

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
VENEZUELA



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

RES N° 16: 2023

REVISTA ECODISEÑO Y SOSTENIBILIDAD
ISSN-1856-9552

DOI: <https://www.doi.org/10.53766/ECOSOS>





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
VENEZUELA

JOSÉ MORA MAS
Rector

ROSA PUCHADES PLA
Vicerrectora de Responsabilidad Social y
Cooperación

JOSÉ E. CAPILLA ROMÁ
Vicerrector de Investigación, Innovación y
Transferencia

EDUARDO VENDRELL VIDAL
Vicerrector de Estudios, Calidad y Acreditación

JOSÉ MANUEL BARAT BAVIERA
Vicerrector de Ordenación Académica y Profesorado

MARÍA CONSUELO JIMÉNEZ MOLERO
Vicerrectora de Planificación y Prospectiva

JOSÉ LUÍS CUETO JOMINCHAR
Vicerrector de Alumnado, Cultura y Deporte

JOSÉ MILLET ROIJ
Vicerrector de Recursos Digitales y Documentación

VIRGINIA VEGA CARRERO
Vicerrectora de Recursos Digitales y Documentación

MARILDA AZLAY TAPIERO
Vicerrectora de Campus y Sostenibilidad

VICENTE AGUSTÍN CLOQUELL BALLESTER

VÍCTOR ANDRÉS CLOQUELL BALLESTER
Departamento de Proyectos de Ingeniería
Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA/UPV

MARIO BONUCCI ROSSINI
Rector

PATRICIA ROSENZWEIG LEVI
Vicerrectora Académica

MANUEL ARANGUREN RINCÓN
Vicerrectora Administrativo

MANUEL JOAQUÍN MOROCOIMA
Secretario (e)

DARÍO ANTONIO GARAY JEREZ
Decano Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales

ARGIMIRO CASTILLO GANDICA
Decano Facultad de Arquitectura y Diseño

LILIAN TERESITA BRACAMONTE MUÑOZ
Directora del Centro de Estudios Forestales y
Ambientales de Postgrado

OSVALDO JUAN ENCINAS BLANCO
Director Laboratorio Nacional de Productos Forestales

WILVER CONTRERAS MIRANDA
MARY ELENA OWEN DE CONTRERAS
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
Facultad de Arquitectura y Diseño

Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA/UPV

OBRA DE LA PORTADA

Cuadro elaborado por el artista *Jesús de Luzam*
titulado, "Apocalipsis que galopas OH! Deforestación";
Dimensiones 97 cm x 94 cm; Acrílico y madera sobre tablero
contrachapado; año 1990.
Colección privada Axel Atilio Contreras Owen.
E-mail: jesusdeluzam@gmail.com

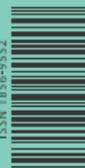
LABORATORIO DE SOSTENIBILIDAD Y ECODISEÑO
Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado (CEFAP-ULA)
Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF-ULA)
revecodisostenibilidad@gmail.com; revecodiseno@ula.ve



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
VENEZUELA

LABORATORIO
DE SOSTENIBILIDAD
Y ECODISEÑO
(UPV-ULA/CEFAP-LNPF)

ISSN 1856-9552



EDITOR JEFE 2023 – 2024

Dra. Mary Elena Owen de Contreras
Universidad de Los Andes
maryelenaowen@gmail.com

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Vicente Agustín Cloquell Ballester
Universidad Politécnica de Valencia, España
cloquell@dpi.upv.es

Dr. Víctor Andrés Cloquell Ballester
Universidad Politécnica de Valencia, España
Departamento de Proyectos de Ingeniería
vacloque@dpi.upv.es

Dr. Domingo Gómez Orea
Universidad Politécnica de Madrid
domingo.gomez.orea@upm.es

Dr. Wilver Contreras Miranda
Universidad de Los Andes
wilvercontrerasmiranda@gmail.com

PRODUCCIÓN EDITORIAL

Asistentes Editoriales

Ing. MSc. María Teresa Rondón Sulbarán
Universidad de Los Andes
labsostenibilidadyecodiseno@gmail.com

Lic. María Edelmira Araujo Barrios

Lic. Norca Fernández de Rivero
Universidad de Los Andes

Revisión y corrección idioma inglés

Lic. MSc. Janeet Rondón Sulbarán
Ulster University, Reino Unido
Dr. Ángel Infante *Fundacite-Mérida*

Diseño Gráfico

Reinaldo Sánchez G. y Wilver Contreras Miranda

Diagramación Revista N° 16: 2023

Wilver Contreras Miranda y Mary E. Owen de C.

CONSEJO EDITORIAL

España

Dra. Ma. Cristina Santamarina Siurana
Dr. Salvador Capuz Rizo
Dr. José Luís Vivancos Bono
Dr. Rafael Monterde Díaz
Dra. María José Bastante Ceca
Dra. María Teresa Gómez Villarino
Dra. María Dolores Bovea Edo
Dr. Antonio Gallardo Izquierdo
Dr. Francisco Colomer Mendoza

Italia

Arq. MSc. Marco Capellini

USA

Dr. Luis Bojórquez Tapia

MÉXICO

Dr. Lucio Guzmán Mares
Dra. Enriqueta Salazar Ruíz
Dr. Alfonso Moreno Salazar
Dr. Alberto Julián Valencia Botín
Dra. Ruth León Morán

COLOMBIA

Dr. José Rafael González Díaz

ARGENTINA

Lic. MSc. Alejandro Sarmiento

VENEZUELA

Geo. MSc. Elías Méndez Vergara
Ing. MSc. José Emil Amilkar Contreras Miranda
Lic. MSc. Alejandro Rassias López
Ing. MSc. Sergio Santos Cañizares Arango
Dr. Eric José Barrios Pérez
Dr. Jesús Alexander Cegarra Rodríguez
Dr. Leonardo Ramón Lugo Salinas
Dr. Juan Ygnacio López Hernández
Dr. Carlos Pacheco Ángulo
Dr. Juan Carlos Rivero Ballester
Dr. Mauricio Jerez Rico
Dr. José Remigio Guevara González
Dr. Argimiro Castillo Gandica
Dra. Beatriz Ramírez Boscán
Dr. Omar Antonio Guerrero

Es una publicación Interinstitucional del Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño, adscrito al Centro de Formación de Postgrado de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la ULA; creada en el año 2009 en el marco del Convenio específico entre la Universidad de Los Andes, Venezuela y la Universidad Politécnica de Valencia España (ULA-UPV); con la participación de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, la Facultad de Arquitectura y Diseño de la ULA y la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño de la UPV.

ECODISEÑO
& SOSTENIBILIDAD

Ecodiseño & Sostenibilidad - RES. N° 16: 2023

DOI: <https://www.doi.org/10.53766/ECOSOS>

HECHO EL DEPÓSITO DE LEY

Depósito Legal: PP1200802ME3062

ISSN 1856-9552 «Revista Ecodiseño & Sostenibilidad»

DOI: <https://www.doi.org/10.53766/ECOSOS/>

La Revista Ecodiseño y Sostenibilidad es una publicación científica interinstitucional, arbitrada, indizada, en formato digital, con periodicidad anual; cuyo objetivo es la divulgación de trabajos de investigación científico tecnológicos y de innovación, en el ámbito del Ecodiseño y el Desarrollo Sostenible. Creada en el año 2009. Los artículos que se publican en la Revista son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no reflejan en ningún caso el pensamiento de los editores ni del Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV y se entiende, que todos los autores firmantes, se harán responsables de las mismas.

La **Revista Ecodiseño y Sostenibilidad** asegura que los editores, autores y árbitros cumplen con las normas éticas internacionales durante el proceso de arbitraje y publicación. Del mismo modo aplica los principios establecidos por el Comité de Ética en Publicaciones Científicas (COPE). Todos los artículos publicados son admitidos previamente por el Comité Editorial y luego revisados por tres árbitros, bajo el sistema de doble ciego; así como su verificación por plagio.

La reproducción y citación del material contenido en esta revista debe cumplir con la respectiva mención de fuente.

Los autores deben colocar el Código ORCID (Personal)

Es una publicación científica de carácter transdisciplinar, dirigida a la comunidad científica, técnica, académica y profesional internacional. Se puede consultar, en acceso abierto, y sin restricciones al texto completo de los trabajos inmediatamente después de ser publicadas, a través de su sitio Web institucional: <http://revistas.saber.ula.ve/ecodisenso>

También está disponible, en formato tradicional y bajo marcado XML en: <https://www.redalyc.org/>



La Revista Ecodiseño y Sostenibilidad – RES está indizada y acreditada en Revistas Venezolanas de Ciencia y Tecnología (REVENCYT) y en el Catálogo LATINDEX.

La Revista Ecodiseño y Sostenibilidad, posee acreditación tipo A del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de Las Artes de la Universidad de Los Andes-Venezuela (CDCHTA-ULA).



@ecodisenso_sostenibilidad



Laboratorio Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV

Todos los documentos publicados en esta revista se distribuyen bajo licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Sin Derivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Por tanto, el envío, el procesamiento y la publicación de artículos en la revista es totalmente gratuito.



La Revista Ecodiseño y Sostenibilidad está editada en formato digital para cumplir criterios de sostenibilidad. La Edición de este Número Especial se realizó cumpliendo con los criterios y lineamientos establecidos para la edición electrónica en el año 2023. Publicada en el repositorio institucional SABERULA Universidad de los Andes – Venezuela:

www.saber.ula.ve info@saber.ula.ve

La edición de la Revista Ecodiseño y Sostenibilidad RES ha sido auto financiada por el Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño, aun contando con la buena disposición del CDCHTA-ULA, del Vicerrectorado Administrativo (ULA), del Decanato de la Facultad de Arquitectura y Diseño y del Decanato de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, no ha podido ser financiada, producto de la grave situación presupuestaria de la Universidad de Los Andes en medio de una Venezuela en tiempos desdibujados y en aguda de crisis económica, política y social.

Tabla de Contenido

Ecodiseño & Sostenibilidad
Nº 16: 2023



Fotografías: The Nature Conservancy; paisajes –sostenibles.org; Instituto Superior del Medio Ambiente

Editorial

Francisco González Cruz
CODICIAFLACIÓN
Greedflation

6 - 8

Prólogo

Mary Elena Owen de Contreras
LA REVISTA ECODISEÑO Y SOSTENIBILIDAD RES 16: 2023
The Ecodesign and Sustainability Magazine RES 16: 2023

9 - 13

Reflexiones sobre sostenibilidad y desarrollo

Sergio Carneros Revuelta y Leslie Cárdenas Sevilla
EL USO TRANSFORMADOR DEL ESPACIO DESDE EL MODELO CHANGO
The transformative use of space from the Chango model

14 - 20

Adelis José Graterol Urbina
LA ECONOMÍA DE MÉRIDA
The economy of Mérida

21 - 38

Ángel José Andara	EL PENSAMIENTO DICOTÓMICO: UNA TENDENCIA SOCIAL DE PENSAMIENTO A EVALUAR DE CARA A LOS OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE 2030	
	<i>Dichotomous thinking: a social tendency of thought to evaluate in the face of the 2030 Sustainable Development Goals</i>	39 - 43
Josue H. Araque Méndez	LA PLANIFICACIÓN SOSTENIBLE, UNA ALIADA EN LA GESTIÓN DE RIESGOS SOCIONATURALES	
	<i>Sustainable planning, an ally in Socionatural Risk Management</i>	44 - 48
Luis Alfonso Sandia Rondón	UN NUEVO MUNICIPIO PARA VENEZUELA	
	<i>A New Municipality for Venezuela</i>	49 - 51
Ciro Alfonso Soto Orozco	LA BOTÁNICA EN EL DISEÑO Y LA PLANIFICACIÓN DE ESPACIOS URBANOS LA PARADOJA DE ABUNDANCIA	
	<i>Botany in the design and planning of urban spaces</i>	52 - 55
Carlos Contreras Márquez	LA PARADOJA DE LA ABUNDANCIA	
	<i>The paradox of the abundance</i>	56 - 59

ARTÍCULOS

Mayely M. Chacón Quintero y Ana Luzmila Trujillo Rojas	CIUDADES VERDES: IMPORTANCIA DEL VERDE URBANO PARA LA SOSTENIBILIDAD Y LA GESTIÓN URBANA AMBIENTAL EN EL EJE METROPOLITANO DEL MUNICIPIO LIBERTADOR, ESTADO MÉRIDA, VENEZUELA	
	<i>Green Cities: Urban Green, Indicator for Sustainability and Environmental Urban Management in the metropolitan axis of the Libertador Municipality, Mérida State, Venezuela</i>	60 - 102



Ecodiseño & Sostenibilidad Nº 16: 2023

Swisscontact

**Mery Deisy Velásquez Soto, Ligia Josefina Gutiérrez Nava,
Shakespeare Simón Trejo Puentes y Styles Will Valero**

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD LONGITUDINAL EN TALLOS DE GUADUA ANGUSTIFOLIA PROVENIENTES DE LOS LLANOS VENEZOLANOS

*Determination of longitudinal density in stems of *Guadua angustifolia*
Kunth from the Venezuelan Plains*

103 - 133

**Pedro J. Montilla Moreno, Anmary C. Fernández Araujo, Jonder Torres
y Wilver Contreras Miranda**

ECODISEÑO EN LA ELABORACIÓN DE ELEMENTOS PREFABRICADOS PARA ENTREPISOS Y TECHOS A PARTIR DE BOTELLAS DE POLIETILENO TEREFTALATO (PET) Y MORTERO DE CEMENTO

*Ecodesign in the production of prefabricated elements for
meddle floors and ceilings from Polyethylene Terephthalate (PET)
bottles and cement mortar*

134 - 229

Luisanna Antonella Carrero Cicchetti

ECODISEÑO DE UN SISTEMA PARA EL CALZADO DEPORTIVO QUE OPTIMICE SU CICLO DE VIDA

Ecodesign of a system for sports footwear to optimize its life cycle

230 - 324

**Vicente Agustín Cloquell Ballester, Mary Elena Owen de Contreras
Cristina Santaromita Siurana y Axel Atilio Contreras Owen**

ANÁLISIS ESTRATÉGICO DE MÉTODOS CONSTRUCTIVOS POST-INDUSTRIALES Y ECOINNOVADORES PARA LA VIVIENDA SOCIAL EN HISPANOAMÉRICA

*Strategic analysis of post-industrial and eco-innovative construction methods
for social housing in Latin America*

325 - 366

DOI: <https://www.doi.org/10.53766/ECOSOS/>

EDITORIAL

Francisco González Cruz

CODICIAFLACIÓN *Greedflation*



6

FRANCISCO GONZÁLEZ CRUZ

Geógrafo graduado en la Universidad de Los Andes, estudios de postgrado y doctorado en desarrollo sostenible, escritor de ensayos sobre esta materia y artículos para el Diario de Los Andes, Reporte Laico Católico y el diario El Nacional. Individuo de Número del Centro de Historia del Estado Trujillo y Miembro Correspondiente Nacional de la Academia de Mérida. Ex Rector Fundador de la Universidad Valle del Momboy. E-mail: gonzalezf@uvm.edu.ve
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4923-7848>

La palabra “avariciaflación” la leí por allí en un periódico, para referirse a la inflación que sufre el mundo como consecuencia de la especulación de las grandes empresas que impulsan la subida de los precios, según un estudio elaborado por los centros de pensamiento (think tanks), IPPR (Instituto de Investigación de Políticas Públicas) y Common Wealth (Bien Común) del Reino Unido.

La palabra más adecuada es la codicia, y por extensión la “codiciaflación”, pues la primera, la avaricia, es una obsesión por poseer bienes y atesorar cosas, mientras la codicia se refiere al enriquecimiento excesivo, sin medidas, aún a costa de los daños que pueda causar, como esta de los grandes monopolios que no tienen reparos en dañar la salud de la gente y de la naturaleza por su afán de lucro.

Justamente son las grandes empresas de la energía, la alimentación y las farmacéuticas, las que aparecen en estos informes como las principales responsables de este crecimiento reciente de la inflación. Ya se sabe cómo la

pandemia de COVID-19 empobreció al mundo, pero incrementó las ganancias de las empresas fabricantes de vacunas e insumos para su control. Tanto así, que el propio gobierno de los Estados Unidos está tratando de intervenir para controlar los excesos en los precios de los medicamentos.

El informe cita que entre las empresas que más aumentaron sus ganancias con respecto al promedio pre pandemia se encuentran la ExxonMobil, Shell, Glencore, Archer-Daniels-Midland, Kraft Heinz, Bunge, Cargill, Dreyfus y Río Tinto. Son empresas petroleras, mineras, productoras de insumos para la agricultura y la agroindustria, productos alimenticios que dominan amplios sectores de la economía mundial. Coca Cola ganó en el año 2023 un 21 % más que en el 2022 y parecidos resultados anuncia PepsiCo, todo a costa de producir gaseosas y snacks dañinos para la salud, igual que sus contaminantes envases.

“El análisis de las cuentas financieras de muchas de las empresas más grandes del Reino Unido encontró que las ganancias superaron con creces los aumentos de los costos, lo que ayudó a elevar la inflación el año pasado a niveles no vistos desde principios de los años 1980”. Situación similar es la de las empresas de Estados Unidos, Alemania, Brasil y Sudáfrica, en los sectores tecnológico, las telecomunicaciones y la industria bancaria. También impulsaron importantes aumentos de precios que elevaron sus márgenes de beneficio Philip Morris y British American Tobacco, a conciencia de que el tabaco y los cigarrillos electrónicos están haciendo desastres en adultos y adolescentes; sin embargo, su publicidad es muy agresiva para incrementar su consumo.

En la situación en OpenAI, la empresa creadora del chatbot de Inteligencia Artificial ChatGPT, con el despido del cofundador y director ejecutivo Sam Altman y su regreso, ilustran la carrera entre la ética y el dinero. OpenAI se fundó como una organización sin fines de lucro, pero empezó a ganar mucho dinero y entre la codicia y la ética, claramente ganó la codicia. Otra situación muy ilustrativa es la Cumbre del Clima COP28 que se celebra en Dubái, en manos de los petroleros,

justamente los mayores responsables del calentamiento global. Aunque la declaración final abre algunas esperanzas, los expertos y los representantes de las organizaciones ecologistas, están muy lejos de estar satisfechos por la falta de compromisos concretos y la ausencia de fechas para cumplirlos.

Esta danza de millones la pagamos todos, junto a todo el sistema natural, para que unos monopolios se hagan más y más ricos, en una carrera por la codicia a la que nadie pone freno.

Junto a todo esto, los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, que es el único compromiso global e integral aprobado por la Asamblea General de las Naciones Unidas en el año 2015, para acabar con el hambre en el mundo, reducir la pobreza, mejorar la educación y la salud, avanzar en una economía del bienestar y proteger los ambientes naturales, están lejos de su cabal cumplimiento. Para el año 2030 apenas faltan 7 años **¿Será capaz la humanidad de acercarse al cumplimiento de estos ODS?** La respuesta es de una enorme incertidumbre.

PRÓLOGO

Mary Elena Owen de C.

Prólogo

LA REVISTA ECODISEÑO Y SOSTENIBILIDAD RES N°16: 2023
The Ecodesign and Sustainability Magazine RES N°16: 2023

MARY ELENA OWEN DE C.

Universidad de Los Andes. Facultad de Arquitectura y Diseño (FADULA). Prof. Titular, Jubilada, adscrita al Departamento de Tecnología para el Diseño Industrial- Escuela de Diseño Industrial. Coordinadora del Decanato de la FADULA (2008-2022). En la actualidad Coordinadora Académica y Extensión del Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño (ULA-UPV: CEFAP-LNPF-FADULA). Editora Jefe de la Revista Ecodiseño y Sostenibilidad (2022-2024). Mérida, Venezuela. E-mail: maryelenaowen@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1944-2904>

El Comité Editorial y el equipo de edición logran consolidar, con éxito, la edición de la *Revista Ecodiseño y Sostenibilidad* N°16: 2023 mediante la perseverancia y resiliencia para superar, por un tiempo de más de tres meses, grandes limitaciones editoriales y dilación de algunas correcciones consensuadas entre los autores y los evaluadores, en especial por las dificultades actuales que afectan el quehacer universitario y de investigación en Venezuela



Altamente complacidos, abrimos las puertas de la vitrina expositiva a siete valiosas reflexiones y a cinco artículos, producto de trabajos de investigación y desarrollo del avance del conocimiento, que se interrelacionan con las temáticas propias del contexto de la Revista. Agradecemos la participación de exitosos y prestigiosos méritos académicos, investigadores y colaboradores en el libre ejercicio profesional con desempeño nacional e internacional, los cuales han sido invitados para la realización del *Editorial* y las *Reflexiones* en diversos temas; siendo éstas un espacio editorial abierto, dinámico, multidisciplinario al pensamiento crítico y experiencias diversas. De ahí que, la *Revista Ecodiseño y Sostenibilidad* N°16: 2023 y todo el

REVISTA ECODISEÑO Y SOSTENIBILIDAD

DOI: <https://www.doi.org/10.53766/ECOSOS/> ISSN-1856-9552

Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.

Galpón Principal en Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.

Teléfonos: +58-4169769364 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com

WEB: <http://revistas.saber.ula.ve/ecodiseno>

Equipo Editorial se siente plenamente orgulloso de este proceder de alto vuelo profesional. Este año se hace visible, a través de la plataforma Saber ULA, con el siguiente contenido:

Editorial. Francisco González Cruz. *Codiciaflación*. El emérito invitado, expone un interesante discernimiento que se inicia con el nombramiento de la palabra “avariciaflación”, el cual se refiere a la inflación que sufre el mundo como consecuencia de la especulación de las grandes empresas que impulsan la subida de los precios. De ahí que, llegue a considerar que la palabra más adecuada es la codicia, y por extensión la “codiciaflación”. La primera, la avaricia, es una obsesión por poseer bienes y atesorar cosas, mientras la codicia se refiere al enriquecimiento excesivo, sin medidas, aún a costa de los daños que pueda causar, como esta de los grandes monopolios que no tienen reparos en dañar la salud de la gente y de la naturaleza por su afán de lucro. Una vez realizada su justificación y resumen contextual, menciona toda una serie de icónicas maneras del proceder financiero y el alarde de lo que ha venido a significar la Inteligencia Artificial y, finalmente, hacer una interrelación con los Objetivos del Desarrollo y la Agenda 2030. El editorial, es una nueva oportunidad y ventana reflexiva que nos redimensiona la forma de actuación en el siglo XXI, para seguir actuando como sociedad en este complejo coexistir mundial y de alta incertidumbre existencial.

10

Reflexiones sobre sostenibilidad y desarrollo

Esta sección de la RES es la más dinámica y libre en el pensamiento y opinión particular de cada autor, donde no existe restricción en el formato, diferenciándose de artículos o notas técnicas. Las desarrolladas para el presente número, se indican a continuación:

Reflexión 1. Sergio Carneros Revuelta y Leslie Cárdenas Sevilla. *El uso transformador del espacio desde el modelo Chango*; **Reflexión 2. Adelis José Graterol Urbina.** *La economía de Mérida. Su realidad actual y sus opciones de futuro*; **Reflexión 3. Angel José Andara.** *El Pensamiento Dicotómico: Una tendencia social de pensamiento a evaluar de cara a los Objetivos del Desarrollo Sostenible 2030*; **Reflexión 4. Josue H. Araque Méndez.** *La planificación sostenible, una aliada en la Gestión de Riesgos Socionaturales*; **Reflexión 5. Luis Alfonso Sandia Rondón.** *Un Nuevo Municipio para Venezuela*; **Reflexión 6. Ciro Alfonso Soto.** *La botánica en el diseño y la planificación de espacios urbanos*. **Reflexión 7. Carlos Contreras Márquez.** *La paradoja de abundancia*.

REVISTA ECODISEÑO Y SOSTENIBILIDAD

DOI: <https://www.doi.org/10.53766/ECOSOS/> ISSN-1856-9552

Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.

Galpón Principal en Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.

Teléfonos: +58-4169769364 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com

WEB: <http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno>

Artículos

Mayely M. Chacón Quintero y Ana Luzmila Trujillo Rojas. Ciudades Verdes: El verde urbano indicador para la sostenibilidad y la Gestión Urbana Ambiental en eje metropolitano del Municipio Libertador, Estado Mérida, Venezuela. Exponen que es necesario y urgente que los hombres constructores del mundo inicien la tarea de restaurar la armonía ambiental y paisajística perdida, para la consolidación de Ciudades Verdes y Sostenibles. La evolución histórica de las ciudades y nuestra realidad actual permite entender la importancia de la existencia de Ciudades Verdes, y tratar de garantizar la reintegración de la naturaleza en las ciudades; y de convertirlas en lugares sustentables con calidad de vida, para mitigar los efectos de la densificación, urbanización y del cambio climático. Esta investigación reconoce que existen problemas asociados al desequilibrio entre lo Construido (Arquitectura) y el Verde Urbano y se implementó una serie de *estrategias y políticas verdes*, a partir de los indicadores urbanos ambientales, propios de las principales Ciudades Verdes, medidos por la Consultora Arcadis y el IESE Business School - Índice IESE Cities in Motion. Luego de analizarlos, aparece el Indicador de la dimensión Ambiental referido al Verde Urbano como uno de los principales ítems para equilibrar y contrarrestar los efectos de la contaminación y urbanización. Lo que derivó en la generación de un Plan de Gestión Urbana Ambiental, compuesto por: 5 Dimensiones Estratégicas de Indicadores (**1.** CVO1- El Verde Urbano; **2.** CV02- Uso Energético; **3.** CV03- Construcción ecología y eco urbanística; **4.** CV04- Políticas Verdes y Planificación urbana; **5.** Tecnología y proyección internacional); **5** Políticas - con 26 Temas - 36 Estrategias – 46 Indicadores Verdes y 14 Proyectos, para ser aplicados sobre el Eje Verde del municipio Libertador y consolidar a Mérida como ciudad Verde y Sostenible.

Ángel Mery Deisy Velásquez Soto, Ligia Josefina Gutiérrez Nava, Shakespeare Simón Trejo Puentes y Styles Will Valero. Determinación de la densidad longitudinal en tallos de Guadua Angustifolia provenientes de los llanos venezolanos. Señalan que, través de la historia se han buscado alternativas de materiales de construcción que sean de bajo costo, fácil uso, resistentes y amigables con la naturaleza. Indicando que todo ello es una necesidad palpable en la actualidad, donde cada día los recursos son más limitados. La Guadua angustifolia ha venido adquiriendo cierto grado de reconocimiento por sus características de crecimiento rápido y ecológico y por su alta relación de peso y resistencia. En relación con el desarrollo sostenible, exponen que existe un interés renovado en su uso para las construcciones modernas. Incluir la guadua dentro de la solución técnica como elemento constructivo alternativo, le aporta un carácter de responsabilidad social y ambiental a la solución; Venezuela como país tropical presentan condiciones de clima y suelo que favorecen el desarrollo de un amplio número de especies que conforman la familia de las *bambusaceas*, siendo la *Guadua angustifolia* una de las especies de fácil desarrollo y crecimiento. El objetivo del presente

estudio consistió en determinar las propiedades físicas de densidad (en condición de humedad verde, seca al aire y seca al horno) y peso específico básico, de la especie *Guadua angustifolia*, proveniente de los Llanos Venezolanos. Los resultados obtenidos permiten inferir que los tallos de *Guadua angustifolia* podrían ser utilizados en una diversidad de usos como elemento constructivo alternativo amigable con el ambiente.

Pedro J. Montilla Moreno, Anmary C. Fernández Araujo, Jonder Torres y Wilver Contreras Miranda. *Ecodiseño en la elaboración de elementos prefabricados para entresijos y techos a partir de botellas de Polietileno Tereftalato (PET) y mortero de cemento.* Proponen la generación de un nuevo material constructivo para la elaboración de entresijos y techos, capaz de sustituir al bloque, tradicional o tabelón, o al tabique tradicional empleado para estos sistemas constructivos. En virtud de ello, surge la necesidad de determinar el comportamiento y la factibilidad del plástico como material reciclable para la elaboración de elementos prefabricados para la construcción de (bloques y tabelones) a través del manejo y reciclado de botellas de Polietileno Tereftalato (PET) de diferentes diámetros y formas, que proporcionarán las características de resistencia, uso y calidad requeridas, y competitivas con los elementos y materiales tradicionales. En este sentido, se propone una solución ecológica para este tipo de material, ya que, luego de su uso se transforman en desechos altamente contaminantes, motivo por el cual, este estudio proporciona usos alternos para su disposición final. Finalmente, como parte del análisis de sostenibilidad de las propuestas de los elementos prefabricados que resulten más favorables desde el punto de vista de capacidad y competencia resistente, realizaron un Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de las unidades prefabricadas resultantes de la investigación, para determinar, su viabilidad y justificación ecológica para su uso en la industria de la construcción, en el marco de los conceptos y filosofía del Ecodiseño, para su sostenibilidad. Le dieron énfasis en el ACV, no solo a la variable ambiental, sino a todas aquellas variables y factores que influyen o tienen participación en la sostenibilidad y factibilidad ecológica de las unidades prefabricadas que, como parte de la investigación realizada, resulten más competentes y recomendables, tales como la técnica, materiales, economía, entre otros.

Luisanna Antonella Carrero Cicchetti. *Ecodiseño de un sistema para el calzado deportivo que optimice su ciclo de vida.* Define en el artículo el desarrollo de un calzado tipo deportivo que reduzca el impacto ambiental en alguna fase de su ciclo de vida como respuesta a la problemática ambiental generada por la industria del calzado y la moda; que además proporciona una alternativa a las dificultades de importación y la disminución de la producción de calzado en Venezuela. En el proceso de ecodiseño, el cual es el enfoque de la investigación se consideraron criterios medioambientales para reducir la huella de carbono, principalmente usando materiales que sean reciclables o biodegradables; y la implementación de piezas intercambiables para disminuir los

residuos generados por el consumismo y la fabricación. La metodología de diseño aborda siete fases, desde la detección del problema y necesidades mediante encuestas realizadas a fabricantes y a posibles usuarios finales; hasta el desarrollo y evaluación de las propuestas basadas en la metodología de Gerardo Rodríguez. El producto final Sunflower, enfocado en principios sostenibles del ecodiseño y en la demanda actual de calzado deportivo, permite ser utilizado durante el día a día, tanto para el gimnasio, caminar o para el trabajo de oficina, su sistema de uniones facilita el intercambio y reemplazo de piezas y por ende proporcionar tanto la personalización, como la prolongación de su vida útil.

Vicente Agustín Cloquell Ballester, Wilver Contreras Miranda Mary Elena Owen de Contreras, Cristina Santamarina Siurana y Axel Contreras Owen. Análisis estratégico de métodos constructivos post-industriales y ecoinnovadores para la vivienda social en Hispanoamérica. Presentan un análisis de las características actuales de la construcción de desarrollos habitacionales sociales en Hispanoamérica. Exponen que prevalecen los sistemas constructivos convencionales, utilizando en gran proporción el concreto armado, el acero y la carpintería metálica. En muchas ciudades ha aumentado el crecimiento anárquico de barrios, en los cuales existen áreas de potencial inseguridad para sus habitantes, además de sufrir grandes carencias de servicios públicos. Con el fin de determinar los factores y aspectos que inciden en la poca utilización de nuevas tecnologías constructivas con nuevos materiales y sistemas tecnológicos de bajo impacto ambiental, los objetivos principales de la investigación fueron: Efectuar una investigación bibliográfica y de campo, permitiendo conocer su estado actual. Realizar un Análisis Estratégico de los sistemas constructivos: el Tradicional post industriales y el Ecoinnovador. En los resultados se aportan propuestas de Acciones Estratégicas subsiguientes para corregir debilidades, afrontar amenazas, mantener las fortalezas y explotar/potenciar las oportunidades en ambos métodos constructivos. Las cuales apoyarán en la toma de decisiones al proyectar, construir nuevos desarrollos urbanos, viviendas sociales adecuadas/saludables, a costos asequibles y en tiempos cortos de entrega.

Finalmente, esta edición de la Revista Ecodiseño y Sostenibilidad N°16: 2023 cierra un capítulo caracterizado por un espacio editorial de acceso abierto, prevaleciendo el espíritu ético y liberal, siendo el pensamiento de lo virtuoso y ético en los seres humanos, el emprendimiento y la ecoinnovación, entre otros, el fundamento del *Desarrollo Espiritual, Humano y Sostenible* como visión de cambio de una sociedad distinta en el siglo XXI.

REFLEXIONES

SERGIO CARNEROS REVUELTA y

LESLIE CÁRDENAS SEVILLA

ADELIS JOSÉ GRATEROL URBINA

ANGEL JOSÉ ANDARA

JOSUE H. ARAQUE MÉNDEZ

LUIS ALFONSO SANDIA RONDÓN

CIRO ALFONSO SOTO OROZCO

CARLOS CONTRERAS MÁRQUEZ

Reflexiones

Reflexión 1

14

EL USO TRANSFORMADOR DEL ESPACIO DESDE EL MODELO CHANGO

*The transformative use of space
from the ChanGo model*



SERGIO CARNEROS REVUELTA y LESLIE CÁRDENAS SEVILLA

Doctor en Educación por la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), director de proyectos en Unidos por la Educación y cofundador de organizaciones como la Red Internacional de Educación (RIE). Especialista en Justicia social y ambiental. Ha publicado varios libros y artículos y trabajado en más de 14 países realizando proyectos de desarrollo. E-mail: sergiocarnerosrevuelta@gmail.com ORCID: 000-000-0275-735X

Arquitecta por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE). Directora de Infraestructura en proyecto de Unidos por la Educación (UxE), Gerente General de SoCo Soluciones Colectivas. Especialista en espacios interiores y mobiliario con enfoque conceptual y funcional.

A toda la humanidad nos debería preocupar el estado crítico del planeta: los recursos naturales han sido sobreexplotados; el cambio climático provocado genera fenómenos meteorológicos catastróficos; millones de personas viven en la pobreza extrema; el aire, el agua, el suelo, la flora y la fauna contienen cada vez más sustancias tóxicas; muchas familias son forzadas a desplazarse o huyen de la violencia; las disparidades entre ricos y pobres siguen aumentando.

Parece ser necesario y urgente posicionar un nuevo modelo alternativo y realista de transformación que tenga a la justicia social y ambiental como eje transversal y prioritario. Es por ello que en este artículo les presentamos el modelo ChanGo. Un nuevo modelo que se viene construyendo desde la crisis global del 2008, y que desde hace 3 años, se ha comenzado a ejecutar de manera integral en 100 territorios del Ecuador con el apoyo del Gobierno, organizaciones civiles y empresas, teniendo un gran impacto y posicionándose como un modelo prometedor.

En concreto, ChanGo es un modelo de desarrollo territorial que se orienta a la construcción de territorios justos y sostenibles, empleando la educación, la gobernanza y los medios de vida como herramientas para el cambio y la transformación territorial (Carneros *et al.*, 2023).

El propósito del modelo ChanGo se direcciona a construir procesos colectivos para enfrentar y resolver las situaciones de injusticias sociales y ambientales existentes en el planeta, comenzando desde lo local, como espacio primario de interacción socioambiental. Para eso, el modelo se centra en la transformación de las instituciones educativas (con etapa de escolarización obligatoria principalmente); para, desde allí, poner en práctica las tres herramientas de transformación desde lo social, que nos llevan a conformar territorios más justos y sostenibles: la educación, la gobernanza y los medios de vida.

Partiendo del carácter integral y multidimensional de los ecosistemas y la interdependencia de la diversidad biocultural, entendemos a un territorio justo y sostenible, como aquel en el que existen todos los bienes y servicios dignos necesarios para garantizar el bienestar de la comunidad la cual habita sus territorios en armonía con el entorno. Nos referimos a los fundamentos socioambientales, es decir a bienes, servicios, derechos y recursos que deben ser garantizados de forma equitativa para alcanzar formas de vida socialmente digna y ambientalmente respetuosa: agua, salud, educación, transporte, telecomunicaciones, energía, vivienda, recreación, gobernanza, ingreso y trabajo y conservación. Al contrario, como territorios contamos con límites y excesos que truncan el desarrollo y aseguramiento de los fundamentos socioambientales:

cambio climático, pérdida de biodiversidad, contaminación y explotación. A continuación, se expone la representación del famoso *Círculo ChanGo* (Figura 1).

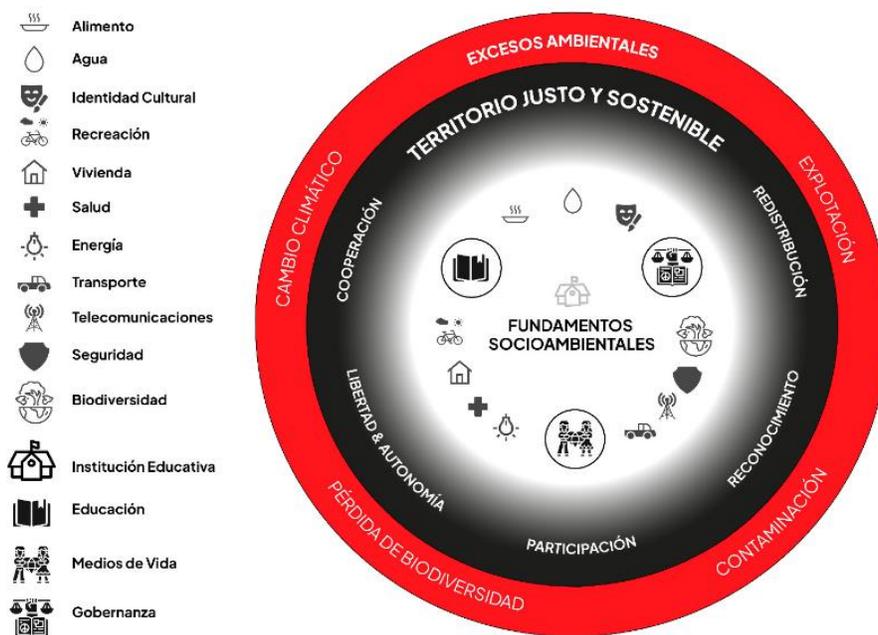


FIGURA 1. Representación del *Círculo ChanGo*. Fuente: <https://www.modelochango.com/circulo>

El modelo es muy conocido por la transformación de escuelas y colegios ¿Por qué razones el modelo tiene su punto de partida en las instituciones educativas? En primer lugar, porque trabajar desde las escuelas nos permite influir sobre una multiplicidad de territorios y personas, lo que posibilita institucionalizar y dar sostenibilidad a los cambios y transformaciones que se propongan alcanzar a nivel comunitario. La escuela es clave por su presencia en casi todos los territorios, siendo la institución para la socialización de conocimientos más accesible y cercana a la población. Dada la universalización y obligatoriedad de la

escolarización, la mayoría de personas asisten a la escuela; la gran presencia de esta institución la hace muy influyente en la definición del futuro. Esta centralidad en la vida de las personas y de los sistemas sociales la provee de la legitimidad necesaria para convocar y organizar a los diferentes agentes relacionados con el territorio. Este aspecto de la escuela, junto con el hecho de que esta cuenta con la financiación de servicios y personal mínimo, la hace una institución crucial para dar sostenibilidad a la estrategia del modelo ChanGo.

Las instituciones educativas se transforman de manera profunda e integral para ofrecer una educación justa y de calidad, que forme a personas como agentes de cambio para que puedan responder a las exigencias del entorno y mejorar su territorio. La transformación incluye:

- **Pedagogía.** Se realiza la transformación en la metodología, evaluación, diseño curricular, convivencia, organización horaria, etcétera, para cambiar de raíz a la institución.
- **Equipamiento.** Se dota a cada ambiente del mobiliario y de los materiales pedagógicos y digitales necesarios para poder aprender de manera natural, eficaz y armónica.
- **Infraestructura.** Se construyen instalaciones educativas adecuadas para el contexto social, para que los estudiantes tengan un ambiente digno y óptimo para el aprendizaje y la convivencia.

Tras más de 15 años ejecutando proyectos, todos los resultados nos indican que el espacio es una de las piezas clave para el cambio en la escuela, en la comunidad y en el territorio. El espacio físico juega un papel fundamental al definir las actividades realizables, el bienestar y el tipo de relaciones. Y, además, puede ser un ejemplo de uso, estética y percepción de la realidad desde donde comenzar el cambio.

Un lugar oscuro, caluroso o sucio o un ambiente poco atractivo y frío, entre otros, hacen que la educación no se favorezca, pero, sobre todo, establece un ecosistema no apto ni digno para fomentar territorios justos y sostenibles.

¿Cómo es un espacio educativo ChanGo? ¿Cómo se diseña de manera colectiva, participativa y comunitaria? ¿Cuáles son nuestros criterios de sostenibilidad en la arquitectura o ingeniería? ¿Qué áreas trabajamos?

El proceso de transformación de las Escuelas Chango se basa en la colaboración activa de la comunidad, incluyendo padres, madres, docentes, estudiantes y líderes comunitarios, quienes participan activamente en los Talleres de Co-creación, donde todos y todas tienen la oportunidad de expresar sus opiniones, compartir ideas y colaborar en la propuesta de intervención de la escuela. Esto permite crear un entorno de aprendizaje que facilite la implementación de la propuesta educativa teniendo en cuenta las necesidades y expectativas de la comunidad, así como las particularidades del contexto social, geográfico y climático.



FIGURA 2. Vista de los espacios de algunas escuelas bajo el modelo ChanGo. Fuente: Los autores.

Este trabajo cercano con la comunidad brinda pautas para la materialidad de las escuelas, priorizando el uso de materiales amigables con el medio ambiente, que sean económicamente accesibles y preferiblemente vernáculos, promoviendo así, la aplicación de sistemas constructivos locales. Además, nos invitan a reflexionar sobre métodos usados por la comunidad en aspectos de ventilación, calefacción o prevención de inundaciones, por citar algunos ejemplos.

En la arquitectura educativa con enfoque pedagógico ChanGo, se concibe cuidadosamente el entorno de aprendizaje para fomentar la independencia de los y las estudiantes. Los espacios están diseñados con mobiliario a escala, de manera que sean accesibles y adaptables a las necesidades de cada etapa de desarrollo de los niños, niñas y adolescentes, proporcionando los materiales y herramientas que les permitan aprender en autonomía. Los ambientes están estructurados para que los y las estudiantes tengan libertad de elegir sus actividades y trabajar a su propio ritmo.

La clave de un espacio educativo ChanGo radica en la importancia de la preparación del ambiente. Los espacios están organizados de manera que el aprendizaje sea práctico y sensorial, fomentando la exploración y la experimentación. Por ejemplo, en un aula de nivel inicial, existirán rincones para juego simbólico, construcción y vida práctica; mientras que, en aula Montessori de básica elemental y media se diseñan áreas específicas de matemática, lengua, zoología, botánica y geografía. En los niveles de superior y bachillerato, se diseñan aulas de emprendimiento y servicio, ingeniería y carpintería, comunicación y medios audiovisuales. Así, para cada etapa de desarrollo todas estas áreas están equipadas con el mobiliario y los materiales adecuados desafiando a los y las estudiantes a medida que adquieren nuevas habilidades y fortalecen las que poseen.

Por otro lado, la arquitectura del Modelo ChanGo también considera en el proceso de enseñanza-aprendizaje la importancia de la naturaleza y el entorno al aire libre. Muchas de nuestras escuelas cuentan con huertas, invernaderos o jardines de plantas endémicas, diseñados para trabajar los sentidos a través de colores, aromas y texturas. Estos espacios no solo permiten a los y las estudiantes explorar

y experimentar, sino que también atraen a la fauna local como pájaros, mariposas y polinizadores, brindando la oportunidad de interactuar con el mundo natural que les rodea y desarrollar un amor y respeto por la naturaleza.

En resumen, la aplicación del modelo ChanGo genera un ambiente educativo enriquecedor y centrado en el desarrollo integral de los niños, niñas y adolescentes. Este enfoque promueve autonomía, colaboración y valoración de la diversidad, al tiempo que fortalece los lazos entre la escuela y su comunidad. Cuando personas ajenas a la escuela entran a una institución educativa intervenida con el modelo ChanGo, reconocen que es una escuela diferente, que ellos no estudiaron así, que es agradable y siempre dicen “me hubiera encantado estudiar en una institución así”.

Seguiremos luchando para que ChanGo pueda llegar a más territorios, a más escuelas, para conseguir territorios justos y sostenibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARNEROS, S. S. PAREDES Y V. ZAMBONI. 2023. Construcción Colectiva: Repensando el Modelo ChanGo. Quito-Ecuador. Licencia de Creative Commons Reconocimiento-Compartir Igual 4.0 Internacional.

REFLEXIONES

SERGIO CARNEROS REVUELTA y
LESLIE CÁRDENAS SEVILLA

ADELIS JOSÉ GRATEROL URBINA

ANGEL JOSÉ ANDARA

JOSUE H. ARAQUE MÉNDEZ

LUIS ALFONSO SANDIA RONDÓN

CIRO ALFONSO SOTO OROZCO

CARLOS CONTRERAS MÁRQUEZ

Reflexiones

Reflexión 2

21



LA ECONOMÍA DE MÉRIDA.
Su realidad actual y sus opciones de futuro
The economy of Mérida.
Your current reality and your future options

ADELIS JOSÉ GRATEROL URBINA

Economista, MSc. en Economía Internacional; Especialidad en Finanzas Internacionales, Investigador en Desarrollo Regional, Fundador del Grupo de Investigación Región, Estrategia y Desarrollo (REDes); Profesor Titular (Jubilado) del IIES – FACES, Universidad de Los Andes. Consultor de la CEPAL, Coordinador de proyectos y estudios Institucionales de la ULA. Asesor Privado en Proyectos y Finanzas. E-mail: graterolurbina@gmail.com

El objetivo de este escrito es exponer, en forma sintética, los principales rasgos y características recientes de la economía de la ciudad de Mérida, capital del estado Mérida, Venezuela, en un intento por proporcionar información técnica y válida sobre su situación económica y suministrar elementos que permitan reflexionar sobre su futuro, sus posibilidades, las tendencias que vienen desarrollándose en la última década y las perspectivas a los fines de los posibles cambios que la realidad exige.

En los últimos 10 años, la ciudad de Mérida, - luego un período previo de más de seis décadas de continuo crecimiento económico-, evidencia un severo proceso de

recesión y crisis. La vulnerabilidad de su economía y su elevada dependencia de las finanzas públicas se hicieron manifiesto, de tal forma que el decrecimiento de Mérida es quizás aún más inclinado que el del país en su conjunto.

I. DE LA “MÉRIDA, CIUDAD TURÍSTICA Y ESTUDIANTIL DE VENEZUELA” A LA MÉRIDA DE HOY

22

La ciudad de Mérida, durante buena parte del siglo XX, mostró un permanente crecimiento, acelerándose para las tres últimas décadas tanto en términos urbanos, de infraestructura como poblacionales, institucionales y económicos. El ya viejo eslogan “Mérida, ciudad turística y estudiantil de Venezuela”, hacía referencia precisa de las actividades y de la vocación predominante de la ciudad. Ejemplo de ello, la relación existente entre el comportamiento del Producto Interno Bruto (PIB) como indicador de economía: el gasto universitario de la Universidad de Los Andes, los presupuestos de las entidades del gobierno del Estado y el desenvolvimiento de las actividades que componen el sector turístico local.

