arte de armar rompecabezas. *Cuadernos del Cendes*, 19(49), 157-171.
- Correa, H. D. (2004). La política de parques con la gente, el conflicto armado interno y el gobierno de la Seguridad Democrática. *Guerra, sociedad y medio ambiente*, 253-296.
- Curtis, P. G., Slay, C. M., Harris, N. L., Tyukavina, A., y Hansen, M. C. (2018). Classifying drivers of global forest loss. *Science*, 361(6407), 1108-1111.
- Díaz-Valencia, G. A. (2017). Incidencia del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos en la competitividad del sector agrícola colombiano: Casos del arroz y maíz. *Revista de economía del caribe*, (19), 154-182.
- D'Amour, C., Reitsma, F., Baiocchi, G., Barthel, S., Güneralp, B., Erb, K. H., ... y Seto, K. C. (2017). Future urban land expansion and implications for global croplands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(34), 8939-8944.
- Erasso, C., y Vélez, M. A. (2020). ¿Los cultivos de coca causan deforestación en Colombia? Documento Temático-CESED, 5, 1-14.
- Etter, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phinn, S., y Possingham, H. (2006). Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, ecosystems y environment*, 114(2-4), 369-386.
- Finer, M., y Mamani, N. (2020). Deforestation in the Colombian Amazon-2020.
- García, H. (2012). Deforestación en Colombia: Retos y perspectivas.
- García-Leoz, V., Villegas, J. C., Suescún, D., Flórez, C. P., Merino-Martín, L., Betancur, T., & León, J. D. (2018). Land cover effects on water balance partitioning in the Colombian Andes: improved water availability in early stages of natural vegetation recovery. *Regional Environmental Change*, 18(4), 1117-1129.
- González-González, A., Villegas, J. C., Clerici, N., y Salazar, J. F. (2021). Spatial-temporal dynamics of deforestation and its drivers indicate need for locally-adapted environmental governance in Colombia. *Ecological Indicators*, 126, 107695.
- Haase, D., Larondelle, N., Andersson, E., Artmann, M., Borgström, S., Breuste, J., ... & Elmqvist, T. (2014). A quantitative review of urban ecosystem service assessments: concepts, models, and implementation. *Ambio*, 43(4), 413-433.
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., ... y Townshend, J. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *science*, 342(6160), 850-853.
- He, X., Liang, J., Zeng, G., Yuan, Y., y Li, X. (2019). The effects of interaction between climate change and land-use/cover change on biodiversity-related ecosystem services. *Global Challenges*, 3(9), 1800095.
- Hilson, G. (2002). An overview of land use conflicts in mining communities. *Land use policy*, 19(1), 65-73.

- Instituto De Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, (2011) Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia, Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/44688974/An%C3%A1lisis+de+tendencias+y+patrones+espaciales+de+deforestaci%C3%B3n+en+Colombia/06030c14-c433-485a-8541-8367e78038aa?version=1.0>
- Instituto De Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2020). Resultados De Monitoreo De Deforestación 2019. [http://www.andi.com.co/Uploads/PRESENTACION%20DEFORRESTACION%202019%20\(julio%209\)%20\(julio%209\)_compressed.pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/PRESENTACION%20DEFORRESTACION%202019%20(julio%209)%20(julio%209)_compressed.pdf).
- Irwin, E. G., y Geoghegan, J. (2001). Theory, data, methods: developing spatially explicit economic models of land use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 85(1-3), 7-24.
- Kirches, G., Brockmann, C., Boettcher, M., Peters, M., Bomtemps, S., Lamarche, C., Schiert, M., Santoro, M. y Defoumy, P. (2014). Land Cover CCI PRODUCT USER GUIDE VERSION 2. European Spatial Agency, Belgium.
- Latham, J. S., He, C., Alinovi, L., DiGregorio, A., & Kalensky, Z. (2002). FAO methodologies for land cover classification and mapping. In *Linking people, place, and policy* (pp. 283-316). Springer, Boston, MA.
- Lawler, J. J., Lewis, D. J., Nelson, E., Plantinga, A. J., Polasky, S., Withey, J. C., ... & Radeloff, V. C. (2014). Projected land-use change impacts on ecosystem services in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(20), 7492-7497.
- Lawrence, D., & Vandecar, K. (2015). Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. *Nature climate change*, 5(1), 27-36.
- Liu, J., & Deng, X. (2010). Progress of the research methodologies on the temporal and spatial process of LUCC. *Chinese Science Bulletin*, 55(14), 1354-1362.
- Liu, X., Yu, L., Si, Y., Zhang, C., Lu, H., Yu, C., & Gong, P. (2018). Identifying patterns and hotspots of global land cover transitions using the ESA CCI Land Cover dataset. *Remote Sensing Letters*, 9(10), 972-981.
- López de Ullibarri, G., & Pita-Fernández, S. (1999). Medidas de concordancia: el índice de Kappa. *Cad Aten Primaria*, 6, 169-171.
- López, S., López-Sandoval, M. F., y Jung, J. K. (2021). New insights on land use, land cover, and climate change in human–environment dynamics of the Equatorial Andes. *Annals of the American Association of Geographers*, 111(4), 1110-1136.
- Mahmood, R., Pielke Sr, R. A., Hubbard, K. G., Niyogi, D., Dirmeyer, P. A., McAlpine, C., ... y Fall, S. (2014). Land cover changes and their biogeophysical effects on climate. *International journal of climatology*, 34(4), 929-953.
- Martino, D. (2007). Deforestación en la Amazonía: principales factores de presión y perspectivas. *Revista del sur*, 169(1), 3-20.
- Moutinho, P., Alencar, A., Rattis, L., Arruda, V., Castro, I., y Artaxo, P. (2020). The Amazon in flames: Deforestation and fire during the COVID-19 pandemic. Tech. Rep. Amazon Environmental Research Institute.
- Nasi, R., Wunder, S., y Campos, J. J. (2002). Forest ecosystem services: can they pay our way out of deforestation?.
- Pereira, E. J. D. A. L., de Santana Ribeiro, L. C., da Silva Freitas, L. F., y de Barros Pereira, H. B. (2020). Brazilian policy and agribusiness damage the Amazon rainforest. *Land Use Policy*, 92, 104491.
- Pérez Hernández, A. A. Influencia social del narcotráfico y la afectación a los Derechos Humanos entre 2002 a 2010.
- Posada-Marín, J. A., y Salazar, J. F. (2022). River flow response to deforestation: Contrasting results from different models. *Water Security*, 15, 100115.
- Ramírez-Gómez, M., Martínez Covaleda, H. J., Ortíz Hermida, L. X., González Rodríguez, F. A., Barrios Urrutia, C. A., & Agrocadenas, O. (2004). Respuestas de la oferta y la demanda agrícola en el marco de un TLC con Estados Unidos.
- Salazar, A., Sanchez, A., Villegas, J. C., Salazar, J. F., Ruiz Carrascal, D., Sitch, S., ... y Dukes, J. S. (2018). The ecology of peace: preparing Colombia for new political and planetary climates. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 16(9), 525-531.
- Sasaki, N., & Putz, F. E. (2009). Critical need for new definitions of “forest” and “forest degradation” in global climate change agreements. *Conservation Letters*, 2(5), 226-232.
- Setälä, H., Bardgett, R. D., Birkhofer, K., Brady, M., Byrne, L., De Ruiter, P. C., ... & Van der Putten, W. H. (2014). Urban and agricultural soils: conflicts and trade-offs in the optimization of ecosystem services. *Urban Ecosystems*, 17(1), 239-253.
- Sierra, J. P., Junquas, C., Espinoza, J. C., Segura, H., Condom, T., Andrade, M., ... & Sicart, J. E. (2022). Deforestation impacts on Amazon-Andes hydroclimatic connectivity. *Climate Dynamics*, 58(9), 2609-2636.
- Skole, D., y Tucker, C. (1993). Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. *science*, 260(5116), 1905-1910.

Soares-Filho, B. S., Nepstad, D. C., Curran, L. M., Cerqueira, G. C., Garcia, R. A., Ramos, C. A., ... & Schlesinger, P. (2006). Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature*, 440(7083), 520-523.

Staal, A., Tuinenburg, O. A., Bosmans, J. H., Holmgren, M., van Nes, E. H., Scheffer, M., ... y Dekker, S. C. (2018). Forest-rainfall cascades buffer against drought across the Amazon. *Nature Climate Change*, 8(6), 539-543.

Suescún, D., Villegas, J. C., León, J. D., Flórez, C. P., García-Leoz, V., & Correa-Londono, G. A. (2017). Vegetation cover and rainfall seasonality impact nutrient loss via runoff and erosion in the Colombian Andes. *Regional Environmental Change*, 17(3), 827-839.

UNFCCC (2002) Report of the Conference of the Parties on its seventh session, held at Marrakesh from 29 October to 10 November 2001 (FCCC/CP/2001/13/Add.1, UNFCCC, Marrakesh, Morocco, 2001).

Verburg, P. H., Soepboer, W., Veldkamp, A., Limpiada, R., Espaldon, V., & Mastura, S. S. (2002). Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model. *Environmental management*, 30(3), 391-405.

Wang, Y., Dai, E., Yin, L., y Ma, L. (2018). Land use/land cover change and the effects on ecosystem services in the Hengduan Mountain region, China. *Ecosystem Services*, 34, 55-67.

Xi, H., Cui, W., Cai, L., Chen, M., y Xu, C. (2021). Evaluation and prediction of ecosystem service value in the Zhoushan Islands based on LUCC. *Sustainability*, 13(4), 2302.

Yu, W., Zang, S., Wu, C., Liu, W., & Na, X. (2011). Analyzing and modeling land use land cover change (LUCC) in the Daqing City, China. *Applied Geography*, 31(2), 600-608.

Zhang, L., Jiang, Y., Yang, M., Wang, H., Dong, N., Wang, H., ... y Liu, K. (2022). Quantifying the Impacts of Land Use and Cover Change (LUCC) and Climate Change on Discharge and Sediment Load in the Hunhe River Basin, Liaoning Province, Northeast China. *Water*, 14(5), 737.

Implementación de la Realidad Aumentada en la Logística de Bodegas Automatizadas

Lozano Gonzalez, Jhon Sebastian¹; Medina Fonseca, Diego Fernando^{*}

Raúl Alejandro Barbosa Rodríguez¹

¹Universitaria Agustiniiana, Bogotá, Colombia.

Resumen: En el presente documento se demuestra el potencial de la realidad aumentada y las tecnologías wearables conforme a la investigación acerca las herramientas que son usadas para la optimización de la logística en las bodegas de uso para almacenamiento y distribución, las cuales son adaptadas a las tecnologías de realidad aumentada para obtener beneficios como lo son el enfoque en la eficacia y eficiencia buscando mejorar y reducir en tiempos, costos problemas relacionados con inventarios y gestión de espacios. Dicha investigación planteada en este documento, desea identificar las oportunidades existentes al incorporar la realidad aumentada, asumiendo también la gran oportunidad de optimización que brindan el uso en paralelo con las herramientas de la tecnología wearable, herramientas las cuales son el escáner de anillo, para la detección de códigos QR o de barras, el ordenador corporal en donde se realiza el manejo de información y gestión de datos, la tecnología de picking por voz y a con estas herramientas se complementaria la tecnología que se desea implementar que es la realidad aumentada, la cual será constituida por unas gafas con lentes de realidad aumentada. Se ha demostrado que el uso de estas herramientas logran un gran avance en la optimización del sistema logístico, como se evidencia por parte de las tendencias en logística para el 2021 es la automatización del proceso de picking, esto haciendo que se presenten menos errores y más productividad (multipacking,

Palabras clave: Almacenaje. Logística. Picking por voz. Wearable. Realidad aumentada.

Recibido: 28 de noviembre de 2022. Aceptado: 24 de febrero de 2023

Received: November 28th, 2022. Accepted: February 24th, 2023

Implementation of Augmented Reality in the Logistics of Automated Warehouses

Abstract: This document demonstrates the potential of augmented reality and wearable technologies according to research on the tools that are used for the optimization of logistics in warehouses for storage and distribution, which are adapted to the technologies of augmented reality to obtain benefits such as the focus on effectiveness and efficiency seeking to improve and reduce time, costs, problems related to inventories and space management. Said research proposed in this document, wants to identify the existing opportunities by incorporating augmented reality, also assuming the great optimization opportunity offered by the use in parallel with the wearable technology tools, tools which are the ring scanner, for the detection of QR or bar codes, the body computer where information and data management is carried out, picking technology by voice and with these tools complement the technology that you want to implement, which is augmented reality, which It will be made up of glasses with augmented reality lenses. It has been shown that the use of these tools achieve a great advance in the optimization of the logistics system, as evidenced by logistics trends for 2021 is the automation of the picking process, this causing fewer errors and more productivity (multipacking, 2021).

Keywords: Storage. Logistics. Picking by voice. Wearable. Augmented reality.

^(*) diego.medina@uniagustiniana.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

En este proyecto de investigación, se hará una breve descripción sobre mejorar las bodegas ubicadas en Bogotá, existen pocas industrias que han implementado la realidad aumentada en la logística interna de almacenamiento, la más reconocida es la multinacional MECALUX, la cual se centra en automatizar y desarrollar software para la innovación y solución de problemas, esta es una empresa española que tiene más de 50 años de experiencia en esta área, es una de las empresas que ha empezado a optimizar los procesos logísticos por medio de la realidad aumentada.

Existen varias tecnologías relacionadas con la realidad aumentada que al ser implementadas correctamente serán de gran ayuda para mejorar los tiempos de logística, estas tecnologías son los wearables (accesorios usados corporalmente), como por ejemplo, gafas de realidad aumentada, picking por voz, ordenador corporal y escáner de anillo. Estas herramientas se podrán aplicar en cualquier industria, en este caso de almacenamiento, el cual permitirá aumentar la distribución y organización de los operarios, dando como resultado una eficiencia reflejada en un mejor flujo en la cadena logística, ya que pueden funcionar en conjunto o individualmente.

La intención está enfocada en solucionar aquellos problemas que son recurrentes en las bodegas de almacenamiento, las cuales se ven reflejadas en el tiempo de respuesta, dando a un bajo flujo de servicios con los productos, afectando la llegada de materia prima como la posterior salida del producto terminado o almacenado para ser llevada a cabo con su propósito final, la intención es que con la ayuda de estas herramientas se pueda reducir en un gran porcentaje el tiempo empleado en la logística, lo que refleja posteriormente a una ganancia de dinero, pudiendo incrementar la infraestructura y servicios prestados por una compañía, en resumen nuestro objetivo principal es realizar la investigación referente a todos los procesos de realidad aumentada que podrían ayudar a la mejora de tiempos en almacenamientos, para que en un futuro pueda implementarse en la industria y generar una mejora continua en la logística automatizada.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Realidad aumentada

La realidad aumentada (RA) es una tecnología que ofrece experiencias a los usuarios entre una dimensión virtual y física, debido a esto varias empresas están implementando esta tecnología para facilitar ciertos trabajos o aumentar su productividad dependiendo en el área que lo apliquen, la realidad aumentada necesita de 3 componentes fundamentales, estos son: objeto real que funcione como referencia para la interpretación y creación del objeto virtual, un dispositivo con cámara ya sea un teléfono u otro dispositivo para transmitir la imagen del objeto real y por último un software que monitoree la interpretación de la señal que está

siendo transmitida por la cámara, una vez tengamos todo lo mencionado la imagen se proyectará de forma 3D o sobrepuestas en un entorno reflejando el resultado del RA (Ariel, 2011). Para el sector logístico la realidad aumentada es muy importante, ya que permite reducir el margen de error, optimización del almacenaje, disminuciones en tiempos, mayor productividad y mayor comodidad para los trabajadores haciendo el trabajo aún más eficiente, debido a esto esta tecnología es viable para disminuir los errores humanos en este caso en procesos logísticos como el ordenador corporal, picking por voz, escáner de anillo y gafas de realidad aumentada. (addingplus, 2020).



Figura 1: GEFCO y ArtiShock lanzan una aplicación de realidad aumentada para aumentar la productividad de la cadena de suministro.

Fuente: novologistica.com/logistica/gefco-y-artishock-lanzan-una-aplicacion-de-realidad-aumentada-para-aumentar-la-productividad-de-la-cadena-de-suministro

2.2 Automatización

Es un conjunto de elementos heterogéneos que funcionan en relación directa entre sí de manera precisa, gracias a su automatización, es posible realizar procesos de producción con máquinas, sin la participación de un operador humano. La programación actual del sistema en el sistema de software, el procesamiento en serie de un comprobante de comando, en el momento en que el cliente, pasando por todo él hasta que se envía a un punto de requiriendo él, producto, así como para identificar las posiciones restrictivas dentro de las cuales es probable mejorar en el futuro. (M. P. Ochoa y J. Davila, 2019).



Figura 2: El uso de la realidad aumentada se consolida en el sector industrial

Fuente: <https://www.automaticeainstrumentacion.com/texto-diario/mostran/2735058/realidad-aumentada-consolida-sector-industrial>

2.3 Wearable:

El uso de dispositivos y sistemas basados en tecnologías vestibles ha demostrado ser una alternativa contemporánea para superar desafíos relacionados con el análisis y monitoreo de funciones relacionadas con la energía y la comunicación, la comunicación, por su parte, se utiliza para la interacción, siendo la voz responsable de la mayor parte de la información que revela las características individuales.

Entre los temas principales y más complejos en el manejo de estos trastornos está el seguimiento, con el objetivo de apoyar el diagnóstico, es decir, monitorear los cambios de comportamiento inherentes al tratamiento, es precisamente en este contexto donde se puede ver la contribución potencial del uso de tecnologías vestibles. (Lima, 19 de diciembre de 2022)



Figura 3: Hablando un poco sobre la Tecnología Wearable
Fuente: <https://www.emprendices.co/hablando-un-poco-sobre-la-tecnologia-wearable/>

2.4 Picking por voz

El Voice picking o picking por voz es una herramienta, que permite que el usuario tenga sus manos completamente vacías y que su enfoque esté al 100% sobre el producto, lo cual genera una disminución en errores, suprimiendo formatos en papel o digitales. La empresa boreal technologies explica que el picking por voz es una herramienta la cual el operario necesita una capacitación mínima para la utilización, solamente deberá conocer los comandos del sistema y contar con el medio necesario para utilizarlo, este sistema es capaz de funcionar en diferentes ambientes sin presentar fallas, puede ser operado en zonas con ruidos fuertes y con diferentes rangos de temperatura sin presentar falla ninguna, un equipo en óptimas condiciones es capaz de funcionar activamente en un rango de 15 a 25 horas. El operario brinda información a sistemas de centralizado de información de la organización, conocidos como WMS (Warehouse Management System) o también conocido como sistema de gestión de inventarios, o al ERP (Enterprise Resource Planning), conocido como sistema de planificación de recursos empresariales, son softwares mayormente diseñados para el área logística que nos permiten integrar y controlar procesos de empresas, logrando que los procesos sean más eficientes y exactos en pedidos y organización de inventarios. Las ventajas principales en la implementación de este proceso son las siguientes: mejorar eficiencia en preparación de pedidos, reducción de tiempos, control de tiempos, control en tiempo real de inventarios, reducción de recorridos dentro del almacén, saber en tiempo real estado del producto e implementación de hardware independiente. (Rincón, 2018).



Figura 4: Cómo Mejorar La Precisión Del Picking En El Almacén

Fuente: <https://www.stglatam.com/blog/como-mejorar-la-precision-del-picking-en-el-almacen/>

2.5 Gafas de realidad aumentada

Las gafas con tecnología incorporada de realidad aumentada, dispositivos como Optical See-Through, el cual se caracteriza por usar combinadores ópticos, ubicados al frente de los ojos del operario, brindando información transmitida desde un monitor ubicado en el dispositivo, este tipo de tecnología es implementada en dispositivos conocidos como los son las Google Glass, utilizadas en la medicina para realizar procesos quirúrgicos, también implementa la función de comunicarse por internet por medio de comandos de voz. (Arce, s.f.). El sistema “Pick by vision” enfocado en la implementación de la realidad aumentada en el campo de la logística empleando gafas, en donde se actúa por medio de distintos algoritmos, distintas vías para el transporte y almacenamiento en bodega de elementos, dando resultados óptimos donde estos reflejan la disminución de tiempo de transporte dentro de la planta de almacenamiento y una experiencia satisfactoria con los operarios, facilitan y solucionan varios factores que se evidencian con el uso de métodos convencionales logísticos como el uso de papel. Este sistema también implementa la combinación de tecnologías RFID para identificar el posicionamiento de los productos en una bodega y tener un control de los movimientos y el tiempo de transporte que esté actuando en el transporte para poder reducir los errores que se puedan presentar. (Bernal, s.f.).



Figura 5: DHL Supply Chain pone en uso la realidad aumentada

Fuente: <https://tynmagazine.com/dhl-supply-chain-pone-en-uso-la-realidad-aumentada/>

2.6 Escáner de anillo

Los escáneres de anillo **son** herramientas tecnológicas que sustituyen los escáneres convencionales para optimizar los tiempos de trabajo y aumentar la velocidad de reacción de lectura de los diferentes códigos que tengan los productos u objetos que se quieren clasificar en una base de datos para guardar la información. Esta herramienta wearable, facilitará los procesos de automatización en un sistema logístico, ya que al tener la facilidad de obtener datos escaneando diferentes productos y con una gran versatilidad para poder generar datos y almacenarlos efectivamente.

Los escáneres tipo anillo ofrecen a su personal las capacidades de escaneo manos libres que necesita para maximizar su productividad. Sin embargo, los trabajadores de hoy en día tienen expectativas cada vez más altas de sus dispositivos vestibles. Un ejemplo de estos escáneres es el RS 5100 diseñado específicamente para ser compacto, liviano y de bajo perfil: pesa un poco más de dos onzas y mide dos pulgadas cúbicas (prácticamente imperceptible y cómodo para usar todo el día). (ZEBRA, 2019).



Figura 6: La realidad aumentada y los wearables catapultan la logística hacia el futuro

Fuente: <https://blog.snapfulfil.com/industry-comment-warehouse-wearables> - Ordenador corporal

2.7 Ordenador corporal

En el transcurso de la evolución tecnológica se ha trabajado para minimizar las dimensiones de los dispositivos electrónicos que son utilizados para el trabajo, desarrollo, transporte y almacenamiento de datos físicos, digitales y también almacenamiento de objetos y materiales. Por esto se han desarrollado cada día máquinas como las computadoras de mano que cumplen las mismas actividades que hacen las computadoras de escritorio o las computadoras portátiles. La computadora u ordenador corporal cumple la necesidad en el ámbito de las herramientas Wearables como el centro de mando de las operaciones que son dadas a los demás dispositivos, también cumple el papel importante de almacenar datos, dar información al personal sobre las operaciones que se realizan, tener una comunicación entre los demás ordenadores y al vincular un sistema automatizado, tener un constante flujo de información que evalúe aspectos como los son los tiempos de trabajo, la ubicación de los materiales y su movimiento en tiempo real en la planta de distribución. La computadora vestible WT 6300, creada para la industria de la logística, ofrece beneficios como la fácil comunicación y transporte de datos entre los otros dispositivos. Por su reducido tamaño a comparación de otros equipos, puede ser utilizado con mayor facilidad en la muñeca, otorgando la mayor libertad posible para que esta no estorbe o perjudique el tiempo de trabajo. De tal manera, al ser compatible con el sistema operativo android, facilita el diseño de aplicaciones que puedan ayudar según la necesidad que requieran los procesos de almacenamiento en la bodega. (ZEBRA, 2021).



Figura 7: Ordenador corporal

Fuente: <https://www.mecalux.com.co/blog/realidad-aumentada-wearables-logistica>

3. METODOLOGÍA

El tipo de investigación la cual se acordó para este proyecto es una investigación de tipo descriptiva, ya que el proceso de la investigación nos condujo a determinar los factores aplicados, puesto que al ser la problemática tan puntualizada en una población tan específica como lo es los sectores de almacenamiento y bodegaje, donde posteriormente se desea realizar una serie de investigaciones las cuales ayudan a medir una tendencia en los datos y con esto llegar a plantear una solución lo suficientemente adaptada a todos los factores que implican tanto las dificultades de implementación de la realidad aumentada, como también lo son problemas externos

y que influyen en el desarrollo del sistema de implementación, puesto que la población a la cual se realizarán los estudios son los almacenes ubicados en Bogotá.

REALIZACIÓN DE UN ANÁLISIS DOCUMENTAL SOBRE PROTOTIPOS FUNCIONALES Y SISTEMAS LOGÍSTICOS ATOMIZADOS.

Donde las actividades se realizan de la siguiente manera:

- Búsqueda de documentos (libros/artículos/investigaciones) sobre la temática.
- Clasificación de la bibliografía encontrada
- Lectura y Análisis de las teorías sobre prototipos funcionales y sistemas de realidad aumentada aplicados en la logística automatizada.

Estrategia: Matriz de Análisis de Información

Resultados: Informe Teórico sobre los dos temas centrales Prototipos Funcionales y Sistemas De Realidad Aumentada En La Logística Automatiza.

REVISAR LOS PROTOTIPOS EXISTENTES COMO EL PICKING POR VOZ, GAFAS DE REALIDAD AUMENTADA, ORDENADOR CORPORAL Y ESCÁNER DE ANILLO.

Las actividades son:

- Hacer un sondeo en las industrias sobre la tecnología a aplicar, es decir, buscar que empresas producen estos productos.
- Realizar cotizaciones.
- Definir las debilidades, necesidades y requerimientos sobre el prototipo.

Estrategia: Investigación, cotizaciones y prototipo

Resultados: Diagnóstico de requerimientos para la realización y utilización del prototipo

4. RESULTADOS Y/O DISCUSIÓN

Al investigar la poca versatilidad que manejan las bodegas para lo relacionado con el almacenaje se determinó que una de las maneras más funcionales para solucionar este problema era por medio de una tecnología conocida como realidad aumentada, que en la actualidad es aplicada por bastantes industrias en el exterior, por otra parte, para su ejecución es más factible la producción de estos sistemas dentro del país, una vez obtenidos los prototipos y el valor de los costes de este es muy probable que la mano de obra en el país sea más asequible que exportado del exterior, esto permitirá que se tenga un mejor conocimiento sobre cada uno de los elementos del prototipo funcional a utilizar.

Como se identifica en este documento, desarrollo de la investigación se está realizando actualmente de manera

teórica, por lo tanto, después de realizar y a base de las investigaciones realizadas, se determina lo siguiente:

Teniendo en cuenta la investigación planteada acerca de las ventajas de la implementación de la realidad aumentada en paralelo del uso de las herramientas wearables, se demuestra que realizando un sistema enfocado a la gestión de datos y la logística en las bodegas, con el uso de las herramientas anteriormente mencionadas, se pueden tener resultados que demuestran la optimización del proceso logístico, satisfaciendo las necesidades y las complejidades que actualmente evitan la evolución logística en Colombia.

Para la realización de un sistema eficiente donde se desee implementar la realidad aumentada con las herramientas wearables, se debe desarrollar una simulación del sistema, en donde se puedan identificar las oportunidades de desarrollo, y de acuerdo a los resultados se prosiga al diseño de prototipos que sean innovadores y junten en un solo sistema todas aquellas herramientas que se desean trabajar y que en el mercado se encuentran de manera individual.

En primer lugar, tenemos el escáner de anillo, el cual fue realizado con un SP32 Cam junto al adaptador o también se puede con un USB TTL ADAPTER.

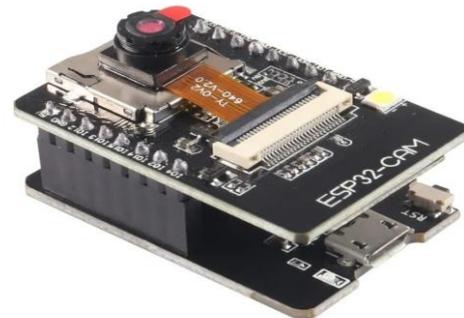


Figura 8: SP32 CAM

Fuente:

<https://www.sigmaelectronica.net/producto/esp32-cam/>

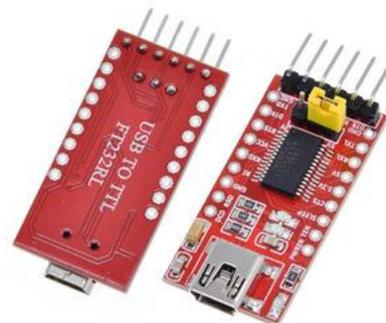


Figura 9: USB TTL ADAPTER

Fuente:

<https://hetpro-store.com/TUTORIALES/programacion-de-la-tarjeta-esp32-cam-y-ejemplo-blink-en-arduino/>

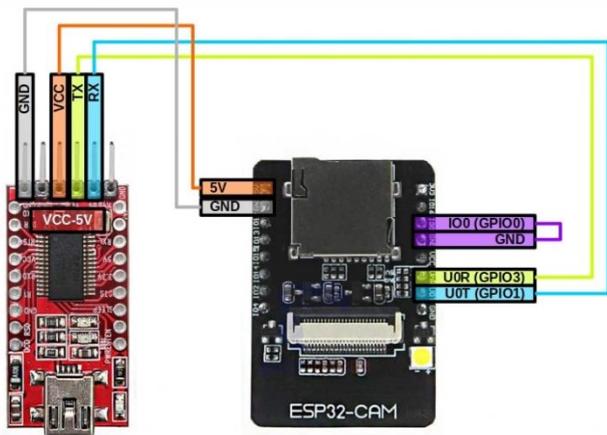


Figura 10: Programación de la ESP32-CAM ejemplo Blink Arduino

Fuente:

<https://hetpro-store.com/TUTORIALES/programacion-de-la-tarjeta-esp32-cam-y-ejemplo-blink-en-arduino/>

Con esta herramienta se busca reemplazar de una manera económica el escáner de anillo, ya que se encuentra disponible, pero su costo es elevado, nuestra propuesta es implementar una herramienta de bajo costo y que sea funcional para las bodegas, nuestra población será en Bogotá y serán empresas pequeñas, donde aún usan hojas para notar lo que entra y sale y tener su registro, por este motivo usamos el SP32 Cam, el cual, es permite cambiar la cámara para mejorar si calidad, incluso cuenta con una ranura para una micro SD, la cual permitirá guardar información o la programación sin necesidad de estar conectado a un computador con una batería externa recargable, aún mencionamos que el proyecto es de manera teórica, debido a que aún no nos han llegado la pizas que pedimos para mostrar resultados, pero tenemos la interfaz que se usa normalmente como se ven en las siguientes imágenes:



Figura 11: Interfaz de Arduino Uno con la IP de la cámara

Fuente: Propiedad

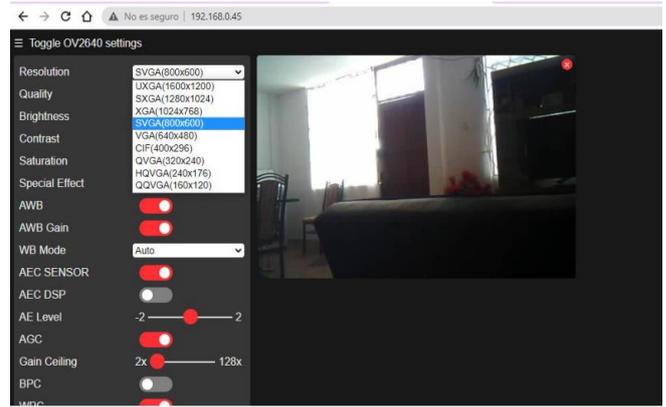


Figura 12: Página Web de la interfaz del ESP32 Cam

Las imágenes mostradas son la del SP32 Cam, la cual es programa, ya se encuentra y nos lleva directamente a su interfaz donde podemos cambiar la resolución, entre otras cosas, pero esto no es todo, ya que nosotros queremos que escanee códigos QR o de barra, lo cual aún no está en internet, debido a esto se maneja además de Arduino Python, donde haremos un código el cual reconozca la IP que arroja la cámara y así pueda reconocer los objetos que le pongamos y nos arroje los resultados.