EL PIB DE MÉRIDA. Valores preliminares¹

Como indicadores primarios de la evolución económica, se muestran las cifras del PIB (valores, variaciones interanuales y su composición o estructura), las cuales exponen una innegable etapa de crecimiento continuo de la economía (lapso 1990

1. Es importante resaltar el carácter preliminar de las estimaciones que se ofrecen del PIB local, sujetas a revisión y ajustes. Allí convergen diferentes métodos indirectos, todos ellos con soportes de indicadores y ecuaciones para proyecciones desarrolladas en trabajos previos realizados en el IIES por el Grupo REDes, IIES - FACES. Destacan, en las estimaciones, el uso de: indicadores regionales indirectos, una función de producción desarrollado para el proyecto de impacto de la ZOLCyT, las relaciones dinámicas de la región (y la ciudad), por actividades económicas, respecto a las del país; Asimismo, se aplican estimaciones, por indicadores de los tres principales componentes del gasto agregado: consumo privado, consumo público y la formación bruta de capital (inversión) excluyendo el sector externo ($PIB = C_p + C_g + FBK$).

- 2010); una relativa desaceleración en el primer quinquenio de la segunda década de siglo XXI, para luego caer de manera severa hasta el presente (Gráfico 1).

Este comportamiento, con ciertos rezagos, está correlacionado con la dinámica económica nacional en la que se hace evidente la situación de recesión económica a partir del año 2014.

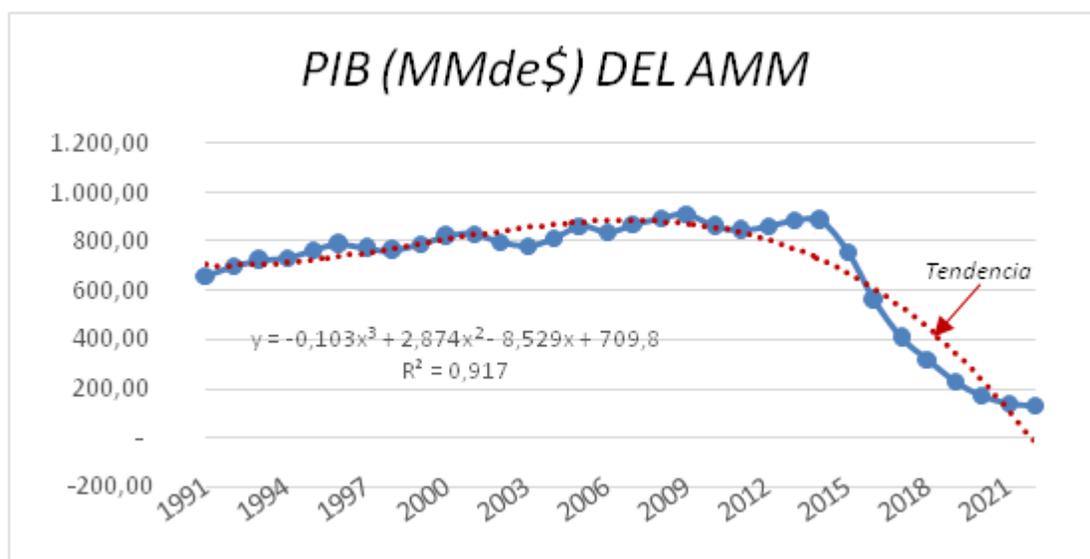


GRÁFICO 1. Producto Interno Bruto del Área Metropolitana de Mérida. Fuente: IIES, Grupo REDes. Fuente: Estimaciones propias.

Analizando la composición promedio por actividades económicas para Mérida, se destaca para el lapso 1990-2011 (Gráficos 2, 3, 4), el papel significativo de la actividad del sector público en la ciudad. En promedio, casi el 40% de PIB se genera por las actividades del Gobierno, estando allí incluidas todas las instituciones cuyas finanzas dependen del Estado incluida, evidentemente, la Universidad de Los Andes. Le siguen en importancia, el comercio, los servicios privados y el sector de la construcción.

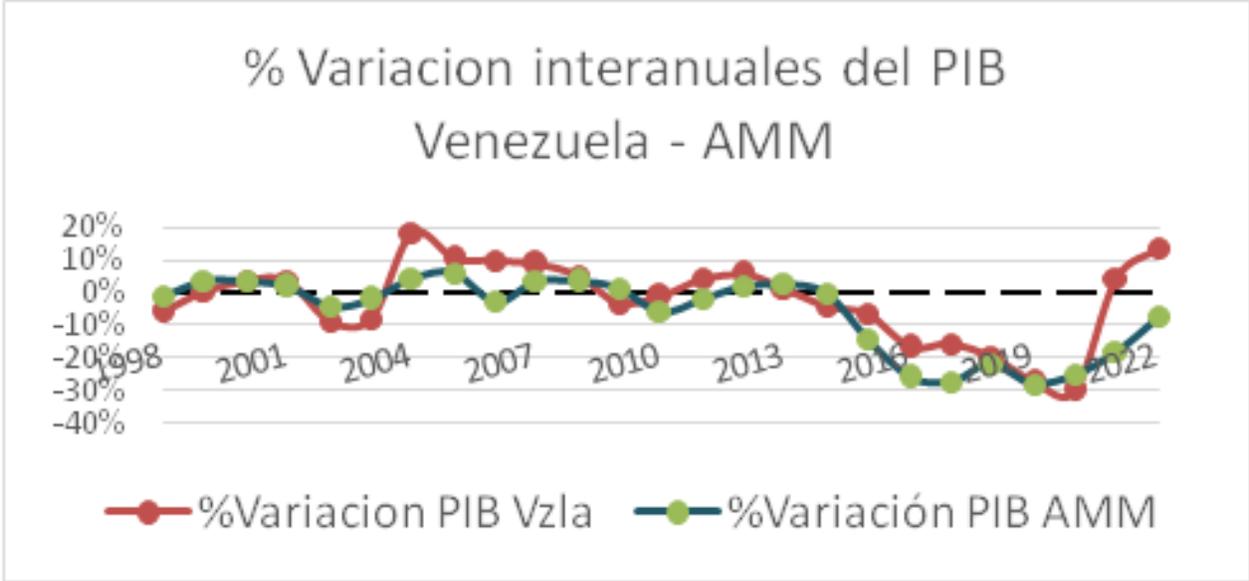


GRÁFICO 2. Variación del PIB, Venezuela y Área Metropolitana de Mérida (%).



GRÁFICOS 3 y 4. Estructura del PIB del Área Metropolitana de Mérida en dos lapsos.

LA UNIVERSIDAD Y EL APOORTE A LA ECONOMÍA DE LA CIUDAD

Es indiscutible el impacto que ha tenido la Universidad de Los Andes (ULA) sobre Mérida, la región y el país. En primer lugar, destacan los efectos socioeducativos, como institución formadora de profesionales de reconocida calidad; de investigación y extensión; por su contribución en la estructura de la población y, desde luego, en la política y desarrollo del área metropolitana. El proceso de modernización de la ciudad y de la región ha estado soportado directa o indirectamente en la actividad universitaria (Gráfico 5). No obstante, deben destacarse los impactos económicos directos de la ULA, en cuanto a la generación de empleos profesionales y de alto nivel, empleados, técnicos y obreros; sus instalaciones y obras de infraestructura que han delineado la ciudad.

26

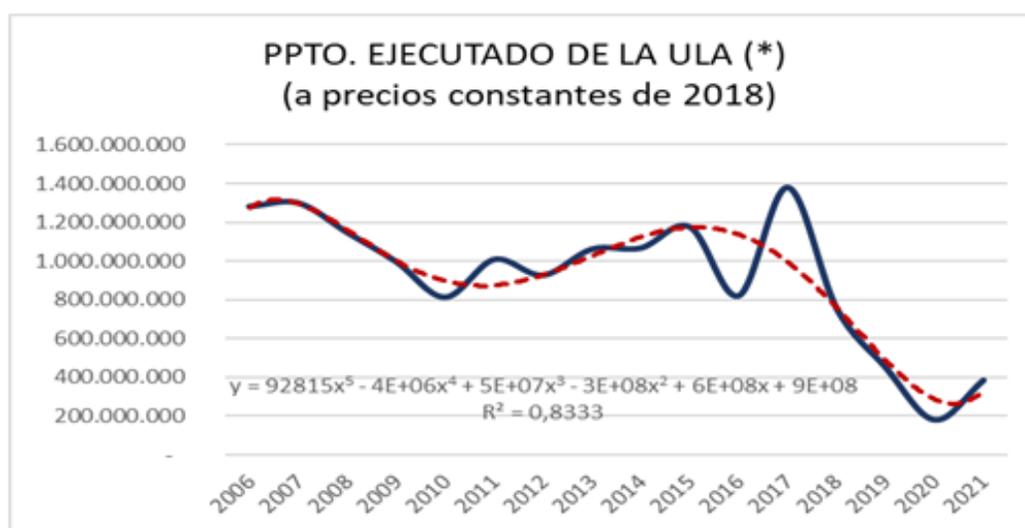


GRÁFICO 5. Presupuesto Ejecutado de la Universidad de Los Andes (2006-2021). Fuente: Memoria y Cuenta de la Universidad de Los Andes. Cálculos propios. (*) Valores preliminares ajustados del presupuesto anual total de la ULA, considerando los montos destinados al núcleo central ubicado en la ciudad de Mérida. Excluye las asignaciones a los Núcleos Universitarios de otras ciudades.

De forma indirecta, los modos de vida expresados en los comercios, las pensiones (residencias estudiantiles), el transporte, la actividad bancaria e inmobiliaria, sin mencionar la construcción de viviendas, edificios y urbanizaciones enteras destinadas al creciente mercado que constituía el personal de la Universidad.

En resumen, la ULA proporcionó empleos e ingresos y logró proyectarse durante décadas como la principal actividad económica de la ciudad; es decir, fue el Actor más importante de la economía de Mérida. (Sector Básico, de acuerdo con los Estudios de Base Económica).

El impacto de las actividades de la Universidad de Los Andes, mediante el incremento de su matrícula desde la década del 60, de su planta profesoral y del personal, influyó positivamente en el crecimiento del Sector Construcción, como componente más dinámico y determinante del crecimiento económico. El vasto conjunto de obras educativas, de vialidad, infraestructura, residencial, sanitarias, dan cuenta del proceso de modernización y de dinamización de la economía de la Ciudad de Mérida que se origina décadas anteriores, impulsado por el crecimiento de la matrícula estudiantil, del personal universitario y de las actividades de investigación y extensión de la ULA. Crecimiento que fue propiciado y soportado en los ingentes ingresos públicos generados por el valor de las exportaciones petroleras obtenidas por el país durante buena parte del siglo XX e inicios del XXI (Gráfico 5).

Para la segunda década del presente siglo, comienza a manifestarse la vulnerabilidad y dependencia de la Universidad de las asignaciones y aportes financieros provenientes del gobierno central. De allí que los problemas de las finanzas públicas (gobierno nacional), se traducen en un efecto directo e inmediato en las cifras del presupuesto universitario y en la “cadena productiva” subsecuente que se venía desarrollando en la ciudad; la distribución en la generación de riqueza o producto de la ciudad y la dinámica económica no sólo se detiene y deteriora de manera drástica, sino que su estructura por actividades económicas inicia un proceso de cambio que parece irreversible.

EL GASTO DEL GOBIERNO REGIONAL

Las asignaciones del Situado Constitucional a las regiones no escapan a la crisis. Las cifras recientes que se pudieron obtener (ajustadas por tamaño de cada municipio para una estimación más exacta de las finanzas del AMM), reflejan la reducción del gasto y su impacto negativo en la dinámica económica de Mérida (Gráfico 6).

28

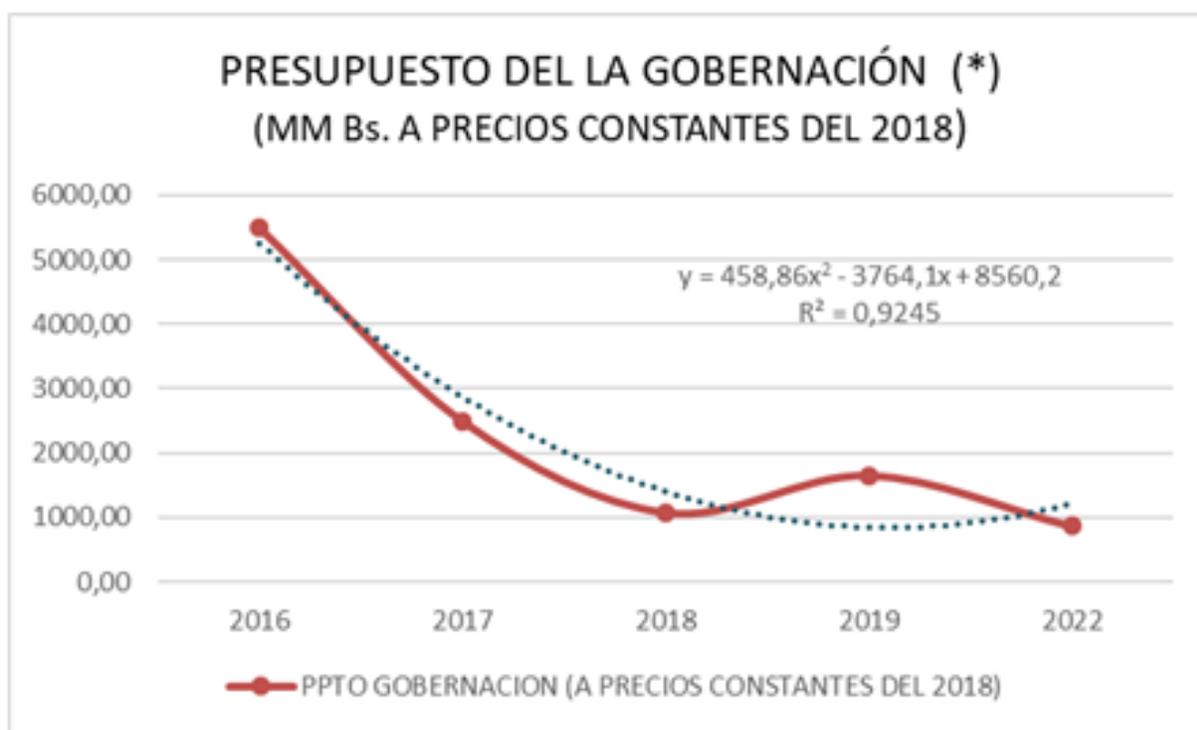


GRÁFICO 6. Presupuesto Ejecutado de la Gobernación del estado Mérida (Varios Años). Fuente: Estimaciones sobre información de Transparencia Venezuela. (*) Estimación del Ppto. Ejecutado de la Gobernación del Estado asignados hacia el AMM.

De esta información se desprende que la asignación (en valores reales) para el año 2022 apenas es un 15,7% de lo percibido en el 2016. Esta significativa reducción del gasto, es visible en lo relativo a la ejecución de obras de infraestructura y el

mantenimiento de las existentes, que desestimulan el crecimiento de la economía local, así como, en el salario de los trabajadores de la Gobernación y sus dependencias, que se mantiene estancado y condicionado a los decretos nacionales sobre salario mínimo, afectando el ingreso y consecuentemente el consumo.

29

EL TURISMO Y EL COMERCIO

En materia de turismo, la situación luce igualmente crítico. Las cuantiosas inversiones que significaron la recuperación y modernización del teleférico de Mérida (ahora Mucumbarí), aun no logran generar los efectos positivos de esta icónica e importante obra de la ciudad. Las estimaciones del flujo de turistas y la poca información sobre las capacidades y/o ocupación hotelera, exponen notoriamente el desplome del sector. Las causas son diversas: bajos ingresos de la población local y nacional; inadecuadas condiciones de la vialidad; deficiencia de los servicios y, entre ellos, el suministro de combustible como principal freno de la movilidad.

Como indicador, la tasa de ocupación hotelera en periodos vacacionales para los años recientes escasamente alcanza, en promedio, al 20% o menos (Gráfico 7). Es necesario señalar que la paralización obligada por la pandemia del COVID-19, contribuyó aún más a deprimir el sector, con muy deficientes acciones estratégicas para la superación de la crisis.

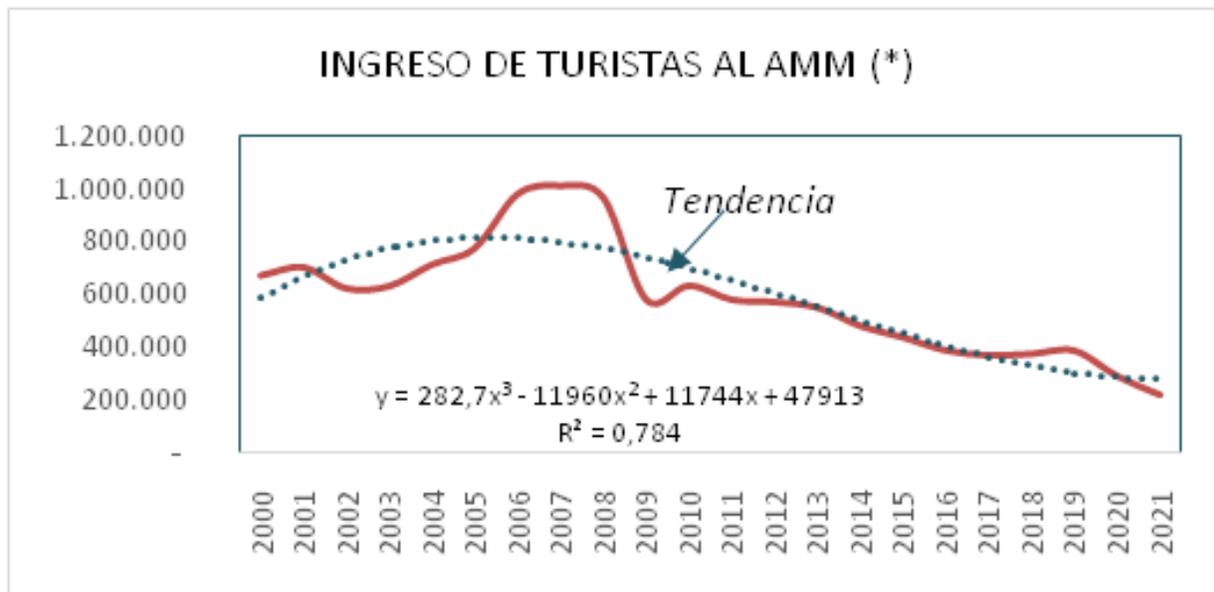


GRÁFICO 7. Ingreso de turistas al AMM (2000-2021). Fuente: MINTUR, CORMETUR, varios años. Proyecciones propias. (*) Estimaciones, interpolaciones y empalmes de cifras con base a tasas de crecimiento interanual.

POBLACION Y POBREZA

La información de la población confirma el proceso de crecimiento demográfico, estancamiento y caída. Obsérvese el número de habitantes de la ciudad desde inicios de los años 60; para el lapso 1991 – 2011, la población de la ciudad de Mérida se multiplicó en 4,7 veces; no obstante, la tasa intercensal muestra una notable desaceleración desde el censo de 1981, siendo para la década del 2001-2011 de sólo 0,60% (Cuadros 1, 2; Gráfico 8).

CUADRO 1. Población de Mérida (Mcpio. Libertador) y el Amm. Censos Nacionales. Fuente: Censos de Población y Vivienda. OCEI, INE., Cálculos propios.

CENSO	Mcpio. Libertador	% variación intercensal	AMM	% variación intercensal
1961	46339	5,77%		
1971	74.000	4,79%		
1981	156.956	7,81%		
1990	178.580	1,44%	271.992	2,51%
2001	204.879	1,26%	345.489	2,20%
2011	217.537	0,60%	391.287	1,25%



GRÁFICO 8. Tasa Intercensal de la Ciudad de Mérida (1961 -2021).

CUADRO 2. Proyecciones de Población del Mcpio. Libertador (2020 – 2021 respecto al censo 2011). FUENTES: Encuesta ENCOVI. 2020 - 2021. [https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9rida_\(Venezuela\)#Demograf%C3%ADa](https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9rida_(Venezuela)#Demograf%C3%ADa). Cálculos propios.

AÑO		Mcpio. Libertador	% variación respecto al censo 2011
2020	1/	299.191	3,60%
2021	2/	247.490	1,30%
2021	3/	70.879	-10,61%
2021	4/	159.185	-3,07%

1/ Proyección del INE con base al censo 2011

2/ Proyección de ENCOVI - UCAB

3/ Información Web Wikipedia (INE – OCEI)

4/ Estimación propia (promedio simple de 2/ y 3/)

Merece destacar el fenómeno de poblamiento (no oficial, en cuanto a información de proyecciones) para los años 2020 – 2021. Las proyecciones del INE (oficiales) se basan en el censo 2011; sin embargo, la tasa intercensal es aún más elevada que la de la década anterior. Por su parte, la Encuesta de la UCAB, proyecta, para el 2021, una cifra menor (247.490 hab.); respecto al dato del INE, habría una pérdida de población; aun así, la tasa de variación respecto al censo 2011 es ligeramente positiva (1,3%). Una cifra extraída de la web, -la cual se presume es obtenida de información oficial-, ofrece una fuerte caída, siendo la tasa de variación para el lapso censal 2011 – 20121 de - 10,61% (La cifra de la web, no fue posible corroborar la fuente. A los efectos, se hace un cálculo (promedio simple) de la población del 2021 con las proyecciones ENCOVI y la que ofrece la web. Su resultado representa una pérdida de población con cifras cercanas a las que tenía el Municipio en el Censo de 1981). Es decir, se está frente a un proceso significativo de despoblamiento de la ciudad de Mérida.

Este decrecimiento (aun siendo cálculos y proyecciones preliminares) da cuenta de uno de los fenómenos demográficos más conspicuos de la actualidad de Mérida y del país: la emigración, el abandono de un importante número de familias o partes integrantes que, ante una crítica realidad de la ciudad y del país, deciden salir en búsqueda de mejores oportunidades y condiciones de vida. Sin lugar a dudas, estos son, junto con los datos de pobreza –los cuales se aprecian de seguidas en el cuadro 3-, son los aspectos que exponen la difícil y compleja situación socioeconómica del país, no en vano denominada crisis humanitaria compleja.

CUADRO 3. Hogares en Situación de Pobreza del Municipio Libertador. Fuentes: IIES – ULA 1/ ÁREA METROPOLITANA. INE; ENCOVI-UCAB 2/ (Mcpio. Libertador).

AÑOS	% Pobreza	% Pob. Extrema
1999 1/	39,3	14,0
2002	58,4	19,7
2003	50,7	24,2
2004	51,1	17,4
2005	38,1	12,6
2006	30,1	8,5
2007	30,2	8,9
2008	30,2	8,0
2009	28,9	8,3
2010	31,8	8,8
2011	30,8	8,8
2012	22,3	4,4
2013	35,4	13,2
2020 2/	85,5	48,0
2021 2/	84,0	61,0

Finalmente, la información sobre los niveles Pobreza (Método de los Ingresos) para la ciudad (Municipio Libertador) expuestos en el cuadro 3. Como punto de partida, las cifras del IIES para 1999; luego los datos del INE para el período (2002 - 2013) y se finaliza con la información de la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida (ENCOVI) de la UCAB para los años 2020 y 2021.

El grafico 9, indica que la pobreza total (porcentaje de hogares en situación de pobreza) para el Municipio Libertador para 1999 y la pobreza extrema, llegaban a 39,3% y un 14% respectivamente, según fuentes del IIES. Para el lapso 2002 – 2013, con los datos del INE, para su primer año un valor del 58% de hogares pobres y casi un 20% en situación de extrema pobreza; sin embargo, durante el período las cifras se mantienen estables hasta el 2012, donde se registran los valores más bajos de toda la serie (22,3% la total y 4,4% la extrema).

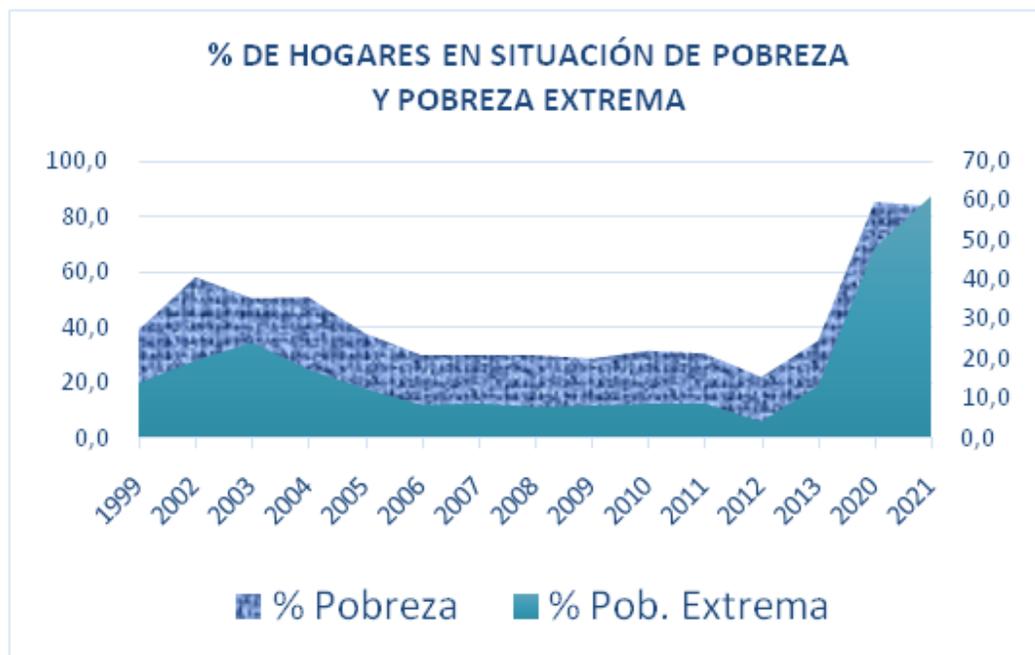


GRÁFICO 9. Hogares en pobreza del Municipio Libertador (%). Fuentes: (*) IIES, Estudio de Impacto de la Zona Libre Científica y Tecnológica. Convenio Parque Tecnológico – ZOLCyT. Estudio Mérida Estado Competitivo, Convenio ULA – PDVSA. INE. Y Encuesta ENCOVI – UCAB.

Sobresale que para 2021, en el transcurso de menos de una década, las cifras alcanzan a un 84% de hogares se encuentran por debajo de la línea de pobreza y el 61% en pobreza extrema. Es decir, un proceso acelerado de empobrecimiento en tan solo nueve años. Es fácil predecir que la inflación acelerada desde finales del 2002 e inicios del presente año, los porcentajes de hogares y población de la ciudad de Mérida, estarían incrementándose.

Este resaltante fenómeno social en el cual se encuentra la Ciudad de Mérida y el país, derivado de una diversidad compleja de factores, emplaza a reflexionar sobre las medidas urgentes, inmediatas, para la reducción de la pobreza, entendiéndose que, sin superarla, es muy poco probable dar inicio a andar sobre una senda de crecimiento económico sostenido.

II. LA VISIÓN PARA LOS AÑOS VENIDEROS ¿QUÉ HACER?

La situación económica actual y su tendencia es claramente negativa. Mérida, ciudad y estado, -así como el país-, le urgen y reclaman cambios políticos y de mentalidad. La diáspora, como significativo fenómeno social, ha sido causa y consecuencia de la realidad que vive la ciudad mostrando un círculo vicioso que es necesario romper.

Es fundamental concebir, crecer y desarrollarse:

- Hacia una economía menos vulnerable del gasto público, incluidos los ingresos de las entidades públicas.
- Un modelo de gestión diferente de nuestra máxima casa de estudios de modo de recuperar y mantener, tanto sus activos intelectuales y físicos, como generar los efectos multiplicadores en la economía urbana.
- Una economía diversificada sobre las bases de sus actividades competitivas:
 - Ciencia y tecnología;

- Servicios especializados, educación profesional de excelencia, consultorías, salud;
- Turismo bajo los preceptos de sostenibilidad y sustentabilidad;
- Promoción de PyMIS y PyMES con capacidades competitivas a escala nacional e internacional.

III. CUESTIONES FINALES

Se cierra el escrito invitando a la necesaria reflexión sobre lo que debe hacerse:

- ¿Cuál será el desenvolvimiento de la economía de Mérida para el corto, mediano y largo plazos?
- ¿Cuáles son los escenarios posibles y cuáles sus probabilidades de ocurrencia?
- ¿Cuáles son las potencialidades, actividades y decisiones que deban adoptarse?
- ¿Es posible una economía menos dependiente del gasto público central y menos vulnerable al acontecer político y económico del país?
- ¿Está la economía de la ciudad de Mérida ante una situación de inercia que no podrá superar?
- ¿Cuáles son los cambios que deben ocurrir de manera de modificar la realidad y tendencia actual?

La renta petrolera, así como sus aportes a la actividad universitaria a través del presupuesto público, seguirá siendo un importante apoyo para la economía

merideña; sin embargo, es claro que es insuficiente para promover un escenario con un crecimiento estable. Cambios trascendentes deberán ocurrir de modo que instituciones como la Universidad de Los Andes mantenga su papel de liderazgo con los que se expanda, no solo los beneficios sociales, sino los económicos para la ciudad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILERA, OSCAR y MARIO MURÚA.** 2022. Equidad y Pobreza en Mérida la Ciudad y Mérida el Estado. En Ciudad, Memoria y Recordatorio. *Revista del Centro de Investigaciones en Ciencias Humanas*. ULA, Mérida, Venezuela.
- CORPOANDES.** 1971. *El gasto público en la región de Los Andes*. Documentos de la Corporación de Los Andes. Convenio ULA – Corpoandes. Mérida, Venezuela.
- DÍAZ, ÁNGEL F.** 1972. *Hacia una estrategia de desarrollo urbano para la región andina*. IIE- Facultad de Economía, ULA. Mérida, Venezuela.
- GARNICA, ELIZABETH.** 1993. *Consideraciones sobre la economía del Estado Mérida*. Año 1993. IIES – ULA, FEDECÁMARAS - MÉRIDA, Cámara de Comercio e Industria del Estado Mérida, CORPOANDES. Mimeografiado. Mérida, Venezuela.
- GRATEROL, A., A. GUTIÉRREZ, I. ORTIZ, L. CASTRO, M. MURÚA, H. LÓPEZ, N. PEREIRA, J. SÁNCHEZ, N. PINEDA, M. de PADRÓN. R. CARTAY, O. AGUILERA, J. ARANDIA y E. BERNAL.** 2020. *Antecedentes para el Análisis de Competitividad. Mérida 2020*. Informe No. 6, Plan Estratégico a Largo Plazo: Mérida Estado Competitivo 2020. IIES – ULA. Convenio ULA – PDVSA. ULA, Mérida, 1999.
- GRATEROL, A., M. MURÚA y H. CONTRERAS.** 1996. *Estudio de Impacto de la Zona Libre Científica y Tecnológica de Mérida*. Convenio Corporación Parque Tecnológico de Mérida. IIES – ZOLCYT. Mérida, Venezuela.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE).** s/f-Varios años. Censo Nacional de Población y Vivienda. Ministerio del Poder Popular de Planificación. Caracas, Venezuela.
- JERCZYNSKI, MAREK.** 1972. *Métodos indirectos de identificación y medición de la base económica de las ciudades*. Cuadernos Geográficos No. 5. ULA – Consejo de Publicaciones. Mérida, Venezuela.
- MÉNDEZ, ELÍAS y JOSÉ L. MÉNDEZ.** 1996. *Mérida en la Perspectiva del Siglo XXI*. Centro Iberoamericano de Estudios Provinciales y Locales (CIEPROL). Mérida, Venezuela.
- RIVERO, L., H. LÓPEZ, W. SALDIVIA y E. BERNAL.** 1980. *Estudio de base económica de Mérida*. Instituto de Investigaciones Económicas, ULA. Mérida, Venezuela.

PÁGINAS WEB CONSULTADAS

Banco Mundial. En línea: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?locations=VE>

Instituto Nacional de Estadística (INE). En línea:
<http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/PublicacionCensosdeVenezuela/Censospublicados/Censo1961/Censo1961Merida.pdf>
_____ <http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/PublicacionCensosdeVenezuela/Censospublicados/Censo1981/Censo1981Nacional.pdf>
_____ http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com_content&view=category&id=104&Itemid=45#
_____ http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com_content&view=category&id=100&Itemid=59

Fondo Monetario Internacional (FMI). En línea:
<https://www.imf.org/en/search#q=venezuela%20gdp&sort=relevancy>

FORBES. En línea: <https://www.forbes.com.mx/tendencias-globales-2023/>

ONU – CEPAL (Comisión Económica para América Latina). En línea:
<https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/index.html?lang=es>
_____ https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=2207&area_id=131&lang=es

Banco Central de Venezuela. En línea: <https://www.bcv.org.ve/estadisticas/tipo-cambio-de-referencia-smc>

GLOBALDATA LAB. En línea:
https://globaldatalab.org/shdi/lgnic/VEN/?levels=1%2B4&interpolation=1&extrapolation=0&nearest_real=0&colour_scales=global

Observatorio Venezolano de Finanzas (OVF). En línea:
<https://observatoriodefianzas.com/category/inpc/>

UCAB. Encuesta de Condiciones de Vida (ENCOVI). En línea: <https://www.proyectoencovi.com/encovi-2022>. <https://insoencovi.ucab.edu.ve/indicador-pobreza/>

WIKIPEDIA. En línea:
https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Cotizaci%C3%B3n_hist%C3%B3rica_del_bol%C3%ADvar_con_respecto_al_d%C3%B3lar#Per%C3%ADodo_1990-2002
_____ [https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9rida_\(Venezuela\)#Demograf%C3%ADa](https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9rida_(Venezuela)#Demograf%C3%ADa)

REFLEXIONES

SERGIO CARNEROS REVUELTA y

LESLIE CÁRDENAS SEVILLA

ADELIS JOSÉ GRATEROL URBINA

ANGEL JOSÉ ANDARA

JOSUE H. ARAQUE MÉNDEZ

LUIS ALFONSO SANDIA RONDÓN

CIRO ALFONSO SOTO OROZCO

CARLOS CONTRERAS MÁRQUEZ

Reflexiones

Reflexión 3

EL PENSAMIENTO DICOTÓMICO: UNA TENDENCIA SOCIAL DE PENSAMIENTO A EVALUAR DE CARA A LOS OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE 2030

*Dichotomous thinking: a social tendency of
thought to evaluate in the face of the 2030
Sustainable Development Goals*



39

ANGEL JOSÉ ANDARA

Ingeniero geólogo egresado de la Universidad de Los Andes (ULA), grado en suficiencia investigadora y Doctor en Geología por la Universidad de Oviedo, España. Profesor titular de la Escuela de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería ULA, Mérida, Venezuela. Coordinador del grupo de investigación de Ciencias de la Tierra, TERRA. Línea de investigación: Mineralogía experimental de baja temperatura, petrología ígnea-metamórfica. También me intereso en planificación y gerencia universitaria. E-mail: angel.andara@gmail.com

El pensamiento dicotómico, se caracteriza por dividir la realidad en categorías opuestas y excluyentes, parece por estar cada vez más presente en nuestra sociedad actual. Aunque este tipo de pensamiento puede ser útil para tomar decisiones rápidas en situaciones de peligro inmediato, a menudo conduce a la simplificación excesiva, la polarización y el conflicto.

En este tipo de pensamiento, se tiende a percibir la realidad como una serie de opciones binarias, donde solo se consideran dos elecciones extremas y se ignoran las posibles intermedias o “grises”.

Generalmente, en la sociedad prevalece el pensamiento dicotómico, lo que significa que la gente tiende a percibir las cosas en términos de oposiciones binarias, como el bien frente al mal, lo correcto contra lo incorrecto y nosotros frente a ellos.

Entonces el pensamiento dicotómico también puede ser, limitante y problemático. Al dividir el mundo en categorías opuestas, se ignoran las diversas tonalidades y matices de la realidad. Esto puede llevar a simplificaciones exageradas y alentarnos a tomar posiciones extremas o rígidas. Además, puede promover el sesgo de confirmación, en el cual solo se busca información que respalde nuestras creencias previas y se descarta cualquier explicación que contradiga esas creencias.

Una de las manifestaciones más evidentes de este tipo de pensamiento en la sociedad es el discurso político. Muchas personas se identifican estrictamente con una ideología conservadora o liberal, y ven al otro bando como equivocado, ignorante o incluso malvado. Esta visión obstaculiza el diálogo constructivo y dificulta la búsqueda de puntos en común para resolver problemas complejos. También conduce a la fragmentación de las comunidades y crea una atmósfera de animosidad e intolerancia. También puede conducir a prejuicios y discriminación basados en categorizaciones arbitrarias, como la raza, etnia, religión, el género y la orientación sexual.

El pensamiento dicotómico también puede obstaculizar la investigación científica al simplificar en exceso fenómenos complejos. Las personas que ven la ciencia a través de la lente de esta manera de pensar, tienden a rechazar las pruebas que no coinciden con sus creencias preconcebidas, en lugar de dedicarse al pensamiento crítico y al análisis. Esto puede dar lugar a ideas erróneas y desinformación generalizadas, que pueden tener efectos perjudiciales sobre las políticas públicas y el bienestar humano.

La falta de habilidades o formación adecuada de pensamiento crítico, es la causa principal por la cual las personas pueden adoptar por defecto el pensamiento dicotómico, ya que parece más sencillo y directo. Como modelo de precepto dualista ha sido moldeado por diferentes factores sociales:

1. **Sistema educativo.** Desde la escuela primaria se nos enseña a pensar en términos de opuestos irreconciliables, como buenos y malos, blanco y negro, caliente y frío. Este enfoque binario impone una separación simplista del mundo en categorías opuestas que no reflejan la complejidad y los matices de la realidad.
2. **Medios de comunicación.** Los medios de comunicación también pueden perpetuar el pensamiento binario al presentar información con exageración y sensacionalismo, centrando la atención en conflictos binarios que venden noticias.
3. **Política y polarización social.** En muchas sociedades, la polarización política y la competencia entre grupos sociales y partidos crean un clima social de "nosotros contra ellos". Los discursos políticos y los medios de comunicación a menudo simplifican los problemas complejos, reduciéndolos a una dicotomía entre dos agrupaciones o ideologías lo que conduce a una visión en blanco y negro de cuestiones complejas.
4. **Cultura popular.** Las historias y los mitos populares han moldeado nuestras creencias y pensamientos acerca del bien y el mal, los héroes y los villanos, la belleza y la fealdad, entre otros. A menudo, estas tradiciones refuerzan el enfoque binario.
5. **Religión.** Las religiones también han influido en la formación del pensamiento binario, ofreciendo respuestas sobre el origen del bien y el mal, la creación del mundo y la existencia humana. Las religiones a menudo

presentan una dicotomía clara entre lo bueno y lo malo, y promueven la inalterable presencia de un orden divino.

6. **Cámaras de eco en las redes sociales.** Estas plataformas a menudo fomentan burbujas de filtros en las que las personas solo interactúan con individuos afines, lo que refuerza las creencias existentes y limita la exposición a perspectivas alternativas.
7. **Brechas socioeconómicas.** Quienes viven en la pobreza pueden verse obligados a adoptar una mentalidad de supervivencia, que no deja espacio para el pensamiento matizado.
8. **Pensamiento de grupo.** La presión para ajustarse a las creencias de un grupo, puede llevar a un pensamiento dicotómico entre individuos que se sienten excluidos o condenados al ostracismo del conjunto.
9. **Educación cultural.** Algunas culturas dan prioridad al pensamiento binario, como el bien frente al mal o lo correcto frente a lo incorrecto, reforzando esta forma de pensar en sus miembros.
10. **Miedo y ansiedad.** En tiempos de incertidumbre, las personas pueden sentir la necesidad de estabilidad, lo que los lleva a preferir soluciones claras, aunque estén demasiado simplificadas.

Es importante desarrollar pensamiento crítico y ser conscientes de las limitaciones de la visión dicotómica. En lugar de ver el mundo en términos absolutos, es beneficioso considerar múltiples perspectivas y buscar soluciones flexibles y equilibradas. De esta manera, podremos comprender mejor la complejidad de los problemas y tomar decisiones más informadas.

En ese sentido e interrelacionando la temática tratada con la Agenda 2030, la cual es parte del programa de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, y adoptado por los Estados miembros en el año 2015. Incluye 17 Objetivos de

Desarrollo Sostenible (ODS), que pretenden abordar diversos retos sociales, económicos y medioambientales para el año 2030.

La Agenda 2030 y el discurso dicotómico, aunque aparentemente no están relacionados, pueden cruzarse de varias maneras. Por un lado, la misma se esfuerza por promover la inclusión, la colaboración y la búsqueda de un terreno común para abordar los retos mundiales. Hace hincapié en la necesidad de asociaciones y acciones colectivas entre diferentes sectores y partes interesadas. Por el contrario, el discurso dicotómico a menudo simplifica en exceso cuestiones complejas, lo que puede obstaculizar el diálogo constructivo y la colaboración.

Sin embargo, es importante señalar que el discurso dicotómico también puede ser una herramienta útil para poner de relieve perspectivas opuestas y generar debate. Al presentar dos lados opuestos, fomenta el pensamiento crítico y sensibiliza sobre diferentes puntos de vista. No obstante, es crucial ir más allá de las dicotomías y buscar enfoques matizados a la hora de trabajar para alcanzar los objetivos esbozados en la Agenda 2030.

En general, aunque la Agenda 2030 fomenta la colaboración y las soluciones holísticas, el discurso dicotómico puede a veces obstaculizar el progreso al simplificar en exceso cuestiones complejas. Es importante fomentar debates inclusivos, transparentes y multidimensionales para abordar eficazmente los retos esbozados en dicha agenda.

REFLEXIONES

SERGIO CARNEROS REVUELTA y

LESLIE CÁRDENAS SEVILLA

ADELIS JOSÉ GRATEROL URBINA

ANGEL JOSÉ ANDARA

JOSUE H. ARAQUE MÉNDEZ

LUIS ALFONSO SANDIA RONDÓN

CIRO ALFONSO SOTO OROZCO

CARLOS CONTRERAS MÁRQUEZ

Reflexiones

Reflexión 4

LA PLANIFICACIÓN SOSTENIBLE, UNA ALIADA EN LA GESTIÓN DE RIESGOS SOCIONATURALES

*Sustainable planning,
an ally in Socionatural Risk Management*



44

JOSUE H. ARAQUE MÉNDEZ

Geógrafo. MSc. en Gestión de Riesgos Socionaturales. Estudiante del Doctorado en Educación (ULA). Profesor Agregado de la Escuela de Geografía. Coordinador de la Maestría en Gestión de Riesgos Socionaturales, Instituto de Geografía, Facultad Ciencias Forestales y Ambientales. Los temas de investigación: expresión geográfica de la participación comunitaria, vulnerabilidad social, sociología del riesgo, gestión de riesgos socionaturales. E-mail: josueh@ula.ve ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1214-8841>

La planificación con criterios de sostenibilidad, la cual en la presente reflexión y aunque sea propia del Diseño Industrial la denominaremos como ecodiseño, y la gestión de riesgos socionaturales, son dos áreas emergentes y con gran auge en la ciencia contemporánea. Ambas áreas consideradas en el saber y con amplia trayectoria de estudio en la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes en Mérida, Venezuela.

En este apartado se hará un acercamiento teórico, somero, sobre los elementos que sustentan al ecodiseño y gestión de riesgos socionaturales, haciendo un ejercicio de vinculación, ya que ambas áreas del saber buscan y promueven la sostenibilidad, término que se asocia con el desarrollo y los mecanismos que permiten su consecución.

Como explica Giuseppe Marsala (2020), coordinador de proyectos de Green Them, el ecodiseño “es una metodología de diseño que integra los aspectos ambientales en el proceso, con el fin de reducir el impacto ambiental del producto o servicio generado”.

Mientras que Sanz (2014), plantea que el ecodiseño “consiste en integrar los aspectos ambientales en la concepción y desarrollo de un producto, con el objetivo de mejorar su calidad y, a la vez, reducir los costes de fabricación, a través de metodologías basadas en el estudio de todas las etapas de su vida (ciclo vida del producto), desde la obtención de materias primas y componentes, hasta su eliminación y reciclado una vez desechado”.

Entendemos por ecodiseño, a un enfoque de diseño que busca reducir el impacto ambiental de los productos y servicios a lo largo de su ciclo de vida. Se basa en principios de sostenibilidad, eficiencia energética, reducción de residuos y uso responsable de los recursos naturales.

En la otra arista, se tiene a la gestión de riesgo socionaturales, que de acuerdo a Cardona y Barbat (2000, citado en Jiménez 2011), definen como el conjunto de elementos, medidas y herramientas diseñadas para el trato de la amenaza y vulnerabilidad, apuntando a la disminución de los riesgos existentes y posibles. Esto conduciría, como señala Ochoa (2014), a considerar que “uno de los puntos fundamentales reside en la posibilidad de acción, tanto individual como social, para evitar la aparición de estos riesgos y para disminuir su potencial de daño. [Sí] los riesgos son resultado de la acción humana, se abre la posibilidad de que a través de ésta misma pueda limitarse su efecto perjudicial”, en una clara referencia a la participación comunitaria.

Suscribiendo a Giddens (2000: 15), se puede señalar que “muchos de los riesgos e incertidumbres nuevos nos afectan independientemente de donde vivamos y de los privilegiados o marginados que seamos”. Es decir, los riesgos en el mundo de hoy no conocen fronteras sociales, ni espaciales. Los eventos que se susciten podrán afectar sin ningún tipo de distinción, para lo cual las soluciones igualmente

deben ser globales y concertadas y, para ello, es necesario y fundamental partir de los individuos, quienes son los afectados directos.

De esta manera vemos a la gestión de riesgos socionaturales como una condicionante del desarrollo, y aquí radica el punto de convergencia entre el ecodiseño y la gestión de riesgos socionaturales, ya que ambos apuntan hacia la sostenibilidad de los recursos y de la vida en el planeta, en unas condiciones más o menos similares a las que se gozan en el presente, pero garantizándolas a las generaciones futuras. Nos lleva a plantearnos mirar al planeta no como una despensa de recursos inagotables sino como lo que es, un ser vivo del cual somos parte y con el cual tenemos una íntima relación.

Otro elemento que nos permite generar la vinculación es en la urgente necesidad del cambio en el paradigma de desarrollo imperante, el cual no mantiene atados al binomio producción – consumo al cual se le suma el descarte. Es aquí donde se unen grandes esfuerzos por generar cambios trascendentales para proseguir como humanidad.

Por otra parte, la gestión de riesgos socionaturales contempla como mecanismos de acción, el desarrollo de acciones preventivas, de mitigación, prospectivas, y correctivas o compensatorias. En estas últimas, las correctivas, también se ubica un punto de convergencia entre la gestión de riesgos socionaturales y el ecodiseño ya que son diferentes las acciones y propuestas que desde el ecodiseño se pueden promover para diseñar y/o corregir escenarios que pueden estar afectando al medio o que pueden posibilitar la ocupación del territorio previendo la sostenibilidad.