En esta fase aún seguimos trabajando, nuestro propósito es implementar 3 tecnologías de las 4, escáner de anillo, gafas de realidad y ordenador corporal, para las siguientes herramientas se hará una aplicación o plataforma que el operario pueda usar desde su dispositivo móvil y las gafas estarán conectadas, el propósito es que el anillo escanee el código y se refleje en las gafas la información de la caja y se almacene en el celular y así sea más productiva la logística de una bodega y aprovechen estas tecnologías a un bajo costo.

Para las gafas se usarán los siguientes materiales:



Figura 13: Power bank module

Fuente: <https://makerbazar.in/products/power-bank-module>



Figura 14: Pantalla transparente oled
Fuente: <https://es.aliexpress.com/item/1005003526996890.html>



Figura 15: Arduino nano every
Fuente: <https://cablematic.com/es/productos/placa-arduino-nano-every-AR142/>



Figura 16: HC-06 BLUETOOTH® Module
Fuente: <https://co.mouser.com/new/osepp/osepp-hc-06-bluetooth-module/>

Figura 17: Lipo batería 3,7V/5V 5000mAh 18,5wh



Figura 17: Lipo batería 3,7V/5V 5000mAh 18,5wh
Fuente: https://es.made-in-china.com/co_dtpbattery/image_Li-Polymer-3-7V-5V-5000mAh-18-5wh-Lipo-Battery-with-Kc-Ce-RoHS-Un38-3-Certificate_rrehnoug_2f1j00yIBUVEfRYZbq.html

El prototipo se realizará con los materiales mencionados y la carcasa será hecha por una impresora 3D, aún seguimos trabajando en esta herramienta, ya que lleva más componente y mayor elaboración para que no haya ninguna falla a la hora de probarlo.

4.1 ALCANCES

El proyecto permitirá conocer las teorías y las investigaciones que se han realizado sobre la temática a través de la búsqueda en bases de datos, para la recolección de datos se utilizarán los instrumentos dados por la universidad que en este caso es el repositorio, también Google académico y Scielo. La información recolectada se archivarán en una matriz en un formato Excel para que en su posteridad darle continuidad y en su momento la aplicación de la misma. De igual manera, se identificará las necesidades y requerimientos de un prototipo de una organización seleccionada y se realizará una propuesta acorde a los requerimientos identificados, las limitaciones que se pueden presentar son: que no se tenga el tiempo suficiente para desarrollar la propuesta y los recursos financieros para poder implementar el prototipo.

4.2 LIMITACIONES

Estas se darían por factores tales como la falta de capital para llegar a recrear un prototipo que implemente todas estas tecnologías como les el picking por voz, gafas de realidad aumentada, escáner de anillo, ordenador corporal, asimismo el tiempo que llevaría debido a que es un tema extenso el cual necesita de una investigación amplia, también que las empresas que cuenten con una bodega automatizada como Mecalux acepten realizar una entrevista para tomar aspectos importantes como las debilidades o fortalezas.

5. CONCLUSIONES

- Tras el análisis de tanto las herramientas como tecnologías que demuestran un mejor desarrollo en la logística al ser aplicadas en el proceso de almacenamiento y distribución dentro del área en las bodegas, verificamos que tras el desarrollo de un sistema de control logístico, se llegan a

obtener los resultados esperados, permitiéndonos continuar con el desarrollo del planteamiento propuesto en este trabajo.

- En cuanto a la idea de elaborar una propuesta en donde se lleve a cabo un prototipo ya con la investigación realizada y con los conocimientos alcanzados, tener planteada las ideas sobre la funcionalidad que este tendrá y en que se debe fundamentar, los procesos que este vaya a realizar, ya que teniendo el conocimiento de las herramientas necesarias para crear un dispositivo el cual combine los elementos wearables, a los que se le hizo una amplia examinación y determinando como el dispositivo final el prototipo que debe adaptar, la realidad aumentada para poder realizar los diferentes procesos logísticos contemplados según los problemas planteados a solucionar en los resultados que nos brindó el estudio sobre la problemática y los diferentes criterios que le alberga a esta.

- En el desarrollo de la exploración se han cumplido los objetivos principales de investigación acerca de los dispositivos wearables, donde se obtuvieron los datos suficientes para poder identificar cuáles de estos dispositivos son la base para crear un sistema, donde se conozcan los procesos que son necesarios en la administración de logística en una bodega, teniendo en cuenta, la relación que este sistema debe tener para funcionar en paralelo con el uso de realidad aumentada, en donde dicho sistema debe solucionar los factores problema que perjudican la organización logística que hay en el almacenamiento, distribución, transporte e inventariado de una bodega.

REFERENCIAS

Castillo, n., 2022. Gestión logística en centros de distribución almacenes y bodegas. [online] Academia.edu. Available at: <https://www.academia.edu/25686394/GESTI%C3%93N_LOG%C3%8DSTICA_EN_CENTROS_DE_DISTRIBUCION_ALMACENES_Y_BODEGAS> [Accessed 21 March 2022].

Ochoa, M. P., & Davila, J. (2019). Modelamiento de un sistema automatizado de logística integral usando redes de petri coloreadas. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*, 21(1), 63–72. <https://doi.org/10.25100/iyc.v21i1.7655>

Bernal Juan D., Bacca Jorge, Daza Julio M., (2019) Una aplicación móvil de Realidad Aumentada para la enseñanza de la gestión de almacenes en logística. En *Desarrollo e innovación en ingeniería*. ISBN 978-958-52333-0-0, págs. 85-95.

Oliveira Júnior, J. O. de. (2022). SBED and the 2022 Lima Declaration: guarantee of care for children and adolescents in pain and their families. *Brjp*, 5(BrJP, 2022 5(3)), 193–194. <https://doi.org/10.5935/2595-0118.20220050-en>

Zebra. (2020) "Escáner tipo anillo con Bluetooth RS5100". Soluciones tecnológicas integrales para la cadena de suministro|STG. <https://www.stglatam.com/wp-content/uploads/2020/03/rs5100-spec-sheet-es-la.pdf> (accedido el 19 de diciembre de 2022).

Zebra. (2021a). *Computadora móvil vestible WT6300* | Zebra. ZebraTechnologies.

<https://www.zebra.com/la/es/products/mobile-computers/wearable-computers/wt6300.html>

Zebra. (2021b). *Hoja de especificaciones del escáner tipo anillo con Bluetooth RS5100* | Zebra. Zebra Technologies.

<https://www.zebra.com/la/es/products/spec-sheets/mobile-computers/wearable/rs5100.html>

Intervención Cognitivo-Conductual Breve en una paciente con sentimiento de culpa derivado de violencia de género. Un caso clínico.

Álvarez-García, Horacio Balam^{1,2*}; Lugo-González, Isaías Vicente³;

Becerra Gálvez, Ana Leticia⁴

¹Clinica de Trastornos de Sueño. Facultad de Medicina. UNAM.

²Programa de maestría y doctorado en ciencias médicas, odontologías y de la salud. Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM.

³Unidad de Investigación Interdisciplinaria en Ciencias de la Salud y Educación (UIICSE). Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM

⁴Licenciatura en Psicología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM

Resumen: La violencia hacia la mujer representa un problema a nivel mundial que afecta la integridad física y psicológica de la persona que la padece. Una de las problemáticas frecuentes en las mujeres que experimentan violencia además del miedo y la ansiedad son los pensamientos de culpa. El objetivo del presente caso clínico es describir los efectos de una Intervención Cognitivo-Conductual breve en la culpa derivada de una agresión física sufrida por una joven de la Ciudad de México. La intervención se constituyó por siete sesiones en las cuales se emplearon técnicas como psicoeducación, respiración diafragmática profunda, distracción cognitiva y experimentos conductuales. Los cambios clínicos se valoraron con la Escala de Valoración del Estado de Ánimo (EVEA), la Escala para medir sentimiento de culpa (SC-35) y autorregistros semanales de la frecuencia y la intensidad de la respuesta. Los resultados revelan cambios clínicos en la EVEA (pre=75%, post=90%) y en el SC-35 (pre=115, post=64). Estos cambios se mantuvieron en el seguimiento a un mes. Se concluye que la intervención fue clínicamente significativa para la paciente, permitiendo disminuir el malestar percibido, sin embargo, se sugiere incluir una perspectiva de género y procesos psicoeducativos para la identificación de otras dimensiones de la violencia en el abordaje de este tipo de casos.

Palabras clave: culpa, terapia cognitivo conductual, violencia hacia la mujer.

Recibido: 28 de septiembre de 2022. Aceptado: 22 de febrero de 2023

Received: September 28th, 2022. Accepted: February 22nd, 2023

Brief Cognitive-Behavioral Intervention in a patient with feelings of guilt derived from gender violence. A clinical case.

Abstract: Violence against women represents a worldwide problem that affects the physical and psychological integrity of the person who suffers it. One of the frequent problems in women who experience violence in addition to fear and anxiety are thoughts of guilt. The objective of this clinical case is to describe the effects of a brief Cognitive-Behavioral Intervention on the guilt derived from physical aggression suffered by a young woman from Mexico City. The intervention consisted of seven sessions in which techniques such as psychoeducation, deep diaphragmatic breathing, cognitive distraction, and behavioral experiments were used. Clinical changes were assessed with the Mood State Assessment Scale (EVEA), the Scale to measure feelings of guilt (SC-35), and weekly self-records of the frequency and intensity of the response. The results reveal clinical changes in the EVEA (pre=75%, post=90%) and in the SC-35 (pre=115, post=64). These changes were maintained at a one-month follow-up. It is concluded that the intervention was clinically significant for the patient, allowing to reduce the perceived discomfort, however, it is suggested to include a gender perspective and psychoeducational processes for the identification of other dimensions of violence in the approach of this type of case.

Keywords: guilt, cognitive behavioral therapy, violence against women.

(*) hbgarcia_mosh11@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la violencia hacia a las mujeres y las niñas en cualquiera de sus manifestaciones, representa uno de los principales problemas sociales debido a la alta incidencia de agresiones y sus repercusiones en la salud mental en aquellas que la han padecido (Oram et al., 2017; Oram et al., 2019). Las formas de violencia más comunes en las mujeres son el abuso físico (golpes y agresión verbal) y sexual (Bohra et al., 2015; Chhabra et al., 2020).

Al respecto, la Entidad de las Naciones Unidas para la Igualdad de Género y el Empoderamiento de las Mujeres ONU Mujeres (2015) menciona que, en contextos como el hogar, en el trabajo e incluso en la calle, la violencia contra las mujeres y las niñas representa una violación a los derechos humanos. Agrega que, si bien la violencia es ejercida frecuentemente por algún compañero sentimental, también podría ser ejercida por otra persona principalmente por hombres.

De acuerdo con los datos del Instituto Nacional de Estadística Geografía, (2019) en México se reporta que el 66.1 % de las mujeres mayores de 18 años han sufrido algún tipo de violencia, siendo la pareja la generadora de violencia en un 43.9% de los casos. La violencia emocional es más frecuente (34.3%) en mujeres casadas, mientras que la violencia física es más frecuente (4.9%) en mujeres solteras.

Se ha reportado que las mujeres que sufren algún tipo de violencia pueden llegar a desarrollar ansiedad, depresión, abuso en el consumo de sustancias y trastornos por estrés posttraumático (TEPT) (Satyanarayana et al., 2015). Además, las mujeres que han sufrido violencia física o sexual tienden a experimentar vergüenza y culpa debido al estigma que se genera en las dependencias gubernamentales (Aakvaag et al., 2016).

2. MARCO TEÓRICO

La culpa, se define como el resultado de la evaluación negativa o conducta relacionada con el evento traumático; suele acompañarse en muchas ocasiones, de vergüenza relacionada con la evaluación negativa de sí mismo (Beck et al., 2011).

De acuerdo con el modelo multidimensional de culpa (Kubany, 1997), ésta se desarrolla por la combinación del estrés agudo derivado de la exposición a un evento traumático y cuatro elementos de relevancia divididos en: 1) la percepción de responsabilidad por provocar el evento, 2) la percepción sobre su actuar durante el evento traumático, 3) la transgresión de los valores morales y 4) la prevención o previsión sobre la ocurrencia del evento traumático. Por lo tanto, la culpa es un proceso de evaluación negativa que mantiene el malestar emocional (por ejemplo: enojo o tristeza) en las personas (Kubany & Watson, 2003, Browne et al., 2015).

Las manifestaciones de la culpa se han reportado en diferentes poblaciones sometidas a eventos traumáticos como mujeres que sufrieron abuso sexual (Nishith et al., 2005), veteranos de guerra con síntomas de TEPT (Norman, et al, 2018), y excombatientes con ideación suicida (Cunningham et al., 2017).

Bajo este modelo se desarrolló una intervención de corte Cognitivo- Conductual cuyo objetivo es disminuir las alteraciones emocionales asociadas con la culpa y lograr un procesamiento del evento traumático más adaptativo (Kubany et al., 1995; Kubany & Manke, 1995). Esta intervención ha demostrado eficacia en el tratamiento de la culpa en mujeres sobrevivientes a combate (Kubany et al., 2003), mujeres víctimas de violación que desarrollaron TEPT (Kubany et al., 2004) y en veteranos de guerra (Norman et al., 2014).

Igualmente, se ha replicado en Polonia con resultados favorables en la disminución de malestar emocional asociado a la culpa (Popiel, 2014) en los cuidadores primarios de pacientes con Alzheimer (Mahmoudi et al., 2017) y en personas contagiadas por COVID-19 (Haller et al., 2020).

Bajo este marco de referencia, el objetivo del presente trabajo es mostrar la efectividad de una Intervención Cognitivo-Conductual breve sobre la culpa experimentada en una joven mexicana víctima de agresión física.

3. METODOLOGÍA

Se realizó un estudio de caso único con medidas pretratamiento postratamiento y seguimiento. Se evaluaron los parámetros de frecuencia e intensidad de la respuesta emocional, además de las medidas pretratamiento, postratamiento y seguimiento a un mes (Ato-García & Vallejo-Seco, 2015).

3.1 Análisis de datos.

Para el análisis de los datos se empleó el Índice de Cambio Clínico Objetivo (CCO) expresado en porcentaje (Cardiel, 1994) para comparar los puntajes obtenidos en la escala SC-35, en cada subescala de la EVEA, así como en el promedio de episodios e intensidad en el enojo. Estos contrastes se realizaron entre preevaluación-postevaluación y preevaluación-seguimiento.

El CCO es recomendado al evaluar la significancia clínica de los efectos de un tratamiento psicológico y se obtiene calculando la diferencia entre la postevaluación (o seguimiento) y la preevaluación dividida entre esta última, indicando que un porcentaje \geq al 20% es clínicamente significativo. Cabe señalar que pueden existir cambios en decremento o incremento, esto en virtud del tipo de variable que se esté analizando (García-Flores y Sánchez-Sosa, 2013). Si se trata de una variable de incremento, la diferencia se obtiene entre la postevaluación (o seguimiento) y la preevaluación dividida entre la post evaluación.

3-2 Datos de identificación:

Se trata de FZ una mujer de 33 años al momento de la evaluación e intervención psicológica. Originaria y residente de la ciudad de Pachuca (en el estado de Hidalgo, México), soltera, sin hijos y vive sola. Su grado máximo de estudios es licenciatura en administración. En la actualidad se desempeña en el área de contabilidad, en una empresa de la ciudad donde reside. La usuaria reporta estar sana y niega durante la entrevista antecedentes psicológicos o psiquiátricos. Menciona que consume alcohol y tabaco de forma regular en

contextos de ocio los fines de semana a razón de seis copas por ocasión sin llegar a la embriaguez. Recientemente presenta una rutina de ejercicio diario a razón de una hora, además de dieta para control de peso. Percibe como estables sus redes de apoyo sociales en el contexto familiar y laboral.

3.3 Motivo de consulta.

Acude a sesión psicológica debido a constantes episodios de enojo durante el día y pensamientos de culpa que han comenzado a interferir en su trabajo, actividad física y relaciones sociales.

3.4 Historia del problema.

Durante la entrevista conductual, menciona que tres meses previos a la primera sesión psicológica, sufrió una agresión física (empujones) y verbal (insultos) por parte de un amigo varón con el que tenía seis meses saliendo con fines de ocio. A partir de este suceso, FZ ha notado que se siente culpable, teniendo pensamientos recurrentes asociados a su forma de actuar y recriminándose por no haber previsto la agresión. Aunado a ello, comenzó a observar que se enojaba con mayor facilidad y había comenzado a evitar salir sola por la noche o con sus amigos hombres.

3.5 Estrategia de evaluación

Se utilizó una sesión de evaluación clínica donde se aplicaron los siguientes instrumentos:

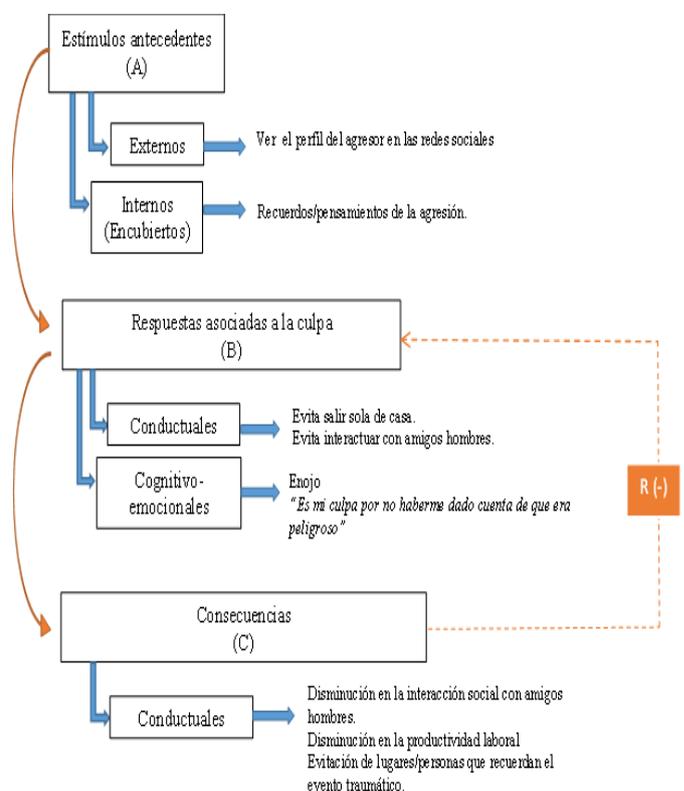
- Escala para medir sentimiento de culpa SC-35 (Zabalegui, 1993): Instrumento autoaplicable que consta de 35 reactivos, cuya finalidad es medir los sentimientos de culpa. Se califica en escala tipo Likert que va de totalmente falso (1) a totalmente verdadero (5). La escala cuenta con una confiabilidad de 0.88 y 0.64 de la varianza total explicada. Los puntos de corte: 0-40 (sentimientos de culpa escasos), 41-69 (poca tendencia a experimentar culpa), 70-99 (sentimiento de culpa normal), 100-120 (tendencia a culparse más de lo debido), 121-140 (sentimiento de culpa excesivo) y 141-175 (sentimiento de culpa agobiantes).
- Escala de Valoración del Estado de Ánimo, EVEA (Del Pino-Sedeño et al., 2010): Instrumento autoaplicable que consta de 16 reactivos que miden el estado de ánimo. Se califica en escala tipo Likert que va de nada (0) a mucho (10). Se compone de cuatro dimensiones: ansiedad, irritabilidad-hostilidad, tristeza-depresión y alegría. Esta escala cuenta con una confiabilidad de 0.88 y presentó un 0.52 de la varianza total explicada. Para la interpretación, se sugiere hacer la sumatoria de los ítems de las dimensiones obteniendo rangos de 0 a 40, de acuerdo con los autores los puntajes mayores a 20 indican que la persona presenta ese estado de ánimo al momento de la evaluación.
- Autorregistro. Se solicitó el llenado de un formato a la paciente el cual incluía parámetros conductuales como frecuencia (número de veces que se enojaba durante el día) e intensidad (escala subjetiva análoga

cuyos valores oscilaban entre el cero= ausencia de malestar y 10=mayor nivel de malestar).

3.6 Formulación y Análisis funcional de la Conducta.

A partir de la información, se realizó un Análisis Funcional de la Conducta (AFC) para determinar la topografía y relación funcional de las conductas asociadas con la culpa percibida por FZ. Se hipotetizó que la agresión del acompañante generó una respuesta de miedo en FZ. A través de un proceso de aprendizaje asociativo se generó una relación entre la emoción y los pensamientos en dicha la situación. A partir de este acontecimiento, cada vez que FZ tenía recuerdos sobre esa noche o veía el perfil del agresor en redes sociales (A) se generaban respuestas (B) emocionales (enojo), cognitivas (culparse por no prevenir/prever la agresión) y conductuales (evitar salir con sus amigos hombres). Estas respuestas habían comenzado a tener consecuencias (C) desadaptativas en el trabajo (pasa mucho tiempo pensando sobre el evento y ha disminuido su productividad), relaciones sociales (evita salir sola de casa y reunirse con amigos) y de autocuidado (no realiza su actividad física debido a que evita salir sola de casa y exponerse a una nueva agresión). Bajo este análisis se concluyó que, si bien las respuestas asociadas a la problemática tienen origen entre la asociación y las respuestas, los comportamientos se mantuvieron en el tiempo debido a la forma en que opera la usuaria, es decir, se mantiene por refuerzo negativo al evitar conductas que favorecían una disminución del enojo como se describe en la Figura 1.

Figura 1
Análisis funcional de la Conducta del caso de FZ



Nota: Las conductas evitativas se mantienen por reforzamiento negativo (R-) ausencia de malestar sostenido en el tiempo el cual se esquematiza con la línea punteada de color anaranjado.

Por otra parte, bajo el modelo multidimensional de culpa, se infiere que los pensamientos de FZ se asocian con: responsabilidad por provocar el evento y prevención/previsión sobre la ocurrencia de este. A la luz de este análisis idiográfico y con base en el incumplimiento de criterios nosológicos para el TEPT del manual diagnóstico y estadísticos de las enfermedades mentales en su quinta edición (DSM-5; American Psychiatry Association, 2013) se descarta la presencia de dicho trastorno en la usuaria. Con base en esta información y en apego al AFC se delineó el plan de intervención. Finalmente, se le brindó el consentimiento informado a FZ donde se explicaba los fines de investigación sobre su caso.

3.7 Tratamiento.

Se diseñó una Intervención Cognitivo -Conductual breve para culpa (ICCB-C). Se estructuró en un total de siete sesiones, divididas en una sesión de evaluación, cinco sesiones de tratamiento y una sesión de seguimiento. Las sesiones de tratamiento fueron semanales con una duración de 50 minutos cada una como se describe en la tabla 1.

Basados en el AFC se eligieron técnicas cognitivo-conductuales con evidencia empírica. Para modificar la respuesta fisiológica del enojo se utilizó la respiración diafragmática profunda, aunado a ello, se entrenó en la detección y modificación de los pensamientos asociados con la valoración negativa a través de la distracción cognitiva. Finalmente, las respuestas conductuales se trabajaron a partir de los experimentos conductuales con el objetivo disminuir las consecuencias negativas de la evitación.

3.8 Descripción de las sesiones.

En la sesión uno se realizó la entrevista inicial, evaluación psicométrica, se pactaron los horarios de las sesiones posteriores y se entregó formato de autorregistro. En la segunda y tercera sesión se ofreció un panorama general de la información y se definieron los objetivos terapéuticos. Además, se explicó el patrón de funcionamiento de su problema con apoyo del AFC y entrenó en ejercicios de respiración diafragmática profunda. Se entrenó en el uso del autorregistro y se solicitó un listado de tres situaciones/actividades que coadyuvaran en la reducción del malestar.

Para la sesión cuatro se retomaron las tres situaciones que la tranquilizaran para su aplicación en técnica de la distracción cognitiva. Se solicitó que a la par de la ejecución de los ejercicios de respiración evocara las imágenes de aquellas situaciones y lugares que la tranquilizara y así evitar la presencia de los pensamientos asociados con la culpa.

Para la sesión cinco se observó que FZ ya identificaba los pensamientos más recurrentes, por lo cual, la aplicación de técnicas de modificación cognitiva se centró en los

pensamientos de culpa relacionados con su responsabilidad por la agresión sufrida. Se utilizó el debate práctico para modificar la concepción de utilidad de dichas cogniciones en la respuesta emocional. Una vez realizado el ejercicio e identificados los pensamientos y sus consecuencias, se buscaron pensamientos alternativos que les ayudaran a disminuir su enojo cada vez que recordara la agresión.

Tabla 1
Resumen del tratamiento para el caso de FZ.

Sesión	Objetivo	Actividades
1	Realizar una valoración inicial de la problemática y conocer la respuesta en sus diferentes niveles.	-Entrevista Conductual. -Aplicación de SC.35 y EVEA -Orientación en el uso del Autorregistro.
2	Retroalimentación y diseño de tratamiento.	-Explicación del AFC. -Planteamiento de objetivos terapéuticos. -Información del esquema de tratamiento
3	Ofrecer información relacionada al problema y sus alternativas para disminuir el malestar emocional y cognitivo relacionado a la culpa.	-Revisión de los Autorregistros. -Información relacionada al funcionamiento de la problemática en la última semana (contingencias). -Información de los beneficios, pasos y pautas para la ejecución de ejercicios en respiración diafragmática profunda. -Modelado y moldeamiento de la técnica.
4	Identificación, detención y modificación de pensamientos de culpa.	-Revisión de los Autorregistro -Retroalimentación y sugerencias para la implementación de la respiración diafragmática profunda en casa o ante situaciones percibidas como evocadoras de las respuestas de enojo. -Información sobre estrategias para la detención y modificación de pensamientos sobre la responsabilidad de provocar el evento e incapacidad de prevenirlo por medio de ejercicios en distracción cognitiva.
5	Modificación de pensamientos de culpa.	-Revisión de los Autorregistro. -Implementación de experimentos conductuales
6	Identificación de los cambios clínicos posteriores a la intervención.	Aplicación de SC.35 y EVEA

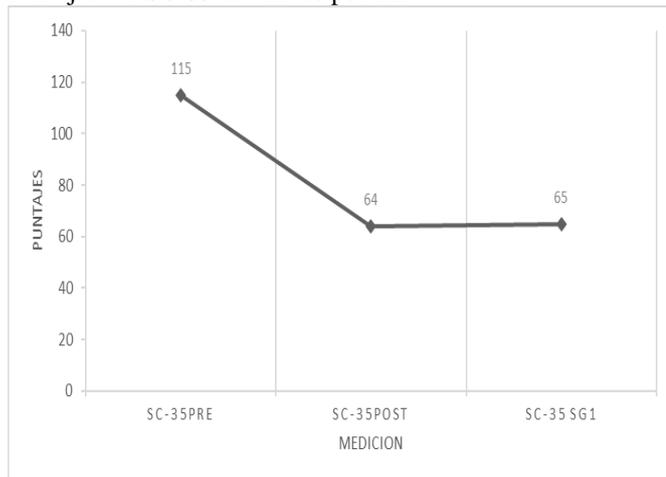
En la sexta sesión se analizó con la paciente la utilidad de las técnicas aprendidas con base en sus autorregistros. Se aplicaron los instrumentos de evaluación y se enseñó la técnica de experimentos conductuales. Finalmente, se repasaron los objetivos terapéuticos y se pactó la fecha para el seguimiento. Un mes después durante el seguimiento se aplicaron los instrumentos de evaluación y se analizó el mantenimiento de los logros desde la última sesión.

4. RESULTADOS Y/O DISCUSIÓN.

Dentro de los puntajes obtenidos por FZ en la escala para medir sentimiento de culpa SC-35 se observa una disminución general, ya que antes de iniciar el tratamiento el puntaje fue de 115, cuya interpretación es Tendencia a culparse más de lo debido. Una vez terminada la intervención se observa un puntaje de 64 y un incremento a 65 puntos tras el seguimiento a un mes. Sin embargo, ambos puntajes se interpretan como Poca tendencia a experimentar culpa (ver Figura 2). En este caso, el decremento en los puntajes fue clínicamente significativo, ya que, entre el pre y post evaluación se obtuvo un CCO= - 44% y un CCO= - 43% entre la preevaluación y el seguimiento.

Figura 2

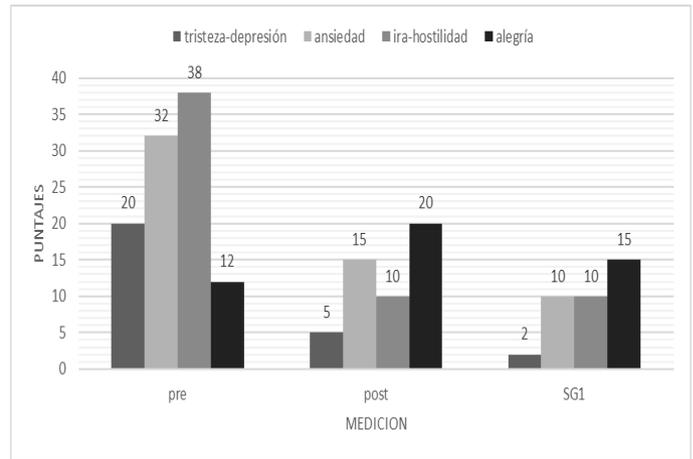
Puntajes del SC-35 obtenidos por FZ.



De igual forma, en los puntajes obtenidos en ansiedad, irritabilidad-hostilidad y tristeza-depresión de la EVEA se observa un decremento, y por su parte, un incremento en la subescala de felicidad; ambos clínicamente significativos. En el caso de tristeza-depresión se obtuvo un CCO= - 75% y - 90% al contrastar la pre y post evaluación, así como la preevaluación y el seguimiento; respectivamente. Para ansiedad los resultados se tradujeron en un CCO= - 53% y - 68%, para irritabilidad-hostilidad en un CCO= - 73% en ambos contrastes y en alegría se obtuvieron incrementos dado el CCO= 40% y 20% como se describe en la Figura 3.

Figura 3

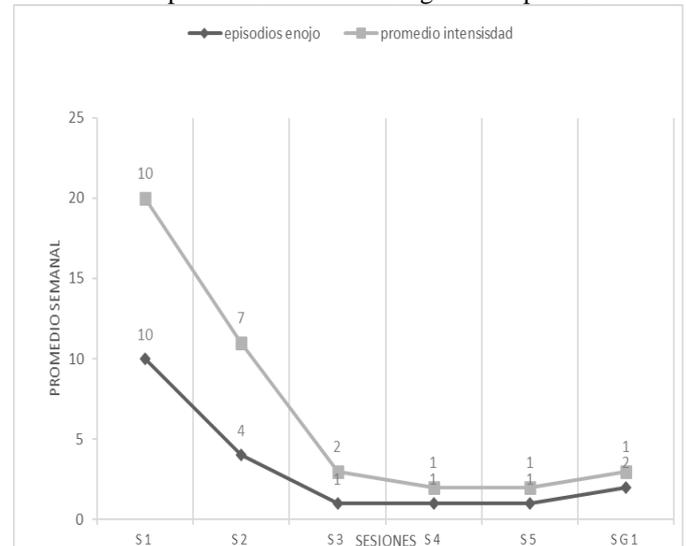
Puntajes del EVEA obtenidos por FZ



Finalmente, en la Figura 4 se muestran los promedios de enojo e intensidad durante las semanas de tratamiento. Se observa que la semana uno los promedios de enojo e intensidad estaban en 10, a partir de la segunda semana comienza una curva descendente en los promedios, colocándose en cuatro episodios de enojo y un nivel de intensidad de 7 puntos. Para la tercera semana se observa una disminución en los promedios colocándose en dos episodios de enojo y un nivel de intensidad de un punto. En las semanas cuatro y cinco se observa una disminución en el promedio de episodios, al ser solo de uno y con una intensidad similar. En el seguimiento a un mes se observa un ligero incremento en el promedio de episodios al regresar a dos, pero manteniendo la intensidad en un punto. Finalmente podemos observar que los resultados psicométricos y de medición directa reflejan una disminución general de los síntomas una vez terminado el tratamiento. El decremento progresivo observado en estas variables se tradujo en un CCO= - 90% al contrastar pre y postevaluación y preevaluación y seguimiento en la intensidad de los episodios. Por su parte, un CCO= - 90% y - 80%, al contrastar pre y postevaluación y preevaluación y seguimiento en la frecuencia de episodios de enojo, respectivamente.

Figura 4

Promedio de episodios e intensidad registrados por FZ



Basado en los resultados obtenidos por FZ, se observa que la ICCB-C resultó efectiva al cumplir los objetivos terapéuticos al disminuir la frecuencia e intensidad de los episodios de enojo y culpa. Cabe señalar que esta mejoría clínica, se puede observar con el decremento observado en el autorregistro a partir de la sesión 3, donde se enseñó la técnica de respiración diafragmática (RD), además, se observó una mejoría gracias a la implementación de los ejercicios de distracción cognitiva (DC).

Lo que se pretendía con la RD era disminuir la intensidad de la emoción y con la DC se pretendía evitar la aparición de pensamientos de culpa, que, de acuerdo con la hipótesis generada en el AFC, servían como estímulos antecedentes del malestar emocional, los cuales a su vez se mantenían por un reforzamiento negativo. Ante este fenómeno, se entrenó a FZ en estrategias que le permitieran generar respuestas competitivas que debilitaran el efecto del reforzamiento negativo.

Por otra parte, en el modelo multidimensional de culpa, las técnicas buscaban: a) bloquear la aparición de los pensamientos de culpa y b) bloquear las respuestas emocionales provocadas por los pensamientos de culpa (Kubany & Watson, 2003). Para el caso de FZ, el bloquear la frecuencia de estos pensamientos y de la intensidad emocional, podría ayudar a procesar el evento traumático. En relación con los ejercicios de modificación cognitiva, el objetivo era poner en duda la utilidad de los pensamientos de culpa asociados a la prevención y responsabilidad del evento traumático en función de sus actividades cotidianas (Kubany & Manke, 1995).

Sin embargo, la intervención se alejó de los tratamientos propuestos previamente (Kubany et al., 2003; Kubany, et al., 2004; Popiel, 2014), debido a que en el caso de FZ no existían señales de TEPT. A pesar de ello, se utilizaron elementos de este modelo multidimensional ya que a la luz de investigaciones previas ha sido eficaz en el tratamiento de los pensamientos y sentimientos de culpa (Haller et al., 2020; Mahmoudi et al., 2017).

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con el motivo de consulta, la culpa generaba un malestar clínico significativo para la paciente. Esto es concordante con los estudios previos en poblaciones que presentan culpa derivada de un trauma (Cunningham, et al, 2017). Sin embargo, el no contar con los instrumentos psicométricos como son: Inventario de Trauma Relacionado a Culpa (TRGI) (Kubany, et al 1996) o Cuestionario de evento traumáticos de la vida (Kubany, et al. 2000) no permite comprobar si la culpa disminuyó. Con base en ello, este caso no estaría totalmente relacionado con las líneas de investigación actuales sobre culpa. Se sugiere para futuras investigaciones hacer una validación de dichos instrumentos en población mexicana y así poder hacer un segundo reporte de caso sobre la eficacia de la ICCB-C en culpa. Es importante mencionar, que el modelo multidimensional de culpa (Kubany, & Watson, 2003). se adaptaba a las características del caso, si bien se desarrolla con base en traumas asociados con los combates bélicos, se flexibiliza a otros escenarios traumáticos, esto concuerda con lo observado en mujeres que sufrieron abuso sexual (Nishith et al., 2005),

Una debilidad de este estudio fue el pobre entrenamiento en la implementación de estrategias para la solución de problemas y en el afrontamiento activo ante agresiones físicas y verbales futuras. En ese sentido y considerando lo expresado la Entidad de las Naciones Unidas para la Igualdad de Género y el Empoderamiento de las Mujeres ONU Mujeres (2015) las prácticas discriminatorias hacia las mujeres y los actos de violencia contra ellas suelen presentarse en una de cada tres mujeres en el mundo y ocurren en casi todos los contextos de interacción, por lo tanto, la probabilidad de que la usuaria experimente situaciones de violencia a futuro es alta. En consecuencia, el entrenamiento en las acciones a realizar para enfrentar una agresión colocaría a la usuaria en mejores condiciones para hacerle frente y no solo lidiar con el malestar emocional y la culpa como ocurrió en este caso.

Además, la inclusión de otros profesionales como legistas, trabajadores sociales y las autoridades se vuelve prioritario dado que, ante la gravedad de este problema, la cultura de la demanda es fundamental. El desarrollo de programas psicoeducativos para la atención y prevención de la violencia ejercida en mujeres y niñas es una necesidad en México y el mundo, el trabajo del psicólogo es indispensable y puede dar frutos como se expresó en este caso clínico.

REFERENCIAS

- Aakvaag, H., Thoresen, S., Wentzel-Larsen, T., Dyb, G., Røysamb, E., & Olff, M. (2016). Broken And Guilty Since It Happened: A Population Study Of Trauma-Related Shame And Guilt After Violence And Sexual Abuse. *Journal of affective disorders*, 204, 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2016.06.004>
- American Psychiatric Association, A. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. 5th ed.* Washington, DC: American Psychiatric Association.
- Ato-García, M., & Vallejo-Seco, G. (2015). *Diseños de investigación en psicología*. Ediciones Pirámide.
- Beck, J., McNiff, J., Clapp, J., Olsen, S., Avery, M., & Hagewood, J. (2011). Exploring Negative Emotion In Women Experiencing Intimate Partner Violence: Shame, Guilt, And Ptsd. *Behavior therapy*, 42(4), 740–750. <https://doi.org/10.1016/j.beth.2011.04.001>
- Bohra, N., Sharma, I., Srivastava, S., Bhatia, M., Chaudhuri, U., Parial, S., . . . Kataria, D. (2015). Violence Against Women. *Indian journal of psychiatry*, 57(Suppl 2), S333–S338. <https://doi.org/10.4103/0019-5545.161500>
- Browne, K. C., Trim, R. S., Myers, U. S., & Norman, S. B. (2015). Trauma-Related Guilt: Conceptual Development And Relationship With Posttraumatic Stress And Depressive Symptoms. *Journal of traumatic stress*, 28(2), 134–141. <https://doi.org/10.1002/jts.21999>

- Cardiel, R. (1994). La medición de la calidad de vida. En L. Moreno, F. Cano-Valle y H. García-Romero (Eds.): *Epidemiología clínica* (pp. 189-199). McGraw-Hill.
- Chhabra, M., Fiore, L. B., & Pérez-Villanueva, S. (2020). Violence Against Women: Representations, Interpretations, and Education. *Violence against women*, 26(14), 1743–1750. <https://doi.org/10.1177/1077801220942848>
- Cunningham, K., Farmer, C., LoSavio, S., Dennis, P., Clancy, C., Hertzberg, M., . . . Beckham, J. (2017). A Model Comparison Approach To Trauma-Related Guilt As A Mediator Of The Relationship Between PTSD Symptoms And Suicidal Ideation Among Veterans. *Journal of affective disorders*, 221, 227–231. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2017.06.046>
- Del Pino-Sedeño, T., Peñate, W., & Bethencourt, J. (2010). La escala de valoración del estado de ánimo (evea): análisis de la estructura factorial y de la capacidad para detectar cambios en estados de ánimo. *Análisis y Modificación de Conducta*, 36(153-154), 19-32.
- Entidad de las Naciones Unidas para la Igualdad de Género y el Empoderamiento de las Mujeres. ONU Mujeres (2015). Violencia contra las mujeres. Hechos que todo el mundo debe conocer. <https://www.unwomen.org/es/digital-library/multimedia/2015/11/infographic-violence-against-women>
- García-Flores, R., y Sánchez-Sosa, J. J. (2013). Efectos de la entrevista motivacional en el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2. *Psicología y Salud*, 23(2), 183-193. <http://revistas.uv.mx/index.php/psicysalud/article/view/500>
- Haller, M., Norman, S., Davis, B., Capone, C., Browne, K., & Allard, C. (2020). A Model For Treating COVID-19-Related Guilt, Shame, And Moral Injury. *Psychological trauma : theory, research, practice and policy*, 12(S1), S174–S176. <https://doi.org/10.1037/tra0000742>
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Información. (2019). *Estadísticas a propósito del día internacional de la eliminación de la violencia contra la mujer* [Comunicado de prensa]. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2019/Violencia2019_Nal.pdf
- Kubany, E., & Manke, F. (1995). Cognitive Therapy For Trauma Related Guilt: Conceptual Bases And Treatment Outlines. *Cognitive and Behavioral Practice*, 2, 27–61.
- Kubany, E., Abueg, F., Owens, J., Brennan, J., Kaplan, A., & Watson, S. (1995). Initial Examination Of A Multidimensional Model Of Guilt: Applications To Combat Veterans And Battered Women. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, 17, 353–376.
- Kubany, E., Haynes, S., Abueg, F., Manke, F., Brennan, J., & Stahura, C. (1996). Development and validation of the Trauma-Related Guilt Inventory (TRGI). *Psychological Assessment*, 8(4), 428–444. <https://doi.org/10.1037/1040-3590.8.4.428>
- Kubany, E. (1997). Application Of Cognitive Therapy For Trauma-Related Guilt (CT-TRG) With A Vietnam Veteran Troubled By Multiple Sources Of Guilt. *Cognitive and Behavioral Practice*, 4(2), 213–244. [https://doi.org/10.1016/S1077-7229\(97\)80002-8](https://doi.org/10.1016/S1077-7229(97)80002-8).
- Kubany, E., Haynes, S., Leisen, M., Owens, J., Kaplan, A., & Burns, K. (2000). Development And Preliminary Validation Of The Traumatic Life Events Questionnaire. *Psychological Assessment*, 12(2), 210-224. <https://doi.org/10.1037/1040-3590.12.2.210>
- Kubany, E., & Watson, S. (2003). Guilt: Elaboration Of A Multidimensional Model. *The Psychological Record*, 53(1), 51. <https://link.gale.com/apps/doc/A98315578/AONE?u=anon~c3d191dc&sid=googleScholar&xid=08ba109c>
- Kubany, E., Hill, E., & Owens, J. (2003). Cognitive Trauma Therapy For Battered Women With PTSD: Preliminary Findings. *Journal of traumatic stress*, 16(1), 81–91. <https://doi.org/10.1023/A:1022019629803>
- Kubany, E., Hill, E., Owens, J., Iannce-Spencer, C., McCaig, M., Tremayne, K., & Williams, P. (2004). Cognitive Trauma Therapy For Battered Women With PTSD (CTT-BW). *Journal of consulting and clinical psychology*, 72(1), 3–18. <https://doi.org/10.1037/0022-006X.72.1.3>
- Mahmoudi, M., Mohammadkhani, P., Ghobari-Bonab, B., & Bagheri, F. (2017). Effectiveness of Cognitive-Behavioral Group Therapy on Guilt Feeling Among Family Caregivers of Patients With Alzheimer’s Disease. *Practice in clinical psychology*, 5(3), 203-210. <https://doi.org/10.18869/acadpub.jpcp.5.3.203>
- Nishith, P., Nixon, R., & Resick, P. (2005). Resolution Of Trauma-Related Guilt Following Treatment Of PTSD In Female Rape Victims: A Result Of Cognitive Processing Therapy Targeting Comorbid Depression?. *Journal of affective disorders*, 86(2-3), 259–265. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2005.02.013>
- Norman, S., Wilkins, K., Myers, U., & Allard, C. (2014). Trauma Informed Guilt Reduction Therapy With Combat Veterans. *Cognitive and behavioral practice*, 21(1), 78–88. <https://doi.org/10.1016/j.cbpra.2013.08.001>
- Oram, S., Khalifeh, H., & Howard, L. (2017). Violence Against Women And Mental Health. *The lancet. Psychiatry*,

4(2), 159–170. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(16\)30261-9](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(16)30261-9)

Oram, S., Boyce, N., & Howard, L. M. (2019). Mental Health And Violence: Opportunities For Change. *The lancet. Psychiatry*, 6(7), 558–559. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(19\)30186-5](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(19)30186-5)

Popiel, A. (2014). Terapia Poznawcza Poczucia Winy Zwiazanego Z Trauma U Osób Z PTSD [Cognitive Therapy Of Trauma Related Guilt In Patients With PTSD]. *Psychiatria polska*, 48(3), 615–625.

Satyanarayana, V., Chandra, P., & Vaddiparti, K. (2015). Mental Health Consequences Of Violence Against Women And Girls. *Current opinion in psychiatry*, 28(5), 350–356. <https://doi.org/10.1097/YCO.0000000000000182>

Zabalegui, L. (1993). Una escala para medir culpabilidad. *Revista Miscelánea Comillas*, 51, 485-509.

Diseño de un Perfil de Movimiento Trapezoidal a la Implementación Física de un Prototipo de Robot Cartesiano 3P

Forero Salas, Andrés Felipe¹ (*); Ramírez Montes, Juan Fernando¹; Blanco Cañón, Robín Alfonso¹

¹Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ingeniería, Bogotá, Colombia

Resumen: En este artículo se lleva a cabo el análisis detallado de un sistema robótico cartesiano 3P, que constituye un prototipo de parqueadero automatizado a escala, haciendo uso del microcontrolador de 8 bits PIC18F4550, el recorrido parte del desarrollo del perfil trapezoidal utilizado, su posterior discretización y parametrización con el fin de hacerlo implementable en el microcontrolador. Seguidamente, se muestra el algoritmo, así como las consideraciones a tener presentes dentro de la programación del dispositivo empleando el compilador de XC8®, junto con los resultados obtenidos. Finalmente se hace una comparativa entre las ventajas de utilizar el perfil trapezoidal y las posibles mejoras a implementar acorde con el hardware utilizado de tal forma que pueda ser aprovechado en entornos académicos donde se realizan los primeros acercamientos al diseño de perfiles de movimiento para trabajos con una capacidad de cómputo limitado.

Palabras clave: Modelado. Perfil de Movimiento Trapezoidal. Sistema Robótico Cartesiano. Microcontrolador PIC18F4550.

Recibido: 25 de noviembre de 2022. Aceptado: 20 de febrero de 2023

Received: November 25th, 2022. Accepted: February 20th, 2023

Design of a Trapezoidal Motion Profile to the Physical Implementation of a 3P Cartesian Robot Prototype

Abstract: This paper presents a detailed overview of a 3P cartesian robotic system, represented in a scaled automated car park prototype, employing the 8 bits microcontroller PIC18F4550, the process started with the development of the used trapezoidal profile, continuing with its later discretization and its parameterization in order to implement it to the microcontroller. Secondly, it is shown the algorithm and the considerations considered during the programming of the dispositive with the XC8® compiler. Finally, it is made a comparative between the advantages of employing a trapezoidal profile and the possible enhancements to be implemented according to the available hardware in such a way that it can be used in academic environments especially during the designs of motion profiles for prototypes with limited computational capacity.

Keywords: Modelling. Trapezoidal Motion Profile. Cartesian Robotic System. Microcontroller PIC18F4550.

(*) anforero@unal.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

Los problemas afrontados en la actualidad con frecuencia requieren de un desarrollo transversal a diferentes ramas del conocimiento, un ejemplo de ello son los estacionamientos automatizados, una idea que se ha venido desarrollando durante los últimos años y que su propuesta se enfoca en solucionar el problema de espacio en las ciudades altamente pobladas permitiendo un correcto aprovechamiento de los lugares destinados para estacionar automóviles. De la misma forma reduciendo la exposición de los conductores a gases tóxicos como el monóxido de carbono que se concentran en los estacionamientos cerrados.

El presente informe, presenta el estudio del proceso matemático detrás de la definición de las curvas de movimiento seguidas por la grúa que ubica a los automóviles en un prototipo de un estacionamiento subterráneo automatizado, así como el proceso de interpolación que se realiza con el fin de mover de manera sincrónica los ejes horizontal y vertical del sistema controlado con un PIC18F4550.

2. MARCO TEÓRICO

Dentro del mundo de la automatización es frecuente hablar del control de movimiento, ya que buena parte de los procesos que se llevan a cabo en entornos industriales y productivos requieren del transporte y modificación mecánica de la materia a partir de unos procesos definidos. Dentro de las tareas a cumplir una de las más frecuentes es el transporte eficiente de productos por lo cual se hace indispensable el diseño de trayectorias y perfiles de movimiento (Yoon), los perfiles de movimiento han sido explorados a lo largo de la historia dado que a partir de la definición de una posición deseada en un tiempo dado es posible desarrollar un análisis completo haciendo uso del cálculo para obtener información valiosa como puede ser la velocidad, aceleración e incluso el Jerk, los cuales definen el comportamiento de los sistemas dinámicos, a la vez que nos dan una imagen del comportamiento posible de las fuerzas y esfuerzos implicados dentro del mecanismo, así como los efectos que el movimiento puede tener sobre la carga a ser transportada (Yu).

Teniendo en cuenta la importancia de los perfiles de movimiento, se hace necesaria la búsqueda de funciones que ofrezcan un impacto mínimo sobre el mecanismo y la carga en términos de fuerza a la vez que se cumple con un requerimiento de tiempo. Este problema ha sido ampliamente explorado, y si bien se tienen resultados que pueden minimizar el impacto sobre el mecanismo de manera satisfactoria aparece otro problema a resolver, y es el que se encuentra asociado a la capacidad de cómputo de los controladores más utilizados en los motores (Yoon). En el momento en que se busca una función más suavizada resulta inevitable el uso de funciones más complejas las cuales pueden llegar a tener un costo computacional tan alto que no justifique dicho desarrollo a causa de su poca practicidad en entornos de control de movimiento. Por esta razón se busca un equilibrio entre el coste computacional y el impacto que las funciones de

movimiento pueden tener sobre el mecanismo. La pregunta natural sería ¿Cómo se obtiene ese equilibrio? Pues bien, la realidad es que dependerá de cada aplicación, pero basados en la bibliografía es frecuente utilizar perfiles trapezoidales o trapezoidales suavizados (Heo), los cuales son relativamente fáciles de parametrizar, su costo computacional es bajo y a la vez cumple con los requisitos mínimos para mitigar el impacto que puede tener las fuerzas asociadas al movimiento sobre los mecanismos (Rodríguez).

Dentro de este trabajo se ha decidido utilizar un microcontrolador PIC18F4550 para implementar la trayectoria trapezoidal, ya que estos dispositivos se encuentran entre la gama de unidades de procesamiento más elementales que cumplen con múltiples tareas dentro de la industria. El desarrollo en esta plataforma busca mostrar la capacidad que pueden tener estos dispositivos dentro de las aplicaciones donde sea necesario definir perfiles de movimiento haciendo una implementación funcional a la vez que económica (Chekired), finalmente el aporte más importante que se espera lograr con este trabajo es acercar estos conceptos a espacios académicos como podría ser un curso de microcontroladores. Todo esto con el fin de que estudiantes de carreras relacionadas con la automatización puedan implementar este tipo de soluciones con un enfoque práctico, el cual será de utilidad en su vida profesional.

3. METODOLOGÍA

El proceso se realizó en tres etapas correspondientes al diseño cinemático del perfil, desarrollo del algoritmo de programación del microcontrolador y construcción física del prototipo.

3.1 Diseño cinemático del perfil de movimiento trapezoidal

Para establecer un modelo adecuado se parte del comportamiento de las curvas de movimiento, analizando principalmente la curva de velocidad. El objetivo es que el cabezal que lleva a los carros se mueva a lo largo del plano reduciendo los casos donde se presenten cambios muy bruscos en la velocidad, teniendo en cuenta que en un prototipo esto produce un mayor desgaste en los motores; y podría causar afectaciones mayores en caso de ser implementado a escala real (García).

Por lo anterior, se establece un perfil de movimiento trapezoidal en velocidad, según la Figura 1 para el movimiento en los ejes horizontal y vertical del cabezal. A la hora de implementar un perfil de movimiento de este tipo existe una infinidad de posibilidades, ya que al modificar cada uno de los tiempos, así como la velocidad cruce (V_c), se obtienen perfiles muy variados. Se decidió implementar un perfil en el que el proceso de aceleración y desaceleración tardaran el mismo tiempo. Adicionalmente, buscando un perfil de velocidad armónico, se decidió que el 50 % del desplazamiento se realizará a velocidad constante. De esta forma, se encuentra una relación para los tiempos que definen el perfil en las Ecuaciones (1) y (2).

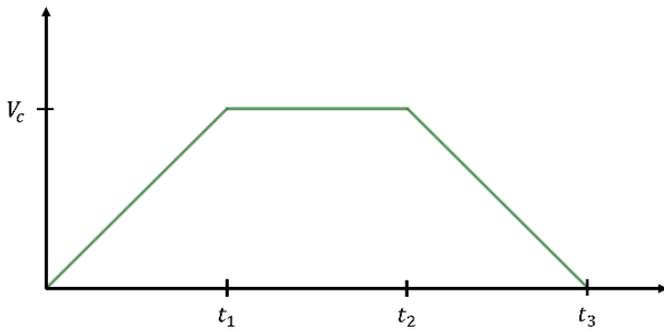


Figura 1. Perfil de velocidad trapezoidal. Fuente propia.

$$t_2 = 2 \cdot t_1 \quad (1)$$

$$t_3 = 3 \cdot t_1 \quad (2)$$

Para definir el parámetro de tiempo (t_1), se deben tomar consideraciones respecto al desplazamiento más largo que realizará el mecanismo, la frecuencia máxima para la señal de paso permitida por el amplificador utilizado para los motores, en este caso el DRV8825, reportada en la hoja de datos como 250 kHz (Texas Instruments). Así como la velocidad máxima del motor Nema17, que dependiendo del modelo puede llegar hasta las 8 000 RPM (Cui Devices).

Teniendo en cuenta que se configuró el controlador para que el flanco ascendente de la señal cuadrada ordene al motor realizar una rotación de un octavo de paso, que para efectos de este escrito serán llamados indistintamente como pasos; se define la frecuencia máxima para la señal cuadrada según la Ecuación (3).

$$f_{\text{máx}} = 2\,400 \frac{\text{pasos}}{\text{s}} \quad (3)$$

Conocida esta frecuencia, se encuentra el valor límite para el tiempo t_1 , al considerar que el desplazamiento máximo del cabezal se caracteriza en 20 000 pasos, obteniéndose la Expresión (4).

$$f_{\text{máx}} = \frac{\text{pasos}_{\text{máx}}}{2 \cdot t_1} \quad (4)$$

Al reemplazar los valores en la Ecuación 4 se encuentra el intervalo para el parámetro t_1 según la Inecuación (5).

$$t_1 \geq 4,166 \text{ s} \quad (5)$$

Definiéndose así el tiempo t_1 a partir de la Ecuación (6).

$$t_1 = 4,5 \text{ s} \quad (6)$$

Al establecer la duración de los diferentes intervalos del perfil con las Ecuaciones (1), (2) y (6); sólo queda parametrizar la velocidad cruce de este en base al número de pasos requeridos en cada una de las direcciones de movimiento, a través de la Expresión (7).

$$V_c = \frac{\text{pasos}}{2 \cdot t_1} \quad (7)$$

De esta forma, el parámetro de velocidad constante será independiente para los perfiles de movimiento horizontal y vertical, lo que permite la interpolación del movimiento al contar con los mismos intervalos temporales de aceleración, velocidad cruce y desaceleración.

3.2 Desarrollo e implementación del algoritmo de programación para el microcontrolador

La utilización de un microcontrolador supone la discretización del perfil de movimiento. De esta manera, los periodos de cambio de velocidad se dividen en 20 intervalos constantes, véase la Figura 2. Utilizando una aproximación rectangular de la curva de punto final para la aceleración y de punto inicial para la desaceleración, obteniéndose un perfil simétrico en aceleración y desaceleración.

Al discretizar el perfil, se omiten algunos pasos durante los procesos de cambio de velocidad, por lo que, para obtener el desplazamiento requerido, se debe aumentar la duración del intervalo de movimiento a velocidad constante. La duración de este periodo se calcula a través de la Ecuación (8).

$$t_{vc} = \frac{\text{pasos} - \text{pasos}_{\text{ace}} - \text{pasos}_{\text{des}}}{V_c} \quad (8)$$

Teniendo en cuenta, que durante la aceleración y desaceleración el desplazamiento es el mismo, la Ecuación (8) se reescribe bajo la Expresión (9) al tener en cuenta que los procesos de cambios de velocidad son idénticos.

$$t_{vc} = \frac{\text{pasos} - 2 \cdot \text{pasos}_{\Delta v}}{V_c} \quad (9)$$

En base a la discretización, el desplazamiento durante los cambios de velocidad puede ser encontrado fácilmente como una sumatoria del área de los rectángulos formados; y teniendo en cuenta la Ecuación (7), la Expresión (9) puede ser desarrollado a través de la Ecuación (10).

$$t_{vc} = \frac{2 \cdot t_1 \cdot V_c - 2 \cdot \sum_{i=1}^{19} A_i}{V_c} \quad (10)$$

El área de cada uno de los rectángulos se calcula a través de la Expresión matemática (11).

$$A_i = \frac{i \cdot t_1 \cdot V_c}{400} \quad (11)$$

Al reemplazar la Ecuación (11) en la Expresión (10), se encuentra el valor numérico para la duración del intervalo de velocidad constante, véase Expresión Matemática (12).

$$t_{vc} = \frac{21}{20} \cdot t_1 = 4,725 \text{ s} \quad (12)$$

El algoritmo de programación del microcontrolador inicia basado en el diagrama de flujo de la Figura 3, consultando los registros en la hoja de datos del microcontrolador (Microchip).

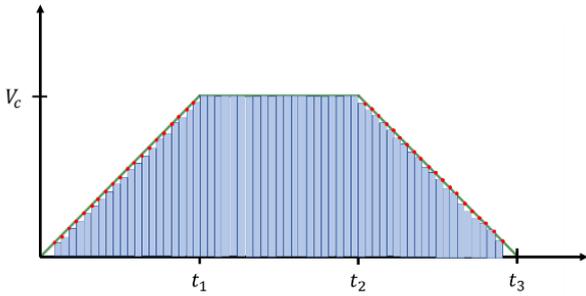


Figura 2. Perfil de velocidad trapezoidal discretizado. Fuente propia.

Aprovechando las bondades del microcontrolador PIC18F4550, la implementación del movimiento con el perfil desarrollado se realizará con la ayuda de 3 de los 4 temporizadores del dispositivo. El temporizador 0 (TMR0), implementa un periodo de interrupción de $0,225\text{ s}$ ($t_1/20$), para esto, dado que la frecuencia del oscilador del microcontrolador se encuentra definida en 8 MHz , se emplea un preescalador de 8 y una resolución de 16 bits , realizando precargas de 9 286. Por otro lado, los temporizadores 1 y 3 (TMR1 y TMR3), serán utilizados para el proceso de interpolación, para lo cual funcionarán como temporizadores variables. Esto se logra variando la precarga que se asigna a sus registros, teniendo en cuenta la frecuencia máxima de paso, véase Ecuación (4), se configuran estos temporizadores con una resolución de 16 bits y un preescalador de 4. Adicionalmente, se deben configurar seis pines del microcontrolador como salidas digitales, que permitan enviar las señales de PASO y dirección de movimiento al amplificador DRV8825, para el caso de esta implementación, se utilizan los pines del puerto D. De la misma forma, se necesitan tres pines configurados como entradas digitales en los que se lee el estado de los fines de carrera dispuestos en el prototipo, para esto se emplean los pines del puerto B, liberándolos previamente de sus funciones dentro del módulo ADC.

Los valores de las precargas para cada eje, en los intervalos de aceleración-desaceleración, deben ser calculados previo al comienzo del movimiento. El diagrama de flujo de la Figura 4 muestra el proceso de cálculo para obtener los valores de precarga para cada uno de los ejes, esta función se encarga de modificar un arreglo, en el que se almacenan los 20 valores de precargas que se necesitan para la rutina. Esto se realiza a través de un ciclo, que comienza por revisar que la velocidad del intervalo sea diferente de 0, si esto se cumple, se calcula el periodo de la interrupción a través de la Ecuación (13).

$$T_{int} = \frac{V_{int}}{2} \quad (13)$$

Dado el periodo con el que se necesita hacer la interrupción, la precarga del registro puede ser calculada a través de la Expresión matemática (14).

$$precarga = 2^N - \frac{T_{int} \cdot F_{osc}}{4 \cdot PS} \quad (14)$$

Donde N y PS son la resolución y el preescalador del temporizador respectivamente, y F_{osc} la frecuencia del

oscilador. La dinámica del cambio de la precarga de los temporizadores 1 y 3, se explica a detalle en el diagrama de flujo de la Figura 5.

De la misma forma, el diagrama de la Figura 6 explica a detalle, el proceso de envío de pulsos para el *driver* de los motores que permiten llevar el cabezal del parqueadero a la posición especificada.

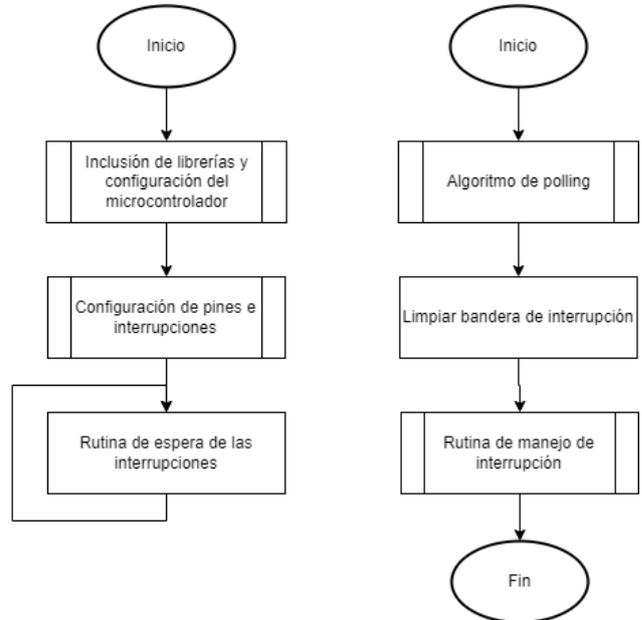


Figura 3. Diagrama de Flujo de ejecución del programa. Fuente propia.