Es así, como la gestión de riesgos socionaturales y el ecodiseño pueden desempeñar un papel clave para minimizar los impactos negativos de los desastres socionaturales en las comunidades y el medio ambiente. Algunas formas en las que se puede considerar su uso son:

1. **Diseño de infraestructuras resilientes.** El ecodiseño, primeramente, desarrolla la impronta de consolidar sistemas constructivos y productos

industriales con criterios de sostenibilidad; y segundo, propicia el proyecto de infraestructuras y edificaciones que sean más resistentes a los desastres siconaturales, como terremotos, inundaciones o huracanes. Utiliza materiales más resistentes, técnicas de construcción adecuadas y considera la ubicación y orientación de las edificaciones. Por otro lado, el ecodiseño

2. **Uso de energías renovables.** Incorporar energías renovables en el diseño de los sistemas de energía reduce la dependencia de fuentes no renovables y ayuda a mitigar los impactos ambientales asociados con su extracción y uso. Además, en caso de la ocurrencia de desastres que interrumpan el suministro eléctrico, las fuentes renovables pueden ofrecer una fuente de energía más estable y confiable.
3. **Diseño de sistemas de gestión de agua.** El diseño de sistemas de gestión de agua sostenibles, ayuda a evitar inundaciones y minimizar los impactos de las sequías. Esto incluye la implementación de técnicas de captación y reutilización de agua, sistemas de drenaje sostenibles y la protección de las fuentes de agua.
4. **Promoción de la educación y conciencia ambiental:** El ecodiseño también contribuye a la gestión de riesgos siconaturales promoviendo la educación y la conciencia ambiental en las comunidades. Esto incluye la sensibilización sobre los riesgos naturales, la promoción de prácticas sostenibles y la participación activa de la comunidad en la toma de decisiones relacionadas con la gestión de riesgos. Un aspecto importante, es la implementación de un sistema de manejo integral de residuos sólidos urbanos y rurales, entre otros.

A manera de cierre se destaca la importancia del ecodiseño y la gestión de riesgos siconaturales, en la búsqueda de la sostenibilidad ambiental y la protección de las comunidades. El ecodiseño se enfoca en reducir el impacto ambiental de los productos y servicios a lo largo de su ciclo de vida, utilizando principios de sostenibilidad, eficiencia energética, reducción de residuos y uso responsable de

los recursos naturales. Por otro lado, la gestión de riesgos socionaturales implica la implementación de acciones preventivas, de mitigación, prospectivas y correctivas para minimizar los efectos negativos de los desastres en las comunidades y el medio ambiente.

Ambas disciplinas se complementan y buscan garantizar una calidad de vida óptima tanto para las generaciones actuales como para las futuras, promoviendo la conservación de los recursos naturales y la protección del medio ambiente. Es fundamental tomar en cuenta estas perspectivas y adoptar enfoques globales y concertados para enfrentar los desafíos presentes y futuros relacionados con los riesgos y el diseño sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GIDDENS, A.** 2000. Un mundo desbocado. Los efectos de la globalización en nuestras vidas, Taurus, México. En línea:
http://eva.universidad.edu.uy/pluginfile.php/506145/mod_resource/content/1/Giddens%2C%20Anthony%20-%20Un%20mundo%20desbocado.pdf
- JIMÉNEZ, Y.** 2011. La participación ciudadana: acción local necesaria para la gestión de riesgo en un municipio perteneciente al área metropolitana de Caracas, Venezuela. IU-Instituto de Urbanismo. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Central de Venezuela (Caracas). En línea:
<http://www.eumed.net/rev/cccs/14/ycjv.html>
- MARSALA, G.** 2020. ¿Qué es el ecodiseño y por qué se va a poner de moda? En línea:
<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-ecodiseño-y-por-que-se-va-a-poner-de-moda/>
- OCHOA, S.** 2014. *El riesgo en la sociología contemporánea: de los riesgos sociales a los riesgos modernos*. Universidad Nacional de México. México D.F., México.
- Sanz, A.** 2014. *Ecodiseño un nuevo concepto en el desarrollo de productos*. Servicio de Publicaciones. Universidad de la Rioja. En línea: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/334814.pdf>

REFLEXIONES

SERGIO CARNEROS REVUELTA y

LESLIE CÁRDENAS SEVILLA

ADELIS JOSÉ GRATEROL URBINA

ANGEL JOSÉ ANDARA

JOSUE H. ARAQUE MÉNDEZ

LUIS ALFONSO SANDIA RONDÓN

CIRO ALFONSO SOTO OROZCO

CARLOS CONTRERAS MÁRQUEZ

Reflexiones

Reflexión 5

49

UN NUEVO MUNICIPIO PARA VENEZUELA

A New Municipality for Venezuela



LUIS ALFONSO SANDIA RONDÓN

Doctor en Ciencias Naturales (Freie Universität Berlin-Alemania, 2009). Postdoctor en Gerencia para el Desarrollo Humano (Universidad de Los Andes, Venezuela, 2014). Maestría en Salud y Ambiente (Universidad Pública de Navarra /Organización Mundial de La Salud-España, 1992). Especialista en Formación Ambiental (Foro Latinoamericano de Ciencias Ambientales, Cátedra UNESCO para el Desarrollo Sostenible, FLACAM-Argentina, 1995). Geógrafo (Universidad de Los Andes-Venezuela, 1990). Presidente de la Academia de Mérida (2022-2024 y 2024-2026). Profesor Titular del CIDIAT-Universidad de Los Andes. Director del CIDIAT desde 2014. E-mail: sandialuis@googlemail.com ORCID: 0000-0002-9884-5081.

El municipio es para las naciones como la familia para la sociedad. Así como para la construcción de la sociedad se reconoce que su célula fundamental es la familia como cimiento sobre el cual la sociedad se fundamenta; para la nación, el municipio, es la célula fundamental sobre la cual ella se consolida. No se puede alcanzar el desarrollo y el avance de las naciones sin que ese desarrollo y ese avance tenga expresiones palpables y puntos de partida en lo municipal, en lo local, en lo más cercano a las bases primigenias de esa nación que son los vecinos y las comunidades que ellos conforman.

El municipio es la manifestación directa de la expresión primaria de ciudadanía y civilidad, y es en éste donde se presentan de manera inicial, cercana e inmediata las formas básicas del ejercicio de la participación de los ciudadanos en la toma de

decisiones que atañen a los intereses colectivos, la solución de problemas, el logro y las realizaciones, la gobernabilidad y la gobernanza.

El municipio en las naciones es una instancia territorial reconocida político administrativamente desde donde se inician las formas primarias para el ejercicio de gobierno y la elección de sus autoridades, mismas que deben ser a su vez expresión o resultado de procesos de elección popular donde participan los ciudadanos con cualidad de electores para esa selección popular de liderazgos.

Pero más allá del área geográfica que identifica al municipio como una unidad espacial, la entidad municipal es en esencia una expresión de unidad territorial que encierra no solo la superficie que lo constituye, con límites y fronteras establecidas y frecuentemente reconocidas y respetadas por todos, sino también es una unidad territorial que encierra un paisaje, una idiosincrasia, una historia, unas costumbres y unas manifestaciones socio culturales que le dan a esa unidad político administrativa y legalmente reconocida, una identidad. Esa identidad se resume en el gentilicio que se conecta y se une con la fuerza de las costumbres, las tradiciones, los saberes, los sabores, las manifestaciones culturales, el habla, su acento y la historia; es la unicidad local de arraigo y de unión con la geografía, con los paisajes y con ese devenir sociohistórico que se ha construido a lo largo de los tiempos.

Valorar lo municipal como expresión cultural, política y administrativa de lo local, implica reconocer en las variopintas expresiones de la idiosincrasia de un país, diferencias importantes entre las manifestaciones territoriales más pequeñas y cercanas a la gente y a las comunidades locales. Estas diferencias con sus particularidades hacen parte de un mosaico de distintos colores y tonalidades dentro de entidades mayores como provincias, estados o departamentos, los que en sí mismos son a su vez unidades que a escalas más pequeñas parecen homogéneas, pero que todos sabemos, notamos y valoramos sus siempre ricas diferencias a lo interno de las mismas. Se trata entonces de entender la unicidad en la diversidad y la diversidad en la unicidad a la que se refiere Edgar Morin en el marco de su propuesta del pensamiento complejo.

En el ordenamiento jurídico venezolano hay un reconocimiento legal del municipio. El artículo 16 de la constitución vigente en Venezuela refiere que la república se divide políticamente en estados y que éstos se organizan en municipios. Los municipios, según el artículo 168 “constituyen la unidad política primaria de la organización nacional, gozan de personalidad jurídica y autonomía dentro de los límites de esta Constitución y de la ley”. Esa autonomía municipal, de acuerdo a la constitución comprende:

1. La elección de sus autoridades.
2. La gestión de las materias de su competencia.
3. La creación, recaudación e inversión de sus ingresos.

El artículo en cuestión añade que las actuaciones del Municipio en el ámbito de sus competencias se cumplirán incorporando la participación ciudadana al proceso de definición y ejecución de la gestión pública y al control y evaluación de sus resultados, en forma efectiva, suficiente y oportuna, conforme a la ley.

Estas concepciones, aunque pueden perfectamente mejorarse, desde el punto de vista conceptual pueden catalogarse como aceptables. Lo que pareciera sin embargo, constituir una brecha es la práctica en la definición y delimitación de las unidades municipales, las cuales en muchos casos agrupan en una misma entidad municipal distintos pueblos y comunidades que, de acuerdo a su historia, sus características culturales, sus tradiciones e idiosincrasia, presentan diferencias importantes que pudieran dar pie a ser separadas como unidades municipales distintas, esto en la práctica mejoraría las debilidades actuales que en muchas pequeñas comunidades se presentan en las formas convencional del ejercicio del poder en Venezuela, acercando de manera más directa la satisfacción de los intereses, las necesidades, los anhelos y aspiraciones de los ciudadanos habitantes de los territorios locales y facilitando una práctica auténtica del ejercicio del poder local y municipal más cercano a las comunidades y vecinos.

DOI: <https://www.doi.org/10.53766/ECOSOS/>

REFLEXIONES

SERGIO CARNEROS REVUELTA y

LESLIE CÁRDENAS SEVILLA

ADELIS JOSÉ GRATEROL URBINA

ANGEL JOSÉ ANDARA

JOSUE H. ARAQUE MÉNDEZ

LUIS ALFONSO SANDIA RONDÓN

CIRO ALFONSO SOTO OROZCO

CARLOS CONTRERAS MÁRQUEZ

DOI: <https://www.doi.org/10.53766/ECOSOS>

Reflexiones

Reflexión 6

LA BOTÁNICA EN EL DISEÑO Y LA PLANIFICACIÓN DE ESPACIOS URBANOS *Botany in the design and planning of urban spaces*



52

CIRO ALFONSO SOTO OROZCO

Ingeniero Forestal. Profesor Instructor en el área de Botánica General. Colaborador en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales In Vitro. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Estudiante de la Maestría en Ecología Tropical en el Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE). E-mail: ciroalfonsosoto20@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0335-562X>

Desde muy temprano en la historia de la humanidad, nos hemos enfocado en la búsqueda de soluciones a problemas comunes. En el área de la salud, por ejemplo, los antiguos siempre indagaron la manera de curar enfermedades e inicialmente lo hicieron mediante el uso de las plantas, cuyas propiedades mostraban ser efectivas contra los males más comunes; es por esto, que se dieron la tarea de comenzar a organizar al mundo vegetal en procura de sus cualidades para la medicina. De ahí que, *la botánica* sea la ciencia que, en sentido estricto estudia las plantas y aporta conocimientos sobre sus características y necesidades, pero también estudia cómo crecen, se reproducen, se distribuyen y cómo interactúan con su entorno. En este sentido, se han creado ramas o ciencias afines como la *etnobotánica* (que estudia la relación entre las plantas y las personas), y la *farmacognosia* (que se ocupa de las plantas medicinales), entre otras.

Conocer las diferentes especies que existen en un lugar, sus ciclos de crecimiento, requerimiento de luz, agua y tipos de suelos, permite a los profesionales de

cualquier área relacionada, ya sea con las ciencias de la biología o con cualquier área de investigación, la implementación de cualquier elemento vegetal ya sea con objetivos medicinales, investigación, construcción, producción, otros. Esto es especialmente relevante en el paisajismo, donde la selección de plantas adecuadas es esencial para crear jardines que cumplan con los requerimientos de las personas, disminuyendo los costos de mantenimientos de áreas comunes, y creando espacios de encuentro saludables y estéticamente agradables.

Las ciencias botánicas, por tanto, ofrecen una amplia variedad de opciones en términos de diseño. Las plantas no solo brindan belleza visual, sino que también pueden utilizarse para definir espacios, crear divisiones y establecer ambientes. Su elección cuidadosa puede influir fuertemente en la forma en que se percibe y se utiliza un lugar. Por ejemplo, plantas de hojas grandes pueden utilizarse para proporcionar sombra y privacidad en áreas exteriores, mientras que plantas de menor altura pueden ser utilizadas para definir senderos o acentuar características arquitectónicas.

El conocimiento de su arquitectura se refiere a la forma y estructura de los árboles, y cómo estas características pueden ser utilizadas y apreciadas en el diseño de plantaciones forestales (Interián *et al.*, 2009); pero también espacios urbanos y exteriores. Los árboles no solo brindan sombra y refugio, sino que también tienen una estética única y pueden influir en la percepción de un entorno. Es por esto que según Tourn *et al.* (1999), el análisis arquitectural, propone un impulso a la morfología vegetal y se ha convertido en una nueva herramienta para el estudio de todas las plantas. En la actualidad más de 150 familias, incluyendo a especies arbóreas tropicales, su altura, forma de copa, textura de la corteza y disposición de las ramas son aspectos que los diseñadores o arquitectos pueden tener en cuenta para crear espacios atractivos y funcionales. Al considerar estos factores, se pueden seleccionar especies que se adapten a las características específicas de un sitio. Por ejemplo, los árboles con copas densas y extendidas pueden ser utilizados para proporcionar sombra en áreas expuestas al sol, mientras que los árboles de crecimiento vertical recto pueden ayudar a

enmarcar vistas o delinear espacios. Además, la elección especies perennes con follaje de colores le puede agregar interés visual y dinamizar un espacio.

Dentro de los conocimientos necesarios para trabajar con plantas, no se puede dejar de lado a la *fenología*, en el caso de los árboles, esto implica observar y comprender los cambios estacionales en el ciclo de vida de las plantas, como la floración, la producción de frutos y la caída de las hojas. La *fenología* es relevante para el diseño de exteriores y la planificación urbana porque ayuda a predecir y aprovechar los patrones naturales para lograr espacios más eficientes y sostenibles.

Esto puede influir en el diseño de espacios públicos y parques urbanos. Por ejemplo, conocer los períodos de floración y fructificación de ciertas especies de árboles puede ayudar a planificar eventos o festivales temáticos que celebren la belleza de la naturaleza en momentos específicos del año. Asimismo, comprender cuándo se producen las caídas de hojas puede facilitar la planificación de la limpieza y mantenimiento de espacios al aire libre.

En la planificación urbana, la *fenología* también puede ser útil para el diseño de calles y espacios abiertos. Por ejemplo, seleccionar árboles que pierdan sus hojas en invierno puede permitir una mayor penetración de la luz solar durante los meses más fríos, mientras que seleccionar árboles “siempreverdes” puede proporcionar sombra y cobertura constante durante todo el año. Estos aspectos pueden influir en la eficiencia energética de los edificios y en la comodidad de los peatones.

Las plantas tienen un impacto positivo en el entorno construido al mejorar la calidad del aire, reducir la contaminación acústica, proporcionar sombra, disminuir la temperatura ambiente, frenar vientos fuertes, ayudar a controlar la erosión del suelo o a conservar el agua al actuar como barreras naturales. Estos aspectos son especialmente relevantes en el diseño de interiores, donde la introducción de plantas en espacios cerrados puede mejorar la calidad del aire y crear un ambiente más saludable.

Finalmente, la *botánica* desempeña un papel esencial en el campo de la arquitectura, el paisajismo y el diseño de interiores y exteriores, ya que según Molina (2009), teniendo en cuenta los altos niveles de contaminación (del aire, visual y auditiva) de nuestras ciudades, es necesario que los arquitectos contribuyan, con los árboles que plantan en sus proyectos, al mejoramiento de la calidad ambiental de las ciudades, para que éstas se beneficien de las múltiples funciones ecológicas, ambientales y económicas que desempeñan los árboles urbanos. Pero esto sólo lo pueden hacer con conocimiento técnico al respecto el cual es proporcionado por la *botánica* que ofrece opciones creativas de diseño, mejorando el bienestar de las personas y promoviendo la sostenibilidad. Por lo tanto, es fundamental que los profesionales de estas disciplinas comprendan los principios básicos y los apliquen de manera adecuada en sus proyectos para lograr resultados exitosos y beneficiosos tanto para las personas como para el entorno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- INTERIÁN, V.M., VALDEZ–HERNÁNDEZ, J.A., GARCÍA–MOYA, E., ROMERO–MANZANARES, A., BORJA DE LA ROSA, M.A, Y VAQUERA–HUERTA, H.** 2009. Arquitectura y morfometría de dos especies arbóreas en una selva baja caducifolia del sur de Yucatán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 85.
- MOLINA, L.** 2009. *Botánica para arquitectos del siglo XXI*. Facultad de Artes, Universidad Antonio Nariño. Bogotá, Colombia.
- TOURN, G.M., BARTHÉLÉMY, D y GROSFELD, J.** 1999. Una aproximación a la arquitectura vegetal: conceptos, Objetivos y metodología. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 34 (1-2): 85-99.

REFLEXIONES

SERGIO CARNEROS REVUELTA y

LESLIE CÁRDENAS SEVILLA

ADELIS JOSÉ GRATEROL URBINA

ANGEL JOSÉ ANDARA

JOSUE H. ARAQUE MÉNDEZ

LUIS ALFONSO SANDIA RONDÓN

CIRO ALFONSO SOTO OROZCO

CARLOS CONTRERAS MÁRQUEZ

Reflexiones

Reflexión 7

56

LA PARADOJA DE LA ABUNDANCIA

The paradox of the abundance



CARLOS CONTRERAS MÁRQUEZ

Ingeniero Forestal egresado de la Universidad de Los Andes. Doctor en Desarrollo Sostenible por la Universidad Simón Bolívar con apoyo de la Universidad Estatal de Campinas Sao Paulo, Brasil. Profesor de la Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado (UCLA) adscrito al Departamento de Ciencias Biológicas, Decanato de Agronomía. Líneas de investigación Gestión Forestal, Ecología, Sistemas Agrosilvopecuarios y Desarrollo Rural. E-mail: carloscontreras@ucla.edu.ve

La llamada “Paradoja de la Abundancia” también conocida en teoría económica como *Dutch Disease* o *Enfermedad Holandesa*, se comenzó a imponer para asociar la existencia de un importante recurso natural con el subdesarrollo de un país. Los países ricos en recursos naturales en vez de haber orientado el crecimiento hacia el Desarrollo Económico, han sufrido la llamada “Paradoja de la Abundancia” que ha originado estancamiento económico, corrupción y guerras en detrimento de la sociedad civil.

Esta es una de las ambigüedades de la economía (entre abundancia de los recursos y desarrollo). Hace tres décadas se consideraba como ventajoso que un país ostentara gran cantidad de recursos naturales a los fines de alcanzar un rápido crecimiento económico. No obstante, la realidad macroeconómica de los países principalmente, aquellos en vías de desarrollo y ricos en recursos naturales, ha sido otra. Solo un número reducido de países, entre otros, Australia y Noruega han conseguido superar el subdesarrollo por medio de la industrialización, el

excelente desempeño económico y la optimización de las inversiones con recursos provenientes de su riqueza o capital natural.

Este fenómeno socio-económico y político demuestra cómo la abundancia de recursos naturales de un país, principalmente no renovables (gas, petróleo, minerales, etcétera), no ha contribuido a generar niveles óptimos de Desarrollo Humano Sostenible. Por el contrario, la riqueza natural parece coincidir con la imposibilidad de generación de procesos de Desarrollo Endógeno. Además, con una creciente inequidad social a nivel local que concentra cada vez más riqueza en pocas manos. Una de las causas que ha producido esta incongruencia en los países en desarrollo fue la entrada de divisas resultante de la exportación de los recursos naturales originando la sobrevaloración de la moneda nacional lo que perjudicó a otros sectores de la economía. Al mismo tiempo, se integraron otros factores como: volatilidad de los mercados, autoritarismo, deficiente gobernabilidad, corrupción administrativa y guerras civiles.

¿Son malos los recursos naturales para el desarrollo? En aquellos países (principalmente africanos) con abundancia de recursos, el crecimiento económico fue menor cuando se compararon con otros menos favorecidos. Adicionalmente, el número, duración, intensidad y frecuencia de guerras civiles se incrementó en los países ricos en recursos naturales. Se comprobó que la abundancia de recursos naturales (en términos de la proporción de exportaciones de productos primarios del PIB), fue la principal determinante de la aparición significativa de las guerras civiles. Un caso interesante de mencionar, es el de Nigeria. En este país, la extracción de petróleo no trajo nada bueno para sus habitantes; degradación ambiental, abuso de los derechos humanos, enfermedades y proliferación de las guerrillas fueron las resultantes de la explotación irracional e insustentable de ese recurso.

Otra pregunta que surge es la siguiente: **¿Cómo se puede superar la paradoja?**

En la mayoría de los países donde se ha presentado, se ha adoptado visiones y estrategias reduccionistas orientadas principalmente al manejo de los recursos naturales que explotan, sin considerar otros aspectos como la participación de la sociedad civil organizada, la política externa económica y el Desarrollo Sostenible.

En ese orden de ideas y contextualizando el tema a la realidad actual, nos hacemos una tercera pregunta: **¿Es posible acabar con “La Paradoja de la Abundancia”?** ¡Si es posible!

A través de un reforzamiento endógeno orientado al enriquecimiento del capital social, el desarrollo de la persona y la mejora de diversos indicadores como: lactancia infantil, mortalidad, esperanza de vida, suministro de calorías per cápita, educación, género, mejoramiento del Índice de Desarrollo Humano de la ONU y la implementación del enfoque de las capacidades de Martha Nussbaum.

Esta visión prospectiva, solo se puede materializar con la ascensión de gobiernos liberales en la cual los ciudadanos disfrutan de derechos y libertades, tanto individuales como a nivel colectivo, pluralismo democrático, tolerancia política, social y religiosa. Gobiernos serios, sustentados en la academia y la participación protagónica del sector privado, pero dispuestos a anteponer las necesidades sociales a otras con visiones netamente economicistas. La solución parece pasar por seguir en la senda de la construcción y reforzamiento de la institucionalidad a nivel local, regional, nacional e internacional y en todos los ámbitos de la sociedad (sociales, políticos, ambientales, culturales y económicos, como pilares del Desarrollo Sostenible), de tal forma que se permita la emergencia de espacios de relación e interacción económica y socio-cultural no basados únicamente en el beneficio financiero, sino que, integren multidimensionalmente de forma holística, sistémica, con transversalidad y enfoque integrados todos los aspectos de esta nueva visión y filosofía de vida como es el Desarrollo Sostenible.

Los analistas e investigadores de las áreas política y económica son unánimes en reconocer que la “Paradoja de la Abundancia” ha representado y representa un gran obstáculo hacia el desarrollo. Sin embargo, ella misma no constituye un problema ni una fatalidad. El problema está en la falta de gobernabilidad, desidia, mal manejo de los recursos, corrupción administrativa y débil democracia. Frecuentemente los países que poseen abundantes reservas petrolíferas o minerales obtienen sus ingresos a partir de los recursos que están concentrados como propiedades estatales. Esta situación desincentiva las inversiones hacia otros sectores económicos por parte del mismo Estado y desmotiva los

emprendimientos productivos de inversionistas privados (en el marco de una economía de mercado), que bien podrían generar una gran cantidad de empleos y consolidar una sociedad civil, competitiva, fuerte y organizada.

DOI: <https://www.doi.org/10.53766/ECOSOS/>

ARTÍCULO

**CIUDADES VERDES:
IMPORTANCIA DEL VERDE
URBANO PARA LA
SOSTENIBILIDAD Y LA GESTIÓN
URBANA AMBIENTAL EN EL EJE
METROPOLITANO DEL MUNICIPIO
LIBERTADOR, ESTADO MÉRIDA,
VENEZUELA**

Mayely M. Chacón Quintero
Ana Luzmila Trujillo Rojas

Artículo 001

CIUDADES VERDES:

IMPORTANCIA DEL VERDE URBANO PARA LA SOSTENIBILIDAD Y LA
GESTIÓN URBANA AMBIENTAL EN EL EJE METROPOLITANO DEL
MUNICIPIO LIBERTADOR, ESTADO MÉRIDA, VENEZUELA

Green Cities:

*Urban Green, Indicator for Sustainability and Environmental Urban
Management in the metropolitan axis of the Libertador Municipality,
Mérida State, Venezuela*

Mayely M. Chacón Quintero¹

Ana Luzmila Trujillo Rojas²

1. Magister en Desarrollo Urbano Local, mención Gestión Urbana. Facultad de Arquitectura y Diseño, Mérida, Venezuela. Arquitecto, Funcionario Público, Dpto. Planificación Urbana, adscrito a la Gerencia de Ordenamiento Territorial y Urbanística, Alcaldía del municipio Libertador, estado Mérida, Venezuela (2015 – 2022). E-mail: arqmayech10@gmail.com
2. Dra. Arq. Profesora Titular. Facultad de Arquitectura y Diseño. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. E-mail: luzmilatrujillo@ula.ve. ORCID: <https://ORCID/0000-0001-6205-2525>

Recibido: 12/05/22. Aceptado: 15/02/23.

RESUMEN

Es necesario y urgente que los hombres constructores del mundo inicien la tarea de restaurar la armonía ambiental y paisajística perdida, para la consolidación de Ciudades Verdes y sostenibles. La evolución histórica de las ciudades y nuestra realidad actual permite entender la importancia de que existan Ciudades Verdes y la preocupación por “Reverdecerlas”, tratar de garantizar la reintegración de la naturaleza en las ciudades; se trata de convertirlas en lugares sustentables con calidad de vida, para mitigar los efectos de la densificación, urbanización y el cambio climático. Esta investigación reconoce que existen problemas asociados al desequilibrio entre lo construido (Arquitectura) y el verde urbano; por lo que se propusieron una serie de estrategias y políticas verdes, a partir de los indicadores urbanos ambientales, propios de las principales Ciudades Verdes, medidos por la Consultora Arcadis y el IESE Business School - Índice IESE Cities in Motion. El indicador de la dimensión ambiental referido al verde urbano aparece como uno de los ítems principales para equilibrar y contrarrestar los efectos de la

contaminación y urbanización; lo que dio lugar a la generación de un Plan de Gestión Urbana Ambiental, el cual se compone de: 5 Dimensiones estratégicas (1. CVO1- El Verde urbano, 2. CV02- Uso energético, 3. CV03- Construcción ecología y eco urbanística, 4. CV04- Políticas verdes y Planificación urbana, 5. Tecnología y proyección internacional); 5 Políticas - 26 Temas - 36 Estrategias – 46 Indicadores Verdes y 14 Proyectos; los cuales serán aplicados sobre el Eje verde del municipio Libertador para consolidar a Mérida como una ciudad verde y sostenible.

Palabras clave: Ciudades sostenibles, ecología urbana, indicadores urbanos ambientales, indicadores sustentables, políticas verdes.

SUMMARY

It is necessary and urgent that the men builders of the world begin the task of restoring the lost environmental and landscape harmony, through actions to protect, preserve and properly incorporate green areas for the consolidation of Green and Sustainable Cities. The historical evolution of cities and our current reality, allows us to understand the importance of the existence of Green and Sustainable Cities as well as the concern for “greening them”, trying to guarantee the reintegration of nature in cities; It is about turning them into sustainable places with quality of life, to generate a strategy that mitigates the effects of densification, urbanization and climate changes. This research recognizes that there are problems associated with the imbalance between the Built (Architecture) and the Urban Green, therefore a series of actions, strategies and Green Policies were proposed, based on urban environmental indicators, typical of the main Green Cities, measured by Arcadis Consulting and the IESE Business School - IESE Cities in Motion Index. The environmental dimension indicator referred to urban green appears as one of the main items to balance and counteract the effects of pollution and urbanization; which gave rise to the generation of an Urban Environmental Management Plan, composed of: 5 strategic dimensions (1. CVO1- Urban Green, 2. CV02- Energy use, 3. CV03- Construction ecology and eco urban planning, 4. CV04- Green policies and urban planning, 5. Technology and international projection); 5 Policies - 26 Themes - 36 Strategies – 46 Green Indicators and 14 Projects; which will be applied to the Green Axis of the *Libertador* municipality to consolidate Mérida as a green and sustainable city.

Key words: Sustainable cities, urban ecology, urban environmental indicators, sustainable indicators, green policies.

1. INTRODUCCIÓN

El país y el mundo en general, enfrenta actualmente una época de rápidos cambios y transformación, en muchos aspectos sociales, tecnológicos, políticos, económicos, y ambientales, producto del incremento de la población y los modelos de crecimiento actuales, siempre en procura de la modernización y el mejoramiento de la calidad de vida. Sin embargo, las consecuencias de esta transformación parecen estar divorciados con la idea de convivir armónicamente con nuestro entorno natural. En los últimos años, se ha observado una disminución considerable de árboles y áreas verdes dentro del paisaje de las ciudades, trayendo consigo un deterioro ambiental, desequilibrios ecológicos, una reducción de la humedad atmosférica, un aumento de la temperatura y contaminación.

El arbolado urbano y las áreas verdes (Verde Urbano), poseen múltiples beneficios; mucho se ha hablado sobre ello y son innumerables los estudios al respecto. Sin embargo, sea por que la sociedad no logra concientizarse, y el resultado es que el problema se profundiza y se agrava día con día y poco se ha hecho para revertir esta problemática ambiental, tan evidente en países de América Latina, Venezuela y el mundo, en este caso, la ciudad de Mérida como caso de estudio. Además de los beneficios que trae a las ciudades el Verde Urbano, también es lugar de paseo, relax y ocio y, por supuesto, contribuye con la mitigación del cambio climático. De ahí que, luego de analizar los Indicadores Urbanos Sostenibles, implementados para medir las principales Ciudades Verdes del mundo, el objetivo principal del presente trabajo busca definir el verde urbano, como uno de los ítems primordiales para equilibrar y contrarrestar los efectos de la contaminación y urbanización; lo que permitió generar un Plan de Gestión Urbana Ambiental para la ciudad capital del estado Mérida.

El correcto manejo de las Áreas Verdes Urbanas, es una estrategia para que nuestras ciudades sean más amables, más humanas, confortables, habitables, y sustentables; es un reto desde el punto de vista de la gestión, que los asuntos ambientales se integren fundamentados en consideraciones de tipo ecológicas,

políticas, sociales, económicas, donde se promueva una sociedad más sustentable, y de esta manera, desarrollar y aplicar la gerencia y estrategias que promuevan la sostenibilidad, la Ecología Urbana y la conservación del ambiente. Estas políticas son claves para favorecer el bienestar de las personas y mejorar la salud de la población, siendo aspectos de gran importancia la correcta gestión y planificación urbana ambiental.

2. CIUDADES VERDES. UN DESAFÍO PARA LA SOSTENIBILIDAD

En el transcurso de la historia de la humanidad y después de los acontecimientos mundiales más determinantes para el desarrollo de toda la civilización, se han realizado importantes avances en la valoración del paisaje urbano y la presencia del Verde Urbano en las ciudades. Esto trae como consecuencia que se produzca un impacto favorable en términos de sustentabilidad ambiental. Si las actividades para generar una Ciudad Verde se planifican, gestionan y conservan como proyecto a mediano y largo plazo, los resultados serán favorables tanto para las generaciones presentes como para las futuras. Así lo asevera Ruiz (2015):

La importancia de estos espacios verdes urbanos incide, principalmente, en los beneficios que tiene sobre la población con la que conviven, ya sea con la formación de concienciación ecológica o ambiental, ensalzamiento en la comunidad y mejoras en la salud física y mental por la reducción de ruidos y contaminación atmosférica (s/p).

Los diferentes ecosistemas se han visto altamente afectados a causa de la inconsistencia y falta de conciencia de los hombres, quienes de forma inmisericorde han abusado de la naturaleza, ocasionando grandes catástrofes y originando que la naturaleza reclame sus espacios; así, por ejemplo, las talas indiscriminadas, deforestaciones e impactos ambientales producto los altos niveles de urbanización de las ciudades que sobrepasan los porcentajes de zonas verdes en la ciudad. Estos impactos negativos, ocasionan peligrosas consecuencias ambientales y devastación, agravando, a su vez, los problemas ambientales

mundiales como el Cambio Climático y el Calentamiento Global que continúan acarreando problemas a toda la población. La disminución considerable de árboles y áreas verdes dentro del paisaje de las ciudades, el crecimiento de la población y las altas concentraciones de habitantes, ocasionan una reducción de la humedad atmosférica y aumentan la contaminación, lo que hace necesario, incentivar y concientizar tanto en la población como en los entes gubernamentales, sobre los múltiples beneficios del Verde Urbano.

A pesar de los innumerables estudios que se han realizado al respecto, persiste la falta de gestión y planificación urbana de las áreas verdes, además de la falta de voluntad política, hacen que los problema ambientales y sociales se profundicen y se agraven.

De igual manera, los arquitectos, urbanistas, políticos y gerentes de ciudad, urgentemente deben adoptar normativas y leyes, para la correcta gestión ambiental a través del estudio de los principales indicadores de la protección y conservación del Verde Urbano, como una alternativa para la sustentabilidad y por ende lograr Ciudades Verdes.

En ese sentido, García y Pérez (2009: p.2) señalan que, desde el siglo XVIII comenzó a existir una necesidad instintiva para la inclusión de plantas en nuestras ciudades, emergiendo entonces, el término de Ecología Urbana y “Verde Urbano”, como respuesta a razones higienistas, pues las condiciones de insalubridad debido a la inexistencia de redes de cloacas y la contaminación producida por la Revolución Industrial, hicieron necesario la inclusión de áreas o zonas verdes, equipamiento verde, el verde urbano o el verde a secas, adquiriendo la función de higienizar las ciudades y de recrear a sus habitantes. Con ello, se apertura la necesidad de lugares de ocio, consolidando así tanto su carácter ecológico como público. Después de la Segunda Guerra Mundial, la humanidad comenzó a emplear este término de Ecología Urbana para reducir los impactos y efectos negativos de la industrialización sobre el planeta.

Ello, trajo como resultado varios movimientos desde la época post industrial para la valoración del espacio verde, llamados *Vegetación urbana* o *Verde Urbano*, el

cual hoy en día, forma parte principal de los indicadores más usados a nivel mundial para la concreción de Ciudades Verdes.

El paisaje urbano-natural de las ciudades, está siendo cada vez más urbanizado, discontinuo y modificado, producto del desequilibrio entre la arquitectura (lo construido) y las zonas verdes (el Verde Urbano); así como también, las infracciones de las variables urbanas fundamentales, el incumplimiento de las variables ambientales, incumplimiento de estudios de impactos ambiental y el desacato de las obligaciones urbanísticas correspondientes a los constructores (porcentaje de áreas verdes en proyectos) o simplemente desarrollos urbanísticos espontáneos (asentamientos informales). Esto ocasiona la pérdida gradual de árboles a través de los proyectos urbanísticos, sin previa ordenación y planificación territorial, ocasionando a su vez, una densificación urbana y demostrando la falta de políticas públicas. Aunado a ello, el hecho de que los instrumentos jurídicos, continúan siendo débiles, insuficientes o limitados.

En el año 2020 a nivel mundial, se pudo constatar la aparición del nuevo virus el COVID-19 (Coronavirus), ocasionando una pandemia a nivel mundial con efectos catastróficos en los distintos ámbitos de la humanidad; más, sin embargo, se observó que, desde su aparición se evidenció un alivio y una disminución de la contaminación ambiental y de la destrucción de la naturaleza. El frenar bruscamente las actividades humanas en todo el planeta ocasionó, sin duda, un único beneficiado y fue el ambiente.

Es por ello que, en el caso de estudio correspondiente a la Gestión Urbana Ambiental del Municipio Libertador del estado Mérida, se deberá concretar y desarrollar la articulación de las políticas y planes del espacio público (la planeación urbana y la ordenación territorial), con los objetivos de las instituciones encargadas del medio ambiente y de las zonas verdes. Su interacción debe ser básica para la gestión de instrumentos jurídicos, técnicos, y normativos, con el fin de contribuir a la creación de normativas, lineamientos y políticas públicas locales más contundentes respecto al Verde Urbano (zonas verdes y de recreación, del arbolado urbano y el paisajismo). En función de desarrollar el

concepto de Ciudades Verdes, la investigadora Maxyeli Adrián (2013: p.3), indica que:

La planificación ecológica ha sido bandera en algunas ciudades del mundo donde se ha logrado con éxito una organización sustentable del territorio a partir de la vegetación. Existen ciudades como Bogotá, en donde se parte del concepto de infraestructura ecológica principal, y se establecen bases para la construcción de un sistema que integra dos ámbitos esenciales de la ciudad: parques y trama urbana existente con áreas protegidas.

66

En tal sentido, se escogió el municipio Libertador del estado Mérida, Venezuela, como sede para el análisis y aplicabilidad de esta investigación, pues son innegables sus grandes fortalezas y virtudes, en sus aspectos físicos – naturales, bordeados por dos grandes sierras naturales: la Sierra Nevada de Mérida y la Sierra la Culata. Ambas se encuentran emplazadas sobre una meseta longitudinal, además cuenta con el Parque Metropolitano Albarregas; el más extenso de Venezuela, poseyendo una longitud de 22 kilómetros de largo, y actualmente 600 hectáreas. En este sentido, Mérida opta perfectamente para desarrollarse como una Ciudad Verde, ya que posee el índice más alto de áreas verdes naturales por habitante del país; razón por la cual se define el concepto de Ciudad Verde y se desarrollan en el presente trabajo, algunas estrategias y políticas públicas verdes, a partir de la definición de los indicadores de sostenibilidad a nivel mundial.

2.1. Ciudades Verdes y Sostenibles

Al diseñar ciudades verdes y sostenibles, es fundamental aplicar el termino de Ecología Urbana, por su vínculo entre las relaciones del conjunto de habitantes de una zona urbana y sus interacciones e interrelaciones con los sistemas naturales y el medio ambiente de las ciudades. Se entiende entonces, como una nueva ciencia análoga a la Ecología Industrial interrelacionadas a la originaria ecología, que integra un conjunto multidisciplinario de ciencias como la arquitectura, la ingeniería, la antropología, la economía, la geografía, la sociología y el urbanismo; con el fin principal de mejorar la calidad de vida de sus residentes y proteger la

biodiversidad, para lograr ciudades y sociedades mucho más sostenibles y sustentables.

La Ecología Urbana consiste en estudiar a las ciudades como un ecosistema vivo, mediante el cual ocurre una interacción de energía, materia y consumo de sus recursos por los habitantes de una zona sobre un ecosistema o ambiente, los cuales generan un impacto y afectan tanto positiva como negativamente al entorno y, por supuesto, directamente sobre la naturaleza.

Las ciudades verdes y sostenibles, son términos que han surgido en los últimos años para referirse a ciudades y localidades que conducen su desarrollo urbano hacia el concepto de la sostenibilidad. Ambos conceptos están íntimamente relacionados y conducen a demandar cada vez más modelos sostenibles, que asuman su responsabilidad en la lucha contra el cambio climático y que promuevan una vida urbana saludable. Englobando ambos conceptos se reafirma que éstos mantienen una estrecha relación. Es decir, que la presencia de vegetación en las ciudades se ha asociado hacia la calidad ambiental, convirtiéndose en un factor de la calidad de vida, con el fin principal de preservar la vida urbana para el futuro (Gómez Lopera, 2005). En este sentido, se cita al concepto del artículo publicado por la página Sostenibilidad.com (2021) denominado *El nuevo modelo - la Ciudad Sostenible*:

La Ciudad Sostenible perfecta, sería aquella que se autoabasteciera energéticamente y que además no desaprovechara sus residuos, sino que los reutilizase como nuevas materias primas. Hay que llevar esta premisa todo lo lejos que se pueda: gestión de residuos, transporte más sostenible, mantenimiento de espacios verdes, gestión y uso de recursos naturales (agua, electricidad...), espacios para el ocio y la cultura de sus habitantes... Es una ciudad que se construye a sí misma de acuerdo con unos principios ecológicos, educadores y en igualdad.

2.2. Aspectos y dimensiones de las Ciudades Verdes

Para lograr que las ciudades y comunidades sean verdes y sostenibles, en concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización

de las Naciones Unidas (ONU), es importante conocer sus componentes principales; es así como se puede citar los siguientes aspectos acotados en la Guía Metodológica Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES) del BID (2014), las cuales se definen a continuación:

1. Ofrece buena calidad de vida a sus ciudadanos.
2. Minimiza sus impactos al medio natural.
3. Preserva sus activos ambientales y físicos.
4. Promueve su competitividad.
5. Cuenta con un gobierno local con capacidad fiscal y administrativa.
6. Los ciudadanos participan activamente.

68

Se puede decir entonces, que existe un nuevo enfoque para el desarrollo urbano, en el cual se abordan los principales desafíos más urgentes de las ciudades, donde se integran un conjunto de aspectos multidisciplinarios, para alcanzar el camino hacia la sostenibilidad empleando un conjunto de indicadores que envuelven las principales dimensiones. En este caso se afirma lo que contempla la Guía ICES del BID (2014), donde se dice que, conceptualmente para lograr una Ciudad Sostenible se debe enmarcar en tres dimensiones, que viene a ser la evolución del concepto Desarrollo Sostenible, siendo cada una definida con indicadores, temas y subtemas expuestos seguidamente:

- *Dimensión I:* Ambiental y cambio climático.
- *Dimensión II:* Urbana.
- *Dimensión III:* Fiscal y Gobernabilidad.

Es por ello que, una Ciudad Verde que aspire a convertirse en capital verde debe ser ejemplo de una conducta para inspirar a otras ciudades, a través de medidas y políticas medioambientales dirigidas a buscar el compromiso de la ciudadanía que promueven una **vida urbana saludable**, enmarcadas en las dimensiones,

características, medidas e indicadores, para alcanzar la máxima sustentabilidad o sostenibilidad - medidas para una vida urbana saludable (Máxima, 2020).

Por consiguiente, los autores definen una **Ciudad Verde** como: aquella ciudad que ha sabido integrar el Verde Urbano y reducir las emisiones de CO₂ ofreciendo mejores lugares para la vida y la salud humana, sin ocasionar impactos al medio ambiente, y sin poner en riesgo los recursos y el bienestar de la humanidad futura, para favorecer el entorno, a través de masas vegetales, logrando así crear un equilibrio, entre hombre – naturaleza – gestión urbana sustentable, apoyándose en la arquitectura bioclimática, las energías renovables, e implementación de movilidad sostenible, logrando ampliar el porcentaje de oxígeno, y por ende mejorar la calidad de vida urbana ambiental.

Una Ciudad Verde, es aquella que ofrece calidad de vida a sus habitantes, sin ocasionar impactos al medio ambiente, utilizan sistemas productivos más ecológicos, a través de nuevas tecnologías y energías sostenibles, edificios bioclimáticos, avanzados tratamientos de desechos sólidos, uso masivo de movilidad urbana sostenible, mediante sistemas de transporte no contaminantes (mayor uso de transporte público o de bicicletas y autos eléctricos), amplias zonas y áreas verdes, paisajismos, corredores verdes y arbolado urbano y viarios, entre otros. De la misma manera, incentivan el uso de los techos, terrazas o cubiertas verdes, jardines verticales, y los muros verdes, en favor del cambio climático y el calentamiento global.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de las premisas anteriores, en el presente trabajo se desarrollaron y plantearon estrategias, políticas y proyectos para la Gestión Urbana que permitan el desarrollo de una Ciudad Verde. Estas estrategias se basaron en los ejemplos exitosos a nivel mundial representados por los principales rankings de Ciudades Verdes y Ciudades Sostenibles, como: Londres, Estocolmo, Singapur, New York, Oslo y Copenhague. Éstas demuestran como las acertadas políticas públicas y la

correcta gestión en torno a las variables ambientales, indicadores urbano-ambientales, manejo y cuidado del Verde Urbano, han reducido los niveles de contaminación e impacto sobre el ambiente, demostrando que en la ciudad debe existir una sinergia entre la gestión municipal, los ciudadanos, empresas y medio ambiente.

Cada una de ellas ha demostrado que son muchos los indicadores urbanos ambientales para mejorar e incidir sobre la población; pero existe uno principal que demuestra que todas las actividades sobre la ciudad influyen de alguna manera sobre él y son los Espacios Verdes. Esto las hace únicas con paisajes urbanos que las definen y le dan carácter al momento de atraer turistas y de configurarse como Ciudades Verdes. En este sentido, los autores se basan principalmente en los Indicadores usados por dos figuras importantes a nivel mundial como: ¹Arcadis (2019) e ²IESE Cities in Motion (2019). Las mismas, cada año, realizan un listado de las 100 Ciudades Verdes más sostenibles del mundo.

En función de esto, el presente proyecto se basó en un nivel metodológico documental- descriptivo. Se consultaron estudios relacionados a la temática que sirven como antecedentes y compendios teóricos que arrojaron información sobre la importancia de construir desde la planificación y gestión de políticas públicas mediante indicadores urbanos ambientales y lineamientos de un plan de gestión urbana ambiental, para consolidar una Ciudad Verde. El enfoque de esta propuesta es cualitativo (Blasco, 2007); denominado naturalista-humanista o interpretativo, pues se busca la valoración del contexto, sobre la necesidad de planificar lineamientos, plan urbano y políticas públicas sobre una Ciudad Verde,

¹ La consultora Internacional Arcadis (2015), es una firma global en diseño y activos naturales y construidos, quien se dedica a evaluar temas relacionados a infraestructura, medioambiente y planificación urbana, esta realiza en colaboración con el Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU- HABITAT).- Batten, John J. (2015). Arcadis Sustainable Cities Index. Balancing the economic, social and environmental needs of the world's leading cities.

² IESE Cities in Motion (ICIM, 2019), realizado por el IESE Business School, el cual se trata de una plataforma de investigación. En el (ICIM) 2019. se evaluó el desempeño de 174 ciudades, y se analizaron bajo 9 Dimensiones, 101 indicadores, aplicados a 80 países, y 79 capitales.- Berrone, P. y Ricart, J. (2020). Índice IESE Cities in Motion. IESE Business School University of Navarra - Índice Cities in Motion (ICIM) / ST-0542.

ecológica y que sea en definitiva sostenible. Se enmarca a su vez, en la modalidad estudio de caso, pues busca dar una respuesta satisfactoria a un problema real, para consolidarse como un posible valioso aporte para las futuras generaciones.

Es por ello que, fue necesario estudiar los Indicadores de Sostenibilidad Urbana como parte del método, así como también su aplicabilidad sobre el Eje Verde del municipio Libertador de Mérida, Venezuela, que los autores han denominado: Eje Verde Metropolitano, se presentan ejemplos del mismo en la ciudad de Quito, Ecuador (Figuras 9, 9.1, 9.2). Éste, atraviesa la ciudad y lo definen como el eje principal donde convergen las principales vías arteriales y algunas colectoras, que unen la ciudad en sentido norte-sur, en función de que este eje forma parte fundamental de la conectividad de la ciudad de Mérida. Posee, además, el mayor número de parques urbanos y plazas que fungen como verdaderos pulmones vegetales dentro del municipio Libertador; siendo un espacio de gran riqueza ambiental y que bordea la ciudad en las distintas tipologías del Verde Urbano.