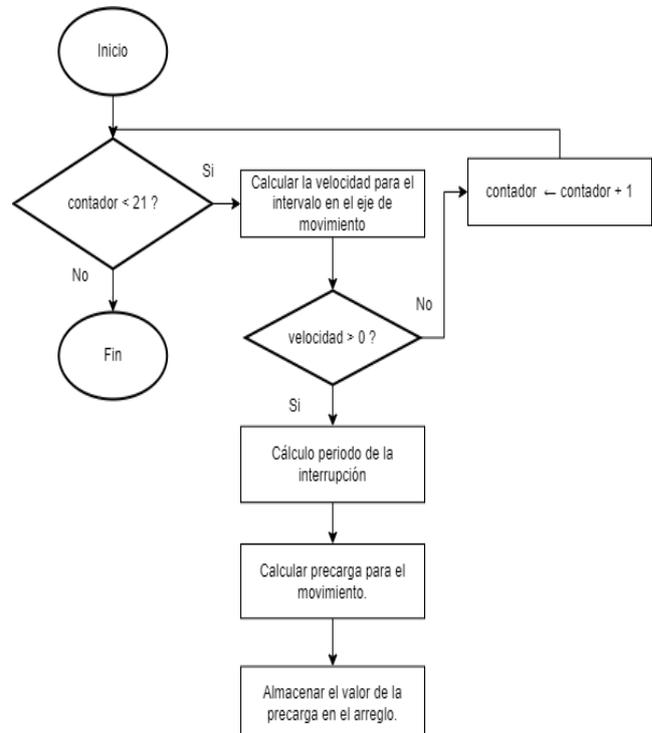


Figura 4. Diagrama de Flujo función de Precargas. Fuente propia.

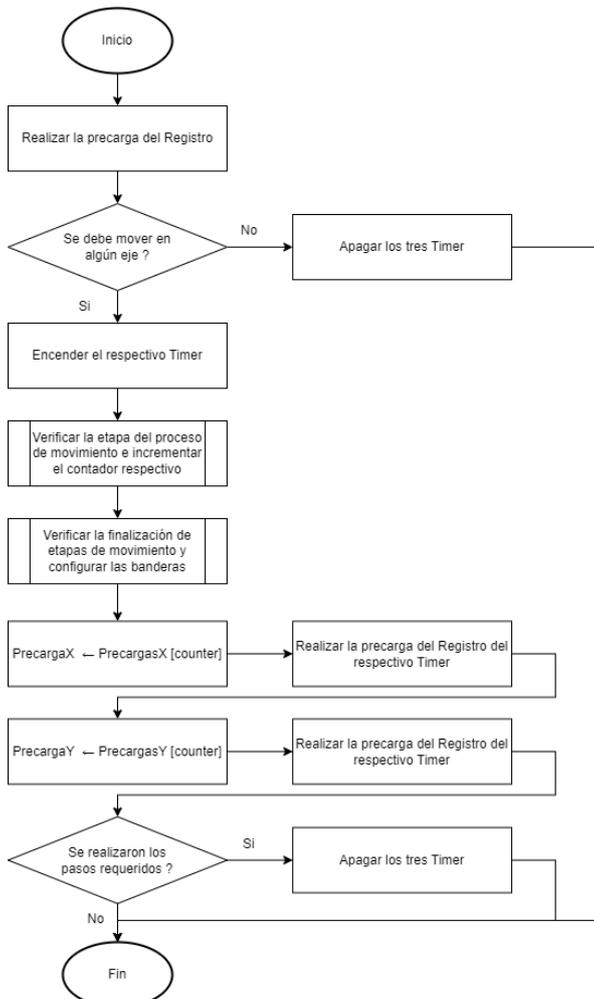


Figura 5. Diagrama de Flujo manejo de la interrupción del temporizador TMR0. Fuente propia.

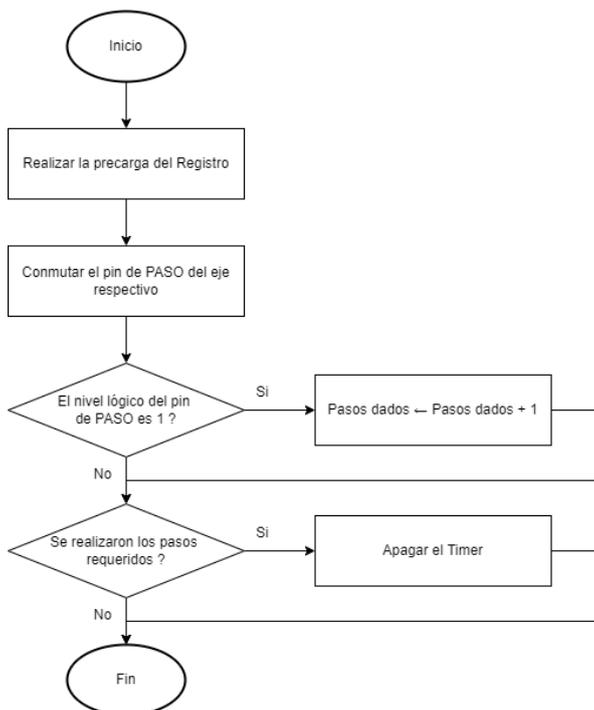


Figura 6. Diagrama de Flujo manejo de la interrupción de los temporizadores TMR1 y TMR3. Fuente propia.

3.3 Construcción Física del Prototipo

Para la construcción del prototipo se tuvieron en cuenta una serie de parámetros que garantizaran un desarrollo de prototipo rápido de implementar a la vez que robusto para poder hacer pruebas de manera consistente en el mismo, los materiales con los que se desarrolló el prototipo fueron en su mayoría impresión en 3D, madera MDF y palos de balsa obteniendo el resultado que se aprecia en la Figura 7.

Las dimensiones del prototipo global son de 54 cm de ancho y 60 cm de alto con 30 cm de profundidad. Así mismo se tiene un espacio de trabajo de 35 cm de ancho y 40 cm de alto con un desplazamiento de 10 cm de profundidad, permitiendo almacenar y sacar los automóviles. Cada compartimento para autos cuenta con unas dimensiones de 8 cm de alto 8 cm de profundidad y 15 cm de ancho. Las medidas se pueden apreciar en la Figura 8.

La primera etapa consistió en la disposición de los lugares de estacionamiento, se propone una matriz de estacionamiento con 3 niveles, para 3 automóviles, esto con el fin de explorar el desplazamiento en todas las direcciones posibles, contando también con distancias variables entre los lugares de estacionamiento. Adicionalmente se estableció un punto especial donde el automóvil sería recogido, cumpliendo la función de ser un punto de acceso por encima del suelo, donde empezaría el recorrido del cabezal.

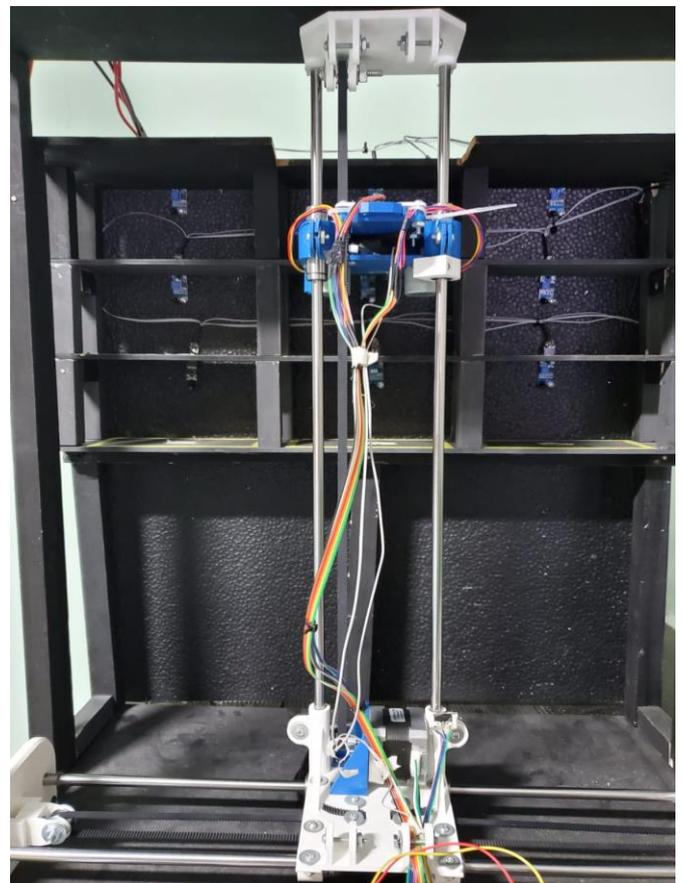


Figura 7. Montaje físico del prototipo. Fuente propia.

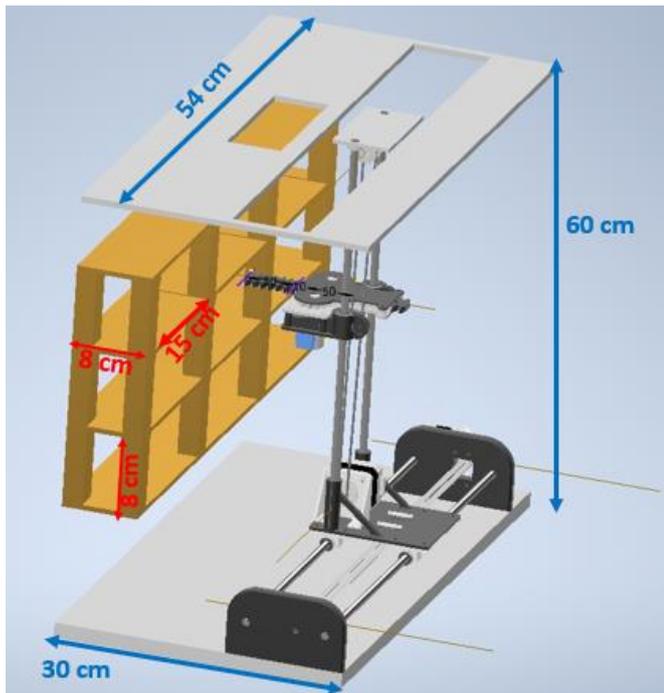


Figura 8. Diseño CAD del prototipo en Autodesk Inventor. Fuente propia.

Para simplificar el funcionamiento del sistema, se utilizaron motores paso a paso unidos por correas, los cuales se ubicaron en la base de la maqueta, punto donde se definen también las coordenadas de origen por medio de unos finales de carrera. Para el diseño del cabezal se tuvo en cuenta su peso, además que el diseño debía permitir la ubicación de los motores encargados de retirar y poner a los automóviles en un eje perpendicular al plano donde ocurre la mayor parte del movimiento, esto se hizo por medio de un par de motores paso a paso más pequeños que trabajan de forma coordinada para mover una pieza dentada.

Finalmente se tiene a disposición un espacio en la base donde toda la parte electrónica y de control se encuentra concentrada para facilitar el acceso en caso de que sea necesaria alguna modificación, la descripción más detallada se puede encontrar en el documento que explica el componente electrónico y de comunicación de este proyecto.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación del algoritmo de interpolación de movimiento presentó diferentes retos para el equipo. En primer lugar, se decidió calcular la precarga de cada uno de los temporizadores, en tiempo real, dentro de la interrupción del TMR0. Esto supuso un inconveniente dado que el cálculo y la conversión de tipos de datos por parte del compilador XC8®, demandaban un periodo de tiempo extenso, lo que desencadenaba en un incorrecto funcionamiento del algoritmo.

Este primer problema fue solucionado realizando el cálculo de cada una de las precargas de manera anticipada como ya se comentó en la sección de metodología, dado que el factor tiempo no se presentaba tan crucial en dicho momento respecto a realizarlas dentro de los procesos de aceleración -

desaceleración. El resultado del proceso de interpolación se puede analizar en la Figura 9.



Figura 9. Proceso de interpolación de movimiento del cabezal. Fuente propia.

La Figura 9 muestra que la implementación del perfil es satisfactoria en términos de la posición del cabezal; sin embargo, sería deseable la utilización de un microcontrolador con un poder de cálculo más avanzado, lo que se lograría con un dispositivo de 16 o 32 bits, contrastando los 8 bits con los que cuenta el PIC18F4550. Esto permitiría obtener perfiles de movimiento de mayor complejidad que permita reducir la demanda sobre los motores en las derivadas superiores de las variables cinemáticas como el caso del *jerk*.

Lo anterior, debido a que a pesar de que el requerimiento en aceleración por parte del perfil se ve disminuido, al no presentarse aceleraciones y desaceleraciones “infinitas” por cambiar la velocidad del perfil de manera instantánea, el perfil cinemático del *jerk* si presentaría este comportamiento impulsivo. Perfiles apropiados para disminuir estos efectos nocivos durante la operación de los motores, son los perfiles en “S” o “S parcial”; o por otra parte, se podría pensar en la implementación de un perfil de movimiento polinómico de orden superior en velocidad. Para esto, se deben tener en cuenta algunas consideraciones.

En primer lugar, en la Figura 10, se observan los requerimientos de memoria impuestos por el proyecto

teniendo en cuenta la implementación del perfil de velocidad trapezoidal.

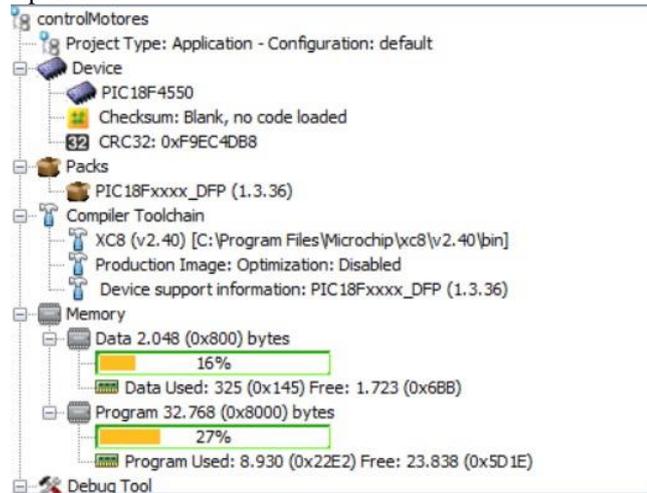


Figura 10. Requerimientos de memoria para el PIC18F4550..

A pesar de observarse una gran disponibilidad para el almacenamiento de nuevas variables, como se evidencia en la sección “Data”, la implementación de un perfil de mayor complejidad implicaría la creación de una gran cantidad de nuevas variables que permitan realizar apropiadamente los cálculos de las variables cinemáticas del perfil; no obstante, desde el punto de vista de la memoria empleada por el dispositivo, no se presentarían mayores inconvenientes.

Por otra parte, el verdadero problema a solucionar se presentaría con el desarrollo de los cálculos del perfil, generalmente, para perfiles en “S” se emplean curvas parametrizadas con 12 trozos, y en el caso de curvas polinómicas de mayor orden, la realización de potencias, implican la utilización de librerías, o funciones iterativas lo que no sólo incrementará la memoria “Program” utilizada, sino que su mayor reto se evidenciará a la hora de realizar los cálculos de manera ágil, requiriéndose de esta forma un microcontrolador con una mayor capacidad de cómputo, es decir, dispositivos de 16 o 32 bits.

Teniendo en cuenta lo anterior, y adicionalmente al considerar que el perfil de velocidad trapezoidal es altamente utilizado en el control de movimiento en la industria (Montalvo), se decide continuar con la implementación y el análisis de los resultados obtenidos con dicho perfil en el prototipo.

La utilización de temporizadores en este proceso presenta el segundo problema con el cual aún se debe lidiar, correspondiente al truncamiento de valores. Dada la imposibilidad de obtener precargas flotantes debido a la naturaleza entera de los registros de los temporizadores. Lo que hace que, dentro del proceso de interpolación, se pierden algunos pasos en cada intervalo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se emplea el último intervalo, para corregir los posibles pasos que se hayan perdido. La Tabla 1. ilustra este hecho, al realizar la medición de los intervalos temporales para el perfil de movimiento de la Figura 9. Estas mediciones fueron realizadas con ayuda del simulador del IDE MPLAB® X y verificados con un cronómetro.

Tabla 1. Intervalos temporales del perfil de movimiento

Etapa de movimiento	Intervalo temporal [s]
Aceleración	4,5
Velocidad crucero	4,725
Desaceleración	6,8

De esta forma, los resultados de movimiento del cabezal dentro del parqueadero automatizado son sobresalientes. Para mejorar su desempeño temporal, la compensación de pasos podría realizarse adicionalmente en las otras dos etapas del perfil de movimiento

5. CONCLUSIONES

La utilización de curvas de velocidad trapezoidales representa una excelente implementación para el prototipo, ya que los cálculos que requiere hacer el PIC18F4550 son simples y el impacto que sufre el mecanismo debido a la aceleración es bajo. Disminuyendo de esta forma las vibraciones en el mecanismo, obteniéndose un movimiento armónico y fluido del cabezal en todo momento.

Adicionalmente, se encontró que el algoritmo de interpolación puede verse comprometido debido a los errores de truncamiento impuestos por los registros del microcontrolador en los que se incurren a lo largo de los cálculos. Por otra parte, la realización de operaciones aritméticas complejas puede demandar un lapso considerable para el microcontrolador, lo que compromete la correcta ejecución de otras tareas por parte de este.

Lo anterior evidencia la importancia de conocer las limitaciones de cada microcontrolador ya que en base a características como la memoria o el número de bits con los que trabaja el procesador, una referencia específica puede no ser adecuada para desempeñar la tarea que se espera; o en casos menos severos, implicar un cambio en el algoritmo de programación.

REFERENCIAS

- Chekired, F., Houtti, S., Bouroussis, C. A., Rahmani, A., Tilmatine, A., & Canale, L. (2020). Low Cost Automation System for Smart Houses based on PIC Microcontrollers. *2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160808>
- Cui Devices. (2022). *NEMA17-AMT112S Data Sheet*. <https://www.cuidevices.com/product/resource/nema17-amt112s.pdf>
- García-Martínez, J. R., Rodríguez-Reséndiz, J., & Cruz-Miguel, E. E. (2019). A New Seven-Segment Profile Algorithm for an Open-Source Architecture in a Hybrid

Electronic Platform. *Electronics* 2019, Vol. 8, Page 652, 8(6), 652. <https://doi.org/10.3390/ELECTRONICS8060652>

Heo, H.-J., Son, Y., & Kim, J.-M. (2019). A Trapezoidal Velocity Profile Generator for Position Control Using a Feedback Strategy. *Energies*, 12(7), 1222. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/en12071222>

Microchip. (2009). *PIC18F4550 Data Sheet*. <https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632e.pdf>

Montalvo, V., Estévez-Bén, A. A., Rodríguez-Reséndiz, J., Macías-Bobadilla, G., Mendiola-Santibañez, J. D., & Camarillo-Gómez, K. A. (2020). FPGA-Based Architecture for Sensing Power Consumption on Parabolic and Trapezoidal Motion Profiles. *Electronics* 2020, Vol. 9, Page 1301, 9(8), 1301. <https://doi.org/10.3390/ELECTRONICS9081301>

Rodríguez-Núñez, E., & Martínez-Prado, M. Á. (2022). Evaluación del desempeño de perfiles de velocidad con base en la ejecución del controlador aplicado a un motor de corriente directa [Universidad Autónoma de Querétaro]. <http://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/3613/1/IGLIN-262790-0522-522-Emmanuel%20Rodr%20c3%adguez%20N%20c3%ba%20c3%bl%20%20-A.pdf>

Texas Instruments. (2014). *DRV8825 Stepper Motor Controller IC*. https://www.ti.com/lit/ds/symlink/drv8825.pdf?ts=1662869166160&ref_url=%20https%25A%252F%252Fwww.google.com%252F

Yoon, H., Chung, S., Kang, Han., & Hwang, M. (2019). Trapezoidal Motion Profile to Suppress Residual Vibration of Flexible Object Moved by Robot.

Yu, Z., Han, C., & Haihua, M. (2015). A novel approach of tuning trapezoidal velocity profile for energy saving in servomotor systems. *Chinese Control Conference, CCC, 2015-September*, 4412–4417. <https://doi.org/10.1109/CHICC.2015.7260323>

Programación Visual. Aplicaciones y Perspectivas en la Educación

Guzmán, Eduardo^{1*}; Chaparro, Evelio¹; Castillo, Julián¹

¹ *Institución Universitaria Digital de Antioquia, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, Medellín, Colombia*

Resumen: El pensamiento computacional emerge como una apremiante habilidad a desarrollar en los estudiantes de grados K-12 quienes se enfrentan a la necesidad de adaptarse cada vez mejor y más rápido a entornos altamente digitalizados. El presente artículo corresponde a una reflexión documentada sobre trabajos de investigación publicados entre los años 2017 y 2021, sobre el uso de la programación visual como herramienta de apoyo pedagógico para el desarrollo del pensamiento computacional en ese grupo de estudiantes y que evidenció principalmente, la necesidad de realizar aportes para estructurar marcos de referencia y estándares de evaluación del uso de estas herramientas en el aula, así como la necesidad de abordar y aplicar enfoques que no se circunscriban al uso de la computadora como único medio de enseñanza y aprendizaje del pensamiento computacional.

Palabras clave: Pensamiento computacional. Educación en grados K-12. Programación con juegos. Programación visual.

Recibido: 5 de junio de 2022. Aceptado: 30 de noviembre de 2022

Received: June 5th, 2022. Accepted: November 30th, 2022

Visual Programming. Applications and Perspectives in Education

Abstract: Computational thinking emerges as a compelling skill to develop in K-12 students who are faced with having to adapt better and faster to highly digitized environments. This article is a documented reflection based on published papers between 2017 and 2021 about the use of visual programming as a pedagogical tool for the development of computational thinking in this group of students. The review mainly demonstrated the need to make contributions to constructing a reference framework and evaluation standards for the use of these tools in the classroom, as well as the need to address and apply approaches, not limited to the use of the computer as the only means of learning computational thinking.

Keywords: Computational thinking. K-12 education. Programming with games. Visual programming.

(*) eduardo.guzman@est.iudigital.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

El pensamiento computacional, es un término que fue relacionado inicialmente a comienzos del siglo diecinueve con el uso de análisis cuantitativo en el desarrollo de la actividad científica y más tarde al hacer énfasis en la enseñanza del razonamiento en el estudio de la aritmética (Kong & Abelson 2019). Por otro lado, se reconoce que el pensamiento computacional se define apoyándose en los trabajos de Wing (2006), para la comprensión y solución de problemas, utilizando los conceptos básicos fundamentales de la informática ya existentes (Selby & Woollard 2013). En la actualidad, el término ha sido adoptado como modo de señalar una cierta forma de pensar que propicia el análisis y la relación de ideas para la organización y la representación lógica de procedimientos (Zapata-Ros 2015). La importancia relativa reciente de esta forma de pensamiento particular se deriva de las exigencias propias de los nuevos escenarios laborales y formas de producción de la denominada industria 4.0 (Avent 2017) que ha puesto sobre la mesa, la necesidad de desarrollar e implementar una nueva alfabetización desde la óptica de lo digital.

En ese sentido, se han incrementado en la última década las discusiones sobre métodos y procedimientos de enseñanza y aprendizaje del pensamiento computacional con el fin de adaptar los currículos a la formación de los nuevos profesionales cualificados requeridos por la nueva industria, con mayor énfasis en aquellas destrezas básicas que supone el desarrollo del pensamiento computacional, tales como las relacionadas con la creatividad, la recursividad, el pensamiento abstracto, la resolución de problemas y la aplicación de métodos colaborativos para la solución de problemas, como los más importantes a desarrollar desde la edad temprana (Zapata-Ros 2015).

Las dificultades propias del proceso de aprendizaje de estas habilidades representan uno de sus mayores retos en todos los niveles del proceso de enseñanza aprendizaje, particularmente críticos en los primeros años de educación, donde se ven comprometidos todos los componentes formativos fundamentales de la persona (Sáez & Cózar 2017). El uso de diversas herramientas de programación ha demostrado impactos positivos en estudiantes en edad escolar de hasta grado doce o los denominados grados K-12 (Kindergarten – 12), particularmente con el uso de las denominadas herramientas de programación visual (Sun & Zhou 2021) y para temas transversales como las ciencias sociales (Sáez López, J. M., & Cózar Gutiérrez, R. 2017). Si bien es cierto que ya Papert (1980) había establecido las bases de una propuesta educativa fundamentada en el desarrollo del pensamiento computacional a través del lenguaje de programación “LOGO” (Furzeig, Papert, & Solomon, 1967), la explosión de la internet a finales de los noventa del siglo pasado y la masificación de las computadoras han supuesto la aparición de numerosas herramientas de programación visual, entendidas como aquellas que utilizan elementos gráficos o pictóricos para la creación de programas de computadora, en lugar del uso de sintaxis de programación formalmente rígidas (Míguez & Neira 2020).

Alves, Von Wangenheim & Hauck (2019) destacan el uso de herramientas de programación visual como Scratch (MIT Media Lab, 2008), Blockly (Blocky Team, 2022),

BYOB/Snap! (Mönig & Harvey, 2022) y App Inventor (MIT Center for Mobile Learning, 2013), como apoyo en el desarrollo de pensamiento computacional en educación en los grados K-12 (Šiaulyš 2021), característico entre estas herramientas, la aplicación del sentido lúdico como fundamento de su estructuración y funcionamiento, lo que las hace marcadamente muy efectivas, sobre todo en estudiantes en edades tempranas (Vera 2020).

En ese sentido, cabe destacar el interés que ha propiciado iniciativas como la CoolThink@JC, creada y fundada por la Hong Kong Jockey Club Charities Trust, la Universidad de Hong Kong y el Instituto Tecnológico de Massachusetts enfocada en el estudio del pensamiento computacional en la educación (CTE 2019) y que en su más reciente conferencia en el año 2019 expusieron trabajos alrededor de experiencias educativas de diversas partes del mundo, agrupadas en dieciséis sub temas que van desde la enseñanza de la codificación en niños menores de doce años, tópicos de Ciencia de Datos hasta propuestas de políticas gubernamentales aplicadas al sector de la educación. Esto plantea muy interesantes interrogantes alrededor del alcance y la viabilidad de incorporar estas metodologías en los currículos de educación, para el desarrollo del pensamiento computacional en el contexto latinoamericano y colombiano en particular.

Por consiguiente, se propone documentar, de forma general, propuestas y experiencias de aplicación de los lenguajes de programación visual como herramienta de apoyo en el desarrollo de procesos de enseñanza aprendizaje del pensamiento computacional en estudiantes de grados K-12, representados en artículos revisados y publicados entre los años 2017 y 2021 como forma de abordar la temática en una discusión reflexiva.

2. MARCO TEÓRICO

Hay pocas dudas hoy en día en relación con la importancia que representa la educación en ciencias de la computación y lo que el pensamiento computacional aporta para su desarrollo en la actualidad; importancia enfatizada aún más con las necesidades de adaptación económica y social exigidas derivadas del manejo de la pandemia de COVID -19 y que dejaron en evidencia los complejos problemas generados por la inequidad en el acceso de tecnologías de la información y la comunicación, en especial de muchos estudiantes alrededor del mundo (CSTA, & ECEP Alliance 2020).

Como referencia de este artículo se han revisado diferentes fuentes de información científica de amplio reconocimiento a nivel global, así como se ha acogido el marco de la International Conference on Computational Thinking Education 2019 (CTE 2019), cuyos aportes, ideas, intercambios y hallazgos en torno al desarrollo del pensamiento computacional se consideran de relevancia en el estudio del pensamiento computacional en la educación, en especial con el uso creativo de herramientas digitales para su desarrollo, por lo que resulta conveniente estructurar los criterios de búsqueda y categorización de los artículos, basados en cuatro de sus criterios ajustados, a saber: *a. Desarrollo docente*, *b. Programación visual -educación STEM*, *c. Programación visual, aprendizaje y enseñanza*, *d.*

Experiencias con Scratch en el desarrollo del pensamiento computacional y habilidades de programación.

Por definición y bajo estos criterios, se propone revisar documentos que sobre este marco han nutrido diversos estudios científicos y docentes alrededor del mundo. Esta propuesta estima los resultados de actividades experimentales sobre jóvenes estudiantes en torno a la formación del pensamiento computacional y el entorno de trabajo que le ha permitido tener resultados de una u otra manera significativos para la mejora de los procesos educativos actuales. Es un trabajo descriptivo donde las muestras estadísticas son tomadas de jóvenes en edad escolar en varios países sin que el objetivo sea mostrar resultados segregados por rangos de edad o grado de formación académica.

Sin embargo, al margen del debate sobre su conveniencia, se proponen discusiones sobre las formas, métodos y enfoques más eficaces para la implementación de programas de enseñanza y aprendizaje de ciencias de la computación, orientados fundamentalmente a generar o desarrollar el pensamiento computacional desde los primeros años de educación (Vourletsis & Politis 2020). Múltiples enfoques pueden ser vistos en contextos latinoamericanos y particularmente en el caso colombiano como un punto de referencia para la construcción de políticas educativas adaptadas a nuestras realidades y proyectadas a planes de desarrollo a nivel local y nacional en el sector de la educación. Particular interés genera las propuestas que apelan al atractivo visual y lúdico propios de la programación visual como forma de estructurar nuevos patrones de enseñanza del pensamiento computacional (Gao, Lu, Zhao, & Li 2019). Si bien es cierto que existe una variedad de herramientas de programación visual como apoyo pedagógico para el desarrollo del pensamiento computacional, Scratch (MIT Media Lab, 2008) aparece como la más utilizada y referenciada; este es un lenguaje de programación visual con una interfaz sencilla y de libre acceso, para la creación de historietas, juegos y animaciones de forma digital, orientado a la promoción del desarrollo de las habilidades propias del pensamiento computacional en niños y adolescentes. Estudios recientes realizados sobre experiencias en el uso de Scratch en el aula dan validez a su uso en la apropiación del conocimiento en diversos contextos (Rose, Jay & Jacob 2019).

De acuerdo con Jiang & Li (2021) quienes realizaron estudios en estudiantes de quinto grado en grupos de zonas urbanas y rurales de China, con Scratch como herramienta integrada al aula, investigaron su efecto no solo en el desarrollo de las habilidades básicas del pensamiento como recordar, comprender y aplicar sino en las denominadas habilidades de pensamiento de orden superior, tales como análisis, pensamiento predictivo y evaluación, compara los resultados con el test desarrollado sobre la base del Computational Thinking Scale o CTS (Tsai, Liang, & Hsu 2021) aplicados antes y después del desarrollo de la experiencia, se encontró evidencia empírica significativa que permite correlacionar el uso de lenguajes de programación visual como Scratch y el aprendizaje del pensamiento computacional, con un impacto positivo evidente en el desarrollo de habilidades como la creatividad y pensamiento crítico, no tanto para el desarrollo del pensamiento algorítmico y la resolución de problemas, destaca el hecho que se encontraron resultados importantes en

el desarrollo del aprendizaje colaborativo entre los estudiantes para la búsqueda de soluciones a problemas, principalmente en grupos de niñas, lo que abre las posibilidades para nuevos estudios de este tipo, sobre grupos más grandes, con elementos de evaluación ajustados a cada contexto de país y región.

La tendencia del acercamiento a las bondades del uso de herramientas software con medios visuales como Scratch la enfatizan Jiang, Zhao, Gu & Yin (2021) al observar que este brinda oportunidades de comunicación e interacción, claramente un elemento a favor frente al modelo individual que se destaca en la etapa de formación en grados K-12 tradicional. Para Zhang & Nouri (2019), el pensamiento computacional no es exclusivo a ingenieros y técnicos de sistemas de información, señala en su investigación que han usado experimentalmente Scratch con el ánimo de explorar instancias de las preguntas “¿qué enseñar?” y “¿qué se puede aprender?” dentro de grupos de estudiantes de grados K-12 sustentados en el marco de trabajo de Brennan & Resnick (2012) y de Zhang & Nouri (2019) quienes esbozan que los estudiantes acogen conceptos de “entrada – salida”, lectura, interpretación y comunicación de código, uso de medios multimodales, pensamiento predictivo e interacción humano – computadora. De manera concluyente, el autor sugiere algunos estudios complementarios para el cierre de brechas de investigaciones actuales y expone los criterios que justifican el uso de Scratch para potenciar conductas de investigación y aprendizaje en estudiantes de grados K-9.

De acuerdo con Lowe & Brophy (2019) quienes usaron el lenguaje gráfico de bloques ‘Scratch Jr’, exploran un estudio con aprendices de primer nivel que construyen historias gráficas con animación de personajes en ‘Scratch’; en principio no es el aprendizaje de código sino el estímulo de la historia gráfica que busca analizar la progresión del pensamiento en la medida que el estudiante quiere orientar el argumento de la historia. La intencionalidad de la práctica buscó madurar el pensamiento computacional en estudiantes de nivel inicial y logró ver cómo ellos deben construir ‘artefactos’ propios de tareas computacionales sin que la esencia sea formar constructores de código.

Un poco en la misma línea, investigaciones recientes han documentado la integración del pensamiento computacional y el uso de herramientas de programación visual a la enseñanza y aprendizaje de áreas STEM (Science, Technology, Engineering And Mathematics, en español Ciencias, Tecnologías, Ingenierías y Matemáticas) en la educación (Martínez, Rodríguez, Roanes, Fernández, & Cujó 2016) y cuya importancia en edad temprana se ha visto reforzada por el hecho que representa la generación de nuevo conocimiento, en términos de innovación técnica y tecnológica como uno de los activos más valiosos de la sociedad moderna e incluso como ventaja comparativa entre países. De igual forma, autores han agregado la educación artística a las cuatro áreas STEM iniciales, con aplicaciones en áreas STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics, en español Ciencias, Tecnologías, Ingenierías Artes y Matemáticas) (Huang & Starcic 2020). Tien & Yen (2019) encontraron que el modelo de instrucción más utilizado está enfocado en la solución de problemas, siendo el diseño de juegos con bloques de Scratch, una forma de apropiar conceptos como las consecuencias del cambio climático, así como aplicaciones básicas en robótica, de especial interés y motivación en niños

y niñas, como las herramientas más utilizadas, se recalca el hecho de reconocer que aún no existe un consenso generalizado propiamente dicho sobre metodologías y contenidos replicables en diferentes contextos, por lo que se esperan mejores esfuerzos en lograr una definición concreta de objetivos a alcanzar y una integralidad entre el desarrollo del pensamiento computacional, el uso de herramientas visuales y la enseñanza aprendizaje de áreas STEM, con especial énfasis en estudiantes de escuelas en grados K-12.

De igual forma, el aporte de tecnologías STEM ha sido considerado un medio transversal para el logro de competencias básicas en resolución de problemas con enfoques de ciencias, ingeniería, tecnología, matemática y procedimientos con un común denominador en la informática, como lo señala Mecca (2021). Para ello, con la asistencia del software ‘Diogene-CT’ (Svelto Tech, 2022) se han apropiado conceptos fundamentales de los servicios de software actuales, con programación por procedimientos y orientada a objetos con una porción de lúdica, ejercicio de colaboración y con técnicas de metáforas visuales conocidas como ‘ACME’ (Animación de código y metáforas avanzadas), que han impulsado el uso de iniciativas nativas de la codificación, la ingeniería y las matemáticas en procesos de aprendizaje lógico o computacional.

Por otra parte, dado que aún no se documentan suficientes experiencias en el desarrollo de programas de educación del pensamiento computacional aplicadas en diferentes contextos, se han propuesto metodologías que buscan orientar al docente en su desarrollo. Gao, Lu, Zhao & Li (2019) proponen un nuevo método que denominan PBL-VP (Problem-Based Learning and the Visual Programming) que aplicaron a la enseñanza de los fundamentos de computación, proponiendo como objetivos a alcanzar, las habilidades reconocidas para el desarrollo del pensamiento computacional (creatividad, pensamiento algorítmico, comunicación, colaboración y pensamiento crítico) en concurso con programación visual por bloques con la herramienta Blockly (Blockly Team, 2022), se enfatiza en la aproximación de los problemas de la vida real y con datos reales, mediante su división para su solución por partes, para luego mediante el uso de la abstracción y la modelación, el diseño del algoritmo, la implementación del programa y la generación del código, así como plantear soluciones de fomento al desarrollo del pensamiento lógico, en un proceso que fue medido en contraste evaluaciones previas y posteriores al desarrollo del método. El estudio destaca el papel del docente como facilitador y guía, en fomento de la discusión y solución de los problemas en los grupos de trabajo, donde prima la importancia de desarrollar las habilidades de abstracción en los estudiantes, imprescindible antes de llevar cualquier solución a un algoritmo.

Asimismo, las garantías en la implementación de programas de educación en general dependen en gran medida de preparación y coordinación de los docentes a cargo de desarrollarlos. Los estándares de la Sociedad Internacional para Tecnología en la educación (ISTE 2016) señalan para los docentes aspectos relacionados con el aprendizaje permanente, el liderazgo, el tener una ciudadanía comprometida, un espíritu de colaboración, ser facilitadores, ser diseñadores y analistas. Sin embargo, al margen de las cualidades y características que se pudiesen señalar en un estándar en particular, se deben

establecer criterios de desarrollo, seguimiento y evaluación de los programas educativos, siendo aún más importante en aquellos para los cuales se empieza a reconocer su verdadera importancia, como lo representan los programas de enseñanza y aprendizaje del pensamiento computacional, en especial en escuelas de grados K-12.

De hecho, la forma de abordar las competencias y habilidades que exige la enseñanza y aprendizaje del pensamiento computacional en estudiantes en grados K-12 y sus formas de aproximación han sido base de trabajos de recopilación reciente. Da Cruz, Gresse & Hauck (2019) señalan que ante evidentes deficiencias en términos de criterios de evaluación y retroalimentación institucional, se evalúan atributos medibles a través de los códigos ensamblados o escritos por los estudiantes y el diseño de rúbricas descriptivas que luego son convertidas a escalas numéricas que muestran el grado de conocimiento sobre habilidades o competencias del pensamiento computacional, con interés de descubrir mejores formas de fomentar y evaluar la creatividad, hecho que en definitiva soporta la necesidad de adelantar mucha más investigación en la forma de medir y evaluar los programas educativos orientados al desarrollo del pensamiento computacional, con especial interés en estudiantes de grados K-12.

De igual importancia resulta el hecho de considerar estrategias de enseñanza y aprendizaje del pensamiento computacional en entornos educativos con limitaciones de infraestructura, técnicas y tecnológicas, muy comunes en países en vías de desarrollo. En ese sentido, investigaciones sobre la aplicación de metodologías basadas en juegos de mesa que utilizan ejercicios lúdicos como las denominadas “coding pocker cards” (WU, 2019) o juegos de mesa para el reconocimiento de patrones (Tseng, Doll, & Varma 2019) en estudiantes de grados K-12 pueden resultar como enormes herramientas de apoyo en los procesos de enseñanza y aprendizaje a muy bajo coste, aunadas a actividades extracurriculares que fomenten y motiven el interés de los estudiantes, podrían generar enormes avances en el desarrollo de habilidades propias del pensamiento computacional (Agyei, Laru, & Mäkitalo 2019).

3. METODOLOGÍA

Se planteó la documentación de publicaciones revisadas que recojan propuestas y experiencias de aplicación de la programación visual como herramienta de apoyo en el desarrollo de procesos de enseñanza y aprendizaje del pensamiento computacional, con sus diversos enfoques y principales características, con el objetivo de identificar aplicaciones y perspectivas de la programación visual en la educación.

En consecuencia, se planteó la búsqueda de artículos publicados y revisados entre los años 2017 y 2021, relacionados con las palabras clave “pensamiento computacional” (computational AND thinking) “programación visual” (visual AND programming) y “educación” (AND education) y publicaciones relacionadas, con la siguiente cadena de búsqueda:

TS = TITLE – ABS –

KEY (computational AND thinking AND visual
AND programming AND education) AND (LIMIT –
TO (PUBSTAGE , "final")) (1)

Se examinaron todas las publicaciones disponibles en Scopus y el IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) resultantes de la cadena de búsqueda propuesta, con énfasis en los resultados presentados por Scopus, por considerarse la base de datos de publicaciones más extensa, confiable y referenciada, se comprueba duplicidad de artículos con el resto de las bases de datos señaladas, con el fin de consolidar la totalidad de las publicaciones por medio de filtros manuales y automatizados.

Como criterios de selección y calidad se consideraron artículos en inglés y español revisados y publicados entre los años 2017 a 2021, relacionados con la enseñanza y aprendizaje del pensamiento computacional en la educación con el uso de la programación visual como herramienta pedagógica. Se excluyeron, como primer filtro, aquellas publicaciones relacionadas con el aprendizaje de un lenguaje de programación de alto nivel, de desarrollo de código de programación puramente sintáctico o de construcción de algoritmos, enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de aplicaciones móviles, publicaciones técnicas o artículos de revistas con encuestas o entrevistas relacionadas con experiencias metodológicas en la educación sin un trasfondo investigativo, así como tesis o trabajos de grado.

Se propone una categorización de los artículos en cuatro grandes grupos basados en el marco conceptual propuesto para el estudio del desarrollo del pensamiento computacional en la educación de la International Conference on Computational Thinking Education 2019 (CTE 2019) adaptados y numerados en este caso de la siguiente manera:

1. Desarrollo Docente, Enseñanza y Aprendizaje de programación y desarrollo de Pensamiento Computacional con el uso de programación visual.
2. Programación visual y Educación en STEM.
3. Programación visual, Aprendizaje y Enseñanza de programación y desarrollo de Pensamiento Computacional en grados K-12.
4. Experiencias con Scratch en el desarrollo del Pensamiento Computacional y habilidades de programación.

De esa forma, se realizaron los análisis y las estadísticas básicas de la bibliometría encontrada, con el fin de determinar los tópicos o grupos de tópicos más estudiados, aplicados o referenciados y en ese mismo sentido se presentarán los resultados, las discusiones y las recomendaciones para futuros estudios que así se pudiesen derivar.

4. RESULTADOS Y/O DISCUSIÓN

En relación con los resultados de la búsqueda, desde el punto de vista cuantitativo inicialmente, luego de hacer las consultas con las dos cadenas de búsqueda utilizadas tanto en la base de datos de Scopus como en la de IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), se obtuvieron 165 y 55 publicaciones respectivamente y es la inclusión de la palabra clave “educación” (“education”) el primer ejercicio de filtrado o depuración de búsqueda, donde quedan 104 artículos elegibles de la base de datos Scopus y 54 artículos elegibles de la base de datos de la IEEE.

A partir de este número de artículos (n = 158), se identificaron tanto de manera automatizada como manual, aquellos artículos duplicados en cada una de las bases de datos y de aquellos

duplicados en la base de datos de la IEEE con respecto a los reseñados por Scopus (n = 20) para luego con los artículos restantes (n = 138) realizar los análisis cualitativos, con verificación de contenidos y alcances de cada trabajo y descartando aquellos pertenecientes a conferencias – simposios sin publicación final (n = 5), aquellos relacionados con educación visual o apreciación musical o educación en población con deficiencias visuales y/o cognitivas (n = 11), aquellos dedicados a trabajos sobre el desarrollo y/o codificación de videojuegos o Apps sin contenido educativo importante (n = 7) y aquellos artículos cuya finalidad se inscribe en la discusión de tópicos de enseñanza y aprendizaje o aplicación de experiencias en lenguajes de programación de alto nivel tradicionales (n = 23) quedando con los artículos elegibles para análisis cualitativo (n = 92) definitivos tal y como se muestran en el Diagrama 1.

La totalidad de artículos filtrados fueron analizados y agrupados en cada una de las categorías establecidas para el estudio, destaca el hecho que más del 80% de estos artículos tienen como áreas o sujetos de estudio las ciencias de la computación donde se encuentra el estudio del pensamiento computacional y las ciencias sociales, y se incluye la pedagogía como rama específica de trabajo.

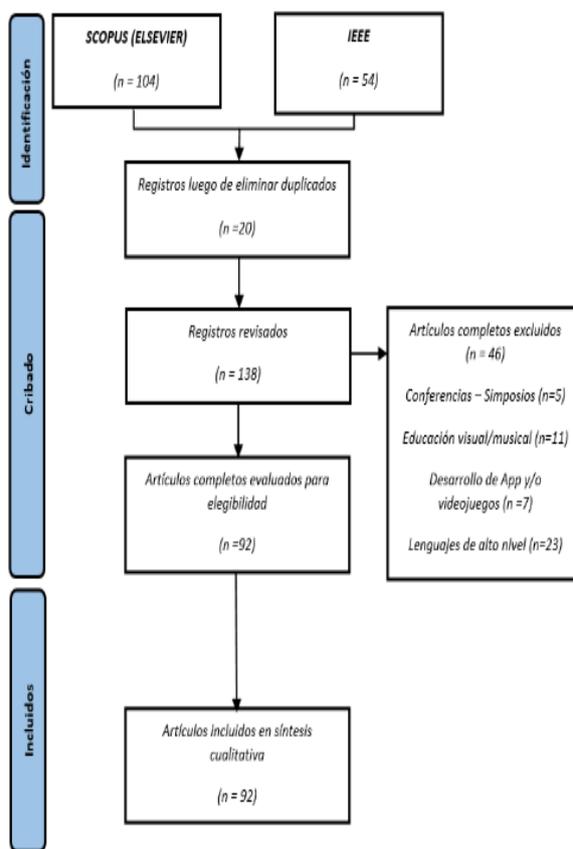


Diagrama 1. Diagrama de Resultados – Matriz prisma del estudio. Elaboración propia.

La búsqueda generó resultados estadísticos importantes con supremacía de temas: desarrollo docente y programación

visual - aprendizaje - enseñanza marcando las mayores apariciones en la consulta (según lo demuestra la Gráfica 1). La Tabla 1 refleja el amplio número de artículos que citan temas comunes al próposito de la búsqueda.

Tabla 1. Temas de amplia aparición en búsquedas

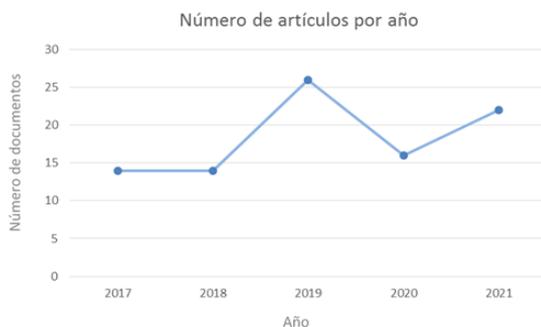
Tema	Artículos que citan el tema
Education	50
Computational thinking	39
Visual programming	15
Scratch	11



Gráfica 1. Distribución de Resultados de búsqueda de acuerdo a categorizaciones. Elaboración propia.

En resumen, las categorías Desarrollo Docente, Enseñanza y Aprendizaje de programación y desarrollo de Pensamiento Computacional con el uso de programación visual representan el mayor número de artículos con un 42%, mientras que categoría Programación visual, Aprendizaje y Enseñanza de programación y desarrollo de Pensamiento Computacional en grados K-12 agruparon un 26% de la totalidad de artículos analizados.

En tanto la Gráfica 2 revela cómo se han emitido producciones científicas a través de la línea de tiempo en el lapso de años de interés.

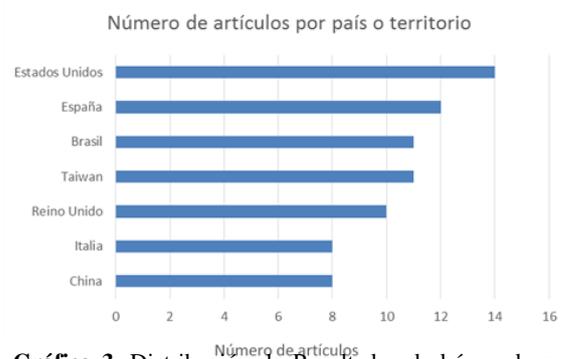


Gráfica 2. Distribución de Resultados de búsqueda por años de publicación. Elaboración propia.

En relación con el número de artículos publicados en el rango de años de publicación establecidos, la Gráfica 2 muestra que

el año 2019 con 26 publicaciones fue el de mayor producción, mientras 2017 y 2018 con 14 artículos cada uno, los de menor producción, mientras que se destaca el hecho que ya 2021 manifiesta lo que se esperaría un incremento sustancial en investigaciones pedagógicas en los años sucesivos al tener en cuenta las condiciones especiales generadas por la pandemia de COVID-19.

De igual importancia resulta el hecho de destacar que siete países concentran poco más del 80% de la producción investigativa en el mundo, liderada por Estados Unidos (Ver Gráfica 3). Para el caso latinoamericano, solamente Brasil se encuentra entre estos siete países y particularmente Colombia, aporta una publicación que utiliza datos y experiencias del Instituto Colombiano de Aprendizaje (INCAP) en Bogotá, con investigadores de afiliación española y estadounidense sobre experiencias con Scratch para el desarrollo del pensamiento computacional (Basogain, Olabe, Olabe, & Rico 2018).



Gráfica 3. Distribución de Resultados de búsqueda por países o territorios. Elaboración propia.

En general, la mayoría de investigadores coinciden en la necesidad de aumentar los esfuerzos tanto en el desarrollo de más investigaciones, así como en la aplicación y documentación de más experiencias de enseñanza y aprendizaje del pensamiento computacional con diferentes enfoques, a escala global y de forma mancomunada; las asociaciones entre fundaciones públicas o privadas y universidades, tanto en países asiáticos como en Norteamérica, son un buen paso en esa dirección, aún a pesar de sus diferencias políticas e ideológicas. De igual forma, se evidencian en muchos casos, de acuerdo con los investigadores, marcadas diferencias entre metodologías y procedimientos de evaluación de los programas educativos, que hacen que muchas veces los resultados de las experiencias de enseñanza aprendizaje del pensamiento computacional en general, no puedan ser comparables en muchos casos.

La Tabla 2 muestra referencias a publicaciones adicionales a considerar y que pueden ser parte de la base a discusiones en torno a la programación visual como herramienta pedagógica, que si bien no fueron incluidas por los filtros de búsqueda, señalan el desarrollo de investigaciones relacionadas con contenidos parciales en torno a programación visual y el pensamiento computacional, en especial con contenidos experimentales de la programación por bloques gráficos en diversos niveles de educación.

4.1 Otras referencias

Tabla 2. Otras referencias

Autor	Año	Título	Descripción	Fuente
Allsopp, B. B., & Misfeldt, M.	2019	Visual representations supporting implementation of a K12 programming curriculum in open and democratic educational institutions	Uso de una representación visual para apoyar la discusión del pensamiento computacional (Allsopp, B. B., & Misfeldt, M, 2019).	Scopus
Csapó, G.	2019	Placing event-action-based visual programming in the process of computer science education	Uso de programación visual basada en eventos y acciones como alternativa del pensamiento computacional (Csapó, G, (2019)	Scopus.
Eguíluz, A., Guenaga, M., Garaizar, P., & Olivares-Rodríguez, C.	2020	Exploring the Progression of Early Programmers in a Set of Computational Thinking Challenges via Clickstream Analysis	Bloques de codificación Kodetu para resolver desafíos (Eguíluz, A., Guenaga, M., Garaizar, P., & Olivares-Rodríguez, C, 2020).	IEEE.
Fragapane, V., & Standl, B.	2021	Work in progress: Creative coding and computer science education - From approach to concept	Trabajo creativo en términos de arte visual en la educación (Fragapane, V., & Standl, B, 2021).	IEEE
Jamil, H. M.	2017	Visual computational thinking using Patch	Uso del lenguaje visual Patch para expresar soluciones a problemas (Jamil, H. M, 2017).	Scopus
João, P., Nuno, D., Fábio, S. F., & Ana, P.	2019	A cross-analysis of block-based and visual programming apps with computer science student-teachers	Uso de aplicaciones de programación visual en la enseñanza (João, P., Nuno, D., Fábio, S. F., & Ana, P, 2019).	Scopus
Katchapakirin, K., & Anutariya, C.	2018	An Architectural Design of ScratchThAI A conversational agent for Computational Thinking Development using Scratch	Pensamiento computacional con ScratchThAI (Katchapakirin, K., & Anutariya, C, 2018).	Scopus
Kohen-Vacs, D., & Milrad, M.	2019	Computational thinking education for in-service elementary swedish teachers: Their perceptions and implications for competence development	Competencias y habilidades de los maestros en CT (Kohen-Vacs, D., & Milrad, M, 2019).	Scopus
Kong, S. -, & Wang, Y. -.	2019	Assessing programming concepts in the visual block-based programming course for primary school students	Importancia de la programación basada en bloques en el aprendizaje de programación (Kong, S. -, & Wang, Y. -, 2019)	Scopus
Kong, S. C., & Wang, Y. Q.	2021	Item response analysis of computational thinking practices: Test characteristics and students' learning abilities in visual programming contexts	Ejercicios del pensamiento computacional: depurar, reutilizar, abstraer (Kong, S. C., & Wang, Y. Q, 2021).	Scopus.
Kraleva, R., KraleV, V., & Kostadinova, D.	2019	A methodology for the analysis of block-based programming languages appropriate for children	Uso de Scratch y Code.org, lenguajes de bloques como impulso de la educación (Kraleva, R., KraleV, V., & Kostadinova, D, 2019).	Scopus.
Ntourou, V., Kalogiannakis, M., & Psycharis, S.	2021	A Study of the Impact of Arduino and Visual Programming In Self-Efficacy, Motivation, Computational Thinking and 5th Grade Students' Perceptions on Electricity	Uso de Arduino, Scratch y pensamiento computacional (Ntourou, V., Kalogiannakis, M., & Psycharis, S, 2021).	Scopus
Panskyi, T., & Rowińska	2021	A Holistic Digital Game-Based Learning Approach to Out-of-	Programación visual, robótica, electrónica y pensamiento	Scopus

		School Primary Programming Education	computacional (Panskyi, T., & Rowińska, 2021).	
Panskyi, T., Rowinska, Z., & Biedron, S.	2019	Out-of-school assistance in the teaching of visual creative programming in the game-based environment – Case study: Poland	Programación creativa en el entorno basado en juegos (., & Biedron, S, 2019)	Scopus.
Plaza, P., Castro, M., Saez-Lopez, J. M., Sancristobal, E., Gil, R., Menacho, A., . . . Ruiperez-Valiente, J. A.	2021	Promoting computational thinking through visual block programming tolos	Programación de bloques visuales en el aula (Plaza, P., Castro, M., Saez-Lopez, J. M., Sancristobal, E., Gil, R., Menacho, A., . . . Ruiperez-Valiente, J. A, 2021).	IEEE
Plaza, P., Peixoto, A., Sancristobal, E., Castro, M., Blazquez, M., Menacho, A., . . . Lopez-Rey, A.	2020	Visual block programming languages and their use in educational robotics	Programación visual, herramientas de robótica educativa (Plaza, P., Peixoto, A., Sancristobal, E., Castro, M., Blazquez, M., Menacho, A., . . . Lopez-Rey, A, 2020)	IEEE.
Polat, E., Hopcan, S., Kucuk, S., & Sisman, B	2021	A comprehensive assessment of secondary school students' computational thinking skills	Desempeño del pensamiento computacional en estudiantes de escuela secundaria (Polat, E., Hopcan, S., Kucuk, S., & Sisman, B, 2021).	British Educational Research Association
Rahman, M. M., & Paudel, R.	2019	Visual programming and interactive learning based dynamic instructional approaches to teach an introductory programming course	Educación en ciencias de la computación y retención de estudiantes (Rahman, M. M., & Paudel, R, 2019).	Scopus
Sáez López, J. M., Otero, R. B., & De Lara García-Cervigón, S.	2021	Introducing robotics and block programming in elementary education	Importancia de la programación visual de bloques en la educación primaria (Sáez López, J. M., Otero, R. B., & De Lara García-Cervigón, S, 2021).	Scopus
Sáez-López, J. -, Sevillano-García, M. -, & Vazquez-Cano, E.	2019	The effect of programming on primary school students' mathematical and scientific understanding: educational use of mBot	Lenguajes de programación visual como herramienta de educación en jóvenes estudiantes (Sáez-López, J. -, Sevillano-García, M. -, & Vazquez-Cano, E, 2019).	Scopus
Scullard, S., Tsibolane, P., & Garbutt, M.	2019	The role of scratch visual programming in the development of computational thinking of non-is majors	Uso de Scratch en la abstracción para el desarrollo del pensamiento computacional (Scullard, S., Tsibolane, P., & Garbutt, M, 2019).	Scopus
Shanmugam, L., Yassin, S. F., & Khalid, F.	2019	Enhancing students' motivation to learn computational thinking through mobile application development module (M-CT)	Desarrollo de aplicaciones para la motivación de estudiantes hacia el CT (Shanmugam, L., Yassin, S. F., & Khalid, F, 2019).	Scopus
Sherwin, J., Wang, Y., & Yang, Y.	2021	Build Bridges between Play, Computation, Visual Programming, and Text-based Programming in Early Childhood Education	Programación visual y lógica computacional (Sherwin, J., Wang, Y., & Yang, Y, 2021).	Scopus
Sung, Y. -, & Jeong, Y. -.	2019	Development and application of programming education model based on visual thinking strategy for pre-service teachers	Pensamiento visual para maestros (Sung, Y. -, & Jeong, Y. -, 2019)	Scopus

5. CONCLUSIONES

Desde la perspectiva del uso de la programación visual como herramienta pedagógica en la enseñanza y aprendizaje del pensamiento computacional, este ejercicio de documentación destacó resultados comunes a la mayoría de experiencias, siendo quizá el más importante el hecho que los estudiantes hayan reaccionado positivamente ante tareas de análisis y aplicación de soluciones en ambientes de trabajo colaborativo con entusiasmo, atraídos a resolver problemas y retos con ayuda de elementos visuales.

De igual forma, se evidencia la amplia aceptación que tiene la herramienta basada en bloques Scratch en los componentes curriculares de muchos países, para estudiantes de grados K-12 principalmente.

Las herramientas de programación basadas en bloques han sido comunes en muchas de las prácticas experimentales, en búsqueda de soluciones a retos mentales como mecanismo de prueba, con uso de diversas escalas estadísticas de respuesta, con criterio de edad, género o nivel académico. Varias de las conclusiones de estudios mostraron que los jóvenes resuelven retos con uso de software complejo, a la altura del que están acostumbrados a ver o usar, el obstáculo de la complejidad quizás se sublima con el hecho de ser usuarios nativos digitales y usar software de bloques asociado al ejercicio lúdico; tal ejercicio los ha conducido a fortalecer el trabajo en equipo, la abstracción y la comunicación desde edades tempranas con ingredientes muy importantes y deseables: la sensación de diversión, de bienestar, de reconocimiento propio y aceptación social, de motivación en el ámbito educativo.

Por otra parte, se evidenció que no existen consensos en la forma en la que se construyen e implementan las evaluaciones a los estudiantes en programas de enseñanza y aprendizaje del pensamiento computacional en general. Se discute el uso de cuestionarios de selección múltiple o el uso de escalas de evaluación de habilidades relacionadas con el pensamiento computacional (desarrollo de pensamiento lógico, abstracción y generalización), situación que por lo tanto revela la necesidad de aportar formas y aplicaciones en la construcción de un marco de referencia, así como una metodología de evaluación que permita comparaciones entre grupos heterogéneos de estudiantes.

En última instancia, resulta de especial atención el hecho de reconocer las dificultades propias de los países latinoamericanos, con brechas sociales enormes y que enfrentan la imposibilidad de contar con herramientas tecnológicas en entornos educativos ideales en el corto plazo para la mayoría de su población en edad escolar, lo que demanda la implementación de estrategias que se enfoquen en el desarrollo del pensamiento computacional, no solo desde la mera perspectiva de aumentar el conocimiento, sino la de enseñar a los estudiantes a lidiar con la complejidad, el desarrollo de la lógica y la abstracción a través de actividades didácticas, como juegos de mesa o cualquier otra herramienta lúdica tradicional, que motive su interés en desarrollar formas de vencer retos y problemas dentro de entornos colaborativos; objetivos que parecen poco, pero que en realidad constituyen todo un cambio de paradigma en los procesos de enseñanza y aprendizaje del pensamiento computacional.