El Eje Verde Metropolitano, de este caso de estudio, es atravesado por las principales vías arteriales, denominadas como Eje de Actividad Múltiple, caracterizados por el comercio tipo C3 o Comercio Metropolitano, dentro de la zonificación del Plan de Ordenación Urbanística del Área Metropolitana Ejido-Mérida-Tabay (POU, 1999), resolución 3.001 de fecha 08-01-1999.

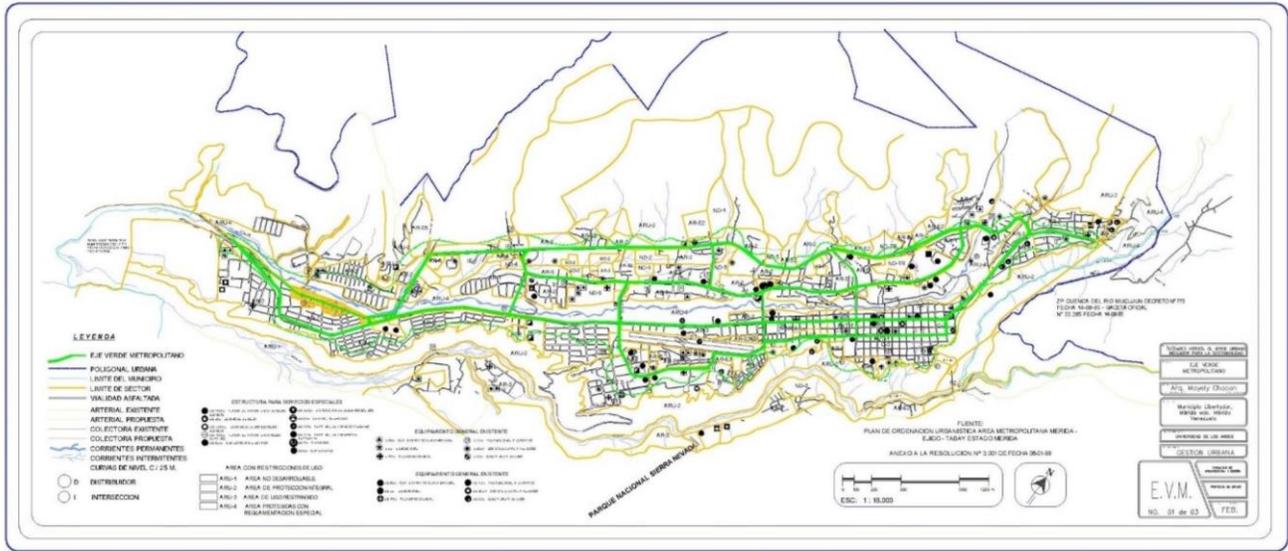


FIGURA 1. Plano No. 1. Delimitación del Eje Verde Metropolitano – Área de Estudio. Fuente: Elaboración propia.

3.1. Indicadores de Sostenibilidad Urbana para las Ciudades Verdes

Los Indicadores de Sostenibilidad Urbana, son herramientas y parámetros que posibilitan monitorear el éxito y el impacto de las intervenciones humanas sobre la ciudad y sobre el ambiente. Estos indicadores se basan en la medición cuantitativa del Desarrollo Sostenible, y sirven para rendir cuentas basadas principalmente en las tendencias y el seguimiento de los avances de las políticas públicas. Constituyen una herramienta fundamental en la gestión y evaluación de la sostenibilidad.

Los Indicadores de Sostenibilidad Urbana para las Ciudades Verdes, son líneas de acción que tienen en cuenta los **criterios de sostenibilidad de Naciones Unidas ONU**, es decir se basan en los tres pilares fundamentales establecidos en los ODS, para mejorar la habitabilidad de las ciudades y promover un futuro más comprometido con el planeta. Estos criterios son: social, ambiental y económico.

3.2. Indicadores Arcadis (2019)

Al respecto se analizaron los Indicadores Arcadis, y una vez analizados fueron organizados en el cuadro 1, el cuales resumen de la clasificación anual de las 100 ciudades más verdes y sostenibles del mundo.

CUADRO 1. Indicadores de Sostenibilidad Urbana para las Ciudades Verdes según Arcadis 2019. Fuente: Elaboración propia, en base a Batten, John (2015) - Global Cities Arcadis Sustainable Cities Index Balancing the economic, social and environmental needs of the world's leading cities Tabla 2: Sustainable cities p. indicadores (p.37).

73

INDICADORES SOSTENIBLES ARCADIS 2019 - CIUDADES VERDES			
Criterios o Pilares de Sostenibilidad ONU	Indicadores - Subíndices	Indicadores -Temas	Descripción
COMPONENTE SOCIAL	Personas - People (calidad de vida y oportunidades sociales)	Educación	QS World University clasifica las puntuaciones de la universidad basadas en seis categorías
		Espacios Verdes o El Verde Urbano	Índice de ciudades verdes de Siemens -Porcentaje de espacios verdes dentro área de la ciudad (parques o sin desarrollar naturaleza), Infraestructura verde; Porcentaje de árboles en la ciudad en relación al área de la ciudad y / o tamaño de la población
		Salud	Desarrollo Mundial del Banco Mundial- Indicadores Esperanza de vida al nacer
		Transporte	Modo de transporte dividido (Porcentaje de cada modo de transporte, es decir privado, público, bicicletas, peatones); Promedio de tiempo y costo de viaje
		Desigualdad de ingresos	Desigualdad de ingresos • Coeficiente de Gini (0 = igualdad perfecta, 1 = todos los ingresos van a una persona)
		Equilibrio entre el trabajo y la vida	Equilibrio entre el trabajo y la vida privada • Organización Internacional del Trabajo, UBS y OCDE Promedio de horas trabajadas por empleado por año
		Tasa de dependencia	Proporción de económicamente activos población económicamente inactiva población.
		Precios de la Propiedad	Precios y ganancias de UBS y Entumecido Precio de compra para residencial propiedad, \$ US por metro cuadrado.

Continuación cuadro 1...

COMPONENTE AMBIENTAL	Planeta- Planet (uso energético, contaminación y emisiones)	Mezcla de uso de energía y energías renovables	Administración de información energética Consumo de energía primaria por cápita Consumo renovable Administración de información energética Participación de energía renovable en combinación energética (a nivel de país)
		Exposición a catástrofes naturales	EM-DAT: Desastre internacional Número de categorías de natural catástrofe (de un posible 8) que una ciudad ha sido afectada por una catástrofe natural.
		Contaminación del aire	• Ambiente de la Organización Mundial de la Salud Base de datos de contaminación del aire Concentración media anual de multa materia particular
		Emisiones de gases de efecto invernadero	• Proyecto de divulgación de carbono Total CO2 emisiones
		Gestión de residuos sólidos	Gestión • Banco Mundial Tasas de vertedero / reciclaje / compost /conversión de residuos en energía de residuos sólidos
		Agua potable	• Seguimiento conjunto OMS / Unicef Programa de Abastecimiento de Agua y Saneamiento Urbano mejorado (p. Ej., Canalizado) agua potable (a diferencia de sin mejorar, p. ej. superficie)
		Saneamiento	Saneamiento Instalaciones de saneamiento mejoradas urbanas (a diferencia de no mejorado)
COMPONENTE ECONOMICO	Beneficio Ganancias – Profit (entorno empresarial y desempeño económico)	Eficiencia energética	Eficiencia energética • Administración de información energética Consumo total de energía por dólar del PIB
		Desarrollo Económico	PIB per cápita • Instituto Brookings Producto interno bruto per cápita
		Facilidad para hacer negocios	• Facilidad para hacer negocios del Banco Mundial Índice Indicador compuesto de EoDB incluyendo regulaciones, corrupción.
		Costo de hacer negocios	Costos de bienes y servicios •Comparación de precios y ganancias de bienes y servicios de UBS; costos en las ciudades; Precios de la propiedad Precios y ganancias de UBS y Entumecido; Precio de compra para residencial; propiedad, \$ US por metro cuadrado
		Importancia para las redes globales	• Globalización y ciudades del mundo (GaWC) Red de investigación Mide qué tan integrada está una ciudad en la red mundial de ciudades

Los datos de estos índices representados en el Cuadro 1, indican que los fundamentos en materia de sostenibilidad de las Ciudades Verdes se basan en una cultura y ciudad cultivada y saludable, con una infraestructura eficiente, con bajas emisiones de carbono, extensos espacios y corredores verdes y una gran facilidad para llevar a cabo el poder realizar actividades comerciales; así como también, el aplicar verdaderamente la sostenibilidad a través de los pilares fundamentales y la fusión desde las perspectivas de People (Personas), Planet (Planeta) y Profit

(Ganancia o Economía). A continuación, en la figura 2, se muestra el ranking de las 100 Ciudades Verdes, expuesta según la consultora Arcadis (Batten, 2015).

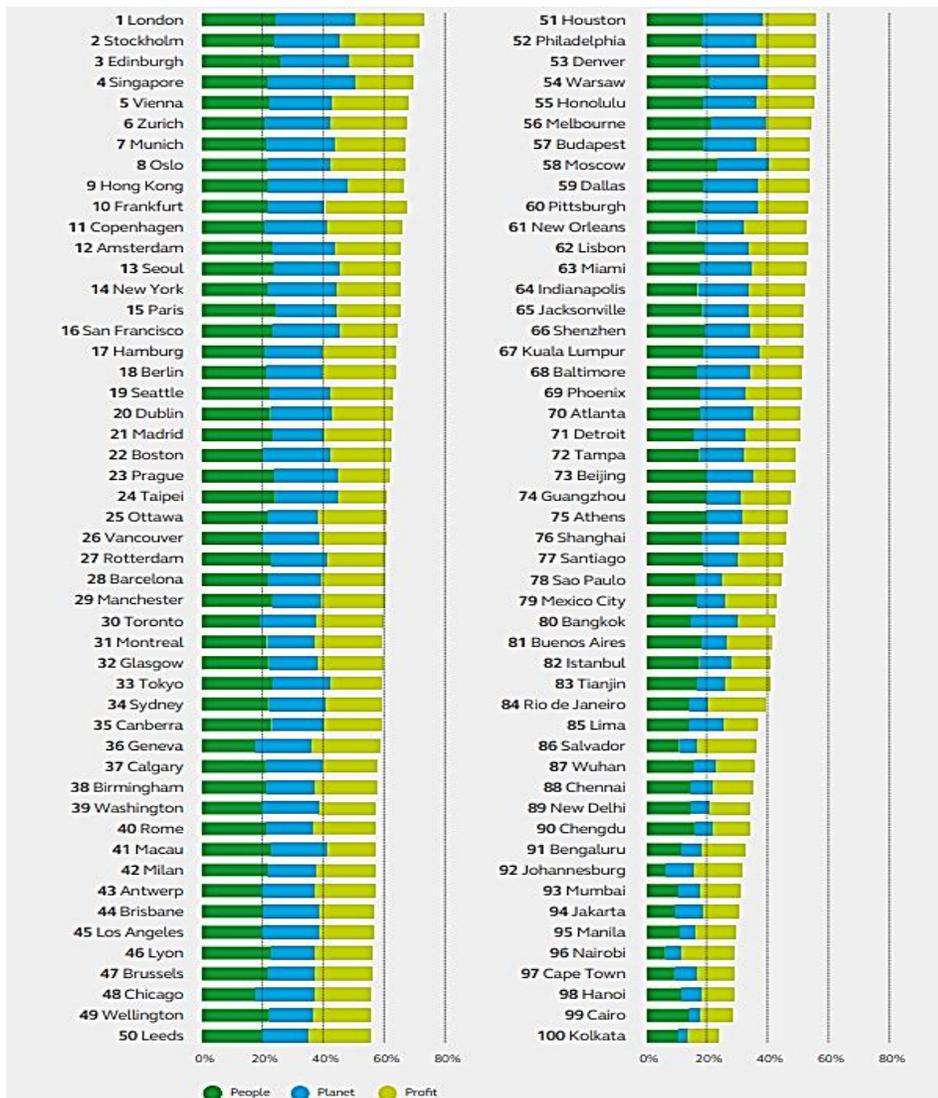


FIGURA 2. Ranking de Ciudades Verdes Sostenibles 2018 - Índice de Arcadis. Fuente: Tomado de Batten (2015) Global Director Arcadis Sustainable Cities Index: balancing the economic, social and enviromental needs of the world’s leading cities.

En el análisis de Arcadis Sustainable Cities, se observa cómo las ciudades europeas dominan el cuadro superior, las cuales ocupan ocho de las diez primeras

posiciones. En América del Norte, Nueva York, San Francisco y Seattle son las únicas ciudades de Estados Unidos entre las 20 primeras; en América del Sur, Santiago de Chile (77º) y São Paulo (78º). son los dos más altos ranking de ciudades; mientras que, en África y Asia, se encuentran en la parte inferior de esta clasificación, debido a las bajas puntuaciones en sostenibilidad económica.

Otros índices e indicadores, sobre la consolidación de Ciudades Verdes, que tienen en cuenta la sostenibilidad basado en los 3 pilares fundamentales de la ONU y los ODS, también evalúan las ciudades más inteligentes y sostenibles del mundo, donde se puede observar que coinciden en similitud, al mostrar las diez primeras ciudades del ranking del año 2019. Además, *las clasificaciones estudiadas varían en cuanto a metodología e indicadores, todas ellas coinciden en que una ciudad es más poderosa, próspera y competitiva si logra desarrollarse en sus distintas dimensiones: desde la economía y las finanzas hasta su importancia cultural, pasando por la facilidad para garantizar la creación de empresas, la calidad de vida y el uso de alta tecnología* (Berrone y Ricart, 2009: p. 67).

3.3. Indicadores de IESE Cities in Motion (ICIM, 2019)

Se trata de una plataforma de investigación que tiene como objetivo principal y misión:

Promover cambios a nivel local y desarrollar ideas valiosas y herramientas innovadoras que logren que las ciudades sean más sostenibles e inteligentes; y su Misión se basa en fomentar, el modelo Cities in Motion mediante un enfoque innovador de la gobernanza de las ciudades y un modelo urbano nuevo para el siglo XXI, basado en cuatro factores principales: ecosistema sostenible, actividades innovadoras, equidad entre ciudadanos y territorio conectado.

En este análisis del Cities in Motion (ICIM, 2019), se evaluó el desempeño de 174 ciudades, y se analizaron 9 Dimensiones, 101 indicadores, aplicados a 80 países, y 79 capitales (Figura 3). Estas nueve dimensiones claves son fundamentales para

una Ciudad Verde, y las consideran concluyentes para su puntuación; donde se le otorgan pesos relativos a cada dimensión, estos son: 1. *Economía* (1); 2. *Medioambiente* (0,820); 3. *Capital Humano* (0,661); 4. *Movilidad y Transporte* (0,556); 5. *Proyección Internacional* (0,543); 6. *Cohesión Social* (0,488); 7. *Planificación Urbana* (0,474); 8. *Gobernanza* (0,416) y 9. *Tecnología* (0,343) (IESE Business School - Índice IESE Cities in Motion 2020 / ST-542. ICIM, 2019: p.27).

Ranking	Ciudad	Desempeño	ICTM
1	Londres - Reino Unido	A	100,001
2	Nueva York - Estados Unidos	A	95,731
3	París - Francia	RA	85,50
4	Tokio - Japón	RA	81,95
5	Reikiavik - Islandia	RA	80,47
6	Copenhague - Dinamarca	RA	78,51
7	Berlín - Alemania	RA	77,45
8	Ámsterdam - Países Bajos	RA	77,31
9	Singapur - Singapur	RA	76,71
10	Hong Kong - China	RA	76,04
11	Zúrich - Suiza	RA	75,96
12	Oslo - Noruega	RA	75,79
13	Chicago - Estados Unidos	RA	75,04
14	Estocolmo - Suecia	RA	75,00
15	Washington - Estados Unidos	RA	74,32
16	Los Ángeles - Estados Unidos	RA	74,10
17	Sídney - Australia	RA	74,07
18	Viena - Austria	RA	73,84
19	Seúl - Corea del Sur	RA	73,67
20	San Francisco - Estados Unidos	RA	72,40
21	Basilea - Suiza	RA	72,22
22	Helsinki - Finlandia	RA	71,96
23	Wellington - Nueva Zelanda	RA	71,81
24	Múnich - Alemania	RA	71,78
25	Madrid - España	RA	71,42
26	Barcelona - España	RA	71,41
27	Taipéi - Taiwán	RA	70,78
28	Boston - Estados Unidos	RA	70,71
29	Hamburgo - Alemania	RA	69,17
30	Toronto - Canadá	RA	69,17
31	Berna - Suiza	RA	69,09
32	Fráncfort - Alemania	RA	68,45
33	Dublín - Irlanda	RA	67,40
34	Ginebra - Suiza	RA	67,24
35	Auckland - Nueva Zelanda	RA	67,19
36	Lyon - Francia	RA	66,72
37	Melbourne - Australia	RA	66,50
62	Bratislava - Eslovaquia	RA	60,26
63	Stuttgart - Alemania	M	59,80
64	Osaka - Japón	M	59,79
65	Vilna - Lituania	M	59,60
66	Glasgow - Reino Unido	M	59,58
67	Roma - Italia	M	59,58
68	Santiago - Chile	M	59,45
69	Fénix - Estados Unidos	M	59,22
70	Tel Aviv - Israel	M	58,99
71	Mánchester - Reino Unido	M	58,97
72	San Antonio - Estados Unidos	M	58,75
73	Birmingham - Reino Unido	M	58,63
74	Budapest - Hungría	M	57,87
75	Nagoya - Japón	M	57,87
76	Amberes - Bélgica	M	57,85
77	Eindhoven - Países Bajos	M	57,80
78	Palma de Mallorca - España	M	57,74
79	Leeds - Reino Unido	M	57,64
80	Linz - Austria	M	57,28
81	Sevilla - España	M	56,94
82	Málaga - España	M	56,74
83	Niza - Francia	M	56,62
84	Pekín - China	M	56,27
85	Riga - Letonia	M	56,19
86	Zaragoza - España	M	55,87
87	Moscú - Rusia	M	55,74
88	Breslavia - Polonia	M	55,25
89	Quebec - Canadá	M	54,90
90	Buenos Aires - Argentina	M	54,71
91	Nottingham - Reino Unido	M	54,48
92	Dubái - Emiratos Árabes Unidos	M	54,33
93	Marsella - Francia	M	53,86
94	Liverpool - Reino Unido	M	53,82
95	Duisburgo - Alemania	M	52,73
96	Atenas - Grecia	M	52,58
97	Florenia - Italia	M	52,51
98	Zagreb - Croacia	M	52,34

FIGURA 3. Ranking de las 174 Ciudades Verdes de IESE Cities in Motion - Índice de Arcadis. Fuente: IESE Business School - Índice IESE Cities in Motion 2020 / ST-542- Tabla 10 (p. 28 y 29).

38	Dallas - Estados Unidos	RA	65.74
39	Praga - República Checa	RA	65.36
40	Montreal - Canadá	RA	65.30
41	Bruselas - Bélgica	RA	64.94
42	Milán - Italia	RA	64.68
43	Ottawa - Canadá	RA	64.59
44	Vancouver - Canadá	RA	64.52
45	San Diego - Estados Unidos	RA	64.33
46	Düsseldorf - Alemania	RA	64.22
47	Edimburgo - Reino Unido	RA	63.94
48	Miami - Estados Unidos	RA	63.87
49	Houston - Estados Unidos	RA	63.62
50	Gotemburgo - Suecia	RA	63.49
51	Róterdam - Países Bajos	RA	63.48
52	Lisboa - Portugal	RA	63.38
53	Seattle - Estados Unidos	RA	63.32
54	Varsovia - Polonia	RA	62.93
55	Tallin - Estonia	RA	62.71
56	Colonia - Alemania	RA	62.58
57	Filadelfia - Estados Unidos	RA	62.39
58	Shanghái - China	RA	62.38
59	Denver - Estados Unidos	RA	62.14
60	Valencia - España	RA	61.82
61	Baltimore - Estados Unidos	RA	60.07

99	Liubliana - Eslovenia	M	52.11
100	Oporto - Portugal	M	52.00
101	Lille - Francia	M	51.92
102	La Coruña - España	M	51.89
103	Bucarest - Rumanía	M	51.86
104	Murcia - España	M	51.63
105	Turín - Italia	M	51.58
106	Kuala Lumpur - Malasia	M	51.42
107	Cantón - China	M	51.00
108	Bilbao - España	M	50.67
109	Shenzhen - China	M	50.44
110	Montevideo - Uruguay	M	50.38
111	Minsk - Bielorrusia	M	50.10
112	Bangkok - Tailandia	M	49.82
113	Panamá - Panamá	M	47.93
114	San José - Costa Rica	M	47.56
115	Kiev - Ucrania	M	47.55
116	Sofía - Bulgaria	M	47.29
117	Abu Dabi - Emiratos Árabes Unidos	M	46.92
118	Tiflis - Georgia	M	46.68
119	Nápoles - Italia	M	46.06
120	Bogotá - Colombia	M	45.80
121	Jerusalén - Israel	M	45.54
122	Belgrado - Serbia	M	45.42

Ranking	Ciudad	Desempeño	ICIM
123	São Paulo - Brasil	M	45.01
124	San Petersburgo - Rusia	B	44.78
125	Doha - Catar	B	43.86
126	Medellín - Colombia	B	43.81
127	Ciudad de Ho Chi Minh - Vietnam	B	43.61
128	Almaty - Kazajistán	B	43.08
129	Estambul - Turquía	B	43.03
130	Ciudad de México - México	B	42.86
131	Asunción - Paraguay	B	42.34
132	Río de Janeiro - Brasil	B	42.26
133	Yakarta - Indonesia	B	42.26
134	Rosario - Argentina	B	41.70
135	Brasilia - Brasil	B	40.92
136	Ankara - Turquía	B	40.56
137	Santo Domingo - República Dominicana	B	40.39
138	Curitiba - Brasil	B	39.79
139	Córdoba - Argentina	B	39.00
140	Bakú - Azerbaiyán	B	38.88
141	Skopje - Macedonia	B	38.15
142	Quito - Ecuador	B	37.64
143	Ciudad del Cabo - Sudáfrica	B	37.27
144	Ciudad de Kuwait - Kuwait	B	37.15
145	Cali - Colombia	B	37.02
146	Bangalore - India	B	36.17
147	La Paz - Bolivia	B	35.88
148	Tianjin - China	B	35.75

Ranking	Ciudad	Desempeño	ICIM
149	Amán - Jordania	B	35.26
150	Santa Cruz - Bolivia	B	35.26
151	Johannesburgo - Sudáfrica	B	34.56
152	Túnez - Túnez	B	34.44
153	Sarajevo - Bosnia-Herzegovina	B	34.35
154	Nairobi - Kenia	B	34.32
155	Lima - Perú	B	34.23
156	Belo Horizonte - Brasil	B	33.89
157	Salvador - Brasil	B	33.87
158	Guatemala - Guatemala	B	33.74
159	Novosibirsk - Rusia	B	33.53
160	Manama - Baréin	B	33.18
161	Bombay - India	B	32.45
162	Nueva Delhi - India	B	32.15
163	Casablanca - Marruecos	B	31.71
164	Guayaquil - Ecuador	B	31.55
165	Manila - Filipinas	B	29.56
166	Rabat - Marruecos	B	29.45
167	Riad - Arabia Saudí	B	29.34
168	El Cairo - Egipto	B	26.89
169	Calcuta - India	B	26.35
170	Duala - Camerún	B	22.58
171	Lagos - Nigeria	B	18.13
172	Lahore - Pakistán	B	13.76
173	Karachi - Pakistán	MB	10.39
174	Caracas - Venezuela	MB	4.15

Continuación figura 3...

En el análisis de estas 174 Ciudades, del ICIM Cities in Motion, se observó que el 35,63% de las urbes (62) presentan un desempeño A o RA, y el ranking está encabezado por Londres, Nueva York y París. Hay 61 ciudades (35,06%) que presentan un desempeño M, mientras que las clasificadas como B, es decir las más bajas puntuaciones, representan el 28,16% (49) del total seleccionado; ese año, dos ciudades obtienen una calificación muy baja (1,15%), con niveles de Sostenibilidad nulas. Estas son: en el puesto 173 Karachi - Pakistán MB 10.39 y, en el último puesto, lamentablemente nuestro país en el puesto 174 Caracas – Venezuela MB 4.15. (p. 27). En este sentido, se aprecia que el indicador medioambiental posee un lugar de gran importancia para medir la sostenibilidad ambiental, y se incluye como uno de los aspectos más importantes e imprescindibles de la medición de Ciudades Verdes, ocupando así el segundo lugar como un peso relativo para puntuar de (0,820).

3.4. El Verde Urbano - Beneficios del Verde Urbano, según su función

Luego de revisar los indicadores urbanos y de sostenibilidad ambiental implementados para medir las principales Ciudades Verdes del mundo, el indicador de áreas verdes o el Verde Urbano, aparece como uno de los principales temas para equilibrar y contrarrestar los efectos de la contaminación y la urbanización. Esto llevó a redefinir los elementos que conforman el **Verde Urbano**, para su aplicación en la gestión urbana: la vegetación natural o modificada existente en las ciudades, esto incluye, áreas o zonas verdes, jardines, paisajismos, parques, plazas, arbolado urbano, arbolado viario, bosques, cordones verdes, edificios verdes, zonas protectoras, entre otros, ubicados dentro de los límites de una ciudad, que desempeñan funciones de integración paisajística - arquitectónica o de recreación.

Es necesario que exista un equilibrio entre el hombre (lo construido) y la naturaleza (zonas verdes), con el fin de aumentar el porcentaje de oxígeno que requiere una Ciudad Verde, para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y contribuir con la sostenibilidad urbana ambiental en favor de Calentamiento Global y el Cambio Climático. A partir de este concepto se logra realizar el gráfico resumen, donde se recalcan los múltiples beneficios que pueden llegar a tener el Verde Urbano en las ciudades según su función (Figura 4).

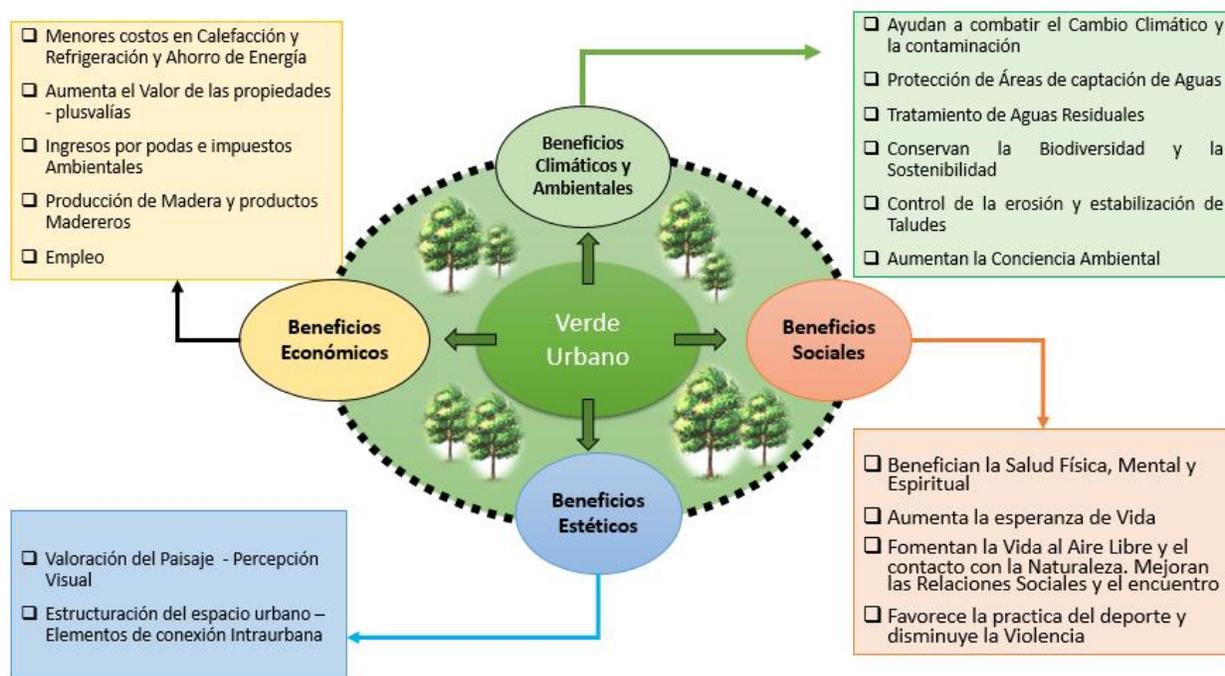


FIGURA 4. Beneficios del Verde Urbano, según su función y beneficios. Fuente: Elaboración propia.

En resumen, como resultado del análisis del Índice de Arcadis (2019) y del Cities in Motion (ICIM, 2019) se logra definir en la figura 5, la síntesis de los indicadores a usar dentro del Eje Verde Metropolitano del municipio Libertador.

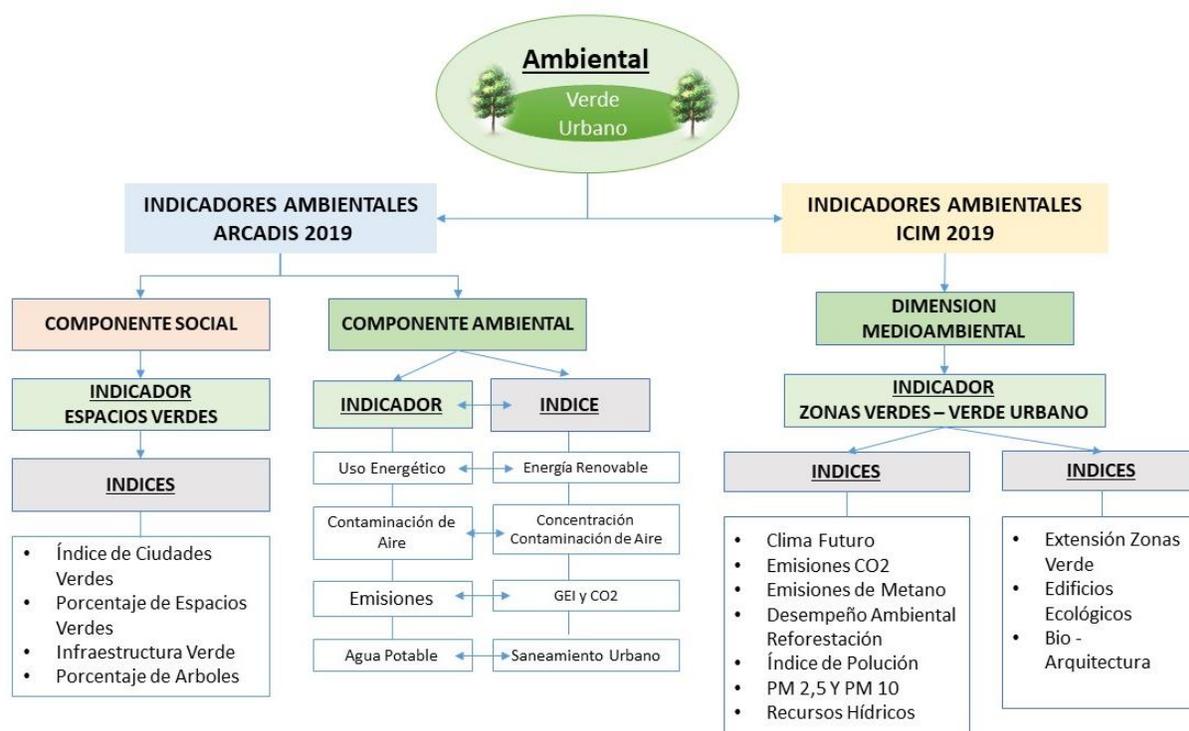


FIGURA 5. Indicadores de Sostenibilidad Ambiental a aplicar sobre el Eje Verde Metropolitano. Fuente: Elaboración propia, a partir de ARCADIS 2019 e ICIM 2019.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Propuesta de Gestión Urbana Ambiental en el Eje Verde Metropolitano

El análisis y estudio de todos los temas anteriores, así como también los principales indicadores urbanos ambientales de las ciudades verdes que ocupan los primeros rankings mundiales y sus principales políticas públicas verdes, demuestran que es el camino correcto para lograr la sostenibilidad; estas políticas acertadas servirán de referencia para consolidar el Eje Verde Metropolitano a

través de la correcta gestión urbana ambiental. Por consiguiente, el desarrollo de esta investigación condujo a recalcar que la Dimensión Ambiental y el Indicador del Verde Urbano son imprescindibles a la hora de diseñar una Ciudad Verde, en función de sus indicadores e índices ambientales; en líneas generales, esta interrelación se resume en la figura 6.

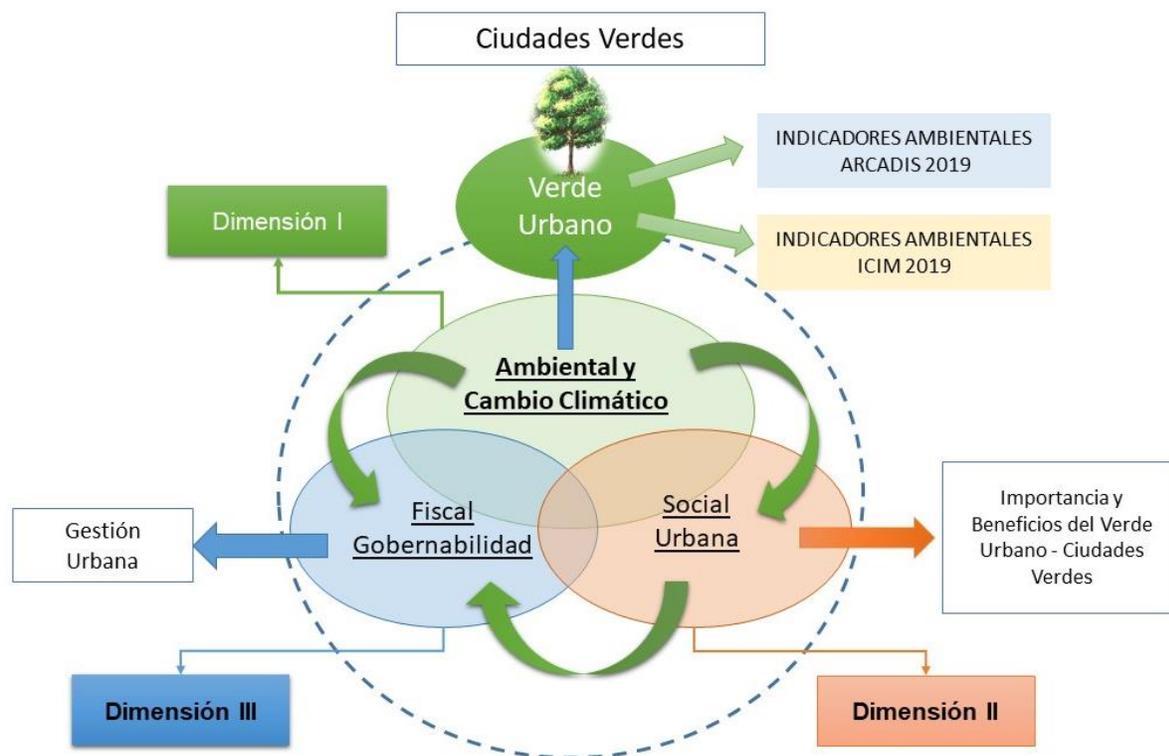


FIGURA 6. Dimensiones de Sostenibilidad de las Ciudades Verdes. Fuente: Elaboración propia, en base a las Dimensiones Claves, según Arcadis (2019) e ICIM Cities in Motion (2019).

Por lo tanto, las líneas de acción propuestas se enmarcan en tres (3) dimensiones de sostenibilidad, para mantener una estrecha relación al ejecutar políticas públicas, en base a un Plan de Gestión Ambiental, donde la *Dimensión I*: Ambiental y Cambio Climático, es la base fundamental para garantizar sostenibilidad y equilibrio ambiental; la *Dimensión II*: Social – Urbana, incide

directamente sobre los ciudadanos, para garantizar calidad de vida de allí radica la importancia y beneficios del Verde Urbano (beneficios climáticos y ambientales, sociales, estéticos, y económicos); la *Dimensión III: Gobernabilidad*, la cual es parte de la gestión urbana al diseñar políticas públicas eficientes y como se pudo observar, dentro del ranking mundial de ciudades verdes; es allí donde se realizará la aplicabilidad del Indicador Verde Urbano sobre el Eje Verde Metropolitano del municipio Libertador del estado Mérida.

4.2. Indicadores de Ciudades Verdes, sobre el Eje Verde Metropolitano

Se obtuvo como resultado la selección de los indicadores dentro de las tres Dimensiones de Sostenibilidad, organizados en cinco (5) criterios que conforman las cinco (5) Dimensiones Estratégicas; en las cuales se proponen 46 indicadores relevantes desglosados, clasificados y estructurados temáticamente en base al estudio de las consultoras Arcadis y IESE Cities in Motion (ICIM) Business School.

Según esto, se organizaron los indicadores a través de un listado para su aplicabilidad. Los cuáles serán los establecidos para lograr Políticas Verdes eficientes sobre el Eje Verde Metropolitano del municipio Libertador. El listado de las dimensiones estratégicas con sus cinco (5) indicadores diseñados para el Plan de Gestión se expone en la figura 7.



FIGURA 7. Dimensiones estratégicas de las Ciudades Verdes incluidas en las tres (3) Dimensiones de Sostenibilidad. Fuente: Elaboración propia.

4.3. Plan de Gestión Urbana Ambiental sobre el Eje Verde Metropolitano

En la propuesta de concebir un Plan de Gestión Urbana Ambiental a consolidarse sobre el Eje Verde Metropolitano del municipio Libertador del estado Mérida Venezuela, se han plasmado las políticas, estrategias y acciones en base a los principales indicadores mundiales de las Ciudades Verdes. En función de ello, en el presente trabajo se desarrolló el Plan de Gestión Urbana Ambiental constituido por: Tres (3) Dimensiones de sostenibilidad y cinco (5) dimensiones Estratégicas; 5 Políticas; 26 Temas; 36 Estrategias; 46 Indicadores Verdes y 14 Proyectos (Figura 8).

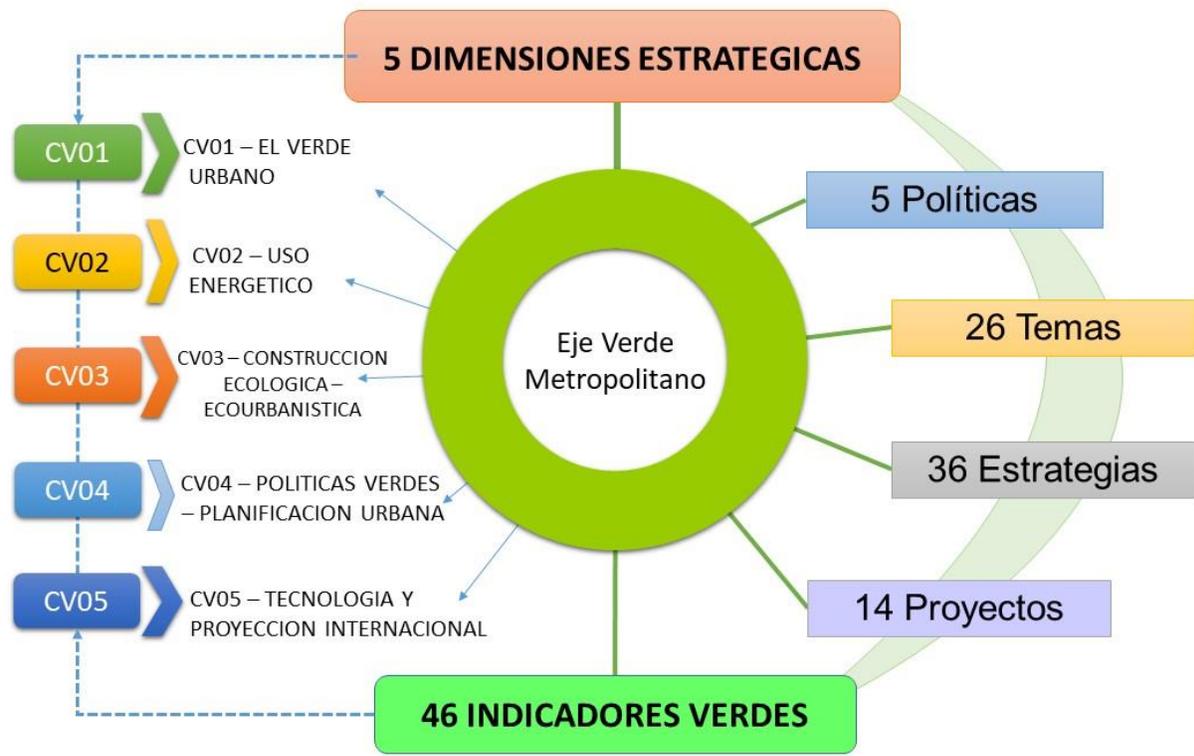


FIGURA 8. Dimensiones Estratégicas del Plan de Gestión sobre el Eje Verde Metropolitano, que contiene 46 Indicadores. Fuente: Elaboración propia.

a. Plan de gestión urbana de las Ciudades Verdes

Se presentan a continuación una secuencia de cuadros 2, 3, 4, 5 y 6 explicativos del Plan de Gestión Urbana de las ciudades verdes, referidos a Políticas Verdes, con sus Estrategias y Acciones, para las cinco dimensiones estratégicas y sus respectivos indicadores: Verde Urbano; uso energético; construcción ecológica; políticas verdes; tecnología y proyección internacional. En las figuras 9, 9.1, 9.2, se define la expresión gráfica de los mismos, como referencia del verde en la ciudad de Quito, Ecuador.

CUADRO 2. POLÍTICAS VERDES - DIMENSIÓN 1. CV01 – EL VERDE URBANO. Fuente: Fuente elaboración propia. Fuente Imágenes: Fotos propias Quito – Ecuador 2022. No. 1-3: Fotos propias Quito – Ecuador, 2022.

POLÍTICAS VERDES - DIMENSIÓN 1. CV01 – EL VERDE URBANO		
POLITICA VERDE No. 1:		OBJETIVO
Protección, conservación, arborización, paisajismo, conectividad y aumento del verde urbano sobre del eje verde metropolitano del municipio libertador.		Aumentar el Verde Urbano sobre el Eje Verde Metropolitano del municipio Libertador Mérida
En la Dimensión 1. CV01, se han establecido ocho (8) estrategias a consolidar:		
Tema y Proyectos	Estrategias	Acciones
Tema: Porcentaje de Zonas Verdes Proyecto N°1 Proyecto de plantación, arborización, mantenimiento y paisajismo por sectores y parroquias dentro del Eje Verde Metropolitano. Denominado: "Día Mi Mundo Verde Sostenible sobre el Eje Verde Metropolitano"	1. Aumentar la superficie verde por habitante (m2/hab), por zonas y parroquias.	Dotar de vegetación y plantar árboles y plantas en parques, zonas verdes, zonas baldías, bajo una previa planificación y supervisión técnica y profesional. Involucrando a la población, ciudadanos, escuelas, empresas e instituciones. Y será parte de un evento anual, donde todos y cada uno de los involucrados deberán plantar un árbol. Recuperación y mantenimientos de zonas verdes y dotación de vegetación en espacios públicos. Creación de nuevos Parques organizados según su función. Consolidar el Aeropuerto de Mérida como un gran Parque urbano, interconectado, con rutas de ciclovías, pistas de trote, con proyectos de arborización y paisajismo. Dejando la pista para futuras emergencias. Promover la creación de un Fondo Municipal para Áreas Verdes.
	2. Recuperar y conservar el Verde Urbano existente.	
	3. Reocupar sitios abandonados y terrenos desocupados para el Verde Urbano (Parques Vecinales, Parques "de bolsillo", jardines comunitarios, patios con plantas)	
Tema: Infraestructura Verde Proyecto N°2 Proyecto Red de Infraestructura Verde en el Eje Verde Metropolitano. Denominado: "Red de Corredores Verdes sobre el Eje Verde Metropolitano."	4. Evaluar la proximidad de la población a los espacios verdes.	Crear Cinturones o corredores verdes interconectados, entre sí, a cada 300 metros. (entre 10 y 15 minutos a pie). desde cada parroquia hasta incluir la línea del Eje Verde Metropolitana definida, el Parque Metropolitano Albarregas y el Eje del Parque Metropolitano Albarregas.

Continuación cuadro 2...

	<p>5. Consolidar cordones vegetales - Cinturones Verdes - Red de Infraestructura Verde, Convertir el Verde Urbano en lugares y espacios públicos seguros, atractivos, verdes y sustentables para que los peatones y ciclistas los integren en su día a día.</p> <p>6. Lograr la interconexión entre parques, jardines y plazas. Conectar el Eje Verde con el Parque Metropolitano Albarregas.</p>	
<p>Tema: Porcentaje de Árboles</p> <p>Proyecto N°3</p> <p>Proyecto de Arborización en Arteriales y Colectoras del Eje Verde Metropolitano.</p> <p>Denominado:</p> <p>“Red de Corredores Viales Verdes sobre el Eje Verde Metropolitano”</p>	<p>7. Plantar un 70 % de los árboles de distinta diversidad y floración en las calles, vías arteriales y colectoras, parques y otros espacios públicos, por parroquias. El otro 30 por ciento será plantado por propietarios de viviendas, de negocios y por organizaciones, sin fines de lucro en sus propios terrenos, bajo supervisión técnica de la municipalidad.</p>	<p>Dotar y plantar árboles y plantas de variada floración, paisajismo, en vialidades arteriales y colectoras. Dando un carácter único a cada una de ella, según la especie a plantar.</p> <p>Ejemplo: Av. Las Américas_ Arterial N° , se denominará: la Avenida Azul, donde predominará especies de coloración azules y morados. (Apamates)</p>
<p>Tema: Reforestación</p> <p>Proyecto N°4</p> <p>Proyecto de Reforestación y Arborización en bordes de talud y Bordes Hidrográficos sobre el Eje Verde Metropolitano</p> <p>Denominado:</p> <p>“Red de Arborización y Protección de Zonas Verdes Vulnerables y Cuencas Hidrográficas, sobre el Eje Verde Metropolitano”</p>	<p>8. Reforestar los bordes de talud, Cuencas Hidrográficas, Nacientes de Ríos, y laderas del borde del Parque Metropolitano Albarregas.</p>	<p>Arborizar, y crear muros verdes vegetales que protejan con especies protectoras de talud, y protección de Cuencas hidrográficas, nacientes y ARU, como medida de protección de la meseta de Mérida y los bordes del Parque Metropolitano Albarregas.</p>

Imágenes Referenciales



Imagen No. 01- Quito 2022



Imagen No. 02- Quito 2022



Imagen No. 03- Quito 2022

CUADRO 3. POLÍTICAS VERDES - DIMENSIÓN 2. CV02 – USO ENERGÉTICO – Fuente: elaboración propia.