REFERENCIAS

- Ageyi, E. E. Y. F., Laru, J., & Mäkitalo, K. (2019). Designing unplugged activities for learning computational thinking in the context K-2 pupils' afterschool coding club. *CoolThink@ JC*, 70.
- Allsopp, B. B., & Misfeldt, M. (2019). Visual representations supporting implementation of a K12 programming curriculum in open and democratic educational institutions. Paper presented at the *Proceedings of the European Conference on e-Learning, ECEL*, 2019-November 24-31. doi:10.34190/EEL.19.072 Retrieved from www.scopus.com
- Alves, N. D. C., Von Wangenheim, C. G., & Hauck, J. C. (2019). Approaches to assess computational thinking competences based on code analysis in K-12 education: A systematic mapping study. *Informatics in Education*, 18(1), 17.
- Avent, R. (2017). *La riqueza de los humanos: El trabajo en el siglo XXI*. Editorial Ariel.
- Basogain, X., Olabe, M. Á., Olabe, J. C., & Rico, M. J. (2018). Computational Thinking in pre-university Blended Learning classrooms. *Computers in Human Behavior*, 80, 412-419.
- Blocky Team. (2022). *Blockly | Google Developers*. 2022. <https://developers.google.com/blockly>
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). Using artifact-based interviews to study the development of computational thinking in interactive media design. Paper presented at annual American Educational Research Association meeting, Vancouver, BC, Canada.
- Csapó, G. (2019). Placing event-action-based visual programming in the process of computer science education. *Acta Polytechnica Hungarica*, 16(2), 35-57. doi:10.12700/APH.16.2.2019.2.3
- CSTA, & ECEP Alliance. (2020). *2020 State of Computer Science Education: Illuminating Disparities*. Recuperado de <https://advocacy.code.org/stateofcs>
- CTE. 2019. *CoolThink@JC – Computational Thinking Education Programme*. Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education 2019. 13-15 June 2019. Hong Kong. Recuperado de: <https://www.coolthink.hk/en/teaching-resources/>
- Da Cruz Alves, N., Gresse Von Wangenheim, C., & Hauck, J. C. R. (2019). Approaches to assess computational thinking competences based on code analysis in K-12 education: A systematic mapping study. *Informatics in Education*, 18(1), 17-39. doi:10.15388/infedu.2019.02
- Eguíluz, A., Guenaga, M., Garaizar, P., & Olivares-Rodríguez, C. (2020). Exploring the progression of early programmers in

- a set of computational thinking challenges via clickstream analysis. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 8(1), 256-261. doi:10.1109/TETC.2017.2768550
- Feurzeig, W., Papert, S., & Solomon, C. (1967). LOGO (version 1.0) [Software]. Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). https://el.media.mit.edu/logo-foundation/what_is_logo/index.html
- Fragapane, V., & Standl, B. (2021). Work in progress: Creative coding and computer science education - from approach to concept. Paper presented at the *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON, , 2021-April* 1233-1236. doi:10.1109/EDUCON46332.2021.9453951 Retrieved from www.scopus.com
- Gao, P., Lu, M., Zhao, H., & Li, M. (2019). A new teaching pattern based on PBL and visual programming in computational thinking course. Paper presented at the 14th International Conference on Computer Science and Education, ICCSE 2019, 304-308. doi:10.1109/ICCSE.2019.8845503 Retrieved from www.scopus.com
- Huang, Y. -, Huang, Y. -, & Starcic, A. I. (2020). Enhancing students' learning outcomes of a STEAM permutations course through a game based visual programming environment with qualifying rank strategy doi:10.1007/978-3-030-63885-6_11 Retrieved from www.scopus.com
- ISTE. ISTE Standards: educators. International society for technology in education. ISTE; 2016. Retrieved from: <https://www.iste.org/es/standards/iste-standards-for-teachers>
- Jamil, H. M. (2017). *Visual computational thinking using patch* doi:10.1007/978-3-319-66733-1_23 Retrieved from www.scopus.com
- Jiang, B., & Li, Z. (2021). Effect of scratch on computational thinking skills of chinese primary school students. *Journal of Computers in Education*, 8(4), 505-525. doi:10.1007/s40692-021-00190-z
- João, P., Nuno, D., Fábio, S. F., & Ana, P. (2019). A cross-analysis of block-based and visual programming apps with computer science student-teachers. *Education Sciences*, 9(3) doi:10.3390/educsci9030181
- Katchapakirin, K., & Anutariya, C. (2018). An architectural design of ScratchThAI A conversational agent for computational thinking development using scratch. Paper presented at the *ACM International Conference Proceeding Series*, doi:10.1145/3291280.3291787 Retrieved from www.scopus.com
- Kohen-Vacs, D., & Milrad, M. (2019). Computational thinking education for in-service elementary swedish teachers: Their perceptions and implications for competence development. Paper presented at the *Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education*, 109-112. Retrieved from www.scopus.com
- Kong, S. C., & Abelson, H. (2019). Computational thinking education (p. 382). Springer Nature.
- Kong, S. -, & Wang, Y. -. (2019). Assessing programming concepts in the visual block-based programming course for primary school students. Paper presented at the *Proceedings of the European Conference on e-Learning, ECEL, , 2019-November* 294-302. doi:10.34190/EEL.19.035 Retrieved from www.scopus.com
- Kong, S. C., & Wang, Y. Q. (2021). Item response analysis of computational thinking practices: Test characteristics and students' learning abilities in visual programming contexts. *Computers in Human Behavior*, 122 doi:10.1016/j.chb.2021.106836
- Kraleva, R., KraleV, V., & Kostadinova, D. (2019). A methodology for the analysis of block-based programming languages appropriate for children. *Journal of Computing Science and Engineering*, 13(1), 1-10. doi:10.5626/JCSE.2019.13.1.1
- Lowe, T. A., & Brophy, S. P. (2019). Identifying computational thinking in storytelling literacy activities with scratch jr. (RTP). Paper presented at the ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings, Retrieved from www.scopus.com
- Martínez-Zarzuelo, A., Rodríguez, J. M., Roanes, E., Fernández, M. J., & Cujó, J. (2016). Aplicación y evaluación de una metodología de programación visual para el desarrollo de competencias matemáticas.
- Mecca, G., Santoro, D., Sileno, N., & Veltri, E. (2021). Spice-up your coding lessons with the ACME approach. Paper presented at the CEUR Workshop Proceedings, 2994 Retrieved from www.scopus.com.
- Míguez, Á. R., & Neira, R. H. (2020). Creación de un videojuego educativo sobre células para la enseñanza de la programación. *IE Comunicaciones: Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, (32), 15-24.
- MIT Center for Mobile Learning. (2013). *MIT App Inventor* (No. 2). <http://appinventor.mit.edu/>
- MIT Media Lab. (2008). *Scratch*. <https://scratch.mit.edu/>
- Mönig, J., & Harvey, B. (2022). *Snap! Build Your Own Blocks*. <https://snap.berkeley.edu/credits>
- Ntouro, V., Kalogiannakis, M., & Psycharis, S. (2021). A study of the impact of arduino and visual programming in self-efficacy, motivation, computational thinking and 5th grade students' perceptions on electricity. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(5), 1-11. doi:10.29333/ejmste/10842
- Panskyi, T., & Rowińska, Z. (2021). A holistic digital game-based learning approach to out-of-school primary

- programming education. *Informatics in Education*, 20(2), 1-22. doi:10.15388/infedu.2021.12
- Panskyi, T., Rowinska, Z., & Biedron, S. (2019). Out-of-school assistance in the teaching of visual creative programming in the game-based environment – case study: Poland. *Thinking Skills and Creativity*, 34 doi:10.1016/j.tsc.2019.100593
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers and powerful ideas*. Brighton: Harvester Press.
- Plaza, P., Castro, M., Saez-Lopez, J. M., Sancristobal, E., Gil, R., Menacho, A., . . . Ruiperez-Valiente, J. A. (2021). Promoting computational thinking through visual block programming tools. Paper presented at the *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, , 2021-April 1131-1136. doi:10.1109/EDUCON46332.2021.9453903 Retrieved from www.scopus.com
- Plaza, P., Peixoto, A., Sancristobal, E., Castro, M., Blazquez, M., Menacho, A., . . . Lopez-Rey, A. (2020). Visual block programming languages and their use in educational robotics. Paper presented at the *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, , 2020-April 457-464. doi:10.1109/EDUCON45650.2020.9125219 Retrieved from www.scopus.com
- Polat, E., Hopcan, S., Kucuk, S., & Sisman, B. (2021). A comprehensive assessment of secondary school students' computational thinking skills. *British Journal of Educational Technology*, 52(5), 1965-1980. doi:10.1111/bjet.13092
- Rahman, M. M., & Paudel, R. (2019). Visual programming and interactive learning based dynamic instructional approaches to teach an introductory programming course. Paper presented at the *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, , 2018-October doi:10.1109/FIE.2018.8658581 Retrieved from www.scopus.com
- Rose, S. P., Jay, T., & Jacob Habgood, M. P. (2019). Using pirate plunder to develop children's abstraction skills in scratch. Paper presented at the *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, doi:10.1145/3290607.3312871 Retrieved from www.scopus.com.
- Sáez López, J. M., & Cózar Gutiérrez, R. (2017). Programación visual por bloques en Educación Primaria: Aprendiendo y creando contenidos en Ciencias Sociales. *Revista Complutense de Educación*, 28(2), 409-426.
- Sáez López, J. M., Otero, R. B., & De Lara García-Cervigón, S. (2021). Introducing robotics and block programming in elementary education. [La aplicación de la robótica y programación por bloques en la enseñanza elemental] *RIED-Revista Iberoamericana De Educacion a Distancia*, 24(1), 95-113. doi:10.5944/ried.24.1.27649
- Sáez-López, J. -, Sevillano-García, M. -, & Vazquez-Cano, E. (2019). The effect of programming on primary school students' mathematical and scientific understanding: Educational use of mBot. *Educational Technology Research and Development*, 67(6), 1405-1425. doi:10.1007/s11423-019-09648-5
- Scullard, S., Tsibolane, P., & Garbutt, M. (2019). The role of scratch visual programming in the development of computational thinking of non-is majors. Paper presented at the *Proceedings of the 23rd Pacific Asia Conference on Information Systems: Secure ICT Platform for the 4th Industrial Revolution, PACIS 2019*, Retrieved from www.scopus.com
- Selby, C., & Woollard, J. (2013). Computational thinking: the developing definition.
- Shanmugam, L., Yassin, S. F., & Khalid, F. (2019). Enhancing students' motivation to learn computational thinking through mobile application development module (M-CT). *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(5), 1293-1303. Retrieved from www.scopus.com
- Sherwin, J., Wang, Y., & Yang, Y. (2021). Build bridges between play, computation, visual programming, and text-based programming in early childhood education. Paper presented at the *SIGCSE 2021 - Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 1318. doi:10.1145/3408877.3439656 Retrieved from www.scopus.com
- Šiaulyš, T. (2021). Developing interactive visualizations focusing on computational thinking in K-12 computer science education. Paper presented at the *Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, ITiCSE*, 680-681. doi:10.1145/3456565.3460025 Retrieved from www.scopus.com
- Sun, L., Hu, L., & Zhou, D. (2021). Which way of design programming activities is more effective to promote K-12 students' computational thinking skills? A meta-analysis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(4), 1048-1062.
- Sung, Y. -, & Jeong, Y. -. (2019). Development and application of programming education model based on visual thinking strategy for pre-service teachers. *Universal Journal of Educational Research*, 7(5), 42-53. doi:10.13189/ujer.2019.071507
- Svelto Tech. (2022). *Svelto*. 2022. <https://www.svelto.tech/index.html#>
- Tien, H. -, & Yen, J. -. (2019). Computational thinking in STEM task design: Authentic, useful, experiential, and visual. Paper presented at the *Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education*, 135-140. Retrieved from www.scopus.com
- Tsai, M. J., Liang, J. C., & Hsu, C. Y. (2021). The computational thinking scale for computer literacy education. *Journal of Educational Computing Research*, 59(4), 579-602.

Tseng, C. Y., Doll, J., & Varma, K. (2019). Exploring evidence that board games can support computational thinking. In 3rd International Conference on Computational Thinking Education, CTE 2019 (pp. 61-64). The Education University of Hong Kong.

Vera, M. D. M. S. (2020). La robótica, la programación y el pensamiento computacional en la educación infantil. *Revista Infancia, Educación y Aprendizaje*, 7(1), 209-234.

Vourletsis, I., & Politis, P. (2020). Effects of a computational thinking experimental course on students' perceptions of their problem-solving skills. Paper presented at the ACM International Conference Proceeding Series, 14-20. doi:10.1145/3383923.3383935 Retrieved from www.scopus.com

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.

WU, S. Y. (2019). The Design and Development of Coding Poker Cards. *CoolThink@ JC*, 46.

Zapata-Ros, M. (2015). Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, (46).

Zhang, L., & Nouri, J. (2019). A systematic review of learning computational thinking through scratch in K-9. *Computers and Education*, 141 doi:10.1016/j.compedu.2019.103607

Diseño de Robot Móvil para tareas de Desminado Humanitario

Gutiérrez, Nelson^{1*}; Espinoza, David¹

¹Universidad UTE, Facultad de ciencias de la ingeniería e industrias, Quito, Ecuador

Resumen:

En el presente trabajo se muestra el diseño de una plataforma móvil con desplazamiento automático para la detección de metales. El dispositivo tiene una geometría cuadrada con un área de 5 m², el cual tiene la finalidad de ayudar a los especialistas para la detección de minas explosivas, reduciendo el tiempo de detección de explosivos y disminuyendo el riesgo de accidentes. La plataforma consta de cuatro columnas de apoyo, cada una tiene un sistema de poleas y cabrestantes que se sujetan a un actuador final mediante cordeles, donde se instala un sensor para la detección de elementos metálicos posicionado en sentido horizontal y paralelo al terreno, con movimiento en dos planos sin tocar el piso, reduciendo la posibilidad de detonación de una mina. También incluye un programa que genera una trayectoria de exploración del terreno para ubicar los metales de forma intuitiva, con un mecanismo de marcado por pintura aerosol. Para el diseño del sistema se utilizó la metodología en V lo que facilita el diseño concurrente.

Palabras clave: Robot móvil, mina explosiva, detector de metales, ruta planificada, sistema mecatrónico.

Recibido: 25 de noviembre de 2022. Aceptado: 20 de febrero de 2023

Received: November 25th, 2022. Accepted: February 20th, 2023

Design of Mobile Robot for Humanitarian Demining Tasks

Abstract:

In the present work the design of a mobile platform with automatic displacement for the detection of metals is shown. The device has a square geometry with an area of 5 m², which is intended to help specialists for the detection of explosive mines, reducing the detection time of explosives and reducing the risk of accidents. The platform consists of four support columns, each one has a system of pulleys and winches that are attached to a final actuator by means of ropes, where a sensor is installed for the detection of metal elements positioned horizontally and parallel to the ground, with movement in two planes without touching the floor, reducing the possibility of detonation of a mine. It also includes a program that generates an exploration path of the terrain to locate the metals intuitively, with a marking mechanism by spray paint. For the design of the system, the V methodology was used, which facilitates concurrent design.

Keywords: Mobile robot, explosive mine, metal detector, planned route, mechatronic system.

(*) Nelson.gutierrez@ute.edu.ec

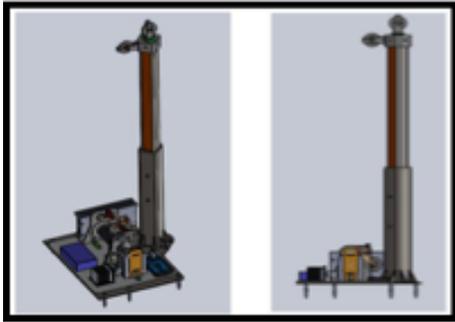


Figura 3. Marco del mecanismo

3.2.1.1 Sistema de carrete

Este sistema fue el responsable de transmitir el movimiento al efector final mediante los cordeles, por lo tanto, en este sistema lo que se busca es que pueda suministrar cordel de forma continua y a una velocidad constante, para ello se tomó en consideración la ventaja que ofrecen los motores a pasos, tanto en el torque como en el control de la velocidad angular como se muestra en la Figura 4.

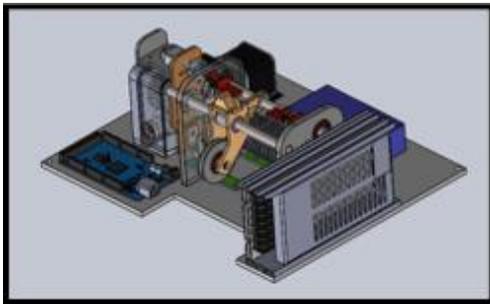


Figura 4. Sistema de carrete

3.2.2. Diseño electrónico

El sistema de control se implementó con una red I2C que está constituida por un maestro y cuatro esclavos con base en Arduino, por este motivo es necesario 3 tipos modelos de PCB, estos fueron: la del maestro, la de los esclavos y por último la de la pintura, estas placas de circuitos integrados fueron diseñadas para facilitar la conexión de los componentes y algunos periféricos, se optó por el uso de conectores Molex.

Para el esclavo no fue necesario una gran cantidad de entradas y salidas por lo tanto se utilizó un Arduino Nano y al saber que prácticamente se utilizaron las mismas conexiones de los sensores y periféricos que utiliza el Maestro, pero con la diferencia que las conexiones entre los esclavos se realizaron puentes para pudieran conectarse entre ellos como se observa en la Figura 6.

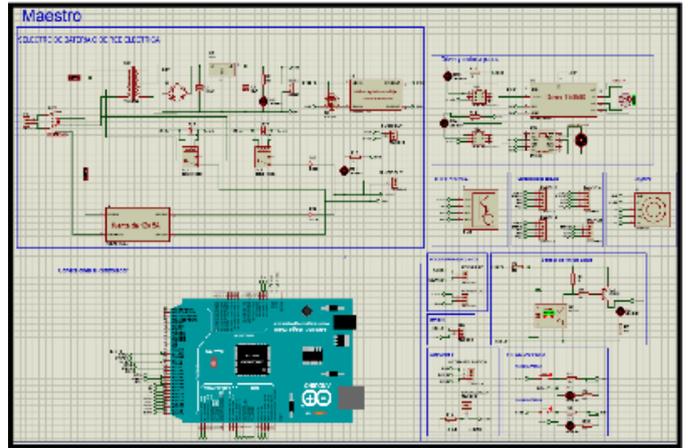


Figura 5. Diagrama esquemático del Maestro

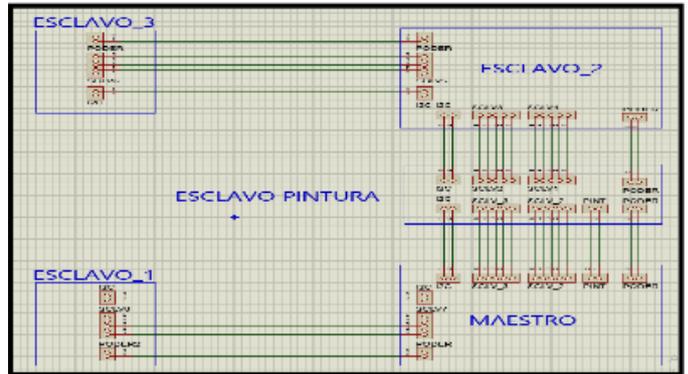


Figura 6. Conexión entre maestro y esclavos

3.2.3 Diseño cinemático

En esta sección se planteó la creación de los algoritmos de control para el dispositivo, para lo cual fue necesario resolver la cinemática directa e inversa como también la dinámica.

3.2.3.1 Espacio de trabajo

Para este tipo de robots hay que tomar en cuenta el espacio de trabajo ya que por la naturaleza del mecanismo tensionado por cables existen posiciones en el área comprendida por los marcos del mecanismo que están en los vértices del cuadrado que se llaman singularidades, como se puede observar en la Figura 7. En otras palabras, el efector final que en este caso tuvo un movimiento en dos grados de libertad que fueron en el eje x y el eje y, pero al llegar a una posición de singularidad el efector final gana o pierde un grado de libertad provocando que los controladores sean incapaces de controlar la posición del mismo, por este motivo estas posiciones de singularidades no deben estar en el espacio de trabajo, para ello se utilizó como referencia la misma geometría del robot (Aguas, 2019).

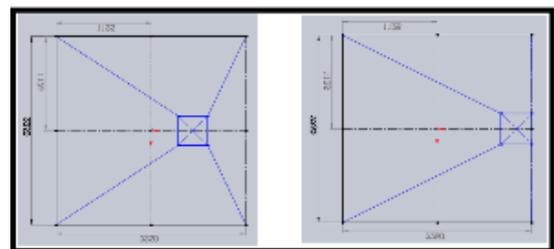


Figura 7. Singularidades

3.2.3.2 Cinemática inversa

Para realizar el estudio cinemático inverso se consideró al efector final y que “todos los cables se encuentran en tensión”, se tomó como punto de origen el centro del cuadrado o también denominado como centroide, se lo denominara como: $X_0 = [x_0 \ y_0] = [0 \ 0]$ (Acar et al., 2003). Con respecto al área de trabajo que fue un cuadrado y su lado tuvo un valor de L_B . Para los marcos del mecanismo que se encuentran en los vértices se los denominaran A_i y están ubicados en las posiciones $A_i = [A_{ix} \ A_{iy}]$; las longitudes de los cables estarán dadas por L_i y con respecto a los ángulos serán θ_i y la variable i toma los valores de $i = 1,2,3,4$ y por último, la posición del efector final que estará dada por $X_e = [x_e \ y_e]^T$, así se muestra en la Figura 8.

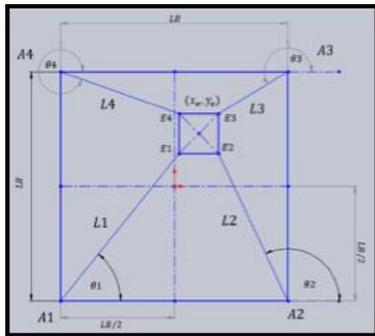


Figura 8. Esquema cinemático

El objetivo de la cinemática inversa en este caso es conociendo la posición del efector final $X_e = [x_e \ y_e]^T$ es encontrar la longitud de los cables mediante el módulo o norma del vector formado por la posición del marco del mecanismo A_i y el efector final.

$$A_i = [x_{Ai} \ y_{Ai}]$$

$$E_i = [x_{Ei} \ y_{Ei}]$$

$$L_i = \sqrt{(x_{Ei} - x_{Ai})^2 + (y_{Ei} - y_{Ai})^2} \quad (1)$$

Donde:

- x_{Ei} : coordenada en el eje x del vértice del efector final
- y_{Ei} : coordenada en el eje y del vértice del efector final
- x_{Ai} : coordenada en el eje x del punto A_i
- y_{Ai} : coordenada en el eje y del punto A_i
- L_i : longitud del cable

Con respecto al ángulo del cable se tomó como punto de origen A_i de cada vértice como se muestra en la Figura 9.

$$\theta_i = \tan^{-1} \left(\frac{y_{Ei} - A_{iy}}{x_{Ei} - A_{ix}} \right) + [\sigma_i] \quad (2)$$

Donde:

- σ_i : es el ángulo que se le debe sumar según el cuadrante

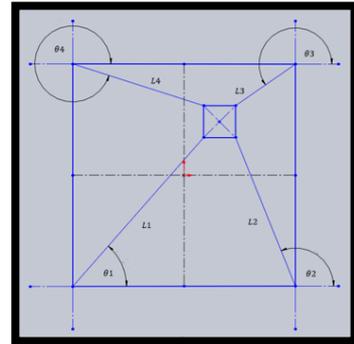


Figura 9. Ángulos de los cables

3.2.3.3. Cinemática directa

El objetivo de la cinemática directa es “obtener la posición del efector final $X_e = [x_e \ y_e]^T$ a partir de las longitudes de los cables” (Doroftei et al., 2008), para esto se tomó como punto de partida el centro del cuadrado o centroide donde las longitudes de los cables son iguales, es decir, en la posición $X_0 = [x_0 \ y_0]^T$. También se debe considerar la longitud de los cables L_1 y L_2 que corresponden a los vértices A_1 y A_2 que están ubicados en las posiciones $A_1 = [0 \ 0]^T$ y $A_2 = [L_B \ 0]^T$, para encontrar la posición del efector final se tomó la idea de la intersección de dos circunferencias con origen en A_1 y A_2 respectivamente y sus radios fueron L_1 y L_2 como se muestra en la Figura 10.

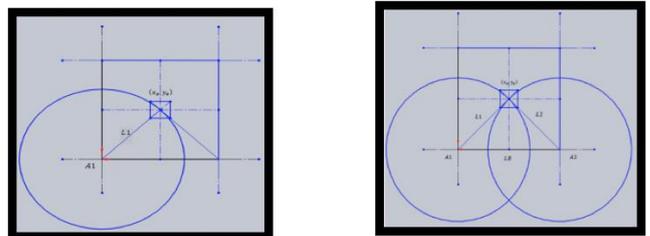


Figura 10. Diagrama para cinemática directa.

Tomando en cuenta la Figura 10, se procedió a resolver la geometría buscando el punto de intersección de las dos circunferencias que se encuentran dentro del espacio de trabajo en la posición (x_e, y_e) para ello se dividió el problema en dos partes. Una vez identificadas las dos partes se procedió a encontrar las ecuaciones de ambas circunferencias, como se puede ver en la figura anterior donde se tiene que el origen de la circunferencia está en el origen del sistema, por lo tanto, se puede utilizar la Ecuación canónica de la circunferencia con centro en el origen.

$$x_e^2 + y_e^2 = L_1^2 \quad (3)$$

Donde:

- x_e : coordenada en el eje x del origen de la circunferencia
- y_e : coordenada en el eje y del origen de la circunferencia
- L_1 : radio de la circunferencia

Para la Figura 10 se utilizó la ecuación canónica general de una circunferencia como se muestra a continuación.

$$(x_c - h)^2 - (y_c - k)^2 = r_c^2 \quad (4)$$

Donde:

- x_c : coordenada en el eje x del origen de la circunferencia
- y_c : coordenada en el eje y del origen de la circunferencia
- L_B : desplazamiento del origen de la circunferencia en el eje x
- K : desplazamiento del origen de la circunferencia en el eje y

rc : radio de la circunferencia

Se reemplaza con las variables de la Figura 10:

$$\begin{aligned} (x_e - LB)^2 - (y_e - 0)^2 &= L2^2 \\ (x_e - LB)^2 + y_e^2 &= L2^2 \\ 2x_e - 2x_e LB + LB^2 + y_e^2 &= L2^2 \end{aligned} \quad (5)$$

Por último, se eliminan los términos semejantes y se multiplica por -1 a la expresión anterior para poder despejar x_e obteniendo la siguiente ecuación:

$$x_e = \frac{LB^2 + L1^2 - L2^2}{2LB} \quad (6)$$

Y, para obtener y_e se despeja:

$$y_e = \pm\sqrt{L1^2 - x_e^2} \quad (7)$$

3.2.3.4. Cinemática de velocidad

Lo que se buscó en este estudio fue la relación entre la velocidad del efector final con la velocidad de cambio de longitudes de los cables, para esto se utilizó una ecuación que denote la posición del efector final en cualquier posición, la misma que se verá a continuación (Colon et al., 2008):

$$[x_e \ y_e]^T = [Ai_x + Li \cos(\theta_i) \quad Ai_y + \text{sen}[\theta_i]]^T \quad (8)$$

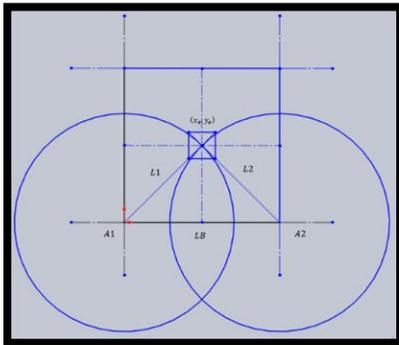


Figura 11. Diagrama para cinemática directa.

3.2.3.5. Modelo dinámico del sistema.

Para resolver la dinámica se dividió el problema, en esta sección se los integrará combinado las ecuaciones de la dinámica del efector final, ecuación del carrete móvil y la cinemática inversa, con las cuales se busca una expresión que satisfaga a la ecuación de la robótica.

$$M(X_e)\ddot{X}_e + N(X_e, \dot{X}_e)\dot{X}_e = S[X_e]\tau \quad (9)$$

Donde:

$M(X_e)$: matriz de inercia

$N(X_e, \dot{X}_e)$: matriz de Coriolis

$S[X_e]$: matriz Jacobiana estática

τ : vector de torque

Para el modelo dinámico del sistema se tuvo como referencia los ángulos de los carretes móviles β_i en función de la posición del efector final X_e para el estudio se tomaron los ángulos de los carretes como cero, cuando el efector final se encuentre en el centro del espacio de trabajo y esté elevado del piso, se tomó como giro positivo de los carretes el sentido horario, lo cual produjo el enrollamiento del cordel dando como resultado un cambio en la longitud del cordel de forma negativo como se muestran en la Figura 12.

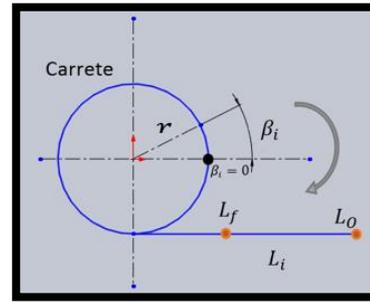


Figura 12. Diagrama del movimiento del carrete.

La ecuación: $\ddot{X}_e = M(X_e)^{-1} + (S\tau - N(X_e, \dot{X}_e)\dot{X}_e)$ muestra el modelo dinámico del robot accionado por cuatro cables donde las entradas son los torques y la salida es la aceleración del efector final como se muestra en la Figura 13.

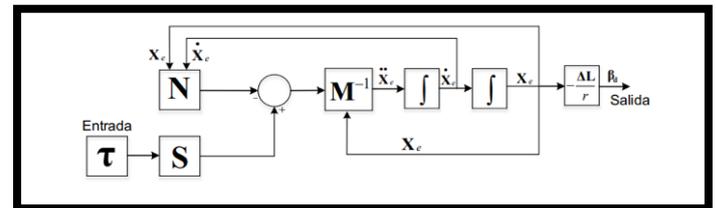


Figura 13. Diagrama de bloques dinámico del sistema

3.2.3.6 Movimiento del dispositivo.

Como se ha visto anteriormente, este dispositivo se mueve gracias a la acción de los motores del carrete giratorio, los mismos recogen o seden cable según el movimiento deseado para este proyecto. Se desarrolló únicamente movimientos en línea recta como son: adelante, atrás, izquierda y derecha, que corresponden a los ejes X y Y como se observa en la Figura 14.

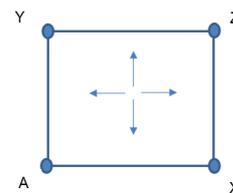


Fig. 14. Distribución de los motores.

Hay una característica importante en el estilo de estos dispositivos, es que para realizar un movimiento se deben accionar los cuatro motores simultáneamente y poder controlarlos independientemente, tanto en su velocidad angular como su sentido de giro, para esto se utilizaron los controladores anteriormente mencionados, que solo necesitan dos datos de entrada que son la frecuencia para la velocidad del motor PAP que mediante prueba y error esta frecuencia fue 0.001173Hz y el sentido de giro como se muestra en la siguiente Tabla:

Tabla 1. Sentido de giro de los motores.

	Motor A	Motor Y	Motor Z	Motor X
Adelante	1	0	0	1
Atrás	0	1	1	0
Derecha	1	1	0	0
Izquierda	0	0	1	1

Hay que tomar en cuenta que, para recoger el cordel, el sentido de giro del motor es horario y para ceder cable será anti horario, para facilitar en la programación se denomina al sentido horario como 0 y anti horario como 1.

3.2.3.7. Detección de metales.

Tomando en consideración que en las secciones anteriores ya se escogió el detector de metales MINELAB F3 (Mori et al., 2005). La señal del sensor se procesó mediante un filtro de pasa bajos, también se hace uso de la herramienta Simulink para facilitar la programación y la obtención de la señal como se muestra en la Figura 15.

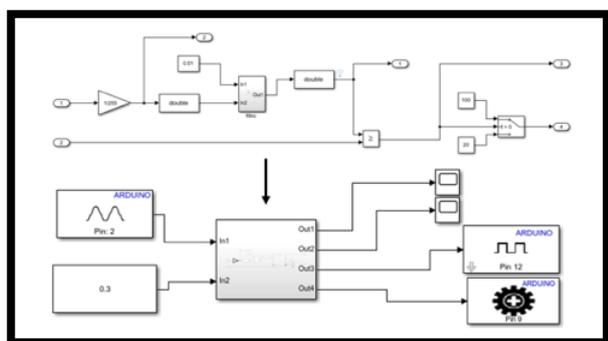


Fig. 15. Programa del detector metales.

3.2.3.8. Compensador de altura.

El compensador de altura corresponde a componentes adicionales mejorar el funcionamiento del dispositivo y está conformado de dos partes: la estructura que se llamó como cúpula y el mecanismo de compensación.

Cúpula.

La cúpula no es un componente crítico con respecto a su material así que se diseñó con un perfil cuadrado de dimensiones de 20mm de lado y 2mm de espesor de acero ASTM 36 y ya que su finalidad es dar un punto fijo donde se pueda colocar una polea, para este trabajo se decidió que este punto sea el centroide del área de trabajo, pero proyectado a una altura perpendicular al suelo, como se ve en la siguiente Figura.

3.2.3.9. Compensador de altura.

El compensador de altura corresponde a componentes adicionales mejorar el funcionamiento del dispositivo y está conformado de dos partes: la estructura que se llamó como cúpula y el mecanismo de compensación.

3.2.3.10. Cúpula.

La cúpula no es un componente crítico con respecto a su material así que se diseñó con un perfil cuadrado de dimensiones de 20mm de lado y 2mm de espesor de acero ASTM 36 y ya que su finalidad es dar un punto fijo donde se pueda colocar una polea, para este trabajo se decidió que este punto sea el centroide del área de trabajo, pero proyectado a una altura perpendicular al suelo, como se ve en la siguiente Figura.

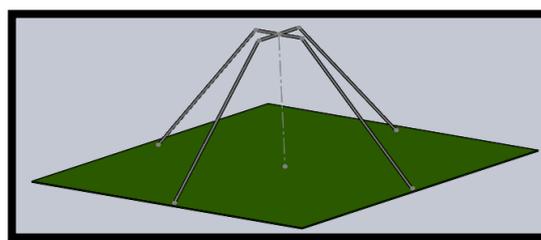


Figura 16. Cúpula

3.2.3.11. Mecanismo de compensación.

Este mecanismo consiste en un variación del tambor rotatorio que se diferencia del diseñado en las secciones anteriores, no necesita de estriado ni una guía para el cordel, también cambió la dimensión del tambor a tres pulgadas y el mecanismo de reducción fue hecho por medio de engranajes rectos con una relación 3:1. Por este motivo el motor que acciona el tambor se cambió a un servo motor de 360 grados, por su torque se utilizó el MG995-360 que tiene 1.078 Nm y el cordel se mantiene en lo 3mm, todo el sistema integrado se muestra en la Figura 17.