POLÍTICAS VERDES - DIMENSIÓN 2. CV02 – USO ENERGÉTICO		
POLÍTICA VERDE No. 2:		OBJETIVO
Uso eficiente y sustentable de energías limpias - renovables, sobre del Eje Verde Metropolitano del municipio libertador.		Reducción de la Contaminación del Aire y Emisiones, a través de Energías Renovables
En la Dimensión 2. CV02, se han establecido nueve (9) estrategias a consolidar sobre el Eje Verde:		
Tema y Proyectos	Estrategias	Acciones
<p>Tema: Energía Renovable</p> <p>Proyecto N°5</p> <p>Proyecto de creación de parques solares, huertos solares, parques generadores mini eólicos y zonas para aprovechamiento de la energía hidráulica, sobre el Eje Verde Metropolitano</p> <p>Denominado:</p> <p>“Parques Verdes de Energías Renovables sobre el Eje Verde Metropolitano”</p>	<p>9. Abastecer energéticamente el municipio Libertador, mediante energías renovables para garantizar una autosuficiencia total, a través de Energía solar (solar fotovoltaica y solar térmica); Energía eólica; y aprovechamiento de la Energía Hidráulica.</p>	<p>Se trata de la Creación de Parques Solares, Huertos Solares, Parques generadores mini eólicos y Zonas para aprovechamiento de la energía Hidráulica, en zonas desaprovechadas sobre el Eje Verde Metropolitano</p>
<p>Tema: Emisiones GEI - Emisiones CO2 - Índice de Polución</p> <p>Proyecto N°6</p> <p>Proyecto de Planes Especiales de Reducción de la contaminación del aire y gases efecto invernadero (GEI), producto de la actividad residencial, de servicios, equipamientos, y residuos sólidos, sobre el Eje Verde Metropolitano. Regulación de leyes sobre los gases efecto invernadero (GEI)</p> <p>Denominado:</p> <p>“Plan Especial de Movilidad Urbana, Regulación y reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) sobre el Eje Verde Metropolitano</p>	<p>10. Reducir la cantidad de gases efecto invernadero (GEI) como las del: CO2, CH4, N2O, HFCs, PFCs y SF610, emitidas a la atmósfera derivadas del consumo y uso residencial, servicios, movilidad, equipamientos y residuos sólidos.</p> <p>11. Reducir polución provocada por el tráfico vehicular.</p>	<p>Se trata de la consolidación de planes especiales sobre la reducción de gases efecto invernadero (GEI), sobre la actividad residencial, de servicios, equipamientos, y residuos sólidos, sobre el Eje Verde Metropolitano</p>

Continuación cuadro 3...

<p>Tema: Recursos Hídricos</p> <p>Proyecto N°7</p> <p>Proyecto de optimización del consumo y utilización de agua potable sobre el Eje Verde Metropolitano.</p> <p>Denominado:</p> <p>“Optimización del consumo y utilización de agua potable sobre el Eje Verde Metropolitano”</p>	<p>12. Optimizar el consumo de agua sobre la base del desarrollo de una nueva cultura del agua y tecnología punta.</p>	<p>Se trata de la optimización del consumo de agua sobre la base del desarrollo de una nueva cultura del agua, mediante criterios adecuados de gestión y la aplicación de tecnología punta, para disminuir la presión sobre las fuentes naturales, resumidos en tres aspectos principales: Doméstico (consumo en viviendas), Público (riego de parques y jardines, consumo de la administración pública, otros), y comercial (consumo de establecimientos comerciales y de servicio).</p>
<p>Tema: Saneamiento</p> <p>Proyecto N°8</p> <p>Construcción y ejecución de plantas de tratamiento para aguas servidas y aguas pluviales, y saneamiento de redes de aguas, sobre el Eje Verde Metropolitano</p> <p>Denominado:</p> <p>“Construcción y saneamiento de Plantas de Tratamiento para Aguas Servidas y aguas pluviales sobre el Eje Verde Metropolitano”</p>	<p>13. Rehabilitación de las redes de agua potable, aguas servidas y aguas de lluvia.</p>	<p>Construcción de Plantas de Tratamiento para Aguas Servidas y aguas pluviales, donde se realice el análisis y medición de Hogares con Conexión domiciliaria al sistema de Alcantarillado y corrección de surtido de Aguas negras sobre afluentes hídricos (Rio Albarregas, Rio Chama, Rio Milla, quebradas y nacientes).</p>
<p>Tema: Residuos Sólidos</p> <p>Proyecto N°9</p> <p>Plan Especial de Gestión y reciclaje de residuos sólidos sobre el Eje Verde Metropolitano</p> <p>Denominado:</p> <p>“Plan Especial de Gestión y reciclaje de residuos sólidos sobre el Eje Verde Metropolitano”</p>	<p>14. Implementación de Gestión de residuos sólidos, impulsando el aprovechamiento de los residuos dentro del propio municipio a través del Combustible Sólido Recuperado, para garantizar la autosuficiencia energética.</p> <p>15. Reciclaje de residuos alimenticios a través de la conversión en biogás y fertilizantes.</p> <p>16. Introducción de recogida selectiva de la materia orgánica.</p> <p>17. Programas de Reciclaje. Aumentar el número de contenedores por fracción de residuo (Resto, envases ligeros, vidrio, papel y cartón y materia orgánica) con relación al número de habitantes de la ciudad.</p>	<p>Se trata de la implementación, gestión y aprovechamiento de residuos sólidos, sobre el Eje Verde Metropolitano, mediante programas de reciclaje, educación ciudadana, aprovechamiento de los residuos para generación de Combustible Sólido, conversión en biogás y fertilizantes, y establecimiento de sitios estratégicos en cada sector, para contenedores de separación</p>

CUADRO 4. POLÍTICAS VERDES - DIMENSIÓN 3. CV03 – CONSTRUCCIÓN ECOLÓGICA - ECOURBANÍSTICA – Fuente: elaboración propia.

POLÍTICAS VERDES - DIMENSIÓN 3. CV03 – CONSTRUCCION ECOLÓGICA – ECOURBANÍSTICA		
POLÍTICA VERDE No. 3:		OBJETIVO
Consolidar la Eficiencia ecológica-ambiental, el Aumento de la Arquitectura Verde, el Paisajismo y la Movilidad Urbana sustentable, sobre del Eje Verde Metropolitano del municipio Libertador.		Eficiencia y aumento de Arquitectura Verde, Paisajismo
En la Dimensión 3. CV03, se han establecido diez (10) estrategias a consolidar sobre el Eje Verde:		
Tema - Proyectos	Estrategias	Acciones
Tema: Sostenibilidad Urbana Aplica dentro del: <u>Proyecto N°1</u> Proyecto de plantación, arborización, mantenimiento y paisajismo por sectores parroquiales dentro del Eje Verde Metropolitano.	18. Mejoramiento de la calidad del aire. Reducción de partículas PM10 y PM2.5.	Se trata del mejoramiento de la calidad del aire a través de la arborización, y aumento de la vegetación, para la reducción de partículas PM10 y PM2.5, reducción de la contaminación acústica, mejoramiento del confort térmico
	19. Reducción de la contaminación acústica a través del arbolado urbano.	
	20. Mejorar el confort térmico mediante el aumento de vegetación urbano: el clima, la morfología de la calle, los materiales en pavimentos y fachadas.	
Tema: Percepción Espacio Publico Aplica dentro del: <u>Proyecto N°1</u> Proyecto de plantación, arborización, mantenimiento y paisajismo por sectores parroquiales dentro del Eje Verde Metropolitano.	21. Aumento del volumen verde (árboles, arbustos, afines) por tramo de calle respecto al campo visual del peatón.	Aumentar el volumen del verde urbano (árboles, arbustos, afines) y mejorar las condiciones del espacio público en Parques, Plazas, y Verde urbano en general, a partir de la percepción ergonómica, fisiológica y psicológica.
	22. Mejorar las condiciones del espacio público en Parques, Plazas, y Verde urbano en general	

Continuación cuadro 4...

<p>Tema: BioArquitectura - Arquitectura Verde</p> <p>Techos Verdes Fachadas Verdes o Jardines Verticales</p> <p><u>Proyecto N°10</u></p> <p>Creación de normativas sobre Arquitectura Verde Sostenible a aplicar en los nuevos desarrollos urbanísticos en el Eje Verde Metropolitano.</p> <p>Denominado:</p> <p>“Arquitectura Verde sobre el Eje Verde Metropolitano”</p>	<p>23. Implementar la Arquitectura Verde, mezclando Arquitectura, Vegetación y Paisajismo.</p>	<p>Implementación dentro del Eje Verde Metropolitano, de las nuevas formas de hacer arquitectura sostenible, Arquitectura Verde en cada uno de los nuevos desarrollos urbanísticos y adaptación de los existentes, mezclando Arquitectura, Vegetación y Paisajismo. Así como también, el incentivo de Terrazas, Techos Verdes y Jardines Verticales en las nuevas construcciones y desarrollos urbanísticos, a través de Normativas, Ordenanzas y Manuales, como parte de la planificación urbana.</p>
	<p>24. Implementación y adaptación de Terrazas y Techos Verdes y Jardines Verticales en toda la ciudad.</p>	
<p>Tema: Movilidad Sostenible</p> <p><u>Proyecto N°11</u></p> <p>Plan Especial de Movilidad Verde y Sostenible sobre el Eje Verde Metropolitano</p> <p>Denominado:</p> <p>“Plan Especial de Movilidad Verde y Sostenible sobre el Eje Verde Metropolitano”</p>	<p>25. Implementación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible y Espacio Público</p>	<p>Implementación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible y Espacios Públicos, mediante desplazamientos urbanos en modos menos contaminantes (a pie, bicicleta o transporte público). Uso de transporte urbano con combustibles renovables o combustible alternativo. Implementación de vehículos y taxis eléctricos. Construcción y adaptación de Vías para Ciclovías.</p>
	<p>26. Uso de transporte urbano con combustibles renovables o combustible alternativo. Implementación de vehículos y taxis eléctricos.</p>	
	<p>27. Adaptación de Vías para Ciclorrutas o ciclorutas</p>	

CUADRO 5. POLÍTICAS VERDES - DIMENSIÓN 4. CV04 – POLÍTICAS VERDES – PLANIFICACIÓN URBANA.

Fuente: elaboración propia.

DIMENSIÓN 4. CV04 – POLÍTICAS VERDES – PLANIFICACIÓN URBANA		
POLÍTICA VERDE No. 4:	OBJETIVO	
Consolidar políticas públicas verdes, de educación, gestión y planificación sobre eje verde metropolitano del municipio libertador.	Planificar, educar y ordenar el Eje verde Metropolitano	
En la Dimensión 4. CV04, se han establecido seis (6) estrategias a consolidar sobre el Eje Verde:		
Tema	Estrategias	Acciones
<p>Tema: Educación Ambiental y Urbanística sobre el Verde urbano Proyecto N° 12 Implementación de Programas sobre Educación Ambiental y Urbanística, y creación de leyes sobre el Verde Urbano, en el Eje Verde Metropolitano Denominado: "Plan Especial sobre Educación Ambiental y Ecológica, creación leyes del verde urbano, y captación de plusvalías, en el Eje Verde Metropolitano"</p>	<p>28. Creación de políticas sobre educación ambiental y ecológica, dirigidos a los ciudadanos, naturales, jurídicos, institucionales, y educativos.</p>	<p>Se basa en la culturización y educación ciudadana en materia ambiental, a través de la creación de nuevas políticas sobre educación ambiental y ecológica, dirigidos a los ciudadanos, naturales, jurídicos, institucionales, y educativos, y otros. Planes de educación de limpieza, mantenimiento y saneamiento ambiental, en escuelas, colegios e instituciones desde edad preescolar, así como también institucional y empresarial.</p>
<p>Tema: Captación de Plusvalías Aplica dentro del: Proyecto N° 12 Implementación de leyes e Impuestos y Captación de plusvalías sobre la educación y cultura ambiental, en el Eje Verde Metropolitano Denominado: "Plan Especial sobre Educación Ambiental y Ecológica, creación leyes del verde urbano, y captación de plusvalías, en el Eje Verde Metropolitano"</p>	<p>29. Establecer impuestos como parte de la educación y cultura ambiental sobre la generación de residuos, desacato de normas y delitos ambientales.</p> <p>30. Obtener Financiamientos a través de la gestión pública municipal, (recursos propios, captación de plusvalías, impuestos), de relaciones interinstitucionales, gubernamentales; Financiamiento del sector privado (préstamos banca privada); Financiamiento del sector internacional (entidades multilaterales, agencias de cooperación bilateral), otros.</p>	<p>Se trata del establecimiento de impuestos ambientales como parte de la educación y cultura ambiental y ciudadana, enfocados en la generación de residuos, desacato de normas y delitos ambientales, responsabilidades ambientales. Así como también a obtención de Financiamientos a través de la gestión pública municipal, (recursos propios, captación de plusvalías, impuestos), de relaciones interinstitucionales, gubernamentales; Financiamiento del sector privado (préstamos banca privada); Financiamiento del sector internacional (entidades multilaterales, agencias de cooperación bilateral), otros, para financiar proyectos del verde urbano.</p>

Continuación cuadro 5...

<p>Tema: Ocupación del Uso del Suelo Verde</p> <p>Aplica dentro del:</p> <p><u>Proyecto N° 1</u></p> <p>Proyecto de Plantación, arborización, mantenimiento y paisajismo por sectores parroquiales dentro del Eje Verde Metropolitano.</p>	<p>31. Establecer el Plan de Ordenación del Verde Urbano, según la densidad de población por parroquias, estableciendo el equilibrio ecológico mediante corredores verdes, infraestructura verde y conectividad del verde urbano.</p>	<p>Consiste en el establecimiento y definición del Plan de Ordenación del Verde Urbano, según la densidad de población por parroquias, estableciendo el equilibrio ecológico mediante corredores verdes, infraestructura verde y conectividad del verde urbano</p>
<p>Tema: Tarjeta Verde - Sello Verde – Incentivos</p> <p><u>Proyecto N° 13</u></p> <p>Implementación de leyes e Impuestos y Captación de plusvalías sobre la educación y cultura ambiental, en el Eje Verde Metropolitano</p> <p>Denominado:</p> <p>“Plan Especial sobre Educación Ambiental y Ecológica, creación leyes del verde urbano, y captación de plusvalías, en el Eje Verde Metropolitano”</p>	<p>32. Otorgar incentivos mediante el reconocimiento y propaganda de lugares consientes con el ambiente, arquitectura verde, protección de parques y zonas verdes urbanas, (SELLOS VERDES, TARJETA VERDE), así como también incentivos fiscales (descuento de impuestos municipales), otros.</p>	<p>Consiste en otorgar incentivos a todo ciudadano, zona, institución, empresa, hoteles, mediante el reconocimiento y propaganda de lugares consientes con el ambiente, arquitectura verde, protección de parques y zonas verdes urbanas, con un reconocimiento de tipo: SELLOS VERDES, TARJETA VERDE, quedando exceptos de algunos impuestos e incentivos fiscales como descuento de impuestos municipales, otros.</p>
<p>Tema: Actualización y Creación de Leyes</p> <p>Aplica dentro del: <u>Proyecto N° 12</u></p> <p>Implementación de leyes e impuestos y captación de plusvalías sobre la educación y cultura ambiental en el Eje Verde Metropolitano</p> <p>Denominado:</p> <p>“Plan Especial sobre Educación Ambiental y Ecológica, creación leyes del verde urbano, y captación de plusvalías, en el Eje Verde Metropolitano”</p>	<p>33. Promulgación de nuevas leyes municipales, normativas, actualización de ordenanzas en función de la consolidación de las Ciudades Verdes, el verde urbano, y la educación ciudadana ambiental.</p>	<p>Trata de la promulgación de nuevas leyes municipales, normativas, actualización de ordenanzas en función de la consolidación de las Ciudades Verdes, el verde urbano, y la educación ciudadana ambiental Creación de Nuevas Leyes.</p>

CUADRO 6. POLÍTICAS VERDES- DIMENSIÓN 5. CV05 – TECNOLOGÍA Y PROYECCIÓN INTERNACIONAL -

Fuente: elaboración propia.

POLÍTICA VERDE No. 5:		OBJETIVO
Consolidación del Eje Verde Metropolitano como primera Ciudad Verde de Venezuela y su reconocimiento en América Latina como atractor turístico.		Proyectar el municipio Libertador Mérida como Ciudad Verde de Venezuela y el mundo
En la Dimensión 5. CV05, se han establecido tres (3) estrategias:		
Tema	Estrategias	Acciones
<p>Tema: Número de fotos de la ciudad subidas online Proyecto N° 14 Proyecto de tecnología y proyección nacional e internacional del Verde Urbano en Mérida Denominado: “Proyecto de tecnología y proyección nacional e internacional sobre el Eje Verde Metropolitano” “Plan Especial para hoteles verde y restaurantes como atractor turístico de la ciudad”</p>	<p>34. Consolidar una plataforma virtual donde se proyecte, en número de Parques, plazas, y jardines sobre el Eje Verde Metropolitano como atractor turístico de Venezuela y el mundo. Aprovechar el uso de las redes sociales para proyectar a Mérida como Ciudad Verde.</p>	<p>Se trata de la creación de una plataforma virtual donde se proyecten los Parques Urbanos, plazas, y jardines sobre el Eje Verde Metropolitano como atractor turístico de Venezuela y el mundo, aprovechando el uso de las redes sociales, proyectando el Eje Verde Metropolitano como atractor turístico de Venezuela y el mundo en su consolidación y como primera Ciudad Verde de Venezuela. Además, contempla la creación de planes de capacitación y adaptación de hoteles y restaurantes verdes, para que cumplan como edificación sustentable y obtengan los sellos verdes.</p>
<p>Hoteles Verdes y Restaurantes Proyecto N° 14 Proyecto de tecnología y proyección nacional e internacional del Verde Urbano en Mérida</p>	<p>35. Crear planes de capacitación y adaptación de hoteles y restaurantes verdes, que cumplan como edificación sustentable y obtengan los sellos verdes.</p>	
<p>Atractores Turísticos Verdes Proyecto N° 14 Proyecto de tecnología y proyección nacional e internacional del Verde Urbano en Mérida</p>	<p>36. Proyectar el Eje Verde Metropolitano como atractor turístico de Venezuela y el mundo en su consolidación como Ciudad Verde.</p>	

En función de las Políticas Verdes antes definidas en los distintos cuadros, se logró establecer la *Zonificación Planimétrica* de la infraestructura verde sobre el Eje Verde Metropolitano, la cual ha sido dividida en 8 tramos para el *Plan de Gestión – Infraestructura Verde* (Cordones Verdes) (Figuras 9; detalles 9.1 y 9.2).

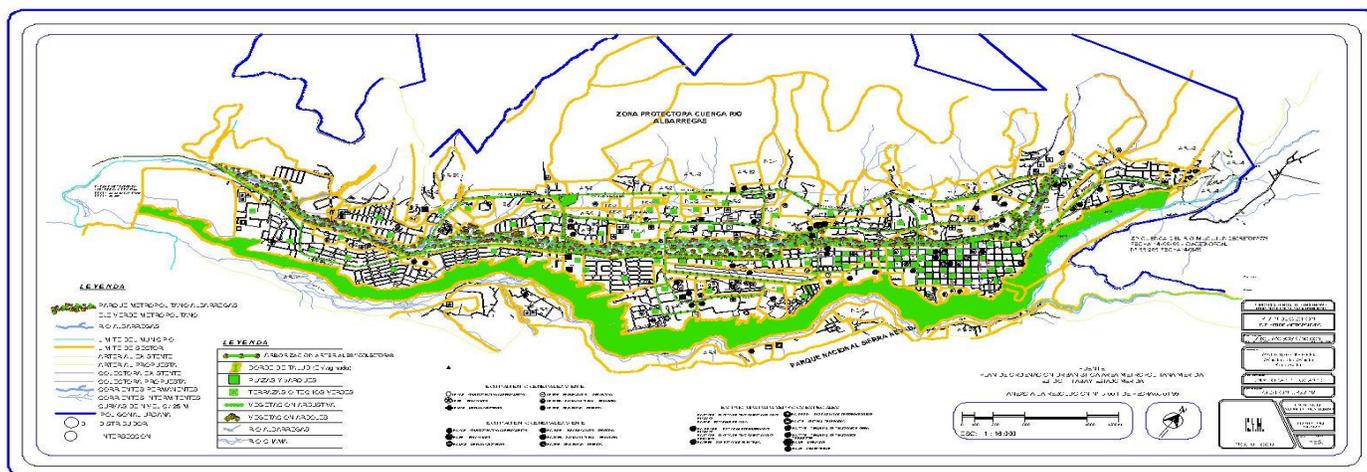


FIGURA 9. Representación de los ocho tramos para el Plan de Gestión – Infraestructura Verde (Cordones Verdes) de la ciudad de Mérida. Fuente Elaboración propia.

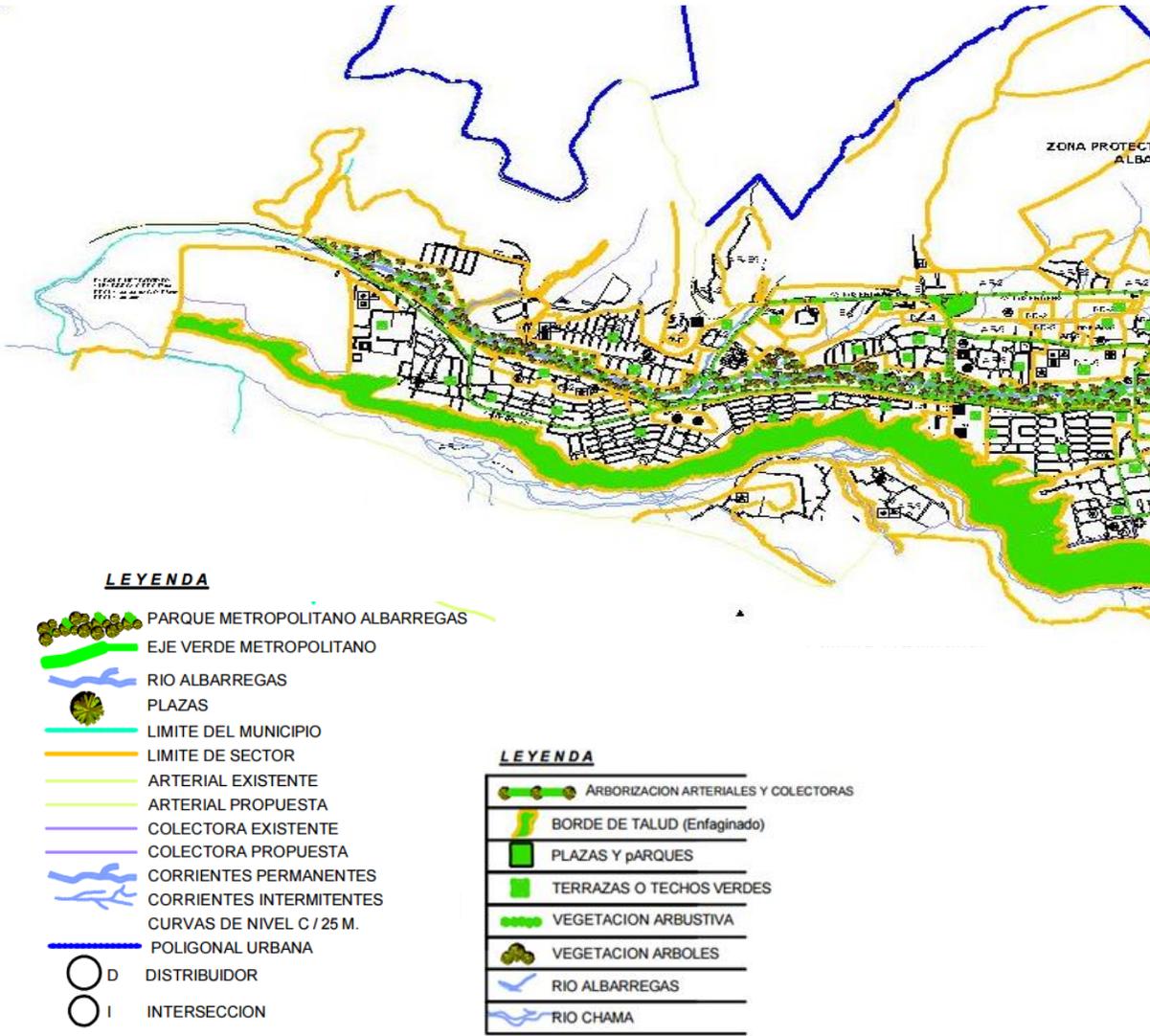


FIGURA 9.1. Fracción izquierda de la figura 9 de representación de los ocho tramos para el Plan de gestión – Infraestructura verde (Cordones Verdes) de la ciudad de Mérida. Fuente Elaboración propia.

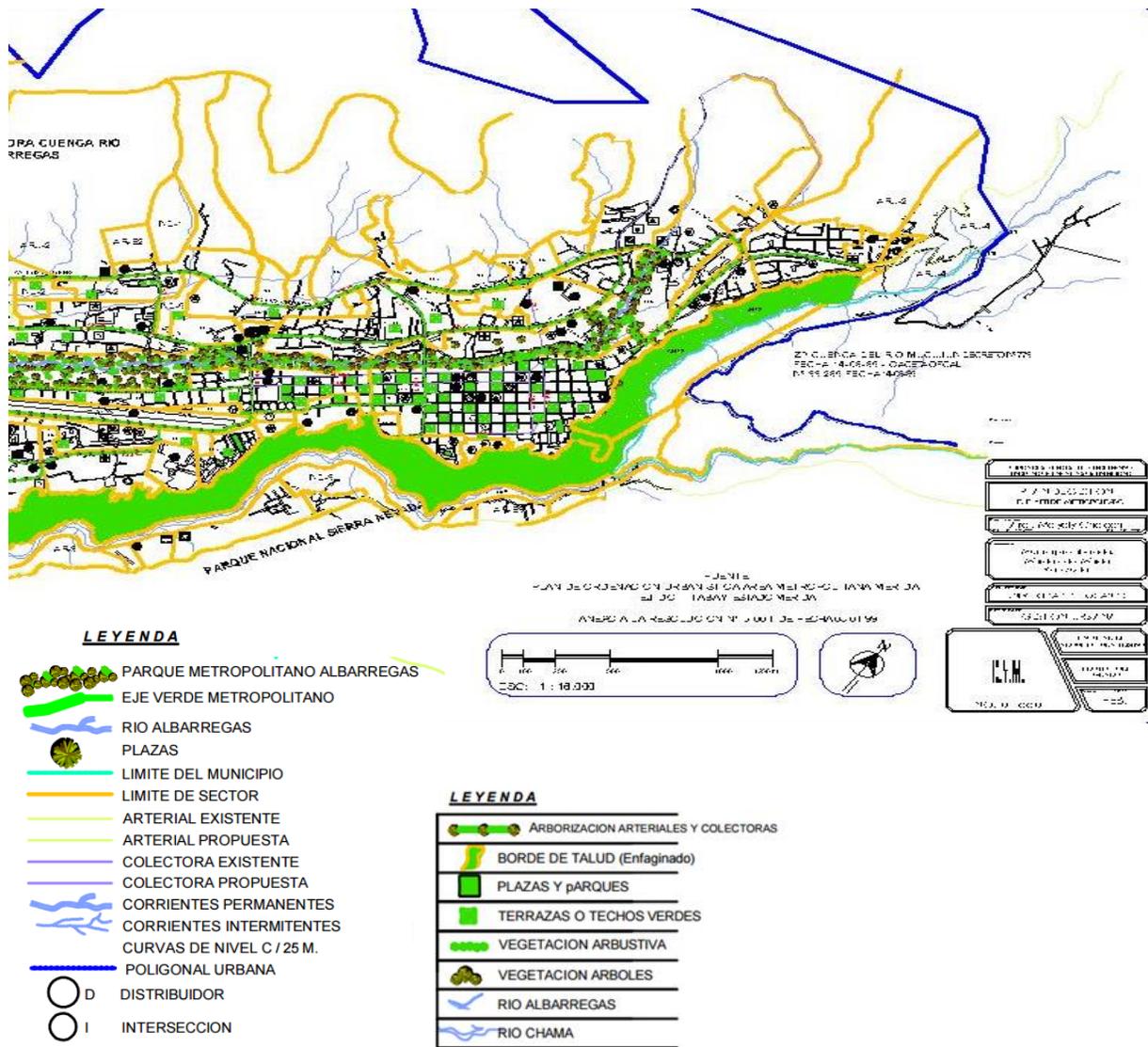


FIGURA 9.2. Fracción derecha de la figura 9 de representación de los ocho tramos para el Plan de gestión – Infraestructura verde (Cordones Verdes) de la ciudad de Mérida. Fuente Elaboración propia.

En resumen, la propuesta de Gestión Urbana Ambiental y el Plan de Gestión permitieron consolidar los Cordones de Infraestructura Verde, mediante la interconexión principalmente de arteriales y colectoras, así como también de los parques urbanos existentes del Parque Metropolitano Albarregas, los nuevos parques urbanos de bolsillo por sectores, y la implementación de la Arquitectura Verde, todo esto con respecto al Verde Urbano. Sumado a ello, cada proyecto según el tema e indicador hace referencia a un Plan especial a desarrollar, con el fin principal, de mitigar los efectos de la densificación, la contaminación, el calentamiento global, trayendo como resultado los beneficios del Verde Urbano.

En este sentido afirman los autores que, la correcta aplicación de los instrumentos de gestión urbana dentro de la administración pública y la municipalidad, se traduce en políticas públicas acertadas y eficaces, en función del ordenamiento territorial y gestión de los recursos, con el fin de darle solución a los problemas de los ciudadanos y satisfacer sus necesidades y demandas.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El problema de sustentabilidad en América Latina y en el presente caso de estudio, está vinculado a la gobernabilidad, donde la mayor parte de las ciudades se han visto influenciadas por la crisis política, social y ambiental. Lo que ha conducido a dejar de lado los acuerdos y tratados sin políticas públicas claras, visiones a corto plazo, inadecuada planificación y gestión urbana, centralización de decisiones y recursos, deficiencias en la orientación al crecimiento económico, y ausencia de indicadores ambientales, que impulsen a una solución, actitudes sociales, problemas de movilidad urbana, y consumos excesivos de hogar.

Las ciudades, en general, poseen espacios verdes y paisajes escénicos propios (función estética), que enriquecen el paisaje urbano, además de cumplir con importantes funciones intrínsecas; siendo una de las principales el servir de pulmones urbanos, espacios de recreación, esparcimiento y regulación hídrica.

Así, la gestión urbana ambiental, viene a ser parte fundamental de la estrategia para lograr urbes saludables, habitables, con recursos y servicios básicos para los ciudadanos. De este modo es fundamental, entender que, al no regularse ni ordenarse el Verde Urbano dentro del ámbito de ciudad, diversas áreas son susceptibles a invasiones y desarrollos anárquicos, deteriorando los recursos urbanos y escénicos. Por ende, los principales problemas urbanos, forman parte de la gestión urbana ambiental, que debe fundamentarse en políticas públicas acertadas y enmarcadas en las aspiraciones locales en una estrecha relación entre las Dimensiones Estratégicas (CV01 – CV02 – CV03 – CV04 – CV05) aquí planteadas; y los Indicadores propios de las Ciudades Verdes, en beneficio del Verde Urbano como línea de acción fundamental en la lucha contra la contaminación, el cambio climático y el calentamiento global. En resumen, el Verde Urbano viene a consolidar un rol fundamental en el mundo post COVID-19, especialmente si se busca mejorar la salud y el bienestar en las ciudades urbanas.

Se pudo apreciar que, precisamente fueron estos espacios los que dieron la respuesta a la población en general en tiempos de pandemia y post pandemia, donde se utilizaron como medida de salud mental, física y emocional. En muchas ciudades del mundo se pudo contemplar como los habitantes acudieron en masa a los parques urbanos, como un alivio vital ante las consecuencias asociados al COVID-19, como la ansiedad, el dolor, el aislamiento social, la depresión y el estrés, entre otros.

En función de esto, se afirma que es indispensable combinar políticas públicas (Políticas Verdes) con instrumentos jurídicos actualizados, en concordancia con las nuevas tecnologías y preceptos propios de los acuerdos, tratados internacionales y los ODS y la Agenda 21, así como los indicadores urbanos que se transforman en

mecanismos de acción, medición y control, logrando equilibrar el grave problema de la densificación urbana.

Otro aspecto fundamental del Verde Urbano es que, con sus funciones claras a partir de sus tipologías, vertebrando y organizándolas se permite lograr una infraestructura verde, corredores o cinturones verdes, que se han constituido en ejemplos exitosos de las grandes Ciudades Verdes del mundo.

En resumen, el aporte de esta investigación es el desarrollo de instrumentos y estrategias para en la gestión de políticas públicas basados en el Plan de Gestión Urbana Ambiental, y los lineamientos a partir de los indicadores de las Ciudades Verdes, el cual son válidos y aplicables en cualquier núcleo urbano, y adaptable según su morfología.

6. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de los Andes, a la Facultad de Arquitectura y Diseño, al Programa de Postgrado en Desarrollo Urbano Local; Al Arq. Paisajista José Antonio Albornoz (+) quien fue el Padre del Proyecto Parque Metropolitano Albarregas.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADRIÁN, MAXYELI. 2013. *Conformación de la infraestructura verde de ciudades*. Trabajo para optar al título de Magister Scientiae en Desarrollo Urbano Local. Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Los Andes, Mérida Venezuela.

BATTEN, JOHN J. 2015. Arcadis Sustainable Cities Index. Balancing the economic, social and environmental needs of the world's leading cities. En línea: <https://www.arcadis.com/en/knowledge-hub/perspectives/global/sustainable-cities-index> [Consultado: 23/04/2022].

BERRONE, P. y J. RICART. 2020. Índice IESE Cities in Motion. IESE Business School University of Navarra - Índice Cities in Motion (ICIM) / ST-0542. En línea: <https://www.iese.edu/media/research/pdfs/ST-0542.pdf> [Consultado: 14/03/2021].

- BID.** 2014. *Guía metodológica Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). En línea: <https://publications.iadb.org/es/guia-metodologica-programa-de-ciudades-emergentes-y-sostenibles-tercera-edicion> [Consultado: 17/02/2021].
- BLASCO M., JOSEFA y JOSÉ ANTONIO PÉREZ T.** 2007. *Metodologías de investigación en las ciencias de la actividad física y el deporte: ampliando horizontes*. Editorial Club Universitario. San Vicente (Alicante), España.
- GARCÍA, N. y T. PÉREZ.** 2009. El verde urbano: indicador de sostenibilidad. Su incidencia en la calidad de vida del sancristobalense. Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2009). Energy and Technology for the Americas: Education, Innovation, Technology and Practice" June 2-5, 2009. San Cristóbal, Venezuela.
- GÓMEZ LOPERA, F.** 2005. Las zonas verdes como factor de calidad de vida en las ciudades. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales* 37 (144): 417-436.
- P.O.U.** 1999. *Plan de Ordenación Urbanística del Área Metropolitana de Mérida- Ejido- Tabay*. Gaceta Extraordinaria N° 5.303 del 01 de febrero de 1999. Mérida, Venezuela.
- RUIZ, E.** 2015. Los beneficios del as áreas verdes en las ciudades: Equipamiento Urbano. En línea: https://www.interempresas.net/Equipamiento_Municipal/Articulos/141785-Los-beneficios-de-las-areas-verdes-en-las-ciudades.html [Consultado: 22/02/2021].
- URIASTE MÁXIMA, JULIA.** 2020. Ciudad Sustentable. En línea: <https://www.caracteristicas.co/ciudad-sustentable/> [Consultado: 22/01/2021].

DOI: <https://www.doi.org/10.53766/ECOSOS/>

ARTÍCULO 002

DETERMINACIÓN DE LA
DENSIDAD LONGITUDINAL
EN TALLOS DE
Guadua angustifolia Kunth
PROVENIENTES DE LOS
LLANOS VENEZOLANOS

Mery Deisy Velásquez Soto
Ligia Josefina Gutiérrez Nava
Shakespeare Simón Trejo Puentes
Styles Will Valero

Artículo 002

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD LONGITUDINAL EN TALLOS DE *Guadua angustifolia* Kunth PROVENIENTES DE LOS LLANOS VENEZOLANOS

Determination of longitudinal density in stems of *Guadua angustifolia* Kunth from the Venezuelan Plains

103

Mery Deisy Velásquez Soto, Ligia Josefina Gutiérrez Nava,
Shakespeare Simón Trejo Puentes¹ y Styles Will Valero¹

1. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Sección de Ensayos; Sección de Tableros Aglomerados y Contrachapados. Mérida, Venezuela. E-mails: merydeisyvelasquezso@gmail.com; ligiajosefinagutierreznava@gmail.com; shakespeare@ula.ve; styles@ula.ve

Recibido: 01/06/22. Aceptado: 17/02/23.

RESUMEN

A través de la historia se han buscado alternativas de materiales de construcción que sean de bajo costo, fácil uso, resistentes y amigables con la naturaleza. Es por ello, que la utilización de materiales de bajo costo y ambientalmente sostenibles es una necesidad palpable en la actualidad, donde cada día los recursos son más limitados. En este sentido, la *Guadua angustifolia* Kunth ha venido adquiriendo cierto grado de reconocimiento por sus características de crecimiento rápido y ecológico y por su alta relación de peso y resistencia. En relación con el Desarrollo Sostenible, existe un interés renovado en su uso para las construcciones modernas. Incluir la guadua dentro de la solución técnica como elemento constructivo alternativo, le aporta un carácter de responsabilidad social y ambiental a la solución, porque este recurso beneficia el contexto rural y el desarrollo ambiental del recurso forestal. Venezuela como país tropical presentan condiciones de clima y suelo que favorecen el desarrollo de un amplio número de especies que conforman la familia de las Bambusaceae, siendo la misma una de las especies de fácil desarrollo y crecimiento. El objetivo del presente estudio consistió en determinar las propiedades físicas de densidad (en condición de humedad verde, seca al aire y seca al horno) y peso específico básico, de la especie *Guadua angustifolia* Kunth, proveniente de los llanos occidentales venezolanos. Los resultados obtenidos permiten inferir que los tallos de esta gramínea podrían ser utilizados en una diversidad de usos como elemento constructivo alternativo amigable con el ambiente.

Palabras clave: Desarrollo Sostenible, densidad, peso específico básico, *Guadua angustifolia* Kunth.

SUMMARY

Throughout history, alternative construction materials have been sought that are low cost, easy to use, resistant and friendly to nature. This is why the use of low-cost and environmentally sustainable materials is a palpable need today, where resources are more limited every day. In this sense, *Guadua angustifolia* Kunth has been acquiring a certain degree of recognition for its characteristics of rapid and ecological growth and for its high weight and resistance ratio. In relation to Sustainable Development, there is renewed interest in its use for modern constructions. Including guadua in the technical solution as an alternative construction element provides a character of social and environmental responsibility to the solution, because this resource benefits the rural context and the environmental development of the forest resource. Venezuela, as a tropical country, has climate and soil conditions that favor the development of a large number of species that make up the Bambusaceae family, being one of the species that is easy to develop and grow. The objective of the present study was to determine the physical properties of density (in green humidity, air-dry and oven-dry conditions) and basic specific weight of the species *Guadua angustifolia* Kunth, from the western Venezuelan plains. The results obtained allow us to infer that the stems of this grass could be used in a variety of uses as an alternative environmentally friendly construction element.

Key words: Sustainable Development, density, basic specific gravity, *Guadua angustifolia* Kunth.

1. INTRODUCCIÓN

A través de la historia se han buscado alternativas de materiales de construcción que sean de bajo costo, de fácil uso, resistentes y amigables con la naturaleza, ya que en la actualidad es una necesidad evidente, dado que los recursos comienzan hacer más limitados. A lo largo del tiempo y en todo el mundo se han ido buscando alternativas para la sustitución de algunos materiales usados en el sector de la construcción (Moreno y Cendales, 2018); por ende, el conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de todo material es esencial dado que permite estimar y direccionar con facilidad su uso correcto en la construcción civil (Rodríguez *et al.*, 2023).

Hoy en día, solo el 20% de la población mundial consume el 80% de las materias primas. Los países en vías de desarrollo usan cerca del 90% del cemento y 80% del acero consumido por el sector de la construcción global. Según Future Cities

Laboratory (FCL), el 70% del daño en el ambiente construido en la actualidad, es causado por la corrosión del acero dentro de las estructuras de concreto reforzadas. Con estas cifras no es posible la elevación de la calidad de vida de una gran parte de la humanidad. Por eso, los recursos deben aprovecharse pensando en el largo plazo; es decir, para satisfacer las necesidades actuales sin descuidar las de las generaciones futuras (Rodríguez, 2017).

La utilización de materiales de bajo costo y ambientalmente sostenibles es una necesidad palpable, donde cada día los recursos son más limitados; es por esto que alrededor del mundo se han implementado diferentes alternativas que en menor o mayor medida han significado esfuerzos en investigación e innovación científica y tecnológica (Rojas, 2013; Gutiérrez y Takeuchi, 2014; Gómez y Díaz, 2017). Una sociedad sustentable, no se basa solo en usar menos recursos naturales y preservar el medio ambiente, por el contrario, la sustentabilidad es un concepto sistémico que debe abarcar todos los campos del desarrollo humano (Rodríguez, 2017).

Como recurso forestal, la guadua es una especie que permite un aprovechamiento de gran volumen en tiempos cortos, cuya maduración está entre los cuatro y cinco años, convirtiéndose, además, en una inversión rentable que asegura un ingreso económico sostenido (González, 2001).

En este sentido, el bambú y en especial la guadua, ha venido adquiriendo cierto grado de reconocimiento por sus características de crecimiento rápido y ecológico y por su alta relación de peso y resistencia. En relación con el desarrollo sostenible, existe un interés renovado en su uso para las construcciones modernas (Xiao, 2016).

Por su parte, Ramos y Torres (2018) afirman que, en el mundo actual, se considera la guadua como uno de los factores importantes en la construcción de obras de ingeniería, pero no se ha tenido en cuenta que su uso constante y su inmunización a futuro mitigarían el impacto ambiental y social que están teniendo los materiales de construcción tradicional.

Incluir la guadua dentro de la solución técnica como elemento constructivo alternativo, le aporta un carácter de responsabilidad social y ambiental a la solución, porque este recurso beneficia el contexto rural y el desarrollo ambiental del recurso forestal. Así está demostrado en países de Asia en donde 2,3 billones de dólares al año, representan el aprovechamiento del bambú que tiene una altísima tasa de renovación frente a la madera de selva tropical en peligro de extinción (Barreto, 2018).

Por otra parte, la guadua se clasifica como un bambú leñoso del cual existen aproximadamente 1000 especies, de las cuales, 500 de estas especies se encuentran presentes en América. El bambú *Guadua angustifolia* Kunth, se encuentra principalmente en países como Colombia, Venezuela y Ecuador, aunque también existe en grandes cantidades en países centroamericanos como Panamá y Costa Rica, que junto con Colombia se han caracterizado por el uso de esta especie en diferentes campos (Olarte, 2012; Guerra y Lozano, 2020). En Venezuela se le encuentra ampliamente dispersa en los bosques de los llanos occidentales y en el estado Yaracuy, conformando rodales casi puros que cumplen indiscutible efecto protector sobre el suelo y las aguas (Giraldo y Sabogal, 1999).

En este contexto, Venezuela como país tropical presenta condiciones de clima y suelo que favorecen el desarrollo de un amplio número de especies que conforman la familia de las Bambusaceae, siendo la *Guadua angustifolia* Kunth una de las especies de fácil desarrollo y crecimiento, así como también, su distribución geográfica puede abarcar todos los estados del país (Moreno *et al.*, 2010).

Es por ello, que, de la familia de la Bambusaceae, esta gramínea ha tomado importancia comercial debido a su rápido crecimiento, a su capacidad de rebrote, a su sencillo manejo, a la variedad de usos, además de los beneficios ambientales que se obtienen mediante el establecimiento de plantaciones a gran escala para el control de la erosión y captura de carbono (Trejo *et al.*, 2020).

Así mismo, esta especie sobresale dentro del género por sus propiedades físicas, mecánicas y por el tamaño de sus culmos, que llegan hasta 30 metros de altura y 25 centímetros de diámetro. Por estas características la *Guadua angustifolia* Kunth ha sido seleccionada entre las veinte especies de bambúes mejores del mundo, ya que tiene una gran capacidad para absorber energía y aceptar una fuerte flexión, que la convierten en un material ideal para construcciones sismorresistentes (Carpio y Vásquez, 2016).

Y es que la guadua como material alternativo en la construcción tiene una gran acogida por su economía y versatilidad a la hora de su aplicación, desde puentes, edificios, bodegas, infraestructuras agropecuarias, construcciones rurales, conducción de aguas, columnas, vigas, pisos, laminados, paneles aglomerados, hasta muebles, puertas, ventanas, esterillas, utensilios para el hogar, artesanías, instrumentos musicales (Villegas, 2003; Morales, 2010; Henao y Rodríguez, 2011; Márquez *et al.*, 2012; Brand, Ruiz y Lozano, 2015; Carpio y Vásquez, 2016).

Por ende, a raíz de la problemática ambiental y económica que atraviesa el planeta en la actualidad, se ha estimulado e incrementado el interés en el desarrollo de investigaciones que estén encaminadas a obtener recursos renovables, que puedan reemplazar o complementar, a un menor costo ambiental, materiales convencionales en la construcción, como el acero, el cemento y la mampostería en arcilla (Gutiérrez, 2011; Toro *et al.*, 2023).

Por esta razón y debido a la gran acogida que ha tenido la *Guadua angustifolia* Kunth en el mundo, principalmente en Japón, Colombia, Venezuela y Brasil, se han venido realizando diferentes estudios, de análisis y comportamiento del material, ya que el estudio de cada uno de los aspectos de este material es relevante para su adecuado manejo (Moreno y Cendales, 2018).

En este sentido, el objetivo del presente estudio consistió en determinar las propiedades físicas de densidad (en condición de humedad verde, seca al aire y seca al horno) y peso específico básico, de la especie *Guadua angustifolia* Kunth, proveniente de los llanos occidentales venezolanos. Los resultados obtenidos

permiten inferir que los tallos de esta gramínea, podrían ser utilizados como elemento constructivo alternativo amigable con el ambiente.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con tallos de *Guadua angustifolia* Kunth de 10 años de edad, proveniente del sector Palma Sola, Asentamiento Campesino Ticoporo, Municipio Autónomo Antonio José de Sucre, estado Barinas, Venezuela, la cual fue trasladada al Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF), Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. Se seleccionaron cinco (05) tallos de la especie *Guadua angustifolia* Kunth, tomando en consideración el diámetro y altura, calidad y buen estado fitosanitario. Luego los tallos fueron seccionados en área basal, media y apical. Posteriormente, se procedió a la obtención de probetas siguiendo el patrón establecido en las Estipulaciones para Ensayos Físicos y Mecánicos de la Madera Hoheisel (1968), adaptando las mismas a las características particulares de los tallos.

108

2.1. ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS

El estudio de las propiedades físicas de los tallos de *Guadua angustifolia* Kunth, se realizó en la Sección de Ensayos, Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF), Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, siguiendo las estipulaciones de Hoheisel (1968), con ciertas modificaciones, para ser adaptadas al material en estudio (Tabla 1).

2.1.1. Densidad

Por definición, la densidad es la relación de la masa por unidad de volumen (Kollmann, 1959; Durán, 1995; Montoya, 2008). Hace referencia a la relación entre

el peso anhidro y el volumen de un cuerpo. La gravedad específica del culmo o tallo, es medida en función de las sustancias sólidas, es un indicador de las propiedades mecánicas, y sus valores dependen tanto de la estructura anatómica como de la cantidad y distribución de fibras y haces vasculares (Moreno y Cendales, 2018).

La densidad de la guadua expresa la relación entre la masa de los distintos tipos de elementos que forman la madera y el volumen que ellos ocupan. Como la guadua es un material poroso, debe considerarse al referirse a la densidad de la guadua el volumen interno de espacios vacíos existentes (FNCC, 1990; Galvis y Rodríguez, 2007).

Por otra parte, la Densidad Verde (*DV*) se define como la relación que existe entre el Peso Verde (*PV*) y el Volumen Verde (*VV*). La Densidad Seca al Aire (*DSA*) es la relación que tienen las muestras existentes entre el Peso Seco al Aire (*PSA*) y el Volumen Seco al Aire (*VSA*). La Densidad Anhidra (*DA*) será la relación entre el peso anhidro o Peso Seco al Horno (*PSH*) y el Volumen Seco al Horno (*VSH*) (Gutiérrez, 2011).

El ensayo de densidad se realizó según lo estipulado por la norma DIN 52182 (DIN, 1976), con modificaciones en las dimensiones de las probetas. Se emplearon 10 probetas de 3,0 cm de ancho, 10 cm de longitud y espesor variable. Para determinar la densidad en las condiciones de humedad verde (ρ_v), seca al aire (ρ_{sa}) y seca al horno (ρ_{sh}) de las muestras, se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación (Ecu: 1):

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{Ecu: 1}$$

Donde:

ρ : densidad (g/cm^3).

m : masa (g).

v : volumen (cm^3).

2.1.2. Peso Específico Básico

El peso del material es la suma del peso de la parte sólida y el peso del agua contenida en sus cavidades internas. El peso específico (Pe), es la relación entre la masa seca al horno y la masa del agua desplazada por el volumen de la madera. Debido a que esta relación involucra masas, no posee dimensiones (Durán, 1995). Si se considera que el agua tiene una densidad de 1 g/cm^3 , se puede decir que la relación entre la densidad de la madera o el bambú y la densidad del agua son iguales a su peso específico. La gravedad específica es otra manera de referirse al peso específico (Gutiérrez, 2011). El ensayo de peso específico básico (PEB) se realizó según lo estipulado por la norma DIN 52182 (DIN, 1976), con modificaciones en las dimensiones de las probetas. Se emplearon 10 probetas de 3,0 cm de ancho, 10 cm de longitud y espesor variable. Para determinar el peso específico básico en las secciones basal, media y apical de las muestras, se calculó de acuerdo a la ecuación (Ecu: 2):

$$G = \frac{m_o}{V D_a} \quad \text{Ecu: 2}$$

Donde:

G: Peso específico de la madera al contenido de humedad.

m_o : masa seca al horno (g).

v: volumen determinado al contenido de humedad dado (cm^3).

D_a : Densidad del agua (1g/cm^3).

2.1.3. Contenido de Humedad

Este parámetro físico es de suma importancia dado que, en relación con la estructura anatómica del culmo, el contenido de humedad incide en su resistencia. La humedad corresponde al peso del agua contenida en la pared celular de la sección del culmo, y se expresa en porcentaje como la relación del peso húmedo y el peso anhidro o seco (Moreno y Cendales, 2018).

El ensayo de contenido de humedad se realizó según lo estipulado por la norma DIN 52182 (DIN, 1976), con modificaciones en las dimensiones de las probetas. Se emplearon 10 probetas de 3,0 cm de ancho, 10 cm de longitud y espesor variable. Para determinar el contenido de humedad en las condiciones verde (CHV) y seca al aire (CHSA) de las muestras, se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación (Ecu: 3):

$$C. h. = \frac{(P_i - P_f)}{(p_f)} \times 100 = (\%) \quad \text{Ecu: 3}$$

TABLA 1. Dimensiones de las probetas para los ensayos de las propiedades físicas de los tallos de *Guadua angustifolia* Kunth. Fuente: Elaboración propia.

Propiedades físicas	Dimensiones de las probetas para los tallos de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth (cm)	Dimensiones de las probetas para madera (cm)	Norma DIN
Densidad (verde, seca al aire y seca al horno)	3,0 x vp x 10,0	3,0 x 3,0 x 10,0	DIN - 52182
Peso específico	3,0 x vp x 10,0	3,0 x 3,0 x 10,0	DIN - 52182
Contenido de humedad (verde y seco al aire)	3,0 x vp x 10,0	3,0 x 3,0 x 10,0	DIN - 52182

Nota: vp es el valor de espesor en la probeta en centímetros que varía en el tallo de acuerdo a su ubicación en la misma, no es constante y está comprendido entre 1,5 cm a 3,5 cm.

2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para evaluar el efecto de las cañas (tallos) de *Guadua angustifolia* Kunth en las secciones basal, media y apical, sobre las variables respuestas correspondientes a los ensayos físicos de densidad (en condición de humedad verde, seca al aire y seca al horno) y peso específico básico, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza $\alpha = 0,05$ utilizando el programa estadístico Minitab versión 22.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. PERSPECTIVAS DE LA SOSTENIBILIDAD DEL USO CONSTRUCTIVO DEL BAMBÚ

La presencia de los bambúes en el mundo ha sido importante para el desarrollo de los seres humanos. Este recurso forestal brinda soluciones respecto al clima a millones de comunidades rurales. El bambú por ser una planta versátil, rápidamente renovable, abundante y con una amplia variedad de aplicaciones en los países de regiones tropicales del mundo, ha permitido contribuir en el desarrollo de medios de vida cada vez más sostenibles, brindando servicios ecosistémicos como sumideros de carbono efectivos, grandes agentes de control de erosión del suelo, hábitats de biodiversidad, fuente de materia prima local para construcción y energía, alimentación y oportunidades de generar ingresos a corto y mediano plazo a las familias menos favorecidas (Paucar y Trillo, 2020).

En este contexto, el bambú es una especie considerada como la solución del futuro por su impacto directo sobre el planeta, los estudios realizados describen contribuciones tales como: los bosques de bambú producen 35% más oxígeno, capturan 50 a 100% más carbono y almacenan 30 a 60% más celulosa que la mayoría de las especies de árboles maderables, entre otros (Yachi, 2020).

Por otro lado, la existencia de la problemática de tala selectiva de especies maderables líderes de alto valor ecológico y económico; la deforestación de bosques primarios para la realización de agricultura migratoria, sumándose a este escenario el problema de la minería ilegal, invitan a los diferentes sectores relacionados a promover el uso y manejo de nuevos recursos sostenibles, como el bambú (Salinas y Morocho, 2020). Es así, que el bambú puede ser empleado como alternativa a la explotación tradicional de maderas, ya que provee de un recurso leñoso rápidamente, lo que permite reducir la presión sobre otros ecosistemas forestales (Laestadius *et al.*, 2011).

En consecuencia, la generación de nuevos emprendimientos con el bambú, está generando oportunidades e ingresos económicos para las poblaciones locales. El

uso de maquinarias utilizadas en carpinterías y aserraderos, cada vez son menos usadas por falta de materia prima (madera); frente a ello, el emprendedor ha adaptado y empleado estas máquinas para la elaboración de muebles, artesanías, lámparas y latillas de bambú, de manera artesanal (Paucar y Trillo, 2020).

En este sentido, existe una necesidad urgente de establecer un nuevo paradigma para promover la conservación y la sostenibilidad ambiental. Para conseguirlo se necesita considerar en los productos la disponibilidad suficiente, capacidad de renovación, características físico-mecánicas adecuadas, eficiencia de costos, fácil acceso, producción simple, tecnología local adaptada a las condiciones locales y durabilidad (Torres *et al.*, 2019).

Por ello, el bambú se presenta como una alternativa a este paradigma, debido a que se encuentra en todas las regiones del mundo y sus 1.600 especies están distribuidas en 33 países en un área aproximada de 31,5 millones de hectáreas. Presentan un rápido crecimiento y propagación sin que haya necesidad de replantarlo después del aprovechamiento adecuado, lo que representa ventajas productivas, económicas y ambientales (FAO, 2010; Añazco y Rojas, 2015).

Por ende, el bambú es considerado en la actualidad como un material versátil debido a su alta relación resistencia-peso, facilidad de trabajo y disponibilidad; dependiendo de su situación y aplicación puede remplazar al concreto, la madera o el acero (Bhardwaj and Kumar, 2014; Pardo *et al.*, 2016; Harison *et al.*, 2017). Una mayor participación del bambú disminuiría el uso del acero y, con ello lo que su uso significa en términos de impacto ambiental, representando una fortaleza para situar al bambú como el abanderado en la construcción sostenible en los países en vías de desarrollo (Torres *et al.*, 2019).

En el contexto de la construcción sostenible y por consiguiente el uso de materiales renovables, se debe mencionar que el interés por la *Guadua angustifolia* Kunth, nace de la buena respuesta estructural de las edificaciones construidas con este material a la actividad sísmica (Sapuyes *et al.*, 2018). Además, fomentar el uso de materiales renovables en la construcción es

fundamental para reducir el impacto ambiental, impulsar el desarrollo y progreso del sector construcción y el uso de la guadua es un camino para lograrlo (Estefan, 2016).

Entre las características clave de sostenibilidad que la guadua ofrece se encuentran rápido crecimiento, fácil renovación y ser biodegradable, así como la capacidad de absorber carbono; sugiere que el material puede desempeñar un papel importante en la industria de la construcción, artesanía y medicina y, de hecho, se ha estimado que algunas especies de bambú podrían tener una tasa de uso cuatro veces más grande que la madera (De Flander and Rovers, 2009).

Desde hace años, muchos despachos de arquitectura se han interesado por las construcciones en bambú, queriendo utilizarlo en sus proyectos. Su interés recae sobre las propiedades mecánicas del material o sobre la apariencia del mismo (Montaner, 2002; Ruggiero, 2015). Con esto en cuenta, se puede decir que la guadua tiene un gran futuro en el campo de la construcción y la arquitectura, pues con el aumento de su uso disminuirá la escala de deforestación, la contaminación ambiental, el cambio climático y demás problemas que genera la construcción masiva de concreto y acero (Toro *et al.*, 2023).

El posicionamiento del bambú como insumo de la construcción está asociado a la exposición de proyectos arquitectónicos factibles y funcionales, en donde los dos ejes son: un insumo de alta calidad y un especialista innovador, detrás están las organizaciones y gestores como universidades, entidades públicas, ONGs, que en base a la investigación acercan la ciencia a un producto útil que resuelve una problemática de acceso, de generación de ingresos y de bienestar (Yachi, 2020).

En definitiva, se puede determinar que el bambú es un recurso versátil y rápidamente renovable, con una amplia gama de aplicaciones que incluye más de 10.000 usos documentados, desde muebles y papel hasta telas, suelos y viviendas climáticamente inteligentes. Es muy probable que su función económica se expanda a un ritmo acelerado, tanto a nivel local como en el comercio internacional, a medida que otros recursos forestales se vuelvan cada vez más

tenso debido al cambio climático, ya que el imperativo de mitigarlo tiene una menor dependencia de los combustibles fósiles y los recursos forestales en peligro de extinción, y la investigación descubre nuevas aplicaciones del bambú cada día (Fernández, 2022).

3.2. DENSIDAD EN CONDICIÓN DE HUMEDAD VERDE

En la tabla 2, se presenta los resultados obtenidos en cuanto a la propiedad física de densidad en condición de humedad verde.

TABLA 2. Densidad en condición de humedad verde, para las secciones basal, media y apical de la especie *Guadua angustifolia* Kunth, proveniente del Sector Palma Sola, Asentamiento Campesino Ticoporo, Municipio Autónomo Antonio José de Sucre, Estado Barinas. Fuente: Elaboración propia.

Propiedad Física						
Densidad en condición de humedad verde (g/cm³)						
Sección Basal						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	1,091	0,023	2,094	1,118	1,046	10
Caña 2	1,092	0,029	2,660	1,155	1,052	10
Caña 3	1,139	0,024	2,097	1,178	1,102	10
Caña 4	1,116	0,023	2,061	1,174	1,091	10
Caña 5	1,136	0,024	2,101	1,171	1,080	10
Sección Media						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	1,117	0,013	1,208	1,137	1,099	10
Caña 2	1,112	0,025	2,204	1,165	1,080	10
Caña 3	1,150	0,016	1,380	1,175	1,127	10
Caña 4	1,143	0,008	0,738	1,153	1,122	10
Caña 5	1,139	0,016	1,389	1,168	1,107	10

Continuación tabla 2...

<i>Sección Apical</i>						
<i>Parámetros Estadísticos</i>						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	1,125	0,016	1,393	1,146	1,101	10
Caña 2	1,141	0,017	1,456	1,163	1,117	10
Caña 3	1,157	0,015	1,254	1,189	1,144	10
Caña 4	1,151	0,012	1,072	1,165	1,125	10
Caña 5	1,144	0,009	0,811	1,157	1,126	10
<i>Valor promedio de las tres secciones</i>						
<i>Parámetros Estadísticos</i>						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	1,111	0,023	2,034	1,146	1,046	30
Caña 2	1,115	0,031	2,781	1,165	1,052	30
Caña 3	1,149	0,019	1,688	1,189	1,102	30
Caña 4	1,137	0,022	1,901	1,174	1,091	30
Caña 5	1,140	0,017	1,497	1,171	1,080	30

116

En la tabla 3, se presentan los valores promedios de densidad por sección, obtenidos en la condición de humedad verde.

TABLA 3. Densidad promedio por sección en condición de humedad verde (g/cm³). Fuente: Elaboración propia.

Sección	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Contenido humedad verde (%)	Número de Probetas (n)
Basal	1,115	0,025	2,203	123,89	10
Media	1,132	0,016	1,384	100,076	10
Apical	1,144	0,014	1,197	106,661	10

3.2. DENSIDAD EN CONDICIÓN DE HUMEDAD SECA AL AIRE

En la tabla 4, se presenta los resultados obtenidos en cuanto a la propiedad física de densidad en condición de humedad seca al aire.

TABLA 4. Densidad en condición de humedad seca al aire al 14 % de contenido de humedad, para las secciones basal, media y apical de la especie *Guadua angustifolia* Kunth, proveniente del Sector Palma Sola, Asentamiento Campesino Ticoporo, Municipio Autónomo Antonio José de Sucre, Estado Barinas. Fuente: Elaboración propia.

Propiedad Física						
Densidad en condición de humedad seca al aire (g/cm³)						
Sección Basal						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,597	0,013	2,105	0,622	0,574	10
Caña 2	0,584	0,042	7,249	0,676	0,515	10
Caña 3	0,709	0,042	5,905	0,757	0,636	10
Caña 4	0,579	0,035	6,053	0,656	0,530	10
Caña 5	0,608	0,129	21,257	0,970	0,514	10
Sección Media						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,620	0,012	1,988	0,637	0,595	10
Caña 2	0,631	0,013	1,983	0,644	0,608	10
Caña 3	0,729	0,063	8,633	0,901	0,679	10
Caña 4	0,650	0,010	0,911	0,659	0,599	10
Caña 5	0,623	0,022	3,487	0,648	0,591	10
Sección Apical						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,653	0,014	2,154	0,668	0,629	10
Caña 2	0,665	0,016	2,382	0,686	0,638	10
Caña 3	0,743	0,019	2,518	0,780	0,718	10
Caña 4	0,706	0,010	1,471	0,721	0,692	10
Caña 5	0,661	0,030	4,572	0,705	0,614	10
Valor promedio de las tres secciones						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,623	0,026	4,243	0,668	0,574	30
Caña 2	0,627	0,043	6,818	0,686	0,515	30
Caña 3	0,727	0,046	6,291	0,901	0,636	30
Caña 4	0,807	0,242	30,054	1,143	0,530	30
Caña 5	0,631	0,078	12,413	0,970	0,514	30

En la tabla 5, se presentan los valores promedios de densidad por sección, obtenidos en la condición de humedad seca al aire.

TABLA 5. Densidad promedio por sección en condición de humedad seca al aire (g/cm³). Fuente: Elaboración propia.

118

Sección	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coficiente de Variación (%)	Contenido humedad seca al aire (%)	Número de Probetas (n)
Basal	0,615	0,052	8,514	14,055	10
Media	0,651	0,024	3,400	13,707	10
Apical	0,686	0,018	2,619	13,488	10

3.3. DENSIDAD EN CONDICIÓN DE HUMEDAD SECA AL HORNO

En la tabla 6, se presenta los resultados obtenidos en cuanto a la propiedad física de densidad en condición de humedad seca al horno.

TABLA 6. Densidad en condición de humedad seca al horno, para las secciones basal, media y apical de la especie *Guadua angustifolia* Kunth, proveniente del Sector Palma Sola, Asentamiento Campesino Ticoporo, Municipio Autónomo Antonio José de Sucre, Estado Barinas. Fuente: Elaboración propia.

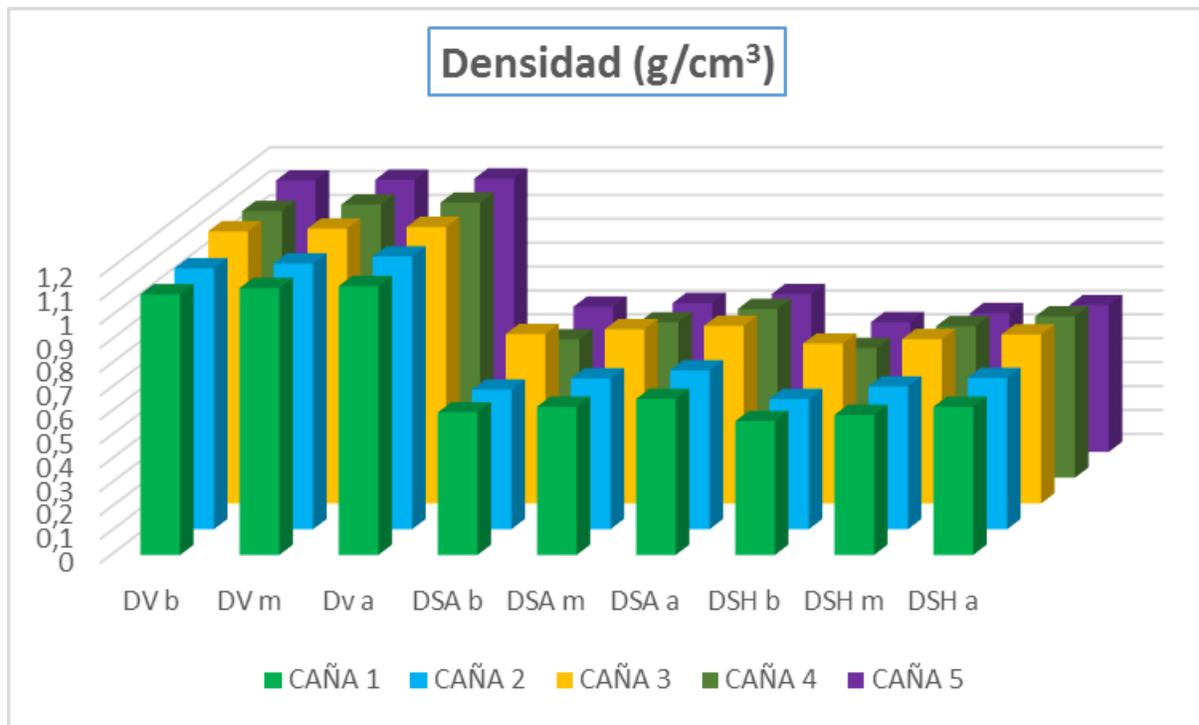
Propiedad Física						
Densidad en condición de humedad seca al horno (g/cm³)						
Sección Basal						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,560	0,011	2,017	0,577	0,541	10
Caña 2	0,545	0,041	7,458	0,634	0,478	10
Caña 3	0,669	0,041	6,206	0,720	0,594	10
Caña 4	0,542	0,036	6,606	0,620	0,493	10
Caña 5	0,543	0,049	9,107	0,669	0,475	10
Sección Media						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,586	0,011	1,901	0,601	0,563	10
Caña 2	0,597	0,015	2,562	0,622	0,569	10
Caña 3	0,688	0,037	5,337	0,748	0,641	10
Caña 4	0,634	0,025	4,016	0,677	0,600	10
Caña 5	0,581	0,022	3,762	0,614	0,548	10
Sección Apical						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,620	0,015	2,393	0,636	0,594	10
Caña 2	0,633	0,022	3,398	0,678	0,610	10
Caña 3	0,707	0,015	2,101	0,730	0,684	10
Caña 4	0,675	0,011	1,610	0,694	0,655	10
Caña 5	0,614	0,028	4,572	0,656	0,574	10
Valor promedio de las tres secciones						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo (g/cm ³)	Valor Mínimo (g/cm ³)	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,589	0,028	4,683	0,636	0,541	30
Caña 2	0,592	0,046	7,698	0,678	0,478	30
Caña 3	0,688	0,036	5,186	0,748	0,594	30
Caña 4	0,617	0,062	10,028	0,694	0,493	30
Caña 5	0,580	0,045	7,756	0,669	0,475	30

En la tabla 7, se presentan los valores promedios de densidad por sección, obtenidos en la condición de humedad seca al horno.

TABLA 7. Densidad promedio por sección en condición de humedad seca al horno (g/cm³). Fuente: Elaboración propia.

Sección	Promedio (g/cm ³)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Número de Probetas (n)
Basal	0,572	0,036	6,279	10
Media	0,617	0,022	3,516	10
Apical	0,650	0,018	2,815	10

En la figura 1, se muestran los valores obtenidos de los ensayos de la propiedad física de densidad en condición de humedad verde, seca al aire y seca al horno, en función a los valores promedios para cada una de las cañas (tallos) evaluadas de la especie *Guadua angustifolia* Kunth. En la figura 1, se puede observar que la densidad de esta especie, en sus diferentes condiciones de humedad, aumenta desde la base hasta el área apical. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por un diverso número de autores, quienes afirman que la densidad del bambú aumenta desde la base hasta el tramo superior del culmo. Esto se debe a que la densidad de las fibras es mucho mayor en la parte superior del tallo que en la parte inferior, y son las fibras quienes aportan la mayor parte de la masa del material. Como el espesor de la pared y el diámetro del culmo se reducen a medida que aumenta la altura del tallo, el volumen también disminuye; y como parece ser que el número de fibras continúa siendo el mismo, el peso del material no se ve reducido en la misma proporción que su volumen, por lo que la densidad (relación peso a volumen) del material aumenta en la parte superior del culmo (Gutiérrez, 2011).



DV b = densidad verde basal; DV m = densidad verde media; DV a = densidad verde apical; DSA b = densidad seca al aire basal; DSA m = densidad seca al aire media; DSA a = densidad seca al aire apical; DSH b = densidad seca al horno basal; DSH m = densidad seca al horno media; DSH a = densidad seca al horno apical.

FIGURA 1. Densidad en condición de humedad verde, seca al aire y seca al horno, para las cañas (tallos) de *Guadua angustifolia* Kunth. Fuente: Elaboración propia.

En este contexto, de acuerdo a los resultados obtenidos de las probetas ensayadas para la especie *Guadua angustifolia* Kunth, se determinó que la densidad promedio en condición de humedad verde en la sección basal fue de 1,115 g/cm³, con una desviación estándar de 0,025 y un coeficiente de variación de 2,20%. Esta densidad corresponde a un contenido de humedad promedio de 123,89%. Para la sección media fue de 1,132 g/cm³, con una desviación estándar de 0,016 y un coeficiente de variación de 1,38% a un contenido de humedad promedio de 100,07%. Para la sección apical fue de 1,144 g/cm³, con una desviación estándar

de 0,014 y un coeficiente de variación de 1,19% y un contenido de humedad promedio de 106,66%.

En cuanto a los valores promedios obtenidos para la densidad en condición de humedad seca al aire en la sección basal fue de 0,615 g/cm³, con una desviación estándar de 0,052 y un coeficiente de variación de 8,51% a un contenido de humedad promedio de 14,05%. Para la sección media fue de 0,651 g/cm³, con una desviación estándar de 0,024 y un coeficiente de variación de 3,40% a un contenido de humedad promedio de 13,70%. Para la sección apical fue de 0,686 g/cm³, con una desviación estándar de 0,018 y un coeficiente de variación de 2,61% al contenido de humedad promedio de 13,48%.

Finalmente, para la densidad en condición de humedad seca al horno los valores promedios obtenidos en la sección basal fueron de 0,572 g/cm³, con una desviación estándar de 0,036 y un coeficiente de variación de 6,27%.; para la sección media fue de 0,617 g/cm³, con una desviación estándar de 0,022 y un coeficiente de variación de 3,51% y en la sección apical fue de 0,650 g/cm³, con una desviación estándar de 0,018 y un coeficiente de variación de 2,81%.

Por su parte, Brand, Ruiz y Lozano (2015), reportaron valores obtenidos en cuanto a la densidad de la *Guadua angustifolia* Kunth en cepa: 719,7 kg/m³ (0,719 g/cm³) con una desviación estándar de 49,44 y un coeficiente de variación de 6,9%; basa: 774,6 kg/m³ (0,774 g/cm³) con una desviación estándar de 49,77 y un coeficiente de variación de 6,4%; y en sobre basa: 690,8 kg/m³ (0,690 g/cm³) con una desviación estándar de 23,60 y un coeficiente de variación de 3,4%.

Gutiérrez (2011), en un estudio sobre el factor de corrección por contenido de humedad para la resistencia a tensión paralela a la fibra de la *Guadua angustifolia* Kunth presente en la región de Cundinamarca, obtuvo valores promedios de densidades para esta especie en cepa: 0,510 g/cm³ y en basa: 0,644 g/cm³.

Galvis y Rodríguez (2007), en la investigación tratamiento físico-químico a la Guadua (bambusa guadua) para la producción de baldosas por el método de

laminado pegado, determinaron que los resultados obtenidos en las probetas ensayadas de guadua de la base son menores que para la parte media y alta, coincidiendo con los resultados de esta investigación.

Por otra parte, Trejo *et al.* (2020) reportaron valores promedios de densidad de los tallos de ***Guadua angustifolia*** Kunth en condición verde: 1021 kg/m³ (1,021 g/cm³) con 164,96% de CH; condición seca al aire de 510 kg/m³ (0,510 g/cm³) con 14,649 % CH y densidad seca al horno de 476 kg/m³ (0,476 g/cm³).

De igual forma Moreno *et al.* (2010), encontraron valores promedios de densidad de los tallos de ***Guadua angustifolia*** Kunth en condición verde de 924 kg/m³ (0,924 g/cm³) a un contenido de humedad de 83%; 794 kg/m³ (0,794 g/cm³) para la condición seca al aire al 12% de contenido de humedad y 767 kg/m³ (0,767 g/cm³) para la condición seca al horno.

Carpio y Vásquez (2016), presentaron valores promedios de densidad de 733,7 kg/m³ (0,733 g/cm³) y 655,8 kg/m³ (0,655 g/cm³) en probetas de ***Guadua angustifolia*** Kunth de 4 y 5 años respectivamente, en el trabajo de investigación características físicas y mecánicas del bambú para fines estructurales.

Moreno y Cendales (2018) en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la ***Guadua angustifolia*** Kunth originaria de Armenia Quindio, obtuvieron valores de densidad promedio de 607,651 Kg/m³ (0,607 g/cm³), con una desviación estándar de 142,36 y un coeficiente de variación de 23,4%

En este sentido, Correal y Arbeláez (2010) citado por (Brand, Ruiz y Lozano, 2015) afirman que la densidad de la ***Guadua angustifolia*** Kunth está entre el rango de 600 y 900 kg/m³, (0,600 y 0,900 g/cm³), lo cual es coherente con los resultados obtenidos en esta investigación.

3.4. PESO ESPECÍFICO BÁSICO

En la tabla 8, se presenta los resultados obtenidos en cuanto a la propiedad física de peso específico básico.

TABLA 8. Peso específico básico, para las secciones basal, media y apical de la especie *Guadua angustifolia* Kunth, proveniente del Sector Palma Sola, Asentamiento Campesino Ticoporo, Municipio Autónomo Antonio José de Sucre, Estado Barinas. Fuente: Elaboración propia.

124

Propiedad Física						
Peso específico básico						
Sección Basal						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo	Valor Mínimo	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,491	0,009	1,922	0,508	0,476	10
Caña 2	0,490	0,033	6,838	0,561	0,435	10
Caña 3	0,579	0,038	6,607	0,644	0,516	10
Caña 4	0,481	0,031	6,403	0,551	0,438	10
Caña 5	0,469	0,045	9,573	0,589	0,428	10
Sección Media						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo	Valor Mínimo	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,505	0,012	2,316	0,525	0,486	10
Caña 2	0,525	0,017	3,236	0,555	0,499	10
Caña 3	0,579	0,020	3,375	0,625	0,546	10
Caña 4	0,546	0,020	3,598	0,579	0,519	10
Caña 5	0,484	0,024	4,931	0,526	0,447	10
Sección Apical						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo	Valor Mínimo	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,535	0,013	2,445	0,553	0,512	10
Caña 2	0,549	0,016	2,849	0,569	0,526	10
Caña 3	0,609	0,018	2,997	0,639	0,582	10
Caña 4	0,580	0,008	1,373	0,588	0,565	10
Caña 5	0,505	0,018	3,619	0,538	0,481	10

Continuación tabla 8...

Valor promedio de las tres secciones						
Parámetros Estadísticos						
Caña	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Valor Máximo	Valor Mínimo	Número de Probetas (n)
Caña 1	0,511	0,022	4,256	0,553	0,476	30
Caña 2	0,521	0,033	6,423	0,569	0,435	30
Caña 3	0,589	0,030	5,046	0,644	0,516	30
Caña 4	0,536	0,047	8,723	0,588	0,438	30
Caña 5	0,486	0,034	6,949	0,589	0,428	30

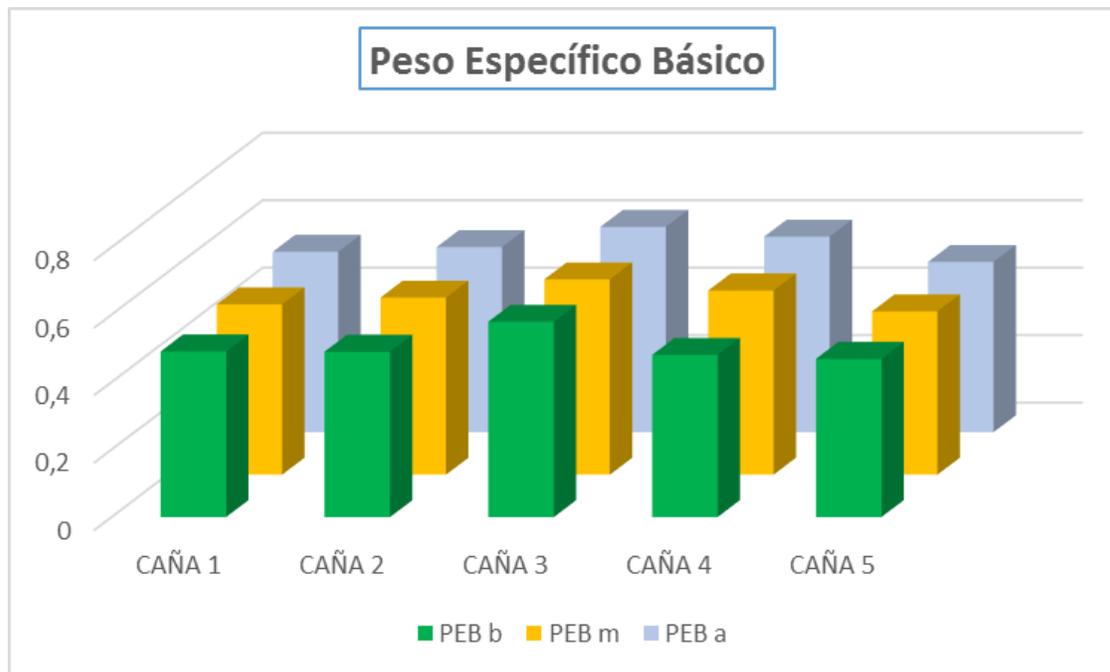
125

En la tabla 9, se presentan los valores promedios obtenidos de peso específico básico por sección de la especie *Guadua angustifolia* Kunth.

TABLA 9. Peso específico básico promedio por sección. Fuente: Elaboración propia.

Sección	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación (%)	Número de Probetas (n)
Basal	0,502	0,031	6,269	10
Media	0,528	0,019	3,491	10
Apical	0,556	0,015	2,657	10

En la figura 2, se presentan los valores obtenidos en los ensayos para la propiedad física de peso específico básico, en función a los valores promedios para cada una de las cañas (tallos) evaluadas de la especie *Guadua angustifolia* Kunth.



PEB b = peso específico básico basal; PEB m = peso específico básico media; PEB a = peso específico básico apical.

FIGURA 2. Peso específico básico para las cañas (tallos) de *Guadua angustifolia* Kunth. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2, se puede observar que el peso específico básico de la *Guadua angustifolia* Kunth en sus diferentes secciones, aumenta desde la sección basal hasta la sección apical. Estos resultados coinciden con la afirmación de varios autores, los cuales relacionan esta característica, también llamada gravedad específica, con la estructura anatómica, la cantidad y distribución de fibras de todos los haces vasculares, diámetro del culmo y la pared celular. El rango de valores de este parámetro oscila entre 0,5 – 0,9 gr/cm³. En la estructura del culmo, este valor aumenta desde la capa más interna hacia la parte periférica, y de la base hasta el tope, debido al incremento del porcentaje de fibra. Es decir, la superficie externa y la copa son las partes más resistentes del culmo (Morales, 2010).

En cuanto a los valores promedios obtenidos para el peso específico básico de la *Guadua angustifolia* Kunth en la sección basal fue de $0,502 \text{ g/cm}^3$, con una desviación estándar de 0,031 y un coeficiente de variación de 6,26%; para la sección media fue de $0,528 \text{ g/cm}^3$, con una desviación estándar de 0,019 y un coeficiente de variación de 3,49% y en la sección apical fue de $0,556 \text{ g/cm}^3$, con una desviación estándar de 0,015 y un coeficiente de variación de 2,65%.

El valor del peso específico básico promedio de las tres secciones de los tallos de *Guadua angustifolia* Kunth fue de $0,529 \text{ g/cm}^3$, con una desviación estándar de 0,033 y un coeficiente de variación de 6,27%, el cual puede ser considerado de media a baja densidad, conforme a la clasificación presentada por Méndez *et al.*, (2001). En este sentido, la misma es una especie no maderable con mejor densidad en comparación con la madera de Pino con densidad media de $0,450 \text{ g/cm}^3$ (Trianoski *et al.*, 2013).

De acuerdo a los resultados obtenidos la especie *Guadua angustifolia* Kunth puede ser utilizada como elemento constructivo alternativo de viviendas (columnas, cerchas, vigas, pisos, techos, paredes), así como también, para escaleras, pasamanos puertas, ventanas, camas, cunas, literas, sillas, muebles, mecedoras, mesas, bancas, escritorios, bibliotecas, escaparates, closets, persianas, marcos de espejos, lámparas, floreros, materos, cajones, cestas, envases para alimentos, bandejas, vasos, tasas, juguetes, instrumentos musicales, porta lápices, palillos, cercas, jaulas, bebederos de agua, pulpa para papel, tableros de partículas, entre otros.

Es importante destacar, que la especie *Guadua angustifolia* Kunth es una especie versátil y muy prometedora, que debe ser incorporada en los planes de establecimiento de plantaciones a nivel nacional, ya que es de rápido crecimiento y a corto plazo, puede ser aprovechada e incorporada como materia prima para una cantidad de usos.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La especie *Guadua angustifolia* Kunth, proveniente del sector Palma Sola, asentamiento campesino Ticoporo, municipio Autónomo Antonio José de Sucre, estado Barinas, Venezuela, arrojó los siguientes resultados en valores promedios provenientes de la evaluación de cinco cañas (tallos) en sus tres estratos (basal, media y apical) para la densidad en condición verde $1,130 \text{ g/cm}^3$ al 110,21 % de contenido de humedad, para la densidad en condición seca al aire $0,683 \text{ g/cm}^3$ al 13,75 % de contenido de humedad, para la densidad en condición seca al horno $0,613 \text{ g/cm}^3$; y para el peso específico básico 0,529.

De acuerdo a los valores obtenidos podemos inferir que las cañas de *Guadua angustifolia* Kunth en longitudes no mayores de cuatro metros procedentes de la sección basal, son las recomendadas para ser utilizadas como elementos estructurales al momento de que se requieran ser utilizadas para la construcción de edificaciones. Lo antes señalado, no significa que el resto de la caña en la sección media y apical no tiene utilidad, al contrario, estas secciones deberían ser utilizadas en otras áreas de la construcción donde no sean sometidas a grandes esfuerzos.

De las investigaciones realizadas se ha podido concluir que las propiedades físicas del bambú guadua varían considerablemente con respecto a la altura o el espesor de la pared. Esto se debe a los cambios considerables en la densidad de fibras y el peso específico que presenta el material (Gutiérrez, 2011).

La comparación de la *Guadua angustifolia* Kunth con algunas especies de madera como el pino radiata, indican que la guadua puede considerarse dentro del rango de maderas densas. Su densidad es un buen indicador de su rigidez, parámetro de mayor importancia en el dimensionamiento y diseño de elementos estructurales (López y Correal, 2009).

Los resultados obtenidos permiten inferir que la *Guadua angustifolia* Kunth puede ser utilizada en una diversidad de usos para la construcción en general.

Los valores promedios anteriormente señalados son el producto de la evaluación de las cinco cañas (tallos) en sus tres secciones (basal, media y apical), por ende, el comportamiento en las propiedades físicas de densidad y peso específico básico, no presentan un patrón y comportamiento definido; por lo cual, es de gran importancia seguir realizando estudios con esta valiosa especie para ser utilizada como elemento constructivo alternativo amigable con el ambiente.

5. AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio Nacional de Productos Forestales; al Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo; a COREBAMBÚ, por la donación de los tallos de *Guadua angustifolia* que se utilizaron en esta investigación; A las Ingenieras Forestales Miriam Ramírez y Gisela Fernández, por su valiosa colaboración en la presente investigación.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AÑAZCO, M., y S. ROJAS.** 2015. Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie *Guadua angustifolia*. Red Internacional de Bambú y Ratán, INBAR.
- BARRETO, W.** 2018. Entrepisos en bambú y concreto. Universidad La Gran Colombia, Facultad de Arquitectura. Proyecto de investigación resultado la convocatoria interna 5 de 2016 hecha por la Dirección de investigaciones de la Universidad La Gran Colombia. Del 25 de noviembre de 2016 al 11 de noviembre de 2017. Titulado *Sistema de entepiso en esterilla contra laminada de guadua y concreto para vivienda de bajo costo en Colombia*. Con el apoyo del proyecto Laboratorio de arquitectura en tierra y madera, de la Facultad de Arquitectura.
- BHARDWAJ, S., y R. KUMAR.** 2014. An alternative to steel: Bamboo-A review (New Advances). *Journal of Engineering Computers & Applied Sciences* 3(10): 2319–5606.

- BRAND, R., D., RUIZ, y N. LOZANO.** 2015. *Caracterización física y mecánica de la guadua rolliza de la especie angustifolia Kunth mediante procesamiento digital de imágenes* (Tesis de Pregrado). Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería Civil, Bogotá, Colombia.
- CARPIO, P., y J. VÁSQUEZ.** 2016. *Características físicas y mecánicas del bambú para fines estructurales* (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Trujillo, Perú.
- DE FLANDES, K., y R. ROVERS.** 2009. One laminated bamboo-frame house per hectare per year. *Construction and Building Materials* 23(1): 210-218.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN.** 1976. Testing of wood; determination of density. German National Standard. DIN 52182. 3p.
- DURÁN, J.** 1995. *Manual de experimentos para física de la madera.* (Trabajo de Ascenso). Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Ingeniería Forestal, Departamento de Ingeniería, Mérida, Venezuela.
- ESTEFAN, S.** 2016. Caracterización de las propiedades físico-mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth del municipio de Oiba, Santander (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes, Maestría en Construcción, Bogotá, Colombia.
- FAO.** 2010. Global Forest Resources Assessment 2010.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA.** 1990. *La Guadua: Un regalo de la naturaleza.* Boletín No. 72 (ago. 1990). Bogotá, Colombia.
- FERNÁNDEZ, A.** 2022. Estudio del bambú y su uso en la construcción. Caracterización mecánica (Tesis Doctoral). Universidad de Granada, E.T.S. de Ingeniería de Edificación, Programa de Doctorado en Ingeniería Civil, Granada, España.
- GALVIS, P., y S. RODRÍGUEZ.** 2007. *Tratamiento físico-químico a la Guadua (bambusa guadua) para la producción de baldosas por el método de laminado pegado* (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias, Escuela de Química, Bucaramanga, Colombia.
- GIRALDO, E., y A. SABOGAL.** 1999. *La Guadua angustifolia* Kunth en Colombia. Nota Técnica N° 5. Corporación Autónoma Regional del Quindío, Córdoba – Quindío – Colombia.
- GÓMEZ, L., y W. DÍAZ.** 2017. *Unión metálica para estructuras en guadua* (Tesis de Pregrado). Universidad La Gran Colombia, Facultad de Arquitectura, Tecnología en Construcciones Arquitectónicas, Bogotá, Colombia.
- GONZÁLEZ, L.** 2001. Uso del bambú en el concreto reforzado Palmira, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia.

- GUERRA, A., y J. LOZANO.** 2020. Comportamiento a flexión de vigas de madera reutilizada unida con bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) para uso estructural. *Revista Ciencia* 22(1): 11-33.
- GUTIÉRREZ, M.** 2011. *Factor de corrección por contenido de humedad para la resistencia a tensión paralela a la fibra de la Guadua angustifolia* Kunth (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Maestría en Ingeniería – estructuras, Bogotá, Colombia.
- GUTIÉRREZ, M., y C. TAKEUCHI.** 2014. Efecto del contenido de humedad en la resistencia a tensión paralela a la fibra del bambú *Guadua angustifolia* Kunth. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. En línea: <http://200.21.217.140/index.php/revistaciencia/article/view/9117> [Consultado: 23/11/2021].
- HARISON, A., A. AGRAWAL, A. IMAM y A. HARISON.** 2017. Bamboo as an alternative to steel for green construction towards low cost housing. *Journal of Environmental Nanotechnology* 6(2): 100–104.
- HENAO, E., y J. RODRÍGUEZ.** 2011. Cambios en las propiedades físico-mecánicas de culmos de *Guadua angustifolia* como indicadores del estado de madurez. *Recursos Naturales y Ambiente* (61): 26-31.
- HOHEISEL, H.** 1968. *Estipulaciones para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera*. Instituto Forestal Latinoamericano. Mérida, Venezuela.
- KOLLMANN, F.** 1959. *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera. Madrid, España.
- LAESTADIUS, L., S. MAGINNIS, S. MINNEMEYER, P. POTAPOY, C. SAINT-LAURENT y N. SIZER.** 2011. Mapping opportunities for forest landscape restoration. *Unasylva* 62(2): 47-48.
- LÓPEZ, L., y J. CORREAL.** 2009. Estudio exploratorio de los laminados de bambú *Guadua angustifolia* como material estructural. *Maderas. Ciencia y Tecnología* 11(3): 171-182.
- MÁRQUEZ, L., D. MARÍN, O. ROJAS y C. RUÍZ, C.** 2012. Inventario florístico de bambusoideas que crecen naturalmente o son cultivadas en cinco municipios del estado Yaracuy (Venezuela). *Ernstia* 22(2): 101-116.
- MENDES, L., J. SILVA, P. TRUGILHO y J. LIMA.** 2001. Densidade da madeira de *Pinus oocarpa* Schiede no sentido longitudinal dos caules. *Cerne* 5(1): 105-111.
- MONTANER, J.** 2002. *Las formas do siglo XX*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, España.
- MONTOYA, P.** 2008. *Fundamentos prácticos del secado de Guadua – Bambú*. Proyecto de la energía solar para el secado industrial de la *Guadua angustifolia*. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia.

- MORALES, C. 2010.** *Validación de parámetros para la fabricación de productos derivados del bambú, especie Guadua angustifolia Kunth, como elementos estructurales, mediante la aplicación de diseño de experimentos* (Tesis de Pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil, Ecuador.
- MORENO, J., y M. CENDALES.** 2018. *Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua angustifolia Kunth originaria de Armenia Quindio* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil. Bogotá Colombia.
- MORENO, P., D. GARAY, J. DURÁN, S. VALERO y S. TREJO.** 2010. Utilización de tallos de Guadua angustifolia en la fabricación de tableros de partículas. *Forest Systems* 19(2): 241-248.
- OLARTE, A.** 2012. *Diseño de conexiones en elementos estructurales de bambú - Guadua laminada pegada prensada para un proyecto de vivienda.* Bogotá, Colombia.
- PARDO, S., F. BAEZ y N. CASTELLANOS,** 2016. Connections between a column and its foundation for *Guadua angustifolia* structures under lateral loads. *Key Engineering Materials* 668: 227–237.
- PAUCAR, S., y N. TRILLO,** 2020. El bambú, su aplicación como material sostenible en la construcción y productos alternativos en selva central. *Revista Bambucyt* 3: 31-34.
- RAMOS, L., y M. TORRES.** 2018. *Revisión de la literatura para hallar los factores determinantes en la producción y uso de la guadua* (Tesis de Pregrado). Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial. Bogotá, Colombia.
- RODRÍGUEZ, J., C. ABANTO, M. FLORES, K. RODRÍGUEZ, D. W. DEL CASTILLO, GUERRA, D. GARCÍA, H. GUERRA y J. REVILLA,** 2023. Propiedades físicas y mecánicas de *Guadua lynncarkiae*, *Guadua weberbaueri* y *Guadua superba* en Ucayali, Perú. *Ciencia Florestal*, 33(1): 1-23.
- RODRÍGUEZ, R.** 2017. *El bambú como refuerzo en materiales compuestos para la construcción.* Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Facultad de Construcciones, Departamento de Ingeniería Civil. Santa Clara, Cuba.
- ROJAS, J.** 2013. *Análisis de las propiedades mecánicas de la Guadua angustifolia mediante técnicas estadísticas y redes neuronales* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Bogotá, Colombia.
- RUGGIERO, M.** 2015. *O bambu e a construção da arquitetura contemporânea: um olhar às obras no Brasil.* Dissertação de Mestrado. São Paulo. FAU--USP, Brasil.
- SALINAS, L., y F. MOROCHO.** 2020. Proyecto ChildrenBambooRainforest (CBR): el bambú como alternativa para la conservación y reforestación. *Revista Bambucyt* 3: 45-48.