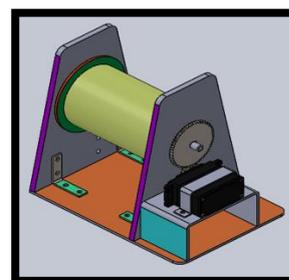


Figura 17. Mecanismo de compensación

3.2.3.12. Integración del sistema

El ensamble completo del sistema diseñado con todos los componentes se muestra en la Figura 18.

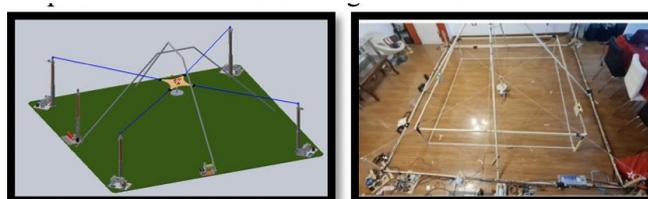


Figura 18. Integración de los sistemas del robot móvil

4. RESULTADOS Y/O DISCUSIÓN

Para la validación del dispositivo se realizó distintas pruebas para comprobar si el dispositivo se comporta de la forma esperada para ello se dividen en tres pruebas: la primera es el seguimiento de la trayectoria, la segunda es la compensación de altura y la tercera es la detección de metales.

4.1 Seguimiento de trayectoria.

Para realizar las pruebas de seguimiento de trayectoria se realizaron ensayos con el prototipo, utilizando la base del

efector final acoplada a un marcador para de dibujarse en una cartulina blanca, con esta prueba se deseaba comprobar si el efector era capaz de seguir la trayectoria programada.

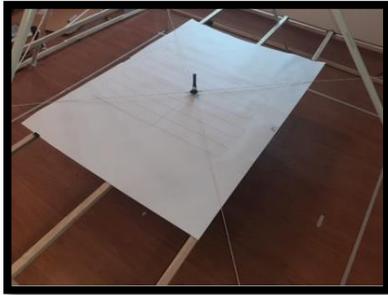


Figura 19. Prueba de seguimiento de trayectoria

4.2 Prueba del controlador de altura.

Consiste en la comprobación del controlador para corroborar si realizaba las acciones correspondientes para que el efector final mantenga una altura en lo posible constante y que de ninguna forma este toque el suelo, después de calibrarlo, a través de la medición de la altura de la plataforma.

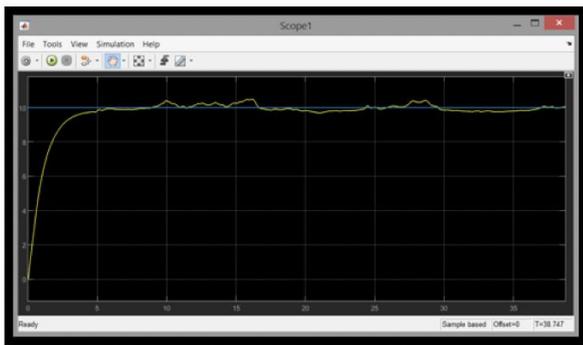


Figura 20: Medición de Altura del dispositivo

5. CONCLUSIONES

Se desarrolló un sistema mecatrónico con la capacidad de un movimiento bidimensional sin tocar el piso, mediante un robot accionado por cordeles paralelo; el cual tuvo un efector final que contaba con un plato detector de metales, el mismo que tuvo la capacidad de barrer un terreno especificado siguiendo una trayectoria, y al encontrarse en presencia de un metal generó una señal que se usó para accionar un mecanismo que roseó pintura sobre el terreno, así marcado la posición relativa de un metal enterrado.

Se diseñó un algoritmo de control para que el efector final mantuviera una altura constante en el recorrido de la trayectoria con base en un control ON-OFF de lazo cerrado y con lógica pseudo Fuzzy.

Se escogió un detector de metales de uso militar F3 el mismo que fue la base del diseño mecánico de este trabajo.

Se construyó un prototipo con materiales económicos, pero con las medidas y datos calculados en este trabajo para validar el funcionamiento del robot accionado por cordeles paralelos, el cual con una buena calibración cumplió con las trayectorias deseadas.

REFERENCIAS

- Acar, E., Choset, H., Zhang, Y., Schervish, M. (2003). Path Planning for Robotic Demining: Robust Sensor-Based Coverage of Unstructured Environments. *The International Journal of Robotics Research*. Vol. 22. <https://doi.org/10.1177/02783649030227002>
- Acar, E., Zhang, Y., Choset, H., Schervish, M., Costa, A., Melamud, R., Lean, D., Graveline, A. (2001). Path Planning for Robotic Demining and Development of a Test Platform. Carnegie Mellon University. Pittsburgh. Disponible en https://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub4/acar_ercan_2001_3/a_car_ercan_2001_3.pdf.
- Aguas, X., Herrera, M., Sotomayor, N., Camacho, O. (2019). Prototipo de robot paralelo accionado por cuatro cables: resultados experimentales. *Enfoque UTE*. Vol. 10. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n1>
- Castiblanco, D., Prada, M., Reyes, C., Tocaría, D. (2020). Fíjate bien dónde pisas. Efectos del Desminado Humanitario en Colombia: ¿menos coca y más desarrollo? Bogotá, D. C: Universidad de los Andes. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/41114>.
- Colon, E., De Cubber, G., Ping, H., Habumuremyi, J.C., Sahli, H., Baudoin, Y. (2007). Integrated robotic systems for Humanitarian Demining. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. Vol. 4(2). <https://doi.org/10.5772/5694>
- Doroftei, D., Colon, E., De Cubber, G. (2008). A Behaviour-Based Control and Software Architecture for the Visually Guided Robodem Outdoor Mobile Robot. *Journal of Automation Mobile Robotics and Intelligent Systems*, Vol. 2. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/229138838_A_behaviour-based_control_and_software_architecture_for_the_visually_guided_Robodem_outdoor_mobile_robot
- Echevarría, I. (2019). Modelo de calibración para un robot de cables autoinstalable. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Disponible en: http://oa.upm.es/56323/1/TFG_INAKI_ECHEVARRIA_HERERA.pdf

Espinoza, D., Gutiérrez N. (2022). Diseño de una plataforma móvil detectora de metales para desminado humanitario. Universidad UTE. Quito.

Fernández, V. (2010). Desarrollo de Sistemas de Información, una Metodología Basada en el Modelado. España. Ediciones de la UPC, S.L.

Hemapala, M. U. (2017). Robots for Humanitarian Demining. Robots Operating in Hazardous Environments. London, United Kingdom: IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.70246

Ismail, A., Elmogy, M.M., El-Bakry, H.M. (2014). Landmines detection using autonomous robots: A survey. Materials science. Disponible en: <https://www.ijettcs.org/pabstract.php?vol=Volume3Issue4&pid=IJETTCS-2014-08-08-92>

Jiménez, D. El desminado humanitario en el Ecuador: la convención de Ottawa sobre minas antipersonales (1998-2014). (2017) La Universidad de postgrado del Ecuador, Quito, Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/4603>

Mori, Y., Takayama, K., Adachi, T., Omote, S., Nakamura, T. (2005). Feasibility Study on an Excavation-Type Demining Robot. Autonomous Robots. Vol. 18. <https://doi.org/10.1007/s10514-005-6839-4>

Rachkov, M., Marques, L., De Almeida, A. (2005). Multisensor Demining Robot. Autonomous Robots. Vol. 18. Pp. 275-291. <https://doi.org/10.1007/s10514-005-6840-y>

Prediagnóstico Médico de la Diabetes Mellitus tipo 2 mediante Machine Learning

Herrería, Julio ¹; Bonilla, Vladimir ^{1,2}; Mosquera, Guillermo ^{1(*)}; Sánchez, Miguel ¹; Andrade, Cristina ¹

¹Universidad UTE, Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industria, Quito, Ecuador

²Universidad Yachay Tech, Escuela de Ciencias Biológicas E ingeniería, Urcuquí, Ecuador

Resumen: En el artículo se presenta el desarrollo un sistema para prediagnosticar la diabetes mellitus tipo 2. El proceso de prediagnóstico consta de tres etapas medición; anamnesis, examen físico y un examen complementario. Como resultado se da a conocer la probabilidad de padecer diabetes mellitus tipo 2 mediante redes neuronales que utilizan como entradas: edad, género, altura, peso, circunferencia abdominal, antecedentes familiares relacionados a la diabetes, patología y estado de gestación de ser el caso. Se utilizaron perceptrones para realizar la clasificación de los patrones y los resultados se validaron con la cuadrícula de análisis consensuado de errores de Clarke, permitiendo obtener un sistema de prediagnóstico no invasivo con una probabilidad de acierto no menor de 90%.

Palabras clave: Machine Learning. Prediagnóstico. Diabetes mellitus tipo 2. Redes neuronales artificiales. Cuadrícula de errores de Clarke.

Recibido: 28 de noviembre de 2022. Aceptado: 20 de febrero de 2023

Received: November 28th, 2022. Accepted: February 20th, 2023

Medical Prediagnosis of Type 2 Diabetes Mellitus using Machine Learning

Abstract: The article presents the development of a system to pre-diagnose type 2 diabetes mellitus. The pre-diagnosis process consists of three measurement stages; anamnesis, physical examination and a complementary examination. As a result, the probability of suffering from type 2 diabetes mellitus is disclosed through neural networks that use as inputs: age, gender, height, weight, abdominal circumference, family history related to diabetes, pathology and state of pregnancy if applicable. Perceptrons were used to classify the patterns and the results were validated with Clarke's consensus error analysis grid, making it possible to obtain a non-invasive pre-diagnosis system with a probability of success of no less than 90%.

Keywords: Machine Learning. Prediagnosis. Diabetes mellitus type 2. Artificial neural networks. Clarke's error grid

(*) guillermo.mosquera@ute.edu.ec

1. INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus tipo 2 es una enfermedad que consiste en niveles altos de glucosa en sangre, y en la actualidad considerada como enfermedad crónica. Dicho nivel alto de glucosa se debe a dos razones; las células beta del páncreas no producen la insulina (hormona que regula la glucosa en sangre) suficiente o las células del organismo se resisten a asimilar la insulina y por consecuencia no pueden absorber la glucosa en sangre (Maitra, 2015).

Según la Federación Internacional de Diabetes, en su informe en el 2019 hubo alrededor de 463 millones de personas diabéticas, más del 50% de casos eran diabéticos tipo 2. Se estiman que dichas cifras vayan en aumento, por el estilo de vida sedentario de las personas (International Diabetes Federation, 2019).

Datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador indican que la diabetes es una de las principales causas de muerte general del país, y según la Organización Mundial de la Salud en 2012 la diabetes fue la causante de 3,7 millones de muerte en el mundo (Organización Mundial de la Salud, 2019).

Cuando se padece diabetes mellitus tipo 2, se tiene complicaciones agudas y crónicas. Además, que el padecimiento de la enfermedad es considerado como factor de riesgo o agravante para otras enfermedades. Algunas de estas complicaciones se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Complicaciones de la diabetes mellitus tipo 2

Complicaciones Agudas	Complicaciones Crónicas
Cetoacidosis diabética	Microangiopatías
	Complicaciones macrovasculares
Hipoglucemia	Deterioro visual
Síndrome Hiperosmótico	Polineuropatía simétrica distal
Hiperosmolar	Infecciones cutáneas

2. MARCO TEÓRICO

Debido al riesgo que se presenta el padecer diabetes mellitus tipo 2, es importante su diagnóstico prematuro con la finalidad de evitar o minimizar el desarrollo de esta. La enfermedad posee distintos factores de riesgo, algunos de los cuales se nombra a continuación:

- Análisis de glucosa en ayunas (mayor a 126 mg/dl indica diabetes, entre 100-125 mg/dl indica prediabetes e inferior a 100 mg/dl, no presenta alteraciones de la glucosa).
- Edad (edad avanzada incrementa probabilidad de padecer diabetes).
- Género (sexo masculino propenso a desarrollo de diabetes).
- Antecedentes familiares (el aspecto genético incrementa el riesgo).
- Actividad física (estilo de vida influye en el desarrollo de la enfermedad).
- Índice de masa corporal (malos hábitos alimenticios incrementan el riesgo).

- Perímetro de cintura (indicador de distribución de grasa abdominal)

Si la persona padece diabetes mellitus tipo 2, el tratamiento más común se basa en suministrar insulina mediante inyecciones por vía subcutánea o por bomba de infusión continua. La implementación de estos tratamientos puede ocasionar una hipoglucemia, que consiste en niveles bajo de glucosa en sangre (Gobierno de México secretaria de Salud, 2014).

Otra alternativa es el reemplazo de células β por células madre, con la finalidad de promover la producción de insulina para el organismo. Algunos proyectos prometedores se basan en la creación de tejidos vivos, para la producción de un páncreas artificial.

Los pacientes diabéticos con el fin poder controlar la enfermedad, practican un estilo de vida con una dieta equilibrada y actividad física. Siendo esta una de las mejores maneras de evitar complicaciones a futuro. Todas las complicaciones y futuros tratamientos pueden ser detectados en una etapa temprana mediante la implementación de sistemas inteligentes de análisis de datos basados en redes neuronales. (Santander, 2019)

Algunos autores (Meza, 2018) sugieren el uso de lógica difusa para el prediagnóstico, obteniendo resultados menores al 80% de exactitud, mientras tanto las propuestas (Diagnóstico Asistido Por Inteligencia Artificial De Aprendizaje Profundo Para El Tamizaje Automático De Anormalidades De Fondo De Ojo De Múltiples Patologías, 2019) para el uso de redes neuronales y redes neuronales profundas evidencian resultados mayores.

3. METODOLOGÍA

El objetivo del presente proyecto es el diseño de un sistema de prediagnóstico médico no invasivo que permita determinar si el paciente padece o no de diabetes mellitus tipo 2. Para cumplir con este objetivo se utilizarán redes neuronales como herramienta de machine learning.

Las etapas para el diseño del sistema se describen a continuación.

3.1 Registro de datos de los pacientes y protocolo de la medición.

Se estableció como unidad de análisis un centro médico de la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas (Ecuador), se creó un registro de datos con 50 casos clínicos variados (diabéticos, prediabéticos y no diabéticos), esto debido a las restricciones de la pandemia Covid-19. Además, se estableció un protocolo para las mediciones médicas, con la finalidad que se realicen bajo las mismas condiciones (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2012). Entre los principales puntos a considerar en el protocolo se encuentran: solicitar al paciente estar en ayuno al menos de 8 horas; medir la altura de la persona manteniendo la espalda recta; con una balanza

digital obtener la masa corporal verificando que el paciente lleve ropa ligera; realizar la medición de glucosa con un glucómetro certificado y calibrado, realizar la medición del perímetro abdominal con una cinta métrica verificando que el paciente no comprima el abdomen, y anamnesis con preguntas claras. Adicional, con el fin de estandarizar las mediciones no invasivas sobre los pacientes, se diseñó un estand que permite obtener la altura, peso y diámetro abdominal

3.2 Diseño y entrenamiento de las redes neuronales artificiales.

Se establecieron tres redes neuronales con aprendizaje supervisado, los conjuntos de entrenamiento fueron generados por un médico experto en diabetes mellitus tipo 2 a partir de los registros de 50 casos clínicos. El 80% (40 registros) de los datos registrados se utilizaron para el entrenamiento de las redes neuronales, y el 20% restante se aplicó para pruebas de funcionamiento y ajuste de las redes neuronales. Los conjuntos de entrenamiento tienen diferentes casos que permiten evitar el “overfitting” en sistema (Baradó, 2013).

Las redes neuronales seleccionadas para el presente proyecto son perceptrones simples con una sola capa de entrada y una neurona en la salida. Las funciones de activación se seleccionaron de acuerdo a la naturales y tendencia de los datos del conjunto objetivo. Su arquitectura se muestra a continuación:

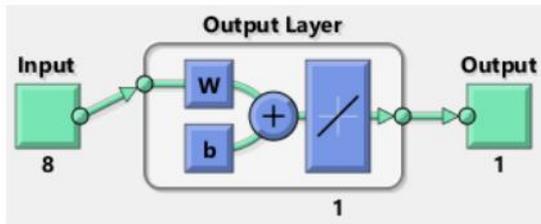


Figura 1. Arquitectura de las redes neuronales

La primera red neuronal estima la circunferencia abdominal del paciente, teniendo como entrada los parámetros de altura y masa corporal. Se seleccionó un perceptrón con el algoritmo Levenberg – Marquardt [1] con propagación inversa del error y función de activación lineal. En la figura 2 se muestra el ajuste de la red neuronal durante el entrenamiento. Similar comportamiento se puede observar para las otras dos redes neuronales.

$$x_i = x_{i-1} - \alpha (\epsilon I + H_f)^{-1} * \nabla f \quad (1)$$

- α y ϵ son positivos
- I es la matriz de identidad
- $\epsilon I - H_f$ sean positiva

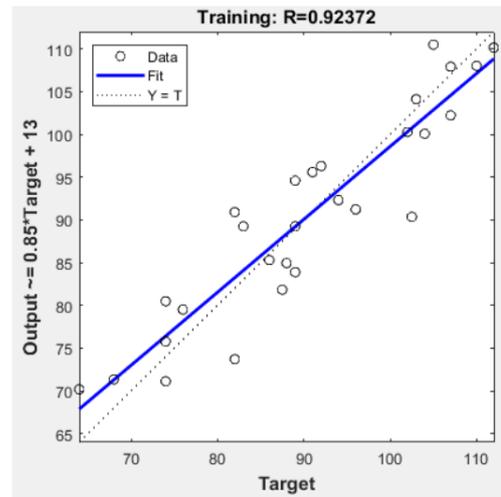


Figura 2. Ajuste de la red neuronal durante la etapa de entrenamiento

El ajuste de esta red neuronal es de 0.92372.

La segunda red estima los niveles de glucosa en sangre, teniendo como entrada los parámetros de edad, género, embarazo, antecedentes clínicos, actividad física, altura, masa corporal, y mediciones del sensor no invasivo de glucosa. Para la activación de la red se utilizó la función tansig.

La última red se encarga de proporcionar el prediagnóstico por medio de una probabilidad obtenida de los datos de entrada de edad, género, embarazo, antecedentes familiares, actividad física, IMC, nivel de glucosa y circunferencia abdominal. Los dos últimos datos son proporcionados de las dos redes neuronales anteriores conectadas en cascada. En esta red se consideró el escalamiento y estandarización de los parámetros de entrada debido a la diferencia en sus unidades (American Diabetes Association, 2019).

4. RESULTADOS Y/O DISCUSIÓN

Los resultados mostrados a continuación se obtuvieron con los registros y diagnósticos de 10 pacientes (20% de la muestra). Estos datos no formaron parte del conjunto de entrenamiento de las redes neuronales, pero si del conjunto de validación.

4.1 Resultados de la estimación de circunferencia abdominal.

En la figura 2 se muestran los resultados de estimación de la circunferencia abdominal mediante el uso de un perceptrón con función de activación *purelin*.

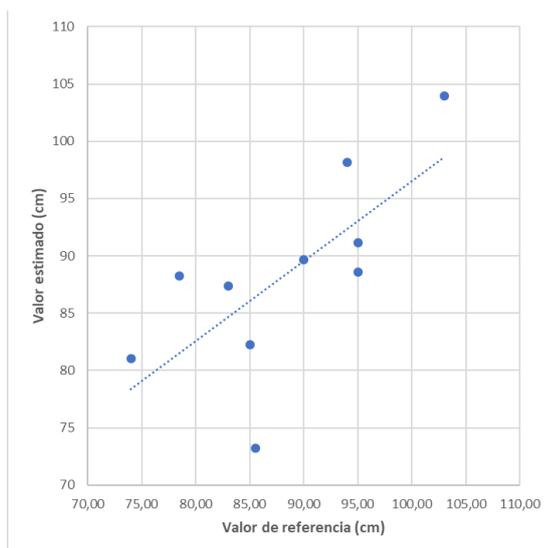


Figura 2. Coeficiente de correlación entre los datos de objetivo y de salida de la circunferencia abdominal - Prueba

En el experimento se obtuvo una exactitud del 93,87%, con un error promedio absoluto de 5,19 cm.

4.2 Resultados de estimación de glucosa.

El resultado de la estimación de glucosa con la segunda red neuronal se validó mediante la cuadrícula de errores consensuada según la norma ISO 15197 que indica los requisitos para los sistemas de monitorización de glucosa en sangre para autodiagnóstico en la gestión de la diabetes mellitus, y se muestra en la figura 3.

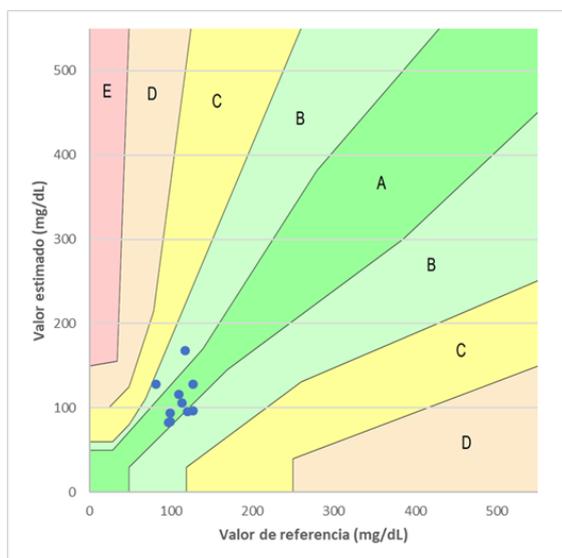


Figura 3. Cuadrícula de errores consensuada – 10 puntos dentro de la zona A y B.

Para que las estimaciones cumplan con la norma, es necesario que el 99% de las mediciones se encuentren dentro de las zonas A y B. En el caso de la red neuronal utilizada, el 100% de las estimaciones se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

4.3 Resultados de prediagnóstico

Los resultados del prediagnóstico mediante el uso de redes neuronales se muestran en la figura 4.

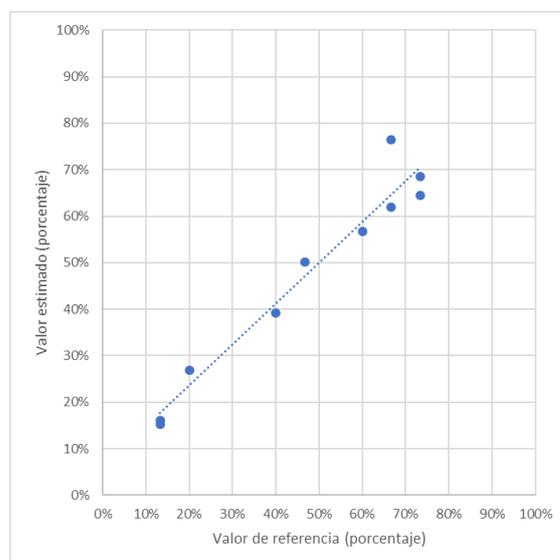


Figura 4. Correlación entre los datos objetivo y de salida del prediagnóstico o probabilidad de riesgo – Prueba

De los 10 casos analizados, se obtuvieron 9 aciertos con la condición o patología del paciente y 1 prueba no acertada, sin embargo, la red neuronal indica la probabilidad de que el paciente padece la enfermedad por su edad y antecedentes familiares, este resultado coincide con el registro de la historia clínica del paciente.

Los 50 casos clínicos fueron la muestra de los pacientes que permitieron el acceso a los datos y aceptaron participar del experimento en la casa de salud mencionada. Sin embargo, con la misma metodología se podrá ajustar las redes neuronales cuando se logre aumentar la muestra.

5. CONCLUSIONES

- Las redes neuronales utilizadas en el presente trabajo permitieron realizar un prediagnóstico que coincidió con el diagnóstico establecido para el 90% de los casos analizados.
- La estimación de la glucosa cumple con la norma consensuada ISO 15197 debido a que todas las estimaciones realizadas por la red neuronal se encuentran dentro de las zonas A y B.
- El uso de redes neuronales permitió la creación de un sistema experto para el prediagnóstico médico de la diabetes Mellitus tipo 2.
- El sistema propuesto, tiene la finalidad de actuar como un instrumento o agente coadyuvante para el diagnóstico final de la enfermedad. Dando a conocer al paciente su estado de salud y el riesgo de padecer la misma.

REFERENCIAS

American Diabetes Association. (2019). Standards of Medical Care in Diabetes-2019. Obtenido de <https://care.diabetesjournals.org/>.

Baradó, S., Ibañez, L.J. y Agüero, M.J. (2013). *Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones*. Palermo, Argentina: Universidad de Palermo.

Campos, E. (2019). Diagnóstico Asistido Por Inteligencia Artificial De Aprendizaje Profundo Para El Tamizaje Automático De Anormalidades De Fondo De Ojo De Múltiples Patologías. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

Gobierno de México Secretaría de Salud. (2014). Tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2 en el primer nivel de atención. Obtenido de <http://educads.salud.gob.mx/sitio/vRes/recursos.php>.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador. (2017). Diabetes, segunda causa de muerte después de las enfermedades isquémicas del corazón. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/diabetes-segunda-causa-de-muerte-despues-de-las-enfermedades-isquemicas-del-corazon/>.

International Diabetes Federation. (2019). Atlas de la Diabetes de la FID Novena Edición. Obtenido de <https://idf.org/>.

Organización Mundial de la Salud. (2019). Informe Mundial sobre la Diabetes (16.3). Obtenido de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204877/WHO_NMh_NVI_16.3_spa.pdf;jsessionid=4477B049211B933F8DA5BECA2B39C290?sequence=1.

Maitra, A. (2015). Sistema endocrino. En Kumar, V., Abbas, A.K. Y Aster, J.C. (ELSEVIER), Robbins y Cotran. *Patología estructural y funcional* (pp. 1105-1122), Barcelona, España: ELSEVIER.

Meza, R., Aguilar, A., Ureña, E., Vázquez, C., Posada, R. y González, M. (2018). Sistema experto difuso para el control metabólico en pacientes con diabetes mellitus tipo 2. SciELO, 28(2), doi: 1015174/au.2018.1561.

Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2012). Manual de procedimiento de Antropometría y determinación de la presión arterial. Obtenido de <https://bibliotecapromocion.msp.gob.ec/greenstone/collect/promocin/index/assoc/HASH9d40.dir/doc.pdf>.

Santander, N. (2019). Inteligencia artificial en la detección precoz de retinopatía diabética en África. Hospital Universitario de Burgos. Burgos, España.

Eficacia De La Terapia De Activación Conductual En Síntomas de Ansiedad y Depresión: Reporte De Caso

Espinosa-Posadas, Jesús Emanuel¹; Ramírez Muñoz, Augusto Abdiel²; Álvarez-García Horacio Balam^{3,4*}

¹Instituto De Ciencias y Estudios Superiores De Tamaulipas, Reynosa, Tamaulipas.

²Instituto de Terapia Cognitivo Conductual.

³Programa de maestría y doctorado en ciencias médicas, odontologías y de la salud. Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM.

⁴Clínica de Trastornos de Sueño, División de Investigación, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México – UNAM. Ciudad de México.

Resumen: La ansiedad y la depresión se perfilan como los trastornos psicológicos de mayor prevalencia a nivel mundial; convirtiéndose en un problema de salud pública. Actualmente se cuentan con múltiples tratamientos basados en evidencia que ayudan a disminuir el impacto de estos trastornos en la vida de las personas que lo padecen. El presente artículo muestra la aplicación de la Terapia de Activación Conductual en una mujer que presentaba síntomas de ansiedad y depresión derivados de una ruptura de pareja. La intervención se impartió en un total de 9 sesiones, donde se trabajó programación de actividades y estrategias de atención plena. Se aplicaron dos instrumentos psicométricos, el Inventario de Ansiedad de Beck (IAB) y el Inventario de Depresión de Beck (IDB), así como un autorregistro semanal de dominio y placer. Dentro de los resultados obtenidos, se observaron cambios entre los puntajes pretratamiento (IAB=43 y IDB=40) y postratamiento (IAB=2 y IDB=4) y un incremento en las dimensiones de dominio y placer del autorregistro. Bajo estos resultados podemos mencionar que la intervención fue clínicamente efectiva, sin embargo, se sugiere hacer otros estudios con diseños metodológicos más rigurosos.

Palabras clave: Activación conductual. Ansiedad, Depresión, Rumia.

Recibido: 15 de junio de 2022. Aceptado: 27 de febrero de 2023

Received: June 15th, 2022. Accepted: February 27th, 2023

Efficacy of Behavioral Activation Therapy in Anxiety and Depression Symptoms: Case Report

Abstract: Anxiety and depression are emerging as the most prevalent psychological disorders worldwide; becoming a public health problem. There are currently multiple evidence-based treatments that help reduce the impact of these disorders on the lives of people who suffer from them. This article shows the application of Behavioral Activation Therapy in a woman who presented symptoms of anxiety and depression derived from a couple breakup. The intervention was given in a total of 9 sessions, where activity programming and mindfulness strategies were worked on. Two psychometric instruments were applied, the Beck Anxiety Inventory (BAI) and the Beck Depression Inventory (BDI), as well as a weekly mastery and pleasure self-report. Among the results obtained, changes were observed between the pre-treatment (IAB=43 and IDB=40) and post-treatment (IAB=2 and IDB=4) scores and an increase in the domain and pleasure dimensions of the self-report. Under these results we can mention that the intervention was clinically effective, however, it is suggested to do other studies with more rigorous methodological designs.

Keywords: Behavioral activation. Anxiety, Depression, Rumia.

(*) hbgarcia_mosh11@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La depresión y ansiedad representan los trastornos psicológicos de mayor prevalencia a nivel mundial, convirtiéndolo en un problema de salud pública, debido al impacto en los años de vida productiva de las personas que lo padecen, viéndose afectados las esferas, sociales, laborales e interpersonales, aunado a ello el incremento de personas en los servicios de salud genera un rezago en el inicio de tratamiento (Collaborators, 2017; Charlson, et al. 2019).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en 2019 existen 34.85 millones de personas que presentaban síntomas de depresión; divididos en 14.48 millones de hombres y 20.37 millones de mujeres. De los cuales solo 1.63 millones llevan tratamiento farmacológico dejando a 33.19 millones sin ningún tipo de tratamiento. Dentro de las poblaciones más vulnerables, se observa que los adultos mayores presentan mayor índice de depresión severa (13.2%) que personas jóvenes (García-Peña, et al, 2008)

Es importante mencionar que la depresión tiene una alta comorbilidad con otros trastornos mentales como son: ansiedad, trastorno por uso de sustancias, psicosis, trastornos de alimentación y trastornos de personalidad, lo que representa un factor de riesgo importante que debe considerarse al momento de brindar atención psicológica (Chen, et al, 2019) Aunado a ello, el confinamiento derivado de la pandemia por COVID-19, se reporta que en la ciudad de México la depresión fue el segundo padecimiento mental con mayor prevalencia (41.39 %) seguido por la ansiedad (18.6%; Pérez-Cano, et al, 2020).

Sin embargo, actualmente existen diversos tratamientos psicológicos empíricamente validados que permiten dar un tratamiento eficaz y de corta duración (Cuijpers, et al, 2019). Dentro de las primeras opciones de tratamiento con mayor nivel de evidencia encontramos la terapia cognitivo conductual para la depresión (Zhang, et al, 2019) y la terapia de activación conductual (Ekers, et al, 2014).

En el contexto mexicano, la activación conductual (AC) ha sido aplicada con éxito en depresión sin comorbilidad (Salina-Rodríguez, 2010), comorbilidad en cáncer de mama (Becerra Gálvez, et al 2020) y enfermedades crónico-degenerativas (Anguiano-Serrano, et al, 2017).