- SAPUYES, E., J. OSORIO, C. TAKEUCHI, M. DUARTE y W. ERAZO.** 2018. Resistencia y elasticidad a la flexión de la *Guadua angustifolia* Kunth de Pitalito, Huila. *Revista de Investigación* 11(1): 97-111.
- TORO, A., D. TORRADO, M. ARENA, A. CHINCHILLA, M. DE LA ROSA, J. HOYOS, y B. VELÁSQUEZ,** 2023. *Guadua (Guadua angustifolia)* material de innovación para el diseño. En línea: <https://formacionestrategica.com/index.php/foes/article/view/104> [Consultado: 23/11/2021].
- TORRES, B., M. SEGARRA, y L. BRAGANÇA.** 2019. El bambú como alternativa de construcción sostenible. *Extensionismo Innovación y Transferencia Tecnológica* 5: 389-400.
- TREJO, S., S. VALERO, P. MORENO, J. DURÁN y D. GARAY.** 2020. Factibilidad de uso de la *Guadua (Guadua angustifolia)* provenientes de los llanos occidentales de Venezuela, en la fabricación de tableros de lana de madera y cemento para la construcción. *Revista Ciencia e Ingeniería* 41(1): 91-98.
- TRIANOSKI, R., J. MATOS, S. IWAKIRI y J. PRATA.** 2013. Avaliação da estabilidade dimensional de espécies de pinus. *Floresta e Ambiente* 20(3): 398-406.
- VILLEGAS, M.** 2003. *Guadua Arquitectura y Diseño*. Villegas Editores.
- XIAO, Y.** 2016. *Engineered Bamboo*. College of Civil Engineering, Nanjing Tech University. Nanjing, China.
- YACHI, K.** 2020. La cadena de valor del bambú: Una mirada a la construcción. *Revista Bambucyt* 3: 19-22.

ARTÍCULO 003

**ECODISEÑO EN LA ELABORACIÓN
DE ELEMENTOS PREFABRICADOS
PARA ENTREPISOS Y TECHOS A
PARTIR DE BOTELLAS DE
POLIETILENO TEREFTALATO (PET)
Y MORTERO DE CEMENTO**

**Pedro José Montilla Moreno
Anmary C. Fernández Araujo
Jonder Torres
Wilver Contreras Miranda**

Artículo 003

ECODISEÑO EN LA ELABORACIÓN DE ELEMENTOS PREFABRICADOS PARA ENTREPISOS Y TECHOS A PARTIR DE BOTELLAS DE POLIETILENO TEREFTALATO (PET) Y MORTERO DE CEMENTO

*Ecodesign in the production of prefabricated elements for mezzanines
and ceilings from Polyethylene Terephthalate (PET)
bottles and cement mortar*

134

**Pedro José Montilla Moreno¹; Anmary C. Fernández Araujo²;
Jonder Torres³; Wilver Contreras Miranda⁴**

1. Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil, Departamento de Estructuras. E-mail: pedro.montillaula@gmail.com. ORCID: 0000-0002-4173-0806.
2. Investigadora. Ejercicio libre Ingeniero Civil. Egresado de la Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil, Departamento de Estructuras. E-mail: anmaryfernandezaraujo@gmail.com
3. Ingeniero Civil. Egresado de la Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil, Departamento de Estructuras.
4. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño. Mérida, Venezuela. E-mail: wilvercontrerasmiranda@gmail.com. ORCID: ORCID: 0000-0002-6407-5744.

Recibido: 13/07/22. **Aceptado:** 24/05/23

RESUMEN

En los últimos años hasta la actualidad, la gravedad de los problemas ambientales se ha hecho notable a nivel mundial. La industria de la construcción se enfrenta a un reto fundamental que será el de proponer nuevas alternativas constructivas que generen un impacto ambiental menor y más favorable para nuestro medio ambiente. De allí que, el presente trabajo propone la realización de un nuevo material constructivo para la elaboración de entresijos y techos, capaz de sustituir al bloque, tradicional o tabelón, o al tabique tradicional empleado para estos sistemas constructivos. En virtud del planteamiento anterior, surge la necesidad de determinar el comportamiento y la factibilidad del plástico como material reciclable y reutilizable para la elaboración de elementos prefabricados para la construcción de (bloques y tabelones) a través del manejo y reutilización de botellas de Polietileno Tereftalato (PET) de diferentes diámetros y formas, aglutinadas con mezclas de cemento; que

proporcionarán las características de resistencia, uso y calidad requeridas al utilizar los elementos y materiales tradicionales. En este sentido, se propone una solución ecológica para este tipo de material plástico, ya que, luego de su uso se transforman en desechos altamente contaminantes, motivo por el cual, este estudio proporciona usos alternos para su disposición final. Finalmente, como parte del análisis de sostenibilidad de las propuestas de los elementos prefabricados que resulten más favorables desde el punto de vista de capacidad y competencia resistente, se realizó un análisis del ciclo de vida (ACV) de las unidades prefabricadas en el marco del Ecodiseño, su sostenibilidad y, por ende, su viabilidad y justificación ecológica para su uso en la industria de la construcción.

Palabras clave: Desarrollo Sostenible, Arquitectura Sostenible, resistencia de materiales, bloques prefabricados.

SUMMARY

In recent years the severity of the environmental crisis has become remarkable worldwide. The construction industry faces the fundamental challenge of proposing new constructive alternatives that cause a smaller environmental impact and at the same time help to alleviate the damage already caused. Thus, this work proposes a new material to produce building blocks able to substitute the traditional blocks used to construct roofs and floors. Under the previous approach, there is a need to determine the behavior and feasibility of the new material: recyclable and reusable plastic, for the elaboration of prefabricated elements for the construction of blocks and mezzanine slabs, through the proper handling of PET bottles (polyethylene terephthalate) of different diameters and shapes, bound with cement mixtures; which will provide the same characteristics of resistance and quality when compared to traditional elements and materials. In this sense, an ecological solution is proposed for this type of plastic material, since, after its use becomes a highly polluting waste, for this reason the purpose of this study is to provide an alternative solution for its final disposal. Finally, as part of the sustainability analysis of the proposals for prefabricated elements that are most favorable from the point of view of capacity and resistant competence, a life cycle analysis (LCA) of the prefabricated units was carried out within the framework of Ecodesign, its sustainability and, therefore, its viability and ecological justification for its use in the construction industry.

Key words: Sustainable Development, Sustainable Architecture, resistance of materials, prefabricated blocks.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe la tendencia mundial a desarrollar proyectos e iniciativas amigables con el medio ambiente, en gran parte debido a los materiales que se utilizan en el sector de la construcción y por la cantidad de desechos que este genera, para evitar el uso indiscriminado, es necesario promover el desarrollo de nuevos materiales y métodos constructivos que sean más generosos con el medio ambiente. Con el fin de disminuir el impacto ambiental y producir materiales más sostenibles se toma el uso del reciclaje como una solución al problema de eliminación o tratamiento de los materiales, permitiendo así la reutilización de algunos elementos como el papel, cartón, vidrio, plásticos, entre otros, que de otra manera terminarían como desechos. Con estas iniciativas se busca que dichos materiales se combinen con los materiales de construcción, al igual que el aprovechamiento de otros de origen orgánico como el fique, derivado de la planta de sisal, y que tienen propiedades que han mostrado favorecer el comportamiento de algunos materiales convencionales de construcción.

En lo que respecta a los envases de plásticos usados en la industria, están compuestos por materiales poliméricos no degradables, que generan un alto nivel de contaminación después de su consumo. Por este motivo, existe la necesidad de intentar reciclar con eficacia aquellos materiales de desecho contaminantes y así contribuir a detener o intentar limitar el proceso de contaminación que éstos generan. Según sus características y composición física, los materiales de desecho o residuo plástico normalmente tardan cientos de años en degradarse por sí mismos y el tratamiento final que reciben para acelerar su descomposición no es el más adecuado, ya que terminan en relleno sanitarios, basureros o sufren procesos de incineración, además de ser botados sin control en carreteras, terrenos, fuentes de agua, ríos y mares.

De esta manera, el punto de partida del presente proyecto de investigación es la reutilización de botellas de Polietileno Tereftalato (PET) como elemento alternativo para la fabricación de elementos de construcción y con ello,

contribuir a minimizar el impacto que generan los desechos plásticos industriales, domésticos y de consumo masivo en el medio ambiente.

Adicionalmente, se han utilizado materiales de origen orgánico como el fique, la ventaja de este tipo de fibra reside en su estructura porosa, elasticidad, absorción, aislamiento térmico, por lo que apropiadamente tratada elimina impurezas, destacando así su resistencia al desgaste.

De ahí que, el presente trabajo se ha propuesto desarrollar materiales constructivos ecoinnovadores y alternativos a los tradicionales empleados en la elaboración de entresijos y techos, a partir de la reutilización de envases plásticos tipo PET (Polietileno Tereftalato), mediante su incorporación a mezclas de mortero convencionales para que, una vez demostradas sus propiedades mecánicas, puedan ser utilizadas en obras o elementos que permitan obtener beneficios económicos, sociales y ambientales. Convirtiéndose en una iniciativa que ayuda a la conservación del planeta a través del Ecodiseño, el cual consiste en un proceso de diseño y ecoinnovación que permite proponer la creación de un producto artesanal, semi industrial o industrial que reemplace el material tradicional (bloques y tabelones) con la fabricación de materiales alternativos devenidos del proceso de reutilización, que les sustituyan cumpliendo igual o mejor funcionalidad. Así mismo se realizó el análisis de ciclo de vida a través del método ACV-Coclowen y, el análisis de las propiedades mecánicas y físicas de la combinación del mortero con material reutilizado (botellas de Polietileno Tereftalato-PET), con la finalidad de que la estructura sea resistente, económica y sostenible ambientalmente, al reutilizarlas como materia prima en nuevos productos; logrando así reducir la alta demanda en la extracción las mismas que tanto daño hace al ecosistema y mejorar la calidad de vida de los habitantes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El fundamento de la presente trabajo está centrado en desarrollar materiales constructivos ecoinnovadores y alternativos a los tradicionales empleados en la elaboración de entresijos y techos, a partir de la reutilización de botellas de plásticos tipo PET (Polietileno Tereftalato) y PEAD (polietileno de alta densidad), mediante su incorporación a mezclas de mortero convencionales para que, una vez demostradas sus propiedades mecánicas, puedan ser utilizadas en obras o elementos que permitan obtener beneficios económicos, sociales y ambientales.

Ha sido un proceso metodológico de Ecodiseño de la propuesta de los nuevos materiales ecoinnovadores concebidos en el Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA:UPV-CEFAP:LNPF (Figura 1) y el equipo de trabajo del presente proyecto, donde se llegó a implementar el proceso de reutilización de envases plásticos de aceite de motor vehicular, el cribado de alternativas mediante el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) a partir del método ACV-Coclowen, la posterior manufactura de la alternativa seleccionada y realización de ensayos mecánicos según las normas internacionales ASTM y nacional Fondonorma, con sus respectivos análisis con propuestas prospectivas de reconocimiento de uso, costos y normativas de implementación.

El diseño más apropiado para la investigación partió de la concepción cuasi experimental, que “es la investigación en donde el científico influye activamente en algo para observar sus consecuencias” (Explorable, 2018).

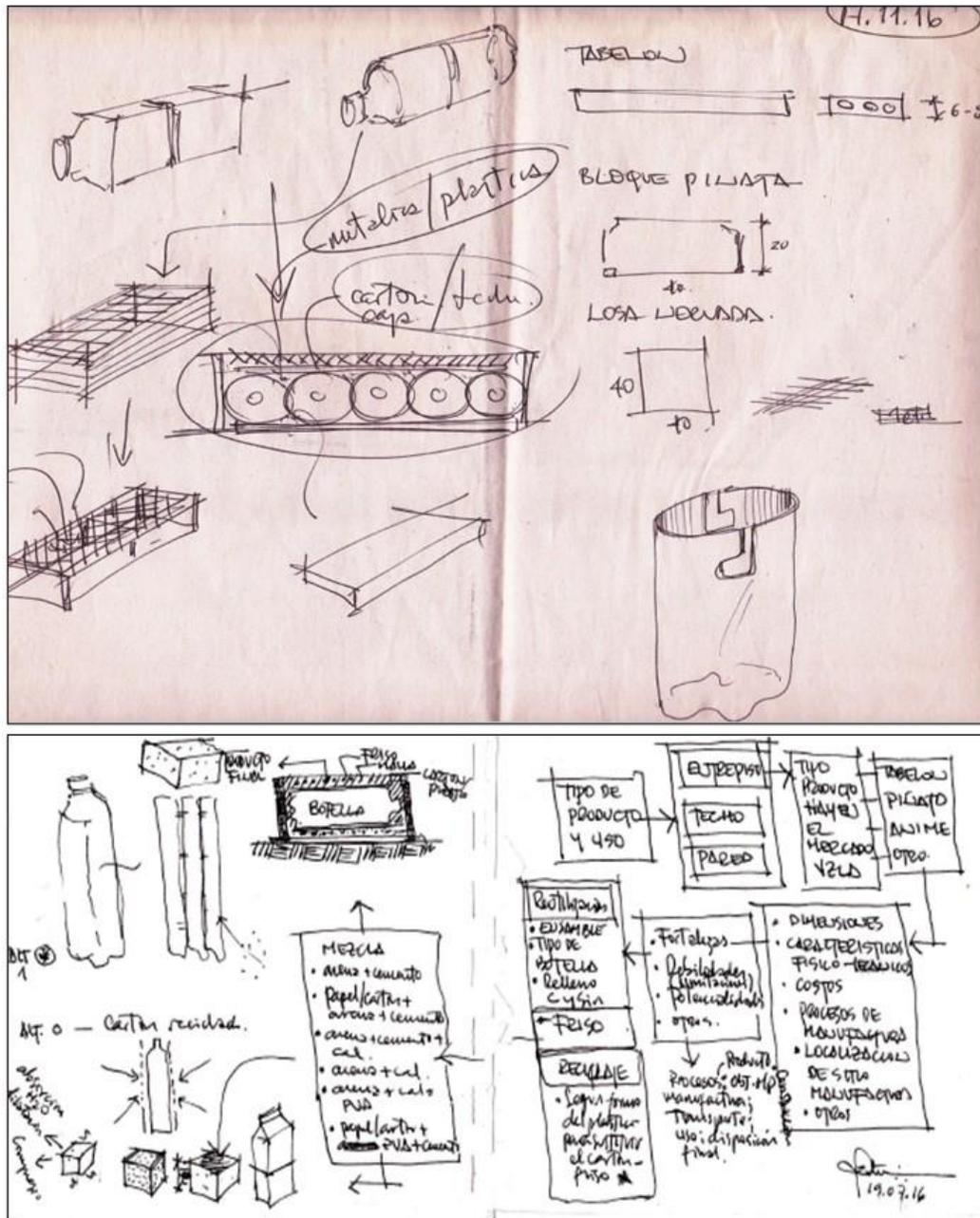


FIGURA 1. Dibujos y procesos conceptuales de reutilización de botellas PET de refresco para la elaboración de los bloques piñata; y similarmente proyectados para el uso de envases de aceite de motor de automóviles en esta investigación. Fuente: Wilver Contreras Miranda.

Según Albert, M. (2006) este tipo de investigación “se lleva a cabo en una situación real en la que una o más variables independientes son manipuladas por el investigador en condiciones controladas, sólo hasta donde lo permita la situación” (p.83). Se presentan entonces algunas variables que pueden quedar no controladas, pero que a su vez pueden influir en la variación de la variable dependiente.

Al respecto, es necesario considerar algunos factores importantes como la viabilidad, el tiempo, el costo, los equipos requeridos, los métodos utilizados y lo que se aspira probar. Atendiendo a estos factores, se ha considerado conveniente en este caso llevar a cabo un estudio piloto, ya que este permite obtener información previa acerca de posibles errores o problemas y, luego mejorar el diseño para la investigación real. Este estudio piloto se desarrolló en base a cuatro modelos:

1. Placas de mortero y fique, de diferentes espesores: 2, 2,5 y 3 cm.
2. Placas de mortero con malla plástica, con espesores de 2, 2,5 y 3 cm.
3. Bloque tipo piñata con 8 botellas/envases de refresco de PET de 2 L.
4. Bloque tipo tabelón con 4 botellas de aceite hidráulico de Polietileno de alta densidad y capacidad de 0,946 L.

No obstante, existe una serie de ensayos previos ya estandarizados y normalizados que sirven de soporte a este ensayo piloto, el cual está referido solo al componente elementos prefabricados (bloques y tabelones) (Figura 1) para entresijos y techos a partir de botellas de polietileno tereftalato (PET) y mortero de cemento. Es la ecoinnovación planteada en el contexto de la reutilización de las botellas plásticas para la elaboración de entresijos y techos, ya que lo tradicional es el empleo de los bloques y tabelones de cemento y arcilla. Por otra parte, según Peña (2011), define por bloques de cemento aquellos elementos prefabricados que se caracterizan por tener un tamaño más grande que el tradicional ladrillo cocido y, en general, son más pesados y menos

aislantes que los ladrillos. Son elementos constructivos con forma de paralelepípedo, al igual que los ladrillos, pero con dimensiones comunes de 10 x 20 x 30 cm de espesor, y 15 x 20 x 30 cm de longitud, siempre huecos, se manejan con las dos manos y se utilizan en la elaboración de paredes y elementos decorativos (Figura 2).

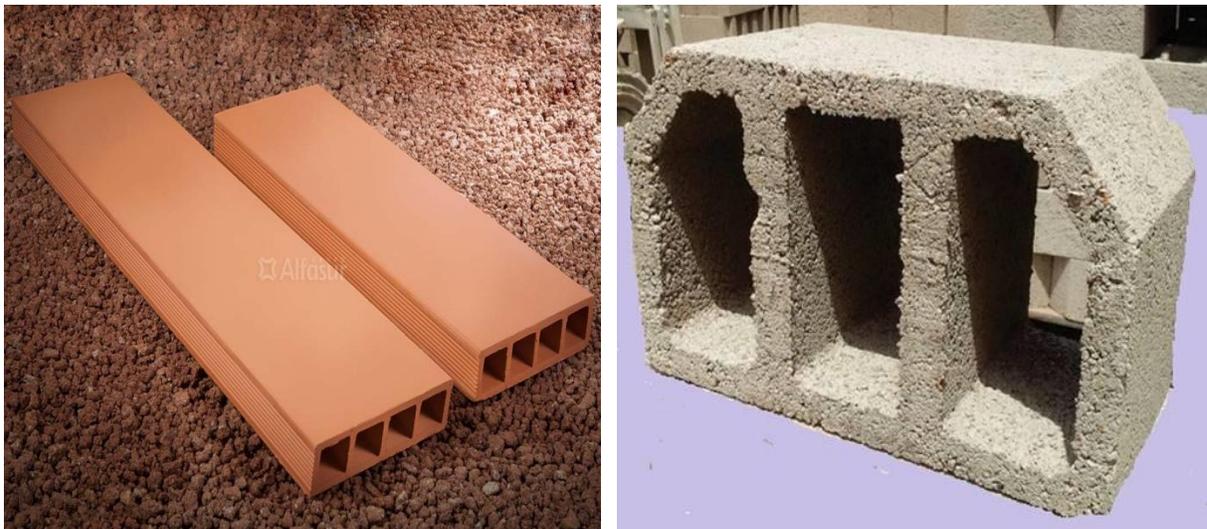


FIGURA 2. Bloque tabelón (izq.) y bloque piñata (der). Fuente: MAPRECA, 2019.

Como se puede apreciar en la figura 2, el bloque tabelón es un insumo constructivo de alma con varios huecos, teniendo dimensiones y diseños muy particulares, siendo generalmente elaborados con arcilla cocida. Comercialmente tienen una longitud de 60 a 80 cm, ancho de 20 y un espesor variable entre 6 y 8 cm. Son muy utilizados en la construcción de entrepisos livianos o techos.

En referencia al origen y desarrollo de los plásticos, estos son originados por un proceso conocido como polimerización, por medio de adición, condensación, o por etapas, es decir, creando grandes estructuras moleculares a partir de moléculas orgánicas. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico a obtener. Algunas de las características de los plásticos son:

- ◆ Fáciles de trabajar y moldear.
- ◆ Poseen baja densidad.
- ◆ Suelen ser impermeables.
- ◆ Buenos aislantes eléctricos.
- ◆ Aceptables aislantes acústicos.
- ◆ Excelentes aislantes térmicos, aunque la mayoría no resisten temperaturas muy elevadas.
- ◆ Resistentes a la corrosión y a muchos factores químicos.
- ◆ Algunos no son biodegradables ni fáciles de reciclar, y si se queman, son muy contaminantes.

No todas estas propiedades se encuentran en todos los plásticos. Los plásticos se clasifican según la **Monómera Base**, en: **A. Plásticos Naturales** que son los polímeros cuyos monómeros son derivados de productos de origen natural con ciertas características como la celulosa, la caseína y el caucho. Los derivados de la celulosa son: el celuloide, el celofán y el cellón. Los derivados del caucho son: la goma y la ebonita; **B. Plásticos Sintéticos**, siendo aquellos que tienen origen en productos elaborados por el hombre, principalmente derivados del petróleo, como lo son las bolsas de polietileno.

Según Garavito (2007), los plásticos se pueden clasificar según su arreglo molecular. **La clasificación de Estructura Molecular y Comportamiento al Calor** se ve altamente afectada por los procesos de fusión y solidificación; siendo éstos dos los que determinan sus propiedades físicas y mecánicas, tal como se muestra en la tabla 1.

TABLA 1. Códigos de identificación de los plásticos atendiendo a su estructura y comportamiento al calor.

ESTRUCTURA	FORMACIÓN	CARACTERÍSTICA	EJEMPLO
Amorfa	Las moléculas no presentan ningún tipo de orden están dispuestas aleatoriamente	<p>Son normalmente transparentes.</p> <p>La fusión se realiza en un intervalo de temperatura, no existe un punto de fusión preciso.</p> <p>A medida que la temperatura aumenta, el material pasa de un estado sólido a uno pastoso, hasta convertirse finalmente en un fluido muy viscoso.</p> <p>En el intervalo de fusión pueden ser manufacturado por inyección extrusión, soplado, etc.</p> <p>Sin carga tiene una contracción en el moldeo de 0,3 % a 0,9 % con carga este valor es menor</p>	<p>PVC</p> <p>PS</p> <p>SAN</p> <p>ABS</p> <p>PMMA</p> <p>PC</p>
Cristalina	Al enfriarse, sus cadenas tienden a enlazarse muy ordenamiento por lo que se produce un empaquetamiento muy ordenado, que se denomina cristalización	<p>Son opacos</p> <p>Poseen un punto característico de fusión</p> <p>El intervalo útil de transformación está limitado a pocos grados centígrados un poco abajo del punto de fusión, está todavía sólido y no se puede moldear y no es prudente superar mucho la temperatura de fusión porque puede intervenir el fenómeno de degradación térmica.</p> <p>Tienen contracción para un polímero no reforzado varía de 1 al 5 %</p>	<p>PE</p> <p>PP</p> <p>POM</p> <p>PA</p> <p>PET</p>

Según el **Tipo de Termoplástico**, cada tipo de termoplástico está asociado a un número que identifica la naturaleza del material y sus usos y aplicaciones específicas, tal y como se indica en la tabla 2.

TABLA 2. Sistema de identificación de termoplásticos y sus aplicaciones. Fuente: Méndez (2012); Hachi (2010).

TIPO DE TERMOPLÁSTICO	CLAVE DECODIFICACIÓN	TIPO DE USO
Polietileno Tereftalato (PET O PETE)	1	Se utiliza para botellas de refresco carbonato y para recipientes de comida
Polietileno de alta densidad (HDPE O PEAD)	2	Empleado en las botellas de leche, detergente, bolsas, entre otros
Poli cloruro de vinilo (PVC)	3	Frecuente en los envases de película fina y envoltura
Polietileno de baja densidad (LDPE)	4	Plástico fuerte, flexible y transparente que se puede encontrar en algunas botellas y bolsas muy diversas (de la compra o para comida congelada, pan etc.)
Polipropileno (PP)	5	Usado para las cajas de botellas, maletas tapas y etiquetas
Poli estireno (PS)	6	Empleado en la producción de vasos y platos de esterefón y artículos moldeados por inyección
Otros	7	Todas las demás resinas y materiales multilaminares. Son utilizados en producciones (defensas de autos postes, etc.)

Por interés de la investigación se cita a Pérez (2012), quién define al **Polietileno Tereftalato (PET) (1)**, como un derivado del petróleo, de la familia de los termoplásticos. Es producido a partir del petróleo crudo, gas y aire. A partir del petróleo crudo se extrae el xileno y se oxida con el aire para dar ácido tereftalico. Éste reacciona con otro petroquímico secundario, el mono etilenglicol, dando lugar al PET, en forma de gránulos, perlas o pellets blanquecinos. Se considera que un kilo de PET está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire. La tabla 3 desarrollada por Palacios (2001), sintetiza las principales propiedades fisicoquímicas del PET (Tabla 3).

TABLA 3. Propiedades fisicoquímicas del PET. Fuente: Palacios (2001).

PROPIEDAD	VALOR	
Coeficiente de Volumen de expansión	De 30 a 60 °C	$1.6 \cdot 10^{-4}$ grados ⁻¹
	De 90 a 190°C	$3.7 \cdot 10^{-4}$ grados ⁻¹
Densidad específica a 25°C	Amorfo	1.335g/cc
	Cristal Orientado	1.390 g/cc
Temperatura de transición vítrea (Tg)	Amorfo	67°C
	Cristalino	81°C
	Cristalino y orientado	125°C
Punto de derretimiento	PET comercial	265°C
	Pet puro	271°C
Absorción de humedad (inmersión en agua a 25°C durante 1 semana)		0.80%
Resistividad	A 25°C	$1 \cdot 10^{18}$ ohmios*cm
	A 150°C	$1 \cdot 10^{13}$ ohmios*cm
Conductividad térmica		$3.36 \cdot 10^{-4}$ cal/(cm*s*°C)

Seguidamente, se definen los más importantes aspectos técnicos del proceso metodológico de la presente investigación:

2.1. Recolección de la información

La recolección de la información se refiere a dos aspectos básicos:

- A. Ensayos previos con los materiales convencionales que se utilizarán, atendiendo a la normativa COVENIN. En este caso, los instrumentos de recolección de datos son las planillas que utiliza regularmente el Laboratorio de Materiales y Ensayos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes, específicas para cada tipo de prueba.

B. Ensayos de elementos prefabricados (bloques y tabelones). Los datos son recogidos en tablas elaboradas al efecto y luego graficados.

La aplicación de estos instrumentos ocurre a través de los diversos ensayos previstos en el estudio piloto. Posteriormente se organizan los registros y mediciones para su correspondiente análisis.

2.2. Métodos de análisis de los datos

Los resultados de los ensayos previos con los materiales a utilizar se analizan considerando su comportamiento promedio y su ajuste a las normas. Los resultados de la prueba piloto de elementos prefabricados (bloques), se estudian a través de un análisis de resistencia.

El proceso de elaboración y aprovechamiento de los elementos prefabricados es examinado con el método Análisis del Ciclo de Vida ACV-Coclowen simplificado, para determinar el impacto que ejercen en el ambiente distintas actividades industriales; como es el caso de la fabricación de este tipo de bloques, y los resultados derivados de dicho proceso, comenzando desde el uso y la reutilización de materiales, hasta los procesos de manufactura y venta del producto. Este método establece una serie de parámetros que valoran los resultados a través de una escala numérica.

2.3. Materiales y métodos para el desarrollo del estudio piloto

Para el desarrollo del estudio piloto ha sido necesario establecer un método de trabajo que permita poner en práctica los supuestos de la presente investigación siguiendo una serie de pasos secuenciados y procedimientos ordenados, los cuales se resumen en la tabla 4 y figura 3.

TABLA 4. Procedimiento metodológico de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

Ensayos previos para medición y análisis de los materiales empleados	Prueba piloto a los elementos prefabricados (bloques y tabelones).
<p>Determinación de las características de los envases utilizados:</p> <ul style="list-style-type: none"> Botellas de refresco PET. Envases de aceite hidráulico Polietileno de alta densidad. <p>Determinación de las características de los agregados:</p> <ul style="list-style-type: none"> Impurezas orgánicas en arenas para concreto. Peso específico y absorción del agregado fino. Composición granulométrica de agregados finos y gruesos. <p>Determinación por lavado del contenido de materiales más finos que el cedazo COVENIN 75micras en agregados minerales, norma COVENIN 258-77</p> <p>Determinación por secado del contenido de humedad total y superficial en el agregado.</p> <p>Tratamiento del sisal, previo al vaciado</p>	<p>Diseño y elaboración de los bloques:</p> <p>Para bloques tipo piñata.</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinación del número y distribución de las botellas de refresco. Ensamble y embalado de las botellas. Elaboración del encofrado. Elaboración, vaciado y curado de los bloques. <p>Para bloques tipo tabelón.</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinación del número y distribución de los envases de aceite hidráulico. Ensamble y embalado de los envases. Elaboración del encofrado. Elaboración, vaciado y curado de los tabelones.
<p>Pruebas al mortero en estado plástico endurecido:</p> <ul style="list-style-type: none"> Elaboración, curado y ensayo a compresión de probetas cilíndricas de mortero. Elaboración, vaciado y curado de placas de mortero con malla plástica de diferentes espesores: 2; 2.5 y 3 cm. Elaboración, vaciado y curado de placas de mortero con sisal de diferentes espesores 2; 2.5 y 3 cm. Ensayo de compresión de las placas de mortero con malla plástica en el laboratorio. Ensayo de compresión de las placas de mortero con sisal en el laboratorio. 	<p>Método de ensayo a compresión de los bloques:</p> <ul style="list-style-type: none"> Aplicación del ensayo para los bloques tipo piñata. Aplicación del ensayo para los bloques tipo tabelón.

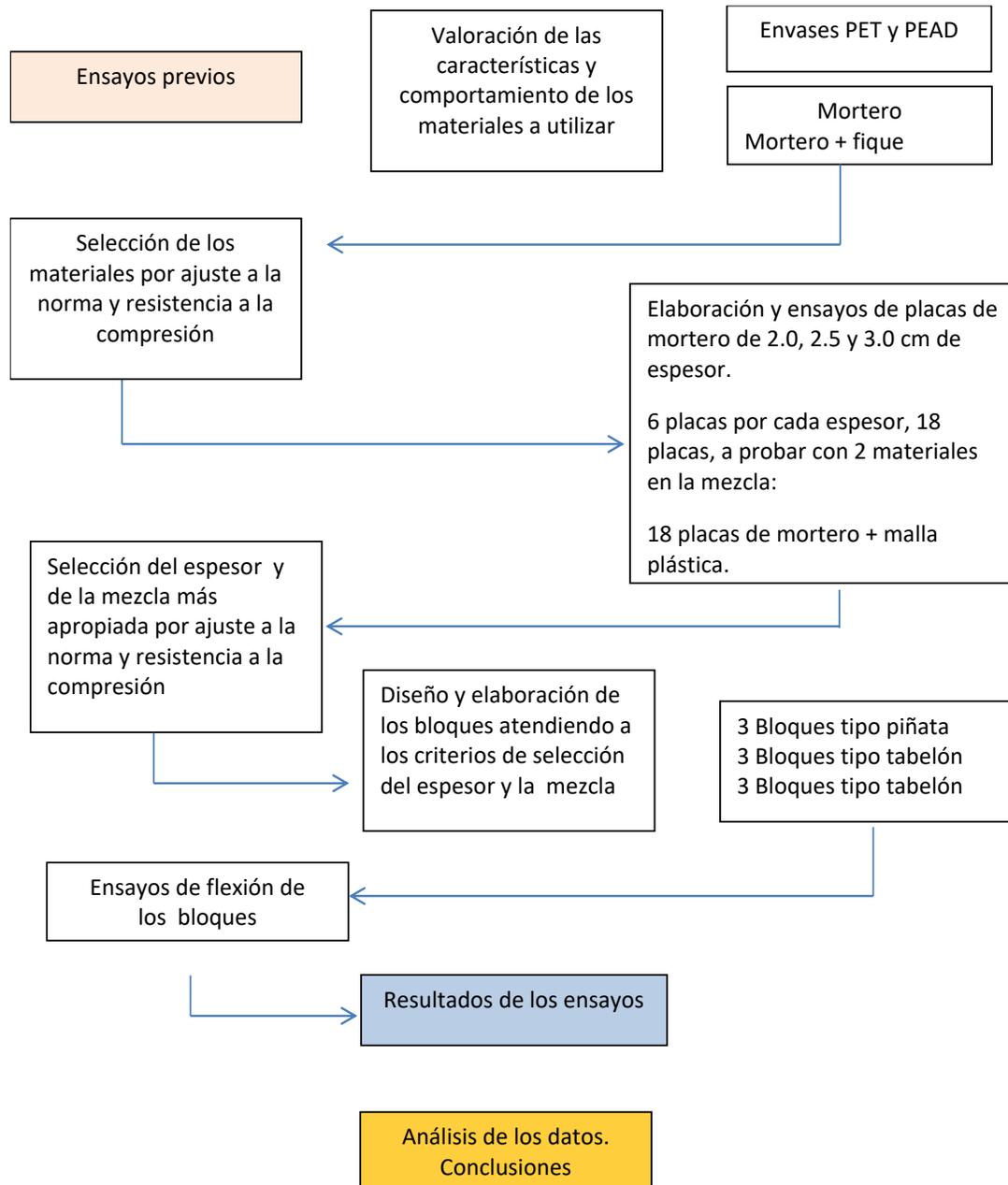


FIGURA 3. Flujo programático de diseño de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

2.4. Determinación de las características de los envases

Se consideran dos tipos de envases de uso común y que abundan en los desechos sólidos: botellas de refresco de Polietileno Tereftalato (PET), identificado con el número 1 y, envases de aceite hidráulico de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) identificado con el Número 2, según la clasificación hecha por la Sociedad de la Industria de Plásticos, según se muestra en la Tabla 2.

Se analizan las características de cada uno para poder determinar la conveniencia de su utilización a los fines de la presente investigación. Debido a sus dimensiones promedio y su forma cilíndrica, las botellas de refresco se consideran las más apropiadas para la elaboración de los bloques tipo piñata. Los envases de aceite hidráulico, por sus dimensiones promedio y su configuración geométrica de paralelepípedo, se adaptan mejor a las características de un bloque tipo tabelón.

2.4.1. Botellas PET

El PET es resistente, de alta transparencia, bajo peso, impermeable y es apto para uso alimentario. Es el más fácil de reciclar y también se puede reutilizar. En la presente investigación se utilizaron envases de Coca-Cola y PEPSI en las presentaciones de 1.5 L y 2 L., así como equipos del laboratorio de materiales. Los envases fueron clasificados de acuerdo a la marca del fabricante y a su capacidad. Se determina su peso, altura y diámetro, mediante las mediciones correspondientes.

2.4.1.1. Criterios de selección de las botellas PET

Para la selección de las botellas PET a utilizar en la elaboración de los bloques piñata, se han considerado los siguientes criterios:

Volumen. Lograr la mayor cantidad posible de espacios vacíos, en relación a las medidas del bloque. La longitud del bloque convencional tipo piñata es de 40 cm. La botella más aproximada al tamaño de dicho bloque es la PEPSI de 2 L, con 35.22 cm de altura y un diámetro promedio de 9.77 cm, por lo que resulta la más adecuada.

Facilidad de obtención. Se consideran las marcas más comerciales y de mayor consumo.

2.4.2. Envases de aceite hidráulico de Polietileno de Alta Densidad

El Polietileno de Alta Densidad PEAD (HDPE en inglés), es más rígido que el PET, tiene alta resistencia química y térmica, es el que se usa en las botellas de detergentes líquidos o en las garrafas de aceite.

Se utilizaron envases de aceite hidráulico de la marca Shell HELIX HX5 20W-50 (Figura 4), así como equipos del laboratorio de materiales. Como procedimiento se determinó el peso, altura y espesor de los envases, mediante las mediciones correspondientes.

150

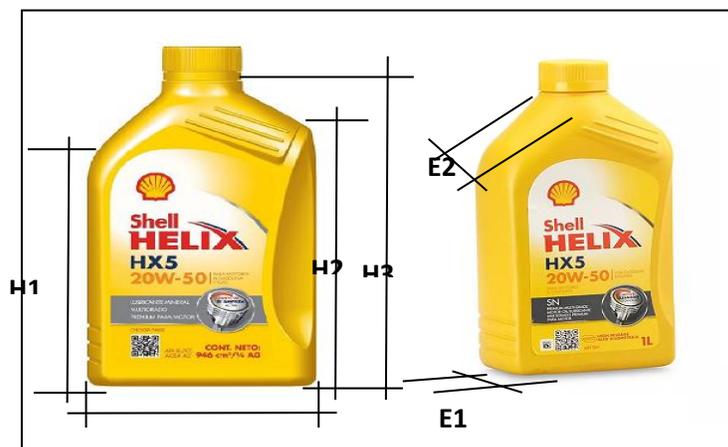


FIGURA 4. Dimensiones medidas del envase de aceite hidráulico HELIX HX5 20W-50: H1 (14,00 cm); H2 (16,50 cm); H3 (22,00 cm); E1 (6,10 cm); E2 (5,50 cm). Fuente: Elaboración propia.

2.4.2.2. Criterios de selección de los envases de aceite hidráulico de Polietileno de alta densidad

Para los envases a utilizar en la elaboración de los bloques tabelón, se han considerado los siguientes criterios:

Volumen. Lograr la mayor cantidad posible de espacios vacíos, en relación a las medidas del bloque, ajustadas a la norma. La mayor dimensión del envase de aceite hidráulico considerado es de 22,00 cm, por lo que puede ser usado para definir el ancho del bloque, mientras que la longitud (46 cm) se logra colocando 4 envases, uno al lado del otro.

Facilidad de obtención. Se consideran las marcas más comerciales y de mayor consumo.

2.5. Ensayos para la obtención de las características de los agregados

Los métodos y procedimientos para obtener las características de los agregados han sido tomados de Febres Cedillo (2006) y se exponen a continuación:

2.5.1. Determinación cualitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto

Este método de ensayo permite conocer en forma preliminar si una muestra de agregado fino es aceptable con respecto a los requerimientos de la norma venezolana para determinar el efecto de impurezas orgánicas de agregado fino en la resistencia de morteros y concreto, COVENIN 275-78 (COVENIN, 1978). Cuando una muestra sometida a este ensayo produzca un color más oscuro que el de la solución estándar, utilizada como color patrón de comparación, siguiendo el procedimiento de ensayo recomendado por la norma COVENIN 275-78, y de acuerdo con los resultados obtenidos, se debe proceder al lavado minucioso de la arena ensayada o a su descarte como material componente de la mezcla de concreto.

2.5.2. Determinación del peso específico y absorción del agregado fino

El peso específico de un cuerpo, masa o material es una característica usada generalmente para el cálculo del volumen que ocupa; en este caso los agregados finos, en las diferentes mezclas que lo contengan, incluyendo a los concretos de cemento Portland, concretos bituminosos y otras mezclas que son diseñadas, proporcionadas o dosificadas con base en un volumen absoluto.

El peso específico (SSS) se utiliza cuando el agregado se encuentra húmedo, es decir, si su absorción ha sido satisfecha. Contrariamente, el peso específico de la masa, seca al horno, se usa en el cálculo para el diseño de la mezcla cuando el agregado se supone seco al momento de su utilización.

El peso específico aparente se refiere a la densidad relativa del material sólido que conforma las partículas del agregado fino, sin incluir el espacio de los poros existentes dentro de las partículas y que son accesibles al agua.

Los valores de absorción se usan para calcular el cambio en peso de un agregado, debido al agua absorbida por los poros existentes entre las partículas que lo conforman, comparado con la condición seca, cuando se considera que el agregado ha estado en contacto con el agua el tiempo suficiente como para satisfacer gran parte del potencial de absorción (Febres Cedillo, 2006).

2.5.3. Composición granulométrica de agregados finos y gruesos

Se realiza a través de un ensayo de laboratorio que consiste en preparar una muestra de agregados seco de peso conocido y tamizarla a través de una serie de cedazos o tamices de aberturas progresivas menores, para determinar la distribución de los tamaños de las partículas.

Se utilizan principalmente para determinar la gradación de los materiales que se serán usados como agregados. Los resultados se usan para determinar si la distribución de tamaños de las partículas se encuentra de acuerdo con las especificaciones para la elaboración de mezclas de concreto y como información requerida para el control de la producción de los diversos agregados y elaboración de mezclas que contengan agregados (Febres Cedillo, 2006).

Expresión de los resultados del ensayo. Los porcentajes retenidos en cada cedazo se calcularán con base en el peso total de la muestra, incluyendo el material que pasa el cedazo COVENIN (N°100); en caso de conocerse, la cantidad de material más fino que el cedazo COVENIN 75 (N°200), determinado según la Norma Venezolana, para Métodos de Ensayo para la Determinación

por lavado del Contenido de Materiales, COVENIN258-77 (COVENIN, 1977), se calcula por porcentaje de material retenido y que pase el cedazo COVENIN 75 (N°200).

2.5.4. Determinación por lavado del contenido de materiales más finos que el cedazo COVENIN 75 micras en agregados minerales, norma COVENIN 258-77

153

El material más fino que el cedazo COVENIN 75 (N°200) puede ser separado de las partículas más grandes de manera eficiente mediante un cernido húmedo. Por lo tanto, cuando se desea la determinación precisa del material más fino que el cedazo 75, ya sea agregado fino o grueso, se usa este método de ensayo antes de realizar el cernido seco, de acuerdo al ensayo COVENIN 255-1998, y el contenido total de material más fino que el cedazo 75 obtenido del proceso de cernido seco es muy pequeño. Si resulta grane, se debe revisar la eficiencia de la operación de lavado. Puede ser también una indicación de degradación del material.

El agua común es adecuada para separar el material más fino que el cedazo 75. Del material más grueso en la mayoría de agregados. En algunos casos, el material más fino se adhiere a las partículas grandes, tal como recubrimientos de arcillas o recubrimientos sobre agregados que han extraídos de mezclas bituminosas. En estos casos, el material fino se separa más fácilmente colocando al agua un agente humedecedor y un agente dispersante, tal como detergente o lavaplatos, que promueven las separaciones de los materiales finos (Febres Cedillo, 2006).

2.5.5. Determinación por secado del contenido de humedad total y superficial en el agregado

Este método resulta suficientemente preciso como para ser usado en el ajuste del peso de los ingredientes del concreto al momento de un diseño de mezcla. En el caso en que los agregados hayan sido alterados por calor, o cuando se

requieran medidas más precisas, el ensayo se realizará utilizando un horno ventilado con control de temperatura (Febres Cedillo, 2006).

2.5.6. Tratamiento del sisal previo al vaciado

Este método permite eliminar las impurezas del sisal para que no afecten las características físicas y mecánicas de la mezcla de mortero.

154

2.5.7. Pruebas al mortero en estado plástico y concreto endurecido

2.5.7.1. Elaboración, curado y ensayo a compresión de probetas cilíndricas de mortero

Involucra una serie de procedimientos técnicos de uso de equipos y herramientas menores como la máquina de ensayo y moldes plásticos de los cilindros y barra compactadora. La elaboración de las probetas parte de su preparación según la mezcla a desarrollar, seguidamente se realiza el vaciado del mortero en los moldes cilíndricos, se compacta con la barra metálica con serie de golpes debidamente numerados en la cantidad de 25 por ser el cilindro de 3". En el proceso de curado de los cilindros, una vez elaboradas las probetas, deben protegerse de la pérdida de agua por evaporación cubriéndolas adecuadamente con un material impermeable o manteniéndolas constantemente a la sombra y, a menos que se indique otra cosa en las especificaciones, a una temperatura aproximada de 23 ± 1.5 °C. Los moldes deberán permanecer en una superficie horizontal rígida, libre de vibraciones y otras perturbaciones. Las probetas deben retirarse de los moldes en un lapso comprendido entre 20 y 48 horas después de su elaboración y se almacenan hasta el momento del ensayo, en este caso particular, directamente bajo agua saturada de cal.

2.5.7.2. Ensayo de los cilindros en el laboratorio

Los cilindros deben suministrar la información que el laboratorio supone importante para la interpretación de los resultados, como la hora y fecha de

elaboración, localización de la representación del concreto de la muestra con respecto a la estructura, resistencia de diseño del concreto, procedencia, etc.

Los ensayos se realizan usando la metodología de la norma ASTM C469, que describe el método estándar para calcular el módulo de elasticidad del concreto a compresión axial. A cada uno de los cilindros de concreto se les colocaron dos camisas metálicas, separadas a una distancia promedio de 15.2 cm, unidas por un deformímetro de alta precisión, marca Federal Products USA, con una apreciación de 0.000254 cm, el cual tiene como fin monitorear la deformación experimentada por el cilindro al aplicarle la carga axial.

Preparación de la muestra. Las caras del cilindro sometidas a compresión deben ser rematadas, de tal forma que se logre la horizontalidad o nivelación y el paralelismo entre las caras del cilindro. Las superficies de compresión deben ser visibles lisas y planas, sin grumos, ralladuras o defectos visibles.

Los cilindros se deben ensayar a la edad prevista, con una tolerancia de días, donde t es la edad prevista para el ensayo en días. La sección del cilindro se determina en su zona central y el diámetro de cálculo es el promedio de los diámetros ortogonales aproximados hasta el milímetro entero más próximo. La altura del cilindro se determina después de cementadas o rematadas sus caras. La altura se aproxima al milímetro entero más cercano

Procedimiento. Los cilindros se colocan en la máquina de ensayo. Se debería centrar cuidadosamente y se comprimen. Tanto las superficies rematadas de los cilindros y los platos de la máquina deben estar exentos de polvo, grasa o cualquier otro material extraño.

2.5.8. Elaboración y Curado de Placas con Mortero Reforzado

Como parte de los objetivos de la investigación planteada, se decidió elaborar placas de mortero reforzado de diferentes espesores, específicamente, de 2.0; 2.5 y 3.0 cm, con la finalidad de lograr determinar cuál espesor es el que resulte más conveniente y adecuado a los fines propuestos. Las placas serán elaboradas con mortero de arena y cemento, reforzado con malla plástica de

abertura romboidal de 1" y con fibra natural de Fique, curada y tratada químicamente en el laboratorio.

2.5.8.1. Preparación de la Mezcla de Mortero Arena – Cemento

Para la preparación de la mezcla de mortero, tanto para las placas reforzadas con malla plástica, como para las placas reforzadas con fibra natural de Fique, se utilizaron los mismos materiales y equipos ya descritos anteriormente para la elaboración de los cilindros de mortero patrón de arena y cemento, con la excepción que para la elaboración de las placas reforzadas con fibra natural de Fique al mortero se le agregó la fibra natural de Fique, previamente tratada, debidamente dosificada al 1% del volumen de la mezcla, de acuerdo con lo obtenido por López y Sifontes (2017), en su trabajo de grado, como proporción en volumen óptima de fibra natural de Fique para la mezcla de mortero arena-cemento reforzado con esta fibra natural.

La dosificación de los agregados se realizó en función de las respectivas proporciones en volumen de cada material, siguiendo la recomendación establecida por los mismos investigadores López y Sifontes (2017), que establece una dosificación de 5:1, es decir, cinco (5) partes de arena por una (1) parte de cemento, para la obtención de una mezcla óptima para la elaboración de unidades de bloques de mortero de arena y cemento. Para el agua se agregó la cantidad de agua requerida para garantizar una mezcla fluida, en condición plástica y trabajable. Para hacer más práctica y eficiente la dosificación de los materiales, los volúmenes fueron convertidos en pesos.