Bajo estos antecedentes el presente estudio presenta la aplicación de la terapia de activación conductual en un paciente con sintomatología de ansiedad y depresión. El objetivo es mostrar un trabajo clínico detallado y con ejemplos que sirva a los terapeutas que inician su práctica clínica bajo este modelo.

2. MARCO TEÓRICO

La AC es un tratamiento psicológico que se desarrolló a partir del estudio de descomposición de la terapia cognitivo conductual estándar, en donde se observó que los componentes conductuales (programación de actividades y entrenamiento en habilidades) tenían resultados superiores a los cognitivos (reestructuración cognitiva) y similares al tratamiento multicomponente (Nakao, 2015). Bajo esta premisa, diversos grupos de trabajo comenzaron a desarrollar protocolos de intervención, siendo la Terapia de Activación Conductual

(TAC) y la Terapia Breve de Activación Conductual (TBAC) los protocolos con mayor evidencia para el tratamiento de la depresión (Barraca, 2009).

En ambos protocolos, la depresión es concebida bajo una óptica conductual en donde la pérdida de fuentes de reforzamiento positivo genera una tasa de respuesta alta de conductas pasivas, lo que refuerza el estado de ánimo bajo (tristeza) autopercepción de inutilidad y manteniendo un patrón de evitación (Barraca, & Pérez-Álvarez, 2015). Esto difiere con la conceptualización psiquiátrica clásica en la que se conceptualiza como una enfermedad derivada de un problema biológico (déficit de neurotransmisores) o cognitiva en donde los patrones de pensamiento disfuncionales (distorsiones cognitivas) son lo que origina la problemática (Pérez-Álvarez, 2007). Partiendo de esta conceptualización, el tratamiento tendrá por objetivo incrementar las conductas que brinden un reforzamiento positivo natural, modificando el estado de ánimo y los patrones de pensamiento (Kanter, et al, 2010).

Es importante mencionar que, la cognición tiene diferentes manejos dentro de los protocolos, en la TAC, la cognición es una conducta encubierta que tiene una función evitativa, por lo cual debe trabajarse directamente a través de ejercicios de atención plena; mientras que en la TBAC, la cognición es un epifenómeno de la conducta observable, por lo que al disminuir las conductas pasivas el patrón de pensamiento se modifica, por lo que no se aborda con una técnica en específico (Kanter, et al, 2011).

3. METODOLOGÍA

3.1 Diseño de investigación.

Se realizó un reporte de caso con medidas pretest- posttest (Ato-García & Vallejo-Seco, 2015).

Presentación del caso.

La paciente SB es una mujer de 27 años, soltera, sin hijos y vive con su madre. El nivel educativo es superior con estatus de pasante en el pregrado de rehabilitación física. Actualmente no cuenta con un trabajo por lo que su única fuente de ingresos es a través de los ingresos percibidos por su madre. Anteriormente laboró en un negocio propio en la venta de productos en redes sociales y en consultas a domicilio en rehabilitación de pacientes, debido a sus conocimientos en el área. En la historia clínica no se presentaron antecedentes hereditarios de enfermedad mental.

3.2 Motivo de consulta.

SB. Refiere que se acercó a consulta psicológica debido a recurrentes episodios de crisis de ansiedad y preocupación acompañados de estados emocionales como: tristeza, abatimiento y desesperanza derivados de una ruptura con su pareja sentimental. A partir de este hecho, su nivel de actividad disminuyó lo que ha impactado en el contacto con amigos y familiares. Sin embargo no se cuenta con valoración por parte del área de psiquiatría, además de que no cumple criterios diagnósticos por temporalidad de algún trastorno de ansiedad o depresión.

3.3 Instrumentos de medición.

Para analizar los niveles de ansiedad, depresión y actividades realizadas se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Inventario de depresión de Beck (BDI). Instrumentó auto aplicable de 21 reactivos que mide síntomas de depresión percibidos en las últimas semanas a través de una escala Likert que va 0 a 3. A través de la sumatoria total de los reactivos la depresión se divide en: mínima (0 a 9), leve (10 a 16), moderada y severa (30 a 63). En la versión validada en población mexicana la consistencia interna fue alta con $\alpha=0.83$ (Andrés-González, et al, 2015).
- Inventario de Ansiedad de Beck (BAI) Instrumentó auto aplicable de 21 reactivos que mide síntomas de ansiedad en las últimas semanas a través de una escala Likert que va de 0 a 3. Con la sumatoria total de los reactivos la sintomatología ansiosa se divide en: muy baja (0 a 21), moderada (22 a 35) y severa (36 o más). En la versión validada en población mexicana la consistencia interna fue alta con $\alpha=0.91$ (Padrós-Blázquez, et al, 2020)
- Auto registro. Basado en el registro diario de la programación de actividades se tomaron como parámetros de medición el Dominio (nivel de ejecución de la actividad) y Placer (estado emocional durante la ejecución de la actividad)

Figura 1 Análisis funcional de SB

Antecedentes	Conducta	Consecuencias
Invitaciones a salir de sus amigos más cercanos, ya sea llamadas o mensajes.	Fisiológica: Manifiesta ansiedad. Emoción: vergüenza Pensamiento: Me van a juzgar por mi situación actual. Conducta: decide no contestar los mensajes o poner alguna excusa	Corto plazo: Se reduce la ansiedad, Largo plazo: se siente culpable por no ver a sus amigos, y se preocupa sobre el rumbo de su vida

reportado, para ello se utilizó una escala Likert de 0 a 10. Se utilizó el promedio semanal de cada uno como medida de seguimiento (Fernández-Ballesteros, 2013).

3.5 Análisis funcional y diagnóstico.

Podemos observar que SB presenta un patrón de comportamiento de inactividad y aislamiento, esto debido al reciente rompimiento con su pareja amorosa, sin embargo, esta patron se mantuvo, para evitar la incomodidad que experimentaba al hablar con sus amigos y su familia sobre diversos temas. Esto aumentaba su tristeza y sentimientos de desesperanza y pesimismo. Se infiere que dichas conductas se mantenían por un reforzamiento negativo, es decir como conductas de escape o evitación, ante situaciones que la paciente percibía como incómodas o difíciles de realizar por su estado de ánimo actual, lo cual desembocó en un aumento de conductas relacionadas con quedarse en casa la mayor parte del día, comiendo y viendo televisión, así como una reducción de comportamientos saludables, como hacer ejercicio, retomar el contacto social con sus amigos y familiares cercanos, además de retomar sus actividades laborales informales, como era la venta de productos en redes sociales, lo cual desembocó en una pérdida de diferentes fuentes de reforzamiento positivo, lo cual mantenía el ciclo de la depresión (Ver Figura 1).

3.4 Tratamiento.

Con la información obtenida en la entrevista e instrumentos se determinó que SB mostraba características conductuales de lo denominado como depresión. Consultado la guía de práctica clínica de Oxford se decidió tomar un tratamiento basado en evidencia como monoterapia, dentro de las opciones sugeridas se determinó que la Activación Conductual (AC) era la opción más viable debido a su nivel de evidencia fuerte (van Eijndhoven & Schene, 2017; Stein, et al, 2021) y su bajo costo de aplicación (Richards, et al, 2016).

Bajo esta premisa, el modelo de AC que se implementó fue el de Martell, et al, (2013) debido al patrón de pensamientos negativos repetitivos que mostraba SB, lo que de acuerdo al análisis funcional era una de las estrategias de evitación que más utilizaba. La AC enfatiza la búsqueda de estímulos apetitivos como fuente de reforzamiento constante de conductas proactivas de la persona. Es un tratamiento activo directivo de corta duración entre 8 a 12 sesiones.

Para el caso de SB el tratamiento tuvo un total de 9 sesiones, las cuales se dividieron en 1 sesión de evaluación, donde se aplicó la entrevista y los instrumentos de evaluación además de explicar la importancia de los autorregistros. En las sesiones 2 a 5 se brindó la explicación de su problema desde la óptica de AC, se determinaron los objetivos terapéuticos y se comenzó a trabajar la programación de actividades. Durante las sesiones 6 y 8 se revisaron las actividades realizadas, se dio retroalimentación sobre los cambios en el estado de ánimo percibido y se comenzó a trabajar las prácticas informales de atención plena. Finalmente, en la sesión 9 se dio la retroalimentación final de los objetivos conseguidos y se dieron estrategias para prevención de recaídas. El tratamiento se resume en la tabla 1.

Tabla 1 Resumen de Tratamiento de Activación Conductual de SB

Sesión	Objetivo	Duración y periodicidad.
1	Recolección de información, aplicación de instrumentos e inicio de autorregistros.	1 hora una vez a la semana.
2-5	Devolución de información, creación de objetivos terapéuticos e inicio de programación de actividades.	
6-8	Supervisión, retroalimentación de programación de actividades e instrucción en prácticas informales de atención plena.	50 minutos cada 15 días
9	Devolución de información final, prevención de recaídas y aplicación de instrumentos.	1 hora, a la semana de la sesión 8.

Objetivos de intervención.

Para lograr una mejoría clínica se propusieron en conjunto con SB los siguientes objetivos:

- Disminuir actividades pasivas como quedarse en casa viendo la televisión, video en redes sociales o tik tok.
- Disminuir actividades aversivas como el revisar las redes sociales de su expareja.
- Disminuir los episodios de ansiedad.
- Mejorar el estado de ánimo.
- Iniciar la búsqueda de empleo.
- Retomar actividades recreativas con amigos y familiares.
- Retomar actividad física.

Descripción del tratamiento.

Para comprender mejor el proceso de AC, debemos detallar los componentes centrales de acuerdo al trabajo realizado sesión a sesión para enfatizar las actividades a realizar por el terapeuta.

Sesión 1. Evaluación.

Durante esta primera sesión se realizó una entrevista semiestructurada, donde se retomaron datos generales, el motivo de consulta y elementos generales para el análisis funcional. Se le brindaron los instrumentos y finalmente se le explico la utilidad de los autorregistros (Ver cuadro diálogo 1).

Cuadro diálogo 1

<p>T: “Una diferencia que tiene este abordaje respecto a otras formas de hacer terapia, es la importancia de realizar diferentes tareas, como autorregistros, esto me da la oportunidad de conocer más a fondo el problema que te está sucediendo con más detalle”.</p> <p>P: “Voy a intentar realizarlo, sin embargo, no me siento con la energía de hacer los registros diariamente”.</p> <p>T: “Vamos a buscar juntos la mejor alternativa para llenarlos el mayor número de días que puedas, por ejemplo puedes llenar el autorregistro a medio día, por ejemplo anotando lo que paso desde que te levantaste hasta esa hora y después por la noche llenar lo que falta, así no estarás con la hoja todo el día, otra alternativa que puede ser útil, es llenar los autorregistros por la noche, antes de dormir, es probable que se te pase algún detalle, pero más vale hacerlo, aunque no sea perfecto a no realizarlo, recuerda que todas las estrategias o tareas que trabajemos tratare de programarlo de manera gradual, en función a tus posibilidades”.</p> <p>P: “Perfecto, así lo voy a hacer”</p> <p>T: Terapeuta. P: Paciente</p>
--

Sesiones 2-5. Creación de objetivos y programación de actividades.

En la segunda sesión se dio la devolución de la información obtenida en los instrumentos y la entrevista. Para realizar esto se le explico su problema con el modelo “TRAP-TRAC” (ver figura 2) en el que se enfatizó la problemática en el patrón de evitación y las consecuencias a corto y largo plazo en la pérdida de reforzadores secundarios intrínsecos y extrínsecos. Una vez que SB mencionó que comprendía este patrón, se brindó la estrategia de programación de actividades como conductas alternativas que permitirían aumentar la probabilidad de reforzamiento positivo (Ver cuadro de diálogo 2).

Figura 2 Material psicoeducativo del modelo “TRAP-TRAC” de SB



Cuadro diálogo 2

<p>T: “Es indudable que has estado pasando por cosas muy complicadas, desde la separación con tu pareja y las discusiones con tu madre, sin embargo, muchas veces las personas hacemos cosas que mejoran o empeoran los problemas, tú qué opinas que haces, observando los registros que realizaste”</p> <p>P: “Es verdad que me he aislado mucho de los demás, no me había dado cuenta cuanto tiempo me la paso acostada o viendo videos en Facebook”</p> <p>T: “Esas cosas sin lugar a dudas son agradables en algún momento, quizás cuando llegamos de nuestro trabajo o en un fin de semana, ¿pero en tu caso particular crees que esas cosas que haces mejoran o empeoran la situación?”</p> <p>P: “las empeoran, algunos amigos sienten que ya no me importan, porque no contesto sus mensajes, pero tampoco he podido decirles como me siento.”</p> <p>T: “te voy a decir algo que quizás te parecerá extraño, pero reflexiónalo un momento, va</p> <p>¿Y si el problema no es el problema? Es decir, si terminar con tu novia no es lo que te ha traído aquí, creo que el problema es la forma en que te adaptaste a esta nueva situación sin tu pareja y a la manera que tuviste de afrontar ciertas situaciones desagradables, como hablar con tus amigos al respect”</p> <p>P: “creo que es verdad, tengo muchísima vergüenza de que me digan que es mi culpa, el haber terminado con ella o a sus comentarios sobre que pensaban que nos íbamos a casar algún día”</p> <p>T: “el problema es que lo que haces, el aislarte y pasar todo en día de casa, funciona a corto plazo, porque reduce la preocupación, pero a largo plazo solo perpetua el problema, ¿no lo crees?”</p> <p>P: “es posible, pero que puedo hacer, me siento muy triste para hacer cambios en mi vida”</p> <p>T: “vamos a intentar algo diferente de lo habitual, vamos a tratar de hacer cambios de fuera hacia dentro, porque no intentamos cambiar lo que haces, poco a poco, de manera progresiva, para poder cambiar la forma en la que te sientes, todo en función de tus posibilidades ¿eso te parece bien?”</p> <p>P: “Creo que puedo intentarlo, sí.”</p> <p>T: Terapeuta. P: Paciente</p>

En las sesiones tres, cuatro y cinco se iniciaba revisando las tareas para casa, haciendo hincapié en los logros obtenidos y revisando las dificultades presentadas. Concluida la revisión, se volvía a realizar el “TRAP-TRAC” enfatizando las consecuencias a corto y largo plazo de la realización.

Sesiones 6 a 8. Instrucción en Atención Plena.

Durante la revisión de tareas para casa se observó en el auto registro que SB comenzó a desarrollar un nuevo patrón de evitación que consistía en pensar constantemente sobre su desempeño en la relación y su posible causalidad de la ruptura. Cuando esto se detectó se decidió comenzar a entrenar a la paciente ejercicios de atención plena que permitiera interrumpir el patrón de pensamiento repetitivo (Ver cuadro de diálogo 3).

Cuadro diálogo 3

<p>T: “Por lo que observo esta última semana, has pasado mucho tiempo del día, dándole vueltas a la razón por la que tu pareja decidió terminar la relación, dime, ¿has logrado llegado a alguna solución?”</p> <p>P: “la verdad es que no, solo termino cansada y frustrada porque no entiendo que hice mal, si siempre me esforcé por hacerla feliz “</p> <p>T: “Sabes, en terapia a ese proceso le llamamos rumiación, significa darles vuelta a las cosas en nuestra mente, pero no llegar a ninguna solución concreta, ¿crees que es eso lo que te está pasando?”</p> <p>P: “Honestamente si y me siento muy agotada y tensa, no sé qué hacer”</p> <p>T: “sabes que una forma muy útil se salir de todo ese embrollo de tu mente es regresar nuevamente al presente, es decir a lo que estás haciendo, momento a momento, ¿has escuchado hablar sobre el mindfulness o atención plena?”</p> <p>P: “¿es algo como meditación? En general no soy muy buena en quedarme quieta sin hacer algo jaja”</p> <p>T: “es verdad que el mindfulness incluye ciertas estrategias similares a la meditación, le llamamos a eso practica formal, sin embargo, mindfulness también es un estado de nuestra mente que podemos entrenar y mejorar con la práctica y llevarlo a nuestra vida cotidiana, piénsalo como ejercicios para llevar tu atención al momento presente y salir un poco de todo lo que te dice tu mente.”</p> <p>P: “Vale, suena interesante, ¿Qué tendría que hacer?”</p> <p>T: “un ejercicio que es bastante sencilla es utilizar tu respiración como un ancla, para regresar al momento presente, cada vez que estés haciendo algo y te des cuenta que estas rumiando, vas a centrarte en tu respiración, quizás en las fosas nasales, sobre como pasa el aire o quizás en tus pulmones, como se inflan y se contraen por el paso del aire, el detalle es centrarte donde tu percibes la respiración de manera más clara, si te distraes, simplemente vuelves a tu respiración y a lo que estés haciendo en este momento. ¿Qué te parece?”</p> <p>P: “suena bastante sencillo, lo intentare esta semana va.”</p> <p>T: Terapeuta. P: Paciente</p>
--

En la sesión siete y ocho se revisó la utilidad de estos ejercicios junto con la paciente a través de la estrategia “ACTION”, con el objetivo de integrarlos en su vida diaria como una estrategia preventiva para posibles recaídas (Ver cuadro de diálogo 4).

Cuadro dialogo 4

T: “Un aspecto central a lo largo de la terapia es seguir un plan, no un estado de ánimo para decidir hacer o no hacer algo, además saber si esas acciones te acercan a la vida que quieres vivir, lo resumimos en el acrónimo “ACTION”, ¿qué cambios ves en tu vida en retrospectiva en comparación de cuando iniciamos la terapia?”

P: “Retome muchísimas cosas que había dejado, nuevamente he podido salir con mi familia, tanto a cenas familiares, como acompañándolas a los rodantes a vender ropa, eso me ha hecho nuevamente sentirme unida con mi familia y no sentirme tan apartada de los demás, además sabes que empecé a vender no solamente audífonos, si no también bocinas y cubre bocas, el solo salir a repartir y entregar pedidos evita que me quede en casa solo culpándome de las cosas, además mi madre está mucho más tranquila porque ya llevo un ingreso a la casa, así que ya no discutimos tanto, he aprendido que los cambios pueden ser graduales y que si espero sentirme al 100% para hacer las cosas, nunca empezare a hacerlas.”

T: Terapeuta. P: Paciente

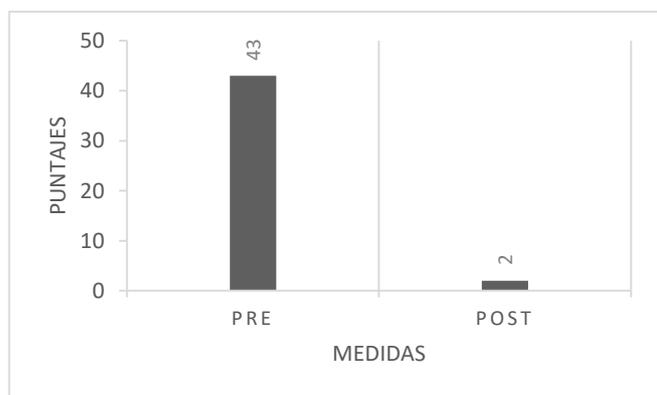
Sesión 9. Término de la intervención.

En la novena sesión, se retomaron los objetivos junto con paciente y se evaluó si se habían alcanzado. Aunado a ello, se enfatizaron los logros obtenidos por SB, se repasaron las habilidades adquiridas en las sesiones por si existieran futuras recaídas y se le aplicaron los instrumentos.

4. RESULTADOS Y/O DISCUSIÓN

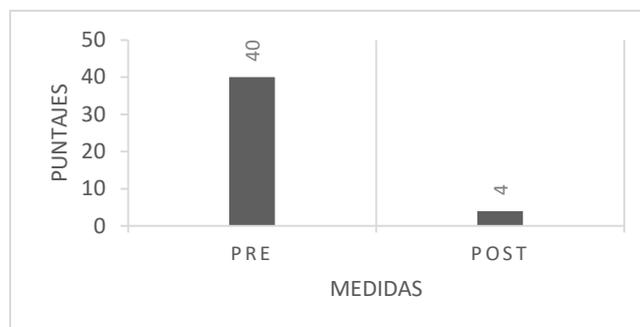
Debido a las limitaciones en el diseño, se optó por realizar una inspección visual de los resultados obtenidos en los instrumentos aplicados. En la figura 1 se observa que el puntaje obtenido por SB en pretratamiento fue de 43, que de acuerdo con el instrumento la coloca con “Ansiedad severa”. Una vez finalizada la intervención el puntaje obtenido fue de 2, colocándola en “Ansiedad muy baja” (Ver figura 3).

Figura 3 Puntajes de IAB



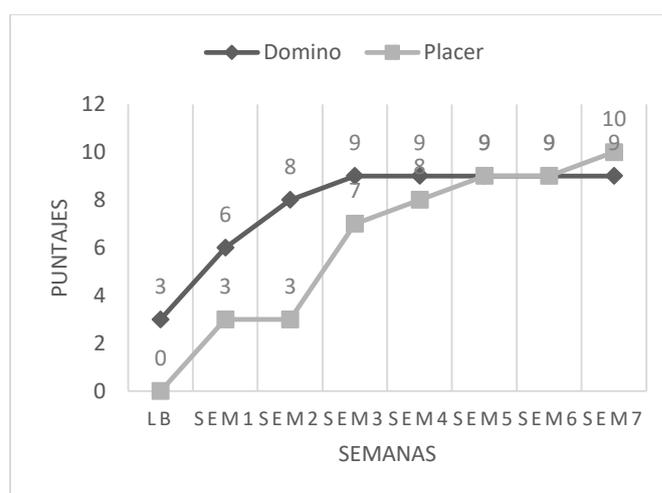
De igual forma en la figura 4 se observa que antes de iniciar el tratamiento SB obtuvo un puntaje de 40, colocándola en un estado de “Depresión Severa”. Una vez finalizada la intervención, el puntaje disminuyó 36 puntos, colocando a SB en un estado “Depresión mínima” (Ver figura 4).

Figura 4 Puntajes de IDB



Finalmente, en el promedio semanal de las dimensiones de Dominio y Placer de los auto registros de SB, observamos que existía una percepción baja, siendo de 3 y 0 respectivamente. Estos puntajes concuerdan con los estados de depresión y ansiedad pretratamiento. Sin embargo, observamos un incremento de 3 puntos en las dos dimensiones durante la semana 1 la cual corresponde con el inicio de tratamiento en la sesión 2. En la dimensión de Dominio este incremento se mantiene durante la semana 3 y permanece constante hasta la semana 7 correspondiente al final del tratamiento, por otra parte, la dimensión de Placer presenta un incremento hasta la semana 3 teniendo una tendencia hacia el alta hasta el final de tratamiento (Ver figura 5)

Figura 5 Promedios semanales de Dominio y Placer



F

Bajo estos resultados, podemos inferir que la intervención fue clínicamente efectiva para el caso de SB. La disminución en los puntajes de los inventarios refleja que la intervención ayudó a la paciente a mejorar su problemática, esto es concordante con los reportes previos en población mexicana (Salina-Rodríguez, 2010; Anguiano-Serrano, et al, 2017; Becerra Gálvez, et al, 2020) y en los metaanálisis más recientes (Stein, et al, 2021).

Se observa que la programación de actividades permitió a SB a recuperar las fuentes de reforzamiento social que había perdido y que se asociaba con los estados de tristeza, esta correlación concuerda con las hipótesis teóricas que sustentan la AC (Nagy, et al, 2020). Aunado a ello, la práctica de atención plena permitió modificar la función evitativa que tenía la rumiación y modificar el estado emocional (Jarukasemthawee & Pisitsungkagarn, 2021), por lo que su utilidad en este caso concuerda con el protocolo original (Martell, et al, 2013). Sin embargo, las limitaciones que presenta el diseño metodológico hacen que los resultados sean tomados con precaución.

5. CONCLUSIONES

Finalmente, se sugiere que para futuras investigaciones se realicen seguimientos a los tres y seis meses para verificar que los cambios se han mantenido a lo largo de tiempo, además de realizar diseños de línea base múltiple que permitan comparar los avances del sujeto mismo y que de acuerdo con los preceptos conductuales sería la metodología más adecuada. Para concluir, se recomienda evaluar los cambios con índices NAP para determinar la significancia más allá de la inspección visual.

REFERENCIAS

Anguiano-Serrano, S., Mora-Miranda, M., Sandoval-Mendoza, S., & Vega-Valero, C. (2017). Intervención breve con activación conductual sobre niveles de ansiedad y depresión de pacientes hospitalizados con enfermedad crónica. *Eureka*, 14(2), 213-226. Obtenido de <https://www.psicoeureka.com.py/sites/default/files/articulos/eureka-14-2-11.pdf>

Ato-García, M., & Vallejo-Seco, G. (2015). *Diseños de investigación en psicología*. Editorial Piramide.

Barraca, J. (2009). La Activación Conductual (AC) y la Terapia de Activación Conductual para la Depresión (TACD): dos protocolos de tratamiento desde el modelo de la activación conductual. *EduPsykhé*, 8, 23-47.

Barraca, J., & Pérez-Álvarez (2015). Activación Conductual para el tratamiento de la depresión. Síntesis.

Becerra Gálvez, A. L., Reynoso Erazo, L., & Lugo-González, I. V. (2020). Terapia de Activación Conductual Breve para la Depresión en mujeres con cáncer de mama: casos clínicos.

Psicooncología, 17(2), 387-400. <https://doi.org/10.5209/psic.71363>

Charlson, F., van Ommeren, M., Flaxman, A., Cornett, J., Whiteford, H., & Saxena, S. (2019). New WHO prevalence estimates of mental disorders in conflict settings: a systematic review and meta-analysis. *Lancet* (London, England), 394(10194), 240–248. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)30934-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30934-1)

Chen, H., Wang, X., Huang, Y., Li, G., Liu, Z., Li, Y., & Geng, H. (2019). Prevalence, risk factors and multi-group latent class analysis of lifetime anxiety disorders comorbid depressive symptoms. *Journal of affective disorders*, 243, 360–365. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2018.09.053>

Cuijpers, P., Quero, S., Dowrick, C., & Arroll, B. (2019). Psychological Treatment of Depression in Primary Care: Recent Developments. *Current psychiatry reports*, 21(12), 129. <https://doi.org/10.1007/s11920-019-1117-x>

Ekers, D., Webster, L., Van Straten, A., Cuijpers, P., Richards, D., & Gilbody, S. (2014). Behavioural activation for depression; an update of meta-analysis of effectiveness and sub group analysis. *PloS one*, 9(6), e100100. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100100>

Fernández-Ballesteros, R. (2013). Los autoinformes. En R. Fernández-Ballesteros, *Evaluación psicológica. Conceptos, métodos y estudio de casos* (págs. 235-275). Ediciones Pirámide.

García-Peña, C., Wagner, F. A., Sánchez-García, S., Juárez-Cedillo, T., Espinel-Bermúdez, C., García-Gonzalez, J. J., Gallegos-Carrillo, K., Franco-Marina, F., & Gallo, J. J. (2008). Depressive symptoms among older adults in Mexico City. *Journal of general internal medicine*, 23(12), 1973–1980. <https://doi.org/10.1007/s11606-008-0799-2>

GBD 2016 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators (2017). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet* (London, England), 390(10100), 1211–1259. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32154-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32154-2)

González, D., Reséndiz Rodríguez, A., & Reyes Lagunes, I. (2015). Adaptation of the BDI–II in Mexico. *Salud Mental*, 38(4), 237-244. <https://doi.org/10.17711/SM.0185-3325.2015.033>

Jarukasemthawee, S., & Pisitsungkagarn, K. (2021). Mindfulness and eudaimonic well-being: the mediating roles of rumination and emotion dysregulation. *International journal of adolescent medicine and health*, 33(6), 347–356. <https://doi.org/10.1515/ijamh-2021-0009>

Kanter, J., Busch, A., & Rusch, L. (2011). Activación conductual: refuerzos positivos ante la depresión .Alianza Editorial.

- Kanter, J. W., Manos, R. C., Bowe, W. M., Baruch, D. E., Busch, A. M., & Rusch, L. C. (2010). What is behavioral activation? A review of the empirical literature. *Clinical psychology review*, 30(6), 608–620. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2010.04.001>
- Martell, C., Dimidjian, S., & Herman-Dunn, R. (2013). *Activación conductual para la depresión. Una guía clínica*. Desclée De Brouwer.
- Nagy, G. A., Cernasov, P., Pisoni, A., Walsh, E., Dichter, G. S., & Smoski, M. J. (2020). Reward Network Modulation as a Mechanism of Change in Behavioral Activation. *Behavior modification*, 44(2), 186–213. <https://doi.org/10.1177/0145445518805682>
- Nakao T. (2015). *Seishin shinkeigaku zasshi = Psychiatria et neurologia Japonica*, 117(1), 18–25.
- Padrós-Blázquez, F., Montoya-Perez, K., Bravo-Calderon, M., & Martínez-Medina, M. (2020). Propiedades psicométricas del Inventario de Ansiedad de Beck (BAI, Beck Anxiety Inventory) en población general de México. *Ansiedad y Estrés*, 26(2-3), 181-187. <https://doi.org/10.1016/j.anves.2020.08.002>
- Pérez-Álvarez, M. (2007). La Activación Conductual y la desmedicalización de la depresión. *Papeles del Psicólogo*, 28, 97-110.
- Pérez-Cano, H. J., Moreno-Murguía, M. B., Morales-López, O., Crow-Buchanan, O., English, J. A., Lozano-Alcázar, J., & Somilleda-Ventura, S. A. (2020). Anxiety, depression, and stress in response to the coronavirus disease-19 pandemic. *Ansiedad, depresión y estrés como respuesta a la pandemia de COVID-19. Cirugía y cirujanos*, 88(5), 562–568. <https://doi.org/10.24875/CIRU.20000561>
- Richards, D. A., Ekers, D., McMillan, D., Taylor, R. S., Byford, S., Warren, F. C., Barrett, B., Farrand, P. A., Gilbody, S., Kuyken, W., O'Mahen, H., Watkins, E. R., Wright, K. A., Hollon, S. D., Reed, N., Rhodes, S., Fletcher, E., & Finning, K. (2016). Cost and Outcome of Behavioural Activation versus Cognitive Behavioural Therapy for Depression (COBRA): a randomised, controlled, non-inferiority trial. *Lancet (London, England)*, 388(10047), 871–880. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31140-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31140-0)
- Salina-Rodríguez, J. (2010). El tratamiento de la depresión con un enfoque de activación conductual: un caso. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 13(3), 105-126. Obtenido de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rep/article/view/22594/21327>
- Stein, A. T., Carl, E., Cuijpers, P., Karyotaki, E., & Smits, J. (2021). Looking beyond depression: a meta-analysis of the effect of behavioral activation on depression, anxiety, and activation. *Psychological medicine*, 51(9), 1491–1504. <https://doi.org/10.1017/S0033291720000239>
- van Eijndhoven, P., & Schene, A. H. (2017). Gedragsactivatie als eerstelijnsbehandeling voor depressie [Behavioural activation as a first-line treatment for depression]. *Nederlands tijdschrift voor geneeskunde*, 161, D1323.
- Zhang, A., Borhneimer, L. A., Weaver, A., Franklin, C., Hai, A. H., Guz, S., & Shen, L. (2019). Cognitive behavioral therapy for primary care depression and anxiety: a secondary meta-analytic review using robust variance estimation in meta-regression. *Journal of behavioral medicine*, 42(6), 1117–1141. <https://doi.org/10.1007/s10865-019-00046-z>

IU Digital
de Antioquia

INSTITUCIÓN
UNIVERSITARIA
DIGITAL
DE ANTIOQUIA

www.iudigital.edu.co

ORD No 74 de 2017 **VIGILADA** MiniEducación

IU Digital
de Antioquia

INSTITUCIÓN
UNIVERSITARIA
DIGITAL
DE ANTIOQUIA



GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA



UNIDOS