2.5.8.2. Elaboración de las Placas

La elaboración de las placas es la misma para los dos (2) tipos de placas reforzadas elaboradas, a saber, placas reforzadas con malla plástica y placas reforzadas con fibra natural de Fique. Los moldes deberán ser colocados en un lugar seguro, estable, nivelado y limpio para el posterior vaciado del mortero. El mortero se vacía en los moldes, se compacta y se enrasa (Figura 5).

Las placas deberán ser desencofradas 48 horas después de su elaboración, procediendo a almacenarlas bajo el agua, en el tanque especial, para su posterior curado. Las placas serán retiradas del tanque al cumplir los 28 días de elaboración. Ensayo de Flexión Biaxial con Carga Concéntrica de las Placas Reforzadas. Para este ensayo de flexión de las placas reforzadas se diseñó un dispositivo especial, que permitiera obtener datos de deformación en función de la carga de concéntrica aplicada. Este método de ensayo será aplicado a ambos tipos de placas reforzadas, es decir, tanto para las placas reforzadas con malla plástica, como para las placas reforzadas con fibra natural de Fique.

Una vez transcurrido el periodo de 28 días, se ensayaron las placas de los diferentes espesores en la máquina de ensayos universal. La máquina fue calibrada para realizar el ensayo y medir la deformación ocasionada a cada 20 kgf de fuerza normal aplicada.

Finalmente, la expresión de los resultados obtenidos para los dos (2) tipos de placas reforzadas ensayadas, con refuerzo de malla de plástico y con refuerzo de fibra natural de fique (Figuras 5 y 6), se encuentran mostrados y graficados en el apartado siguiente, correspondiente al análisis e interpretación de resultados.



FIGURA 5. Proceso secuencial gráfico que expone las formaletas de madera para desarrollo de placas con refuerzo de malla metálica; el pesaje de los distintos materiales (arena, cemento Portland gris y fibra natural de fique); vertido de los agregados con pala para la elaboración del mortero de arena y cemento reforzado con fibra natural de fique; toma de los cilindros de muestra de cada una de las mezclas de mortero realizadas en el laboratorio; Vaciado y acabado final de las placas de mortero reforzado realizadas en el laboratorio y, por último, en este proceso, el almacenaje y curado de las placas y cilindros de muestra en el tanque especial. Fuente: Elaboración propia.



FIGURA 6. Máquina de ensayos universal calibrada, con el dispositivo especial instalado y preparada para ensayar las placas reforzadas. Se resalta que las placas se colocaron en la máquina de ensayos universal, marca RIEHLE, para la rotura de las probetas a flexión biaxial con carga concéntrica, con un dispositivo cilíndrico con un peso de 3.18 kg y diámetro 9.61 cm, colocado en la cara superior de la placa, apoyado en el centro de la misma, que sirve como carga puntual para producir flexión biaxial. Fuente: Elaboración propia.

2.5.9. Método de Diseño y Elaboración de los Bloques de Relleno para Losas de Entrepiso y Techo

2.5.9.1. *Ensamble y Embalaje de las Botellas de Refresco de PET para el Bloque Tipo Piñata*

En función de los resultados obtenidos en los ensayos de flexión biaxial realizados a las placas de mortero reforzado se seleccionó, como la mezcla de mortero reforzado óptima o más adecuada, la mezcla de mortero de arena y cemento gris reforzada con fibras naturales de Fique. En la elaboración de la mezcla reforzada seleccionada para la construcción de los bloques piñata se

siguió un procedimiento muy similar al utilizado para la elaboración de las placas de mortero reforzado. Para la elaboración de los bloques piñata con relleno de botellas de PET se siguió el siguiente procedimiento (Figura 7):

1. Una vez conocido el peso y las dimensiones de las botellas PET de baja densidad, se procedió a colocarlas dentro de las cajas de cartón previamente acondicionadas, colocando dos (2) filas de cuatro (4) botellas cada una, para un total de 8 botellas de refresco de 2 litros de capacidad por caja. Las dimensiones del grupo o paquete de botellas, sin embalar, son: 24.0 cm de alto, 37.5 cm de longitud y 35.5 cm de profundidad.
2. Se realiza el proceso de embalaje de las botellas de PET de refresco dentro de las cajas de cartón previamente confeccionadas.
3. Luego de embalar y sellar bien las cajas se procede al pesaje de cada una de ellas.



FIGURA 7. Colocación final de las botellas de PET de refresco en la caja de cartón previamente acondicionada; Embalaje de las botellas de PET dentro de las cajas de cartón con cinta plástica de embalar; Pesaje de las cajas de cartón con las botellas de PET incorporadas. Fuente: Elaboración propia.

2.5.9.2. Ensamblaje y Embalado de las Botellas de PEAD de Aceite Lubricante en Cajas de Cartón para la Elaboración de Bloques Tipo Tabelón

Se utilizaron los mismos equipos y herramientas menores utilizadas para el ensamblaje y embalado de las botellas de PET de refresco en cajas de cartón para la elaboración de los bloques tipo piñata. En este caso, las botellas de reciclaje utilizadas son botellas de PEAD de alta densidad que sirven como envase de aceite lubricante para motores de combustión a gasolina. El procedimiento de embalaje de las botellas de aceite lubricante para motor, se especifica a continuación (Figura 8):

162

1. Se colocan y organizan las botellas de PEAD de aceite lubricante de motor para su medición de ensamblaje dentro de las cajas de cartón, colocándose una (1) sola fila con cuatro (4) botellas de PEAD alineadas.
2. Una vez definidas las dimensiones finales del bloque tabelón, se efectúa el trazado para los cortes de las cajas y el ensamblaje de las botellas de PEAD en las cajas de cartón, según medidas.
3. Se procede al pesaje de la caja ensamblada, una vez finalizado el embalado de las botellas de PEAD de aceite lubricante.



FIGURA 8. Colocación y organización de los envases de PEAD de aceite lubricante para su ensamblaje dentro de las cajas de cartón, con el previo trazado de medidas finales de la caja de cartón para el embalaje y ensamblaje de las botellas de PEAD de aceite lubricante de motor; y finalmente, Pesaje de la caja, ya embalada, de relleno del bloque tipo tabelón. Fuente: Elaboración propia.

2.5.9.3. Elaboración del Encofrado para los Bloques Tipo Piñata

En la realización de esta actividad se utilizaron los mismos equipos y herramientas menores utilizadas en la elaboración del encofrado para los bloques tipo piñata, anteriormente listados. Adicionalmente se utilizaron marcos de perfiles de plástico rígido para la confección de los encofrados, en sustitución de la madera reciclada.

La elaboración de los bloques tipo piñata con mortero de arena y cemento y material de relleno reutilizable se realizó en el Laboratorio de Materiales y Ensayos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, con la asistencia técnica y colaboración de los técnicos del laboratorio José Becerra y Oneyde Uzcátegui. Se utilizaron los mismos materiales y procedimientos ya descritos para la elaboración de las placas con Sisal o Fique, y la misma dosificación de arena y cemento de 5:1, es decir, cinco (5) partes de arena por una (1) parte cemento, tal como lo recomiendan López y Sifontes (2017) en su trabajo de grado.

El procedimiento seguido para la elaboración de la mezcla de mortero y toma de cilindros de muestra es idéntico al procedimiento seguido para la elaboración de las placas de mortero reforzado con fibras naturales de Sisal o Fique, antes indicado. En esta sección sólo se tratará el procedimiento para la elaboración de los bloques tipo Piñata, expuesto seguidamente (Figura 7):

1. Se vacía y distribuye la capa requerida de la mezcla de mortero reforzado con fibra natural de Fique, previamente preparada, en el fondo del encofrado, luego se coloca, debida y adecuadamente las cajas de relleno, previamente ensambladas, dentro del molde de encofrado, sobre la capa de mortero previamente colocada, tratando de que se mantengan uniformes las distancias entre la caja, el encofrado y el piso del fondo, a los fines de que los espesores de las paredes y del fondo sean los previstos y adecuados.

2. La mezcla de mortero reforzado con fibra natural de Fique, previamente preparada, se vacía en el encofrado, se distribuye y compacta, sobre y los alrededores de la caja de relleno, a través del método de la barra. La mezcla colocada en exceso es retirada con una regla de madera.
3. Los bloques tipo Piñata, una vez fraguados, se deben desencofrar 48 horas después de su fabricación, procediendo a colocarlos en cámara húmeda, manteniéndolos humedecidos con un rociador, al menos durante los siguientes siete (7) días, para que el mortero se consolide y endurezca con total normalidad, adquiriendo la resistencia deseada.
4. Los bloques tipo piñata, poco antes de su almacenamiento en cámara húmeda, son identificados mediante una codificación, la cual inicia con la letra “B” seguida del número de la muestra.
5. Una vez identificados los bloques tipo piñata, se procede con la medición de sus dimensiones finales y el pesaje de los mismos.

2.5.9.4. Elaboración y Curado de los Bloques Tipo Tabelón. Al igual que en el caso de los bloques tipo piñata, la elaboración de los bloques tipo tabelón con material reutilizable se realizó en el Laboratorio de Materiales y Ensayos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, con la asistencia técnica y colaboración de los técnicos del laboratorio José Becerra y Oneyde Uzcátegui. Se utilizaron los mismos materiales y procedimientos ya descritos para la elaboración de las placas con Sisal o Fique, y la misma dosificación de arena y cemento de 5:1, es decir, cinco (5) partes de arena por una (1) parte cemento, tal como lo recomiendan López y Sifontes (2017).

El procedimiento seguido para la elaboración de la mezcla de mortero y toma de cilindros de muestra es idéntico al procedimiento seguido para la elaboración de las placas de mortero reforzado con fibras naturales de Sisal o fique. En esta sección sólo se tratará sobre el procedimiento para la elaboración de los bloques tipo Tabelón, con las condiciones y medidas adaptadas al tamaño de bloque Tabelón seleccionado, en este caso de dimensiones

aproximadas de 26 x 50 x 11.5 cm x cm x cm. En este sentido, se siguió el procedimiento siguiente:

1. Se vacía y distribuye la capa requerida de la mezcla de mortero reforzado con fibra natural de Fique, previamente preparada, en el fondo del encofrado, luego se coloca, debida y adecuadamente la caja de relleno, previamente ensamblada, dentro del molde de encofrado, sobre la capa de mortero previamente colocada, tratando de que se mantengan uniformes las distancias entre la caja, el encofrado y el piso del fondo, a los fines de que los espesores de las paredes y del fondo sean los previstos y adecuados.
2. La mezcla de mortero reforzado con fibra natural de Fique, previamente preparada, se vacía en el encofrado, se distribuye y compacta, sobre y los alrededores de la caja de relleno, a través del método de la barra. La mezcla colocada en exceso es retirada con una regla de madera.
3. Los bloques tipo Tabelón, una vez fraguados, se deben desencofrar 48 horas después de su fabricación, procediendo a colocarlos en cámara húmeda, manteniéndolos humedecidos con un rociador, al menos durante los siguientes siete (7) días, para que el mortero se consolide y endurezca con total normalidad, adquiriendo la resistencia deseada.

166

2.5.10. Ensayos de Laboratorio en los Bloques

2.5.10.1. Ensayo a Compresión con Carga Concéntrica de los Bloques Tipo Piñata

Con este ensayo se quiere conocer la carga concéntrica máxima que pueden soportar los bloques sometidos al estado de esfuerzos, producto de la flexión uniaxial inducida por dicha carga concéntrica, ejercida a través de la máquina universal de ensayos, marca TINIUS OLSEN, del Laboratorio de Materiales y Ensayos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes, ULA. La carga aplicada en las condiciones establecidas en el laboratorio trata de simular, de la manera más precisa y realista posible, las condiciones de trabajo y carga

máxima que experimentarán los bloques elaborados, tipos Piñata y Tabelón, durante el proceso de construcción de una losa nervada de techo o entrepiso que use este tipo de bloques como elementos de relleno (Figura 6).

2.5.10.2. Ensayo a Flexión Uniaxial con Carga Concéntrica de los Bloques Tipo Tabelón

Al igual que en el caso de los bloques tipo piñata, con este ensayo se quiere conocer la carga puntal concéntrica máxima que pueden soportar los bloques tipo tabelón, sometidos a flexión uniaxial con carga concéntrica, a través de la máquina de ensayos universal, marca TINIUS OLSEN del Laboratorio de Materiales y Ensayos de la Universidad de Los Andes. Asimismo, se utilizaron los mismos materiales y procedimientos ya descritos para el ensayo a flexión biaxial con carga concéntrica de los bloques tipo piñata.

El procedimiento seguido para el ensayo a flexión uniaxial con carga concéntrica de los bloques tipo tabelón es idéntico al procedimiento seguido para el ensayo a flexión biaxial con carga concéntrica de los bloques tipo piñata. En esta sección sólo se relacionará un resumen de aquellos detalles adicionales de procedimiento dignos de mencionar destacar relacionados con este ensayo. En este sentido, se siguió el procedimiento siguiente:

1. Conocidas las medidas del bloque tipo tabelón, se trazan líneas con la ayuda de la tiza para denotar 6 partes iguales en todo lo largo, es decir, seis (6) segmentos a cada $L/6$, de 8.33 cm de longitud cada uno.
2. Una vez ubicadas las líneas divisorias, se coloca el bloque sobre los apoyos, en las últimas líneas, líneas extremas del bloque, centrándolo, luego, se coloca, en la parte central superior del bloque, la rueda de carretón que simulará la carga puntal más desfavorable sobre el bloque. Previamente, debajo de la rueda se colocó una pequeña placa metálica y un pedazo de neopreno para lograr una distribución uniforme de la carga actuante sobre el área bajo el bloque a ensayar.

3. Los bloques son ensayados bajo flexión uniaxial con carga concéntrica hasta que fallen.
4. Los bloques tipo Tabelón, poco antes de su almacenamiento en cámara húmeda, son identificados mediante una codificación, la cual inicia con la letra “T” seguida del número de la muestra, tal como se hizo para las muestras de los bloques tipo Piñata.
5. La expresión de los resultados del ensayo de flexión biaxial con carga concéntrica, serán presentados en el apartado correspondiente al análisis e interpretación de resultados.

2.5.11. Metodología Análisis de Ciclo de Vida – ACV Coclowen Simplificado

Según la Norma ISO (<http://www.iso.org>, citado por Cloquell, Contreras, Owen y Vivancos (2006), se entiende por Análisis de Ciclo de Vida (ACV) “como la recopilación y evaluación de las entradas y salidas y los potenciales impactos medioambientales del Sistema del Producto a lo largo de su ciclo de vida”

Además, el Análisis del Ciclo de Vida o, como se conoce por sus siglas ACV, es un proceso objetivo que nos permite evaluar las cargas ambientales que están asociadas a un producto en particular, proceso o actividad, identificando y cuantificando tanto el uso de materia y energía como las emisiones que este proporciona al entorno, para determinar el impacto de ese uso de recursos y esas emisiones y para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental.

De acuerdo con los informes técnicos de la Comisión Europea COM 302 (2003); COM 666 (2005); COM 670 (2005) y COM 397 (2008), citados por CIRCE (2012), en la actualidad, la metodología del Análisis de Ciclo de Vida, ACV, constituye el mejor marco disponible para evaluar los impactos ambientales potenciales de cualquier tipo de actividad, producto o servicio sin límites geográficos, funcionales o temporales, ya que se examinan todos los procesos seguidos por las materias primas, desde su extracción, transformación y uso hasta su retorno a la naturaleza en forma de residuos.

El ACV incluye el ciclo completo del producto, proceso o actividad, teniendo en cuenta las etapas de extracción y procesado de materias primas, producción, transporte y distribución, uso, reutilización y mantenimiento, reciclado y disposición final (Figura 9). Por ello, el método ACV-Coclown, es una herramienta metodológica derivada del ACV creada para la realidad Latinoamericana, enfocada en el campo del diseño industrial y proyectado al sector de la construcción de edificaciones y objetos con materia prima sostenibles.



FIGURA 9. Ciclo de vida de un producto industrial. Fuente: CIRCE (2012).

Esta herramienta nos permite valorar, cuantificar y desarrollar proyectos habitacionales acorde con las nuevas exigencias mundiales, por ser proyectos que requieren el uso de materia prima natural, este sistema identifica cuales son las etapas que requieren más cuidado al momento de la producción tratando de corregir aquellos impactos ambientales y minimizarlos lo más posible. Todo esto englobado con los estudios que generen impactos al ambiente, desde la obtención de todas las materias primas que conforman el producto industrial final, hasta su disposición final, cuando éste cumpla su fin de servicio; permitiendo analizar cuáles son los puntos críticos y posibles

medidas a tomar para mejorar la eficiencia sin descuidar el daño que pueda llegar a generarse por las distintas actividades realizadas.

El análisis del ciclo de vida, ACV, estudia los aspectos ambientales y los impactos potenciales a lo largo del ciclo de vida de un producto o de una actividad, es decir, como se expuso anteriormente, toda la historia del producto, desde su origen como materia prima hasta su final como residuo. Se tienen en cuenta todas las fases intermedias como transporte y preparación de materias primas, manufactura, transporte a mercados, distribución, uso, entre otros.

En un ACV completo se atribuyen a los productos todos los efectos ambientales derivados del consumo de materias primas y de energías necesarias para su manufactura, las emisiones y residuos generados en el proceso de producción, así como los efectos ambientales procedentes del fin de vida del producto cuando este se consume o no se puede utilizar (Figura 2.8). Además, el ACV consiste por tanto en un tipo de contabilidad ambiental en la que se cargan a los productos los efectos ambientales adversos, debidamente cuantificados, generados a lo largo de su ciclo de vida.

Las categorías generales de impactos medioambientales que precisan consideración incluyen el uso de recursos, la salud humana y las consecuencias ecológicas (ISO International Standard, 1997). La complejidad del ACV requiere un protocolo al cual deberá ajustarse todo estudio de ACV. Dicho protocolo se haya establecido en la normativa elaborada por la Organización de Normas Internacionales, en inglés, International Standards Organization (ISO), en las cuales las más importantes son:

ISO 14040 (1997): especifica el marco general, principios y necesidades básicas para realizar un estudio de ACV, no describiéndose la técnica del ACV en detalle (ISO-14040 1997).

ISO 14041 (1998): en esta normativa se especifican las necesidades y procedimientos para elaborar la definición de los objetivos y alcance del

estudio y para realizar, interpretar y elaborar el informe del análisis del inventario del ciclo de vida, ICV (LCI) (ISO-14041, 1998).

ISO 14042 (2000): en ella se describe y se establece una guía de la estructura general de la fase de análisis del impacto, AICV (LCIA). Se especifican los requerimientos para llevar a cabo un AICV y se relaciona con otras fases del ACV (ISO-14042, 2000a).

ISO 14043 (2000): esta normativa proporciona las recomendaciones para realizar la fase de interpretación de un ACV o los estudios de un ICV, en ella no se especifican metodologías determinadas para llevar a cabo esta fase (ISO-14043, 2000b).

Sumado a ello, se han elaborado otros documentos técnicos para ayudar a la elaboración de estudios de ACV, como los que se exponen a continuación:

ISO/TR 14049 (1998): este informe técnico proporciona ejemplos para realizar un ICV de acuerdo con ISO 14041. Estos ejemplos deberán entenderse como no exclusivos y que reflejan parcialmente un ICV (ISO-14049, 1998).

ISO TR 14047 (2002): proporciona un ejemplo de cómo aplicar la norma ISO 14042 (ISO-14047, 2002).

ISO/CD TR 14048 (2002): este documento proporciona información en relación con los datos utilizados en un estudio de ACV (ISO-14048, 2002).

El ACV puede dividirse en cuatro fases: objetivos y alcance del estudio, análisis del inventario, análisis del impacto e interpretación.

Objetivos y alcance de estudio. En esta fase se define el tema de estudio y se incluyen los motivos que llevan a realizarlo. Es importante resaltar que un ACV no sirve para comparar productos entre sí, sino servicios y/o cantidades de producto que lleven a cabo la misma función. Por ejemplo, no sirve para comparar 2 productos en vista de cual es peor, si no de la utilidad que generan los mismos.

Inventario. Esta fase comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para identificar y cuantificar todos los efectos ambientales adversos asociados a la unidad funcional. De una forma genérica denominaremos estos efectos ambientales como "carga ambiental". Esta se define como la salida o entrada de materia o energía de un sistema causando un efecto ambiental negativo. Con esta definición se incluyen tanto las emisiones de gases contaminantes, como los efluentes de aguas, residuos sólidos, consumo de recursos naturales, ruidos, radiaciones, olores, entre otros.

Análisis del impacto. La estructura de esta fase viene determinada por la normativa ISO 14042, distinguiendo entre elementos obligatorios y elementos opcionales. Los elementos considerados obligatorios son:

Selección de las categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos.

Clasificación. En esta fase se asignan los datos procedentes del inventario a cada categoría de impacto según el tipo de efecto ambiental esperado. Una categoría de impacto es una clase que representa las consecuencias ambientales generadas por los procesos o sistemas de productos.

Caracterización. Consiste en la modelización, mediante los factores de caracterización, de los datos del inventario para cada una de dichas categorías de impacto. Cada categoría de impacto, ejemplo: "Emisión de polvillo por lijado de las chancas" precisa de una representación cuantitativa denominada indicador de la categoría, ej. "Emisión de polvillo". La suma de diferentes intervenciones ambientales para una misma categoría se hará en la unidad del indicador de la categoría que se le otorga, en base a 1, 10 o 100, queda al criterio del investigador. Para así crear una cuadrilla que genere una sumatoria y nos muestre la gravedad del impacto.

Interpretación. Esta es la fase de un ACV en la que se combinan los resultados de análisis del inventario con la evaluación de impacto. Los resultados de la

interpretación pueden adquirir la forma de conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones. Permite determinar en qué fase del ciclo de vida del producto se generan las principales cargas ambientales y por tanto que puntos del sistema evaluado pueden o deben mejorarse. En los casos de comparación de distintos productos se podrá determinar cuál presenta un mejor comportamiento ambiental. Dependiendo de los datos arrojados por los análisis se puede localizar que puntos son más vulnerables en el proceso y a partir de ello se toman decisiones que ayuden a disminuir los impactos ocasionados, tomando medidas que controlen y reduzcan las cargas ambientales.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. EL ECODISEÑO COMO FUNDAMENTO DE LA INVESTIGACIÓN

En un mundo en que las afectaciones ambientales son cada vez mayores se tiene que buscar soluciones en materia de reciclaje y reutilización de los residuos sólidos urbanos. La sobrepoblación, las actividades humanas modernas y el consumismo provocan un considerable aumento en la cantidad de residuos generados, razón por la cual el hombre contemporáneo fabrica, usa y consume infinidad de artículos para satisfacer una creciente demanda, lo que conlleva a la acumulación de un gran volumen de desechos. Aunado a esta situación, la ineficiencia con que los residuos urbanos e industriales son manejados, el resultado es la contaminación de aguas, suelos y aire, manifestándose en problemas de salud pública y efectos adversos sobre el ambiente, conflictos sociales y políticos.

Por consiguiente, en la actualidad existe un gran interés por la conservación del medio ambiente. Hay una gran cantidad de materiales que pueden ser aprovechados nuevamente por diferentes métodos de reciclaje y reutilización, siendo uno de ellos el incorporarlos como sustitutos de agregados en la construcción, puesto que los recursos que intervienen en este proceso suelen estar en riesgo de agotarse con el paso del tiempo.

En la actualidad venezolana, producto de la grave situación económica por la cual atraviesa y afecta a todo el contexto social y productivo nacional, y en especial la industria inmobiliaria y de la construcción, se tiene escasez de materiales de construcción por falta de materia prima para la fabricación de los mismos. El uso de materiales para la construcción no ha experimentado una variación considerable, de bahareque a piedra, de piedra a bloques de cemento y ladrillos refractarios, pero la utilización de materiales alternativos es limitada, ya sea por escasa variedad en el mercado de la construcción, por falta de un soporte adecuado de investigación al respecto o por costumbre de usuarios y constructores. El producto que más se utiliza es el bloque de concreto y de arcilla, con una amplia diversidad, existiendo, entre otros, bloques para muros con funciones estructurales y bloques que precisan de una cara especialmente preparada para no requerir de revestimiento.

De allí que, el tema de la utilización de los desechos sólidos urbanos e industriales sea de gran relevancia hoy por hoy, por lo cual es fundamental continuar el proceso de concienciación acerca de reducir, transformar, reciclar y reutilizar los materiales que se adquieren para satisfacer las necesidades personales, los cuales en su mayoría son artículos que tienen componentes plásticos que tardan años para descomponerse. De ahí que, la reutilización de botellas plásticas de consumo masivo como las de Polietileno Tereftalato (PET), en la manufactura de productos para la construcción, sea una alternativa viable, ya que permite disminuir significativamente el volumen de los residuos sólidos generados en los botaderos, además de tener una alternativa económica y duradera para la construcción y amigable con el medio ambiente. En relación con lo anterior, la presente investigación se enfoca en analizar mezclas de mortero con botellas plásticas (PET), con el fin de reutilizar este material que hoy es uno de los que causan mayor impacto ambiental en el país y a nivel mundial.

Lo antes dicho, es en virtud de que en la gran mayoría de los países en vías de desarrollo industrial, entre ellos Venezuela, estos productos no se están reinsertando como materias primas recicladas o reutilizadas, constituyendo un

serio problema ecológico, higiénico, sanitario, político, social y económico, pues el costo de la recolección, transporte, y eliminación es cada vez más elevado y desde el punto de vista estructural se desaprovecha su potencial como materia prima para la construcción.. El uso de las botellas de PET en el proceso constructivo surge por iniciativas ya demostradas desde el punto de vista técnico con el trabajo de Contreras *et al.* (2012), que, entre otras experiencias, es uno de los pioneros que, internacionalmente reportan el propósito de transformar y aprovechar los desperdicios disponibles en el lugar, así como brindar una fuente de empleo a la población local.

Considerando los antecedentes de los últimos tiempos respecto al deterioro ambiental en Venezuela y el resto del mundo, así como el aumento de población, la demanda en el sector de la construcción y las investigaciones y diseños ecoinnovadores como los que viene adelantando el Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño de la Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela y Universidad Politécnica de Valencia, España, a partir del uso de materiales de reciclaje y reutilización de residuos urbanos, industriales y agroindustriales, - y que en esta oportunidad involucra a la Escuela de Ingeniería Civil de la ULA-, surge como proyecto ecoinnovador la reutilización del material plástico PET del tipo botellas de refrescos de 2 litros y botellas de aceite hidráulico. Estos envases se unen, se revisten con cartón reutilizado y malla y se frisan con una mezcla de mortero convencional. Conociendo el comportamiento de la mezcla del mortero con adición de agregado no convencional y con el propósito de darle un uso adecuado con los resultados de los análisis de laboratorio, se considera que el mismo puede llegar a disminuir el costo y la densidad del mortero, así como resolver porcentualmente los problemas del medio ambiente.

De ahí que, esta investigación cobre notable importancia por la conjunción de aspectos, que involucra la Ecología Industrial con visión de futuro, al proyectar la posibilidad de consolidar micros y pequeñas empresas manufactureras de estos materiales de construcción a precios competitivos y buena calidad,

incorporando mano de obra desempleada que habita en ámbitos urbanos populares, articulados a un sistema integral de manejo de residuos sólidos.

El presente trabajo se plantea como meta: contribuir con el mejoramiento del medio ambiente y un mejor estilo de vida, aportando beneficios en el sector de la construcción. A lo largo de muchos años, debido al avance de la tecnología, los hábitos de gran parte de la población mundial se han modificado, predominando prácticas como el consumismo, que han conducido a una producción desmedida de productos hechos o derivados del plástico para satisfacer las necesidades personales, sin tener en cuenta la huella ecológica ocasionada.

Según el reporte anual de la empresa Amcor, una de las dos (2) mayores y más grandes empresas proveedoras de botellas PET para Latinoamérica y el Caribe, para junio del año 2016 Venezuela figura entre los países del área con mayor consumo anual de botellas PET por habitante, con 5,30 kg/año/hab, ocupando el cuarto lugar de la región, incluidos los países de la América Central, Estados Unidos y México, tal y como se ilustra en la figura 10.

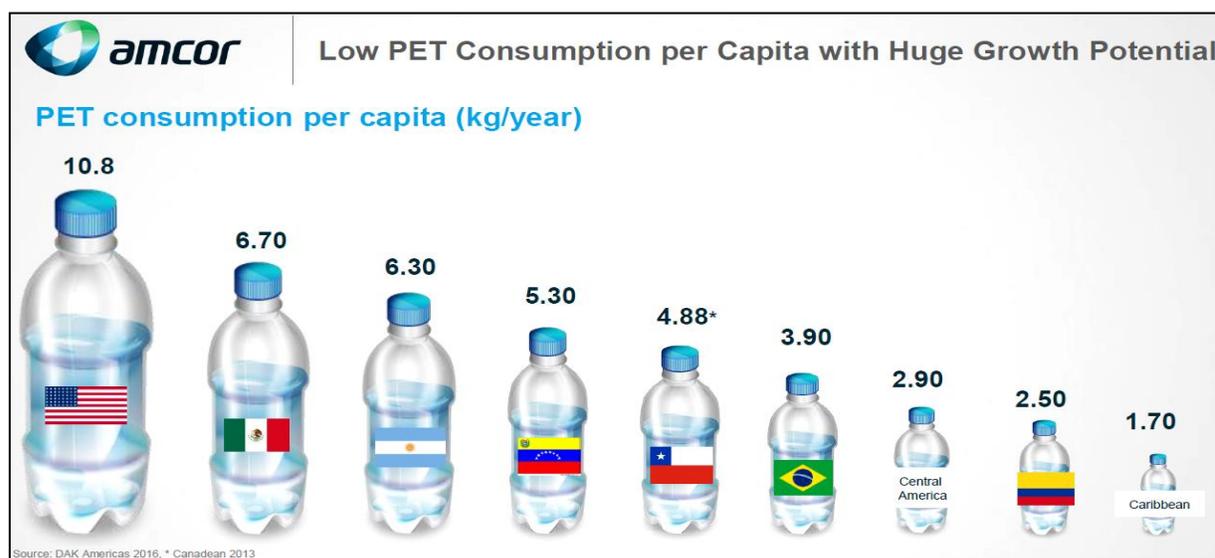


FIGURA 10. Consumo de botellas PET por habitante y por año en Latinoamérica y el Caribe. Fuente: Amcor (2016).

En la actualidad, se considera que el reciclaje y la reutilización de materiales no degradables, como el plástico, ayudarán a disminuir el calentamiento global y otros problemas ambientales. Sin embargo, el sector de la construcción de viviendas es uno de los que menos ha aplicado tecnologías que permitan hacerlo realidad, puesto que en Venezuela y América Latina se mantiene vigente la frase expuesta por Ramírez (2012): “La basura es dinero y la gente no lo sabe”.

Este trabajo favorecerá el impulso de dichas tecnologías, ya que estudia formas de aprovechamiento de las potencialidades de materiales considerados “basura”, en la elaboración de elementos prefabricados para entrepisos y techos.

Teniendo presente que el mortero es un material esencial para el sector de la construcción, es necesario hacer investigaciones para poder hallar técnicas, tecnologías y la posible utilización de otros productos no convencionales, en este caso el plástico, que permitan mezclas de mortero más adecuadas, eficientes, livianas, ecológicas y económicas.

3.1.1. Reutilización de botellas PET en la elaboración de paneles

El Polietileno Tereftalato (PET) fue producido por primera vez en 1941 por los científicos británicos Whinfield y Dickson, quienes lo patentaron como polímero para la fabricación de fibras. Se considera que un kilo de PET está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire. Su desarrollo fue consecuencia de que Inglaterra estaba en plena Segunda Guerra Mundial y existía una apremiante necesidad de buscar sustitutos para el algodón proveniente de Egipto.

Su historia indica de manera sinóptica que a partir de 1946 se empezó a utilizar industrialmente como fibra y su uso textil ha proseguido hasta el presente. En 1952 se comenzó a emplear como película para envasar alimentos. Pero la aplicación que le significó su principal mercado fue en envases rígidos, a partir

de 1976. Pudo abrirse camino gracias a su aptitud para la fabricación de botellas para bebidas poco sensibles al oxígeno, por ejemplo, el agua mineral y refrescos carbonatados. Desde principios del año 2000 también es utilizado para el envasado de cerveza.

El PET empezó a ser utilizado como materia prima en fibras para la industria textil y la producción de películas fotosensibles, pero hoy día es uno de los plásticos favoritos para otros usos, como la producción de envases diversos, botellas plásticas para el consumo de bebidas, bandejas y láminas. Se puede inyectar, extruir, laminar y soplar, además de modificar varias veces con fuerza mecánica o calorífica, haciéndolo un plástico 100% reciclable.

Para Bonnet (2005), el PET es un material caracterizado por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión y a las caídas, alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y aroma de los alimentos, es una barrera contra los gases, es reciclable 100% y con posibilidad de producir envases reutilizables, lo cual ha llevado a desplazar a otros materiales como, por ejemplo, el PVC.

Distintos estudios han demostrado que la botella de PET es muy competitiva por el bajo consumo de energía necesario en su producción, y en la generación de residuos en comparación con otros materiales. En este aspecto, los envases de PET son más amigables con el ambiente en relación a los envases fabricados con otros materiales por ejemplo el vidrio y el aluminio que requieren mayor consumo de energía para su transformación.

Además, debido a su menor peso, el consumo de combustible y la emisión de contaminantes durante su transporte es menor que cuando se comparan con envases equivalentes de vidrio (el segundo material más utilizado en la elaboración de envases para agua y refresco y el más recomendado por cuestiones de salud). Un camión que transporta refresco en envase de vidrio lleva varias toneladas más de peso muerto que el que transporta botellas de PET (un envase de PET es aproximadamente 7 veces más ligero) (Ramírez, 2011).

En un estudio llevado a cabo por la Franklin Associates Limited 2003 se comparó la eficiencia en cuanto a energía consumida de envases equivalentes de diferentes materiales. El resultado indica que el envase de PET requiere menos energía que la necesaria para la producción de envases de aluminio y de vidrio. Además, se observó que el impacto ambiental de los envases de PET es menor.

Igualmente, el PET tiene una gran versatilidad tecnológica y dependiente del producto a envasar, de las condiciones del mercado (climatología, temperatura, humedad, condiciones de almacenamiento, nivel de automatización y de la calidad del envasado) y de su diseño, lo que permite optimizar el peso del envase y adecuarlo a las necesidades requeridas. Hoy por hoy, la tecnología de producción de envases ha permitido esta optimización en el peso de los envases sin detrimento de poner en el mercado una amplia colección de diseños atractivamente comerciales.

De esta forma, la evolución tecnológica ha permitido el desarrollo de las siguientes etapas:

1. Sustitución de otros materiales y evolución del peso del envase de PET.
2. Evolución de materiales constituyentes o relacionados con el envase.
3. Impacto en la logística – distribución.
4. Desarrollo de la industria y de la tecnología de reciclado.
5. Desarrollo de mercados usuarios de PET.

Según Serrano (2001), la producción de resina para botellas gaseosa tenía un incremento de 11,3% anual en 1999; mientras que la tasa de aumento en el reciclaje de las mismas botellas de PET llegaba a 10,5%. Por otro lado, ese mismo año, el uso de la resina para hacer botellas de agua se estaba incrementando a más del 30%.

En la última década el PET ha sido el material más utilizado e importante en el mundo y en el mercado de las botellas de agua, refrescos y alimentos con una producción aproximada de 11 millones de toneladas, debido a su buena

combinación de propiedades como la transparencia, baja densidad, alta resistencia, flexibilidad de formatos, buenas propiedades organolépticas, entre otros.

De igual forma, existen estudios de la necesidad de reciclar y reutilizar los materiales PET que almacenan líquidos, ya que según estudios de la Food and Drug Administration de Estados Unidos (FDA), pequeñas partículas de PET pueden desprenderse y quedar flotando en los alimentos. Las consecuencias en la salud después de la ingestión continua de estas partículas van desde afecciones respiratorias, hasta problemas en el desarrollo del feto.

Este producto presenta una gran problemática, debido a que tarda 100 a 1.000 años en degradarse incluyendo su acelerada demanda y producción, lo que resulta que se incrementa el impacto ambiental, ya que, para producir 1.000 millones de botellas se requieren 24 millones de galones de petróleo, entre otras sustancias tóxicas, metales pesados, químicos y pigmentos que permanecen en el aire.

Estas botellas al ser desechadas terminan en un vertedero, donde el agua de lluvia fluye a través de los residuos de la misma y absorben los compuestos solubles de agua que estos contienen y que son altamente tóxicos; juntos crean un líquido llamado Lixiviado, dicho líquido pasa a las napas subterráneas, al suelo y luego a las corrientes de agua causando daño al ecosistema y a la vida silvestre.

A principios del siglo XXI el profesor Takamatsu *et ál.* (2003), obtuvieron por primera vez un concreto polimérico a partir de botellas de PET. Los concretos poliméricos sólo se usan en pequeña escala y en limitadas aplicaciones en las que el beneficio de sus propiedades físicas supera su elevado costo con respecto al concreto elaborado con cemento Portland (de cinco a seis veces más caro), pero este costo se ve enormemente disminuido mediante la elaboración de los polímeros a partir del reciclado del Polietileno Tereftalato (PET). **Con la creación de este cemento se logra atacar parte de un importante problema de desechos sólidos a un costo muy bajo.**

A través de la descomposición química del PET se obtiene poliéster insaturado el cual, mediante entrecruzamiento, forma una especie de red tridimensional resultando una estructura interconectada, amplia y muy fuerte. Si esta matriz es llenada con arena y grava, el producto resultante es un concreto polimérico, ya que la pasta de agua - cemento es sustituida por el polímero obtenido del reciclado del PET.

Por su parte, en el año 2002, Iván Escalona realizó en México D.F, una investigación descriptiva titulada *“Producción química: El mundo de los plásticos”*, cuyo objetivo era describir las propiedades de los plásticos, así como sus orígenes y utilidades. Su metodología consistió en el análisis bibliográfico de diversas fuentes para la obtención de conceptos y la descripción de los compuestos químicos que conforman los diversos tipos de plásticos.

El antecedente anteriormente mostrado se relaciona con la presente investigación debido a que en la misma se utilizan materiales descritos en el antecedente mostrado, por lo que el mismo resulta un excelente sustento teórico que puede ser tomado en cuenta a la hora de llevar a cabo la experimentación.

En Mendoza, Argentina, Gaggin *et al.* (2006), realizaron una investigación titulada *“Ladrillos, bloques y placas con plásticos reciclados para viviendas de interés social”*, con el fin de utilizar plásticos reciclados como áridos en mezclas cementicias para fabricar mampuestos y placas, aplicables en cerramientos laterales no portantes. Sus objetivos fueron abaratar los costos en la construcción de viviendas de interés social, dar un destino útil, con una visión ecológica, a parte de los residuos que contaminan el ambiente y generar nuevas fuentes de trabajo y organización comunitaria en sectores de escasos recursos.

Su metodología consistió en seleccionar los residuos plásticos, los cuales se trituran con un molino especial y así se incorporan a mezclas cementicias, sin necesidad de un lavado previo (salvo en el caso que se utilicen residuos muy contaminados tomados de la basura, sin un acopio separado). No es necesario retirar rótulos y tapas de los envases. Para la fabricación de los elementos

constructivos se utiliza un procedimiento similar al de un hormigón común, pero reemplazando áridos por plásticos reciclados. Aditivos químicos se incorporan al agua de mezclado como acelerantes de fraguado, dependiendo de la temperatura ambiente. Gracias a lo que se observó en la experimentación, se llegó a la conclusión de que los materiales plásticos reciclados (en este caso PET), pueden ser utilizados como áridos en mezclas cementicias para fabricar mampuestos y placas, aplicables en cerramientos laterales no portantes.

Este antecedente se relaciona con la presente investigación debido a que se pretende reutilizar elementos plásticos reciclables y reciclados, para fabricar bloques de construcción ecológicos y económicos. También contribuye a la misma, debido a que sus técnicas empleadas pueden servir como base para la metodología que se empleará en esta investigación.

Gaggino Rosana y otros (Gaggino *et al.*, 2007) desarrollaron la “Aplicación de material de plástico reciclado en elementos constructivos a base de cemento”, con el fin de demostrar la posibilidad de utilizar plásticos reciclados PET como una alternativa ecológica para la fabricación de elementos de construcción a base de cemento (Figura 11).



FIGURA 11. Elementos constructivos fabricados con plásticos reciclados. Fuente: Gaggino *et al.*, 2007.

Sus objetivos fueron: solución del déficit habitacional y la desocupación en Argentina, impulso de tecnologías ambientalistas dentro de la industria de la construcción, desarrollo de nuevos procedimientos para elaborar elementos

constructivos buscando descontaminar el ambiente. En el curso de la investigación realizada obtuvieron piezas prefabricadas consistentes en un ladrillo de 5,5 cm x 26,2 cm; bloques de 20 cm x 20,5 cm; y placas de 240 cm x 28 cm x 5,6 cm.

Otro ejemplo es el realizado por Contreras Owen *et al.* (2012), en la investigación titulada *Elaboración de panel Aislante Acústico y térmico a partir de la reutilización de botellas plásticas de polietileno Tereftalato (PET)*. La finalidad de esta investigación fue buscar solución a dos problemas: el impacto ambiental por residuos sólidos y el déficit de elementos constructivos que posean propiedades de aislamiento térmico y acústico para la fabricación de viviendas en áreas urbanas y rurales (Figura 12).

183



FIGURA 12. Formaleta con el vaciado de la mezcla sobre las botellas. Contreras Owen *et al.* (2012).

En el diseño experimental se establecen dos variables independientes: aislamiento acústico y aislamiento térmico y cuatro variables dependientes: nivel de ruido exterior y nivel de ruido interior, temperatura ambiente exterior y temperatura ambiente interior. Diseñaron once (11) alternativas y fabricaron igual cantidad de tipos de paneles con el interior de botellas y un friso de aglomerante de cal, cemento y arena. Lo evaluaron aplicando de decisión multicriterio con el programa Expert Choice. Los resultados que obtuvieron

fueron disminución de la temperatura interior en 14,3 °C, y sumado a ello permiten un aislamiento acústico de 20 dB.

De igual forma, el Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño de la Universidad de Los Andes y creado en convenio en 2009 con la Universidad Politécnica de Valencia, ha desarrollado en los últimos años una buena cantidad de productos ecoinnovadores a partir del uso de diversos tipos de residuos plásticos para entrepisos, techos y paredes, con notable éxito demostrado en su funcionalidad.

184

3.2. RESULTADOS DE LOS COMPONENTES Y DE LOS BLOQUES TABELON Y PIÑATA

3.2.1. Resistencia de los Cilindros con Mezcla Patrón y Mezcla de Fibrocemento

Los ensayos fueron realizados una vez transcurridos 28 días de su elaboración, con esto se intenta valorar los resultados de resistencia de cada mezcla y la firmeza del Figue al transcurrir el tiempo.

En las figuras 13 y 14, se muestran los valores de esfuerzo-deformación alcanzados durante los ensayos de compresión para los siete (07) cilindros con la mezcla patrón y once (11) cilindros de la mezcla de Fibrocemento. Se muestran los resultados en una misma gráfica con el propósito de simplificar, facilitar su interpretación y comparación.

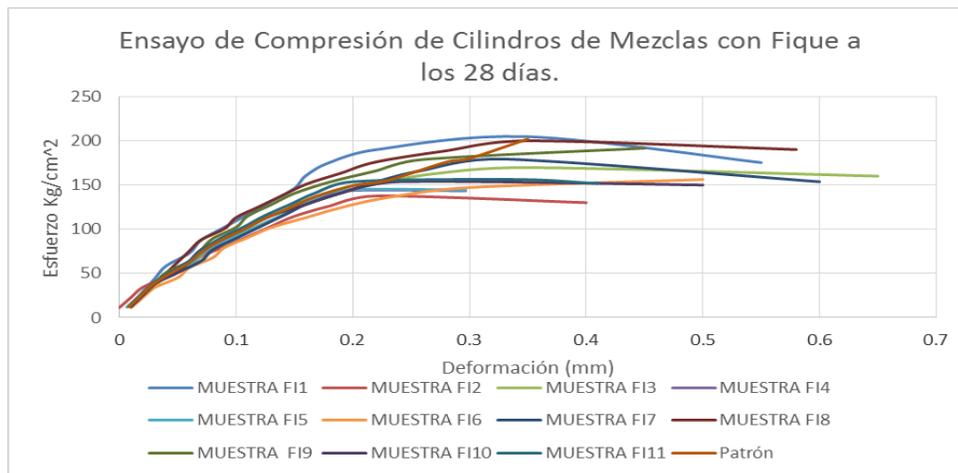


FIGURA 13. Ensayo a compresión de muestra de Mortero de Fibrocemento con dosificación 5:1., y 230 gr de fibra. Fuente: Elaboración propia.

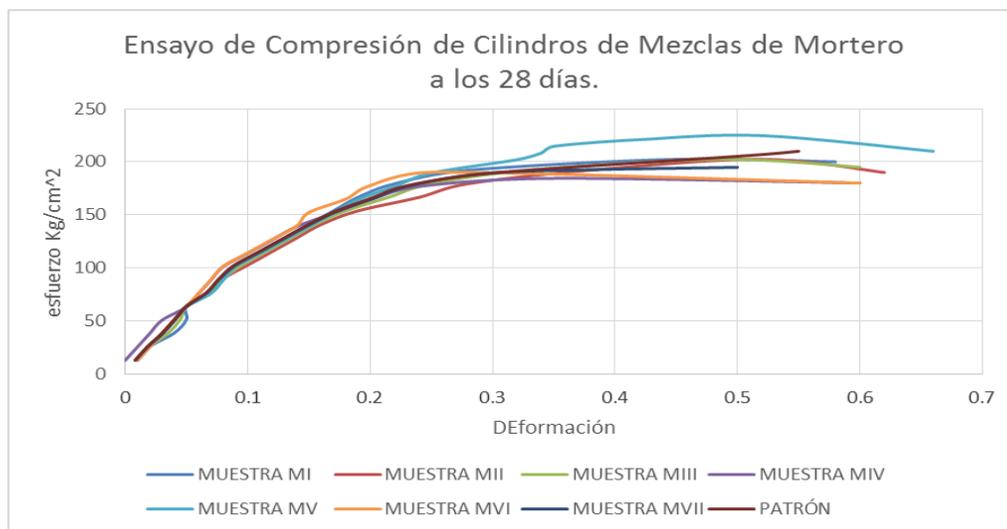


FIGURA 14. Ensayo a compresión de muestra de Mortero Patrón con dosificación 5:1. Fuente: Elaboración propia.

En las gráficas 13 y 14, se evidencia que las muestras para mortero de mezcla patrón tienen mejor comportamiento con relación a la resistencia a la compresión que las muestras con mortero de Fibrocemento.

En la figura 15, se comparan los resultados de ambas mezclas. Se destaca el comportamiento que obtuvo la mezcla patrón; así como la sucesión de los ensayos a compresión uniaxial de los cilindros de Mortero Patrón y Mortero de Fibrocemento, una vez transcurridos 28 días de su elaboración. En la figura 16, se observan en parte de las probetas cilíndricas las roturas de 35 grados con respecto a la horizontal.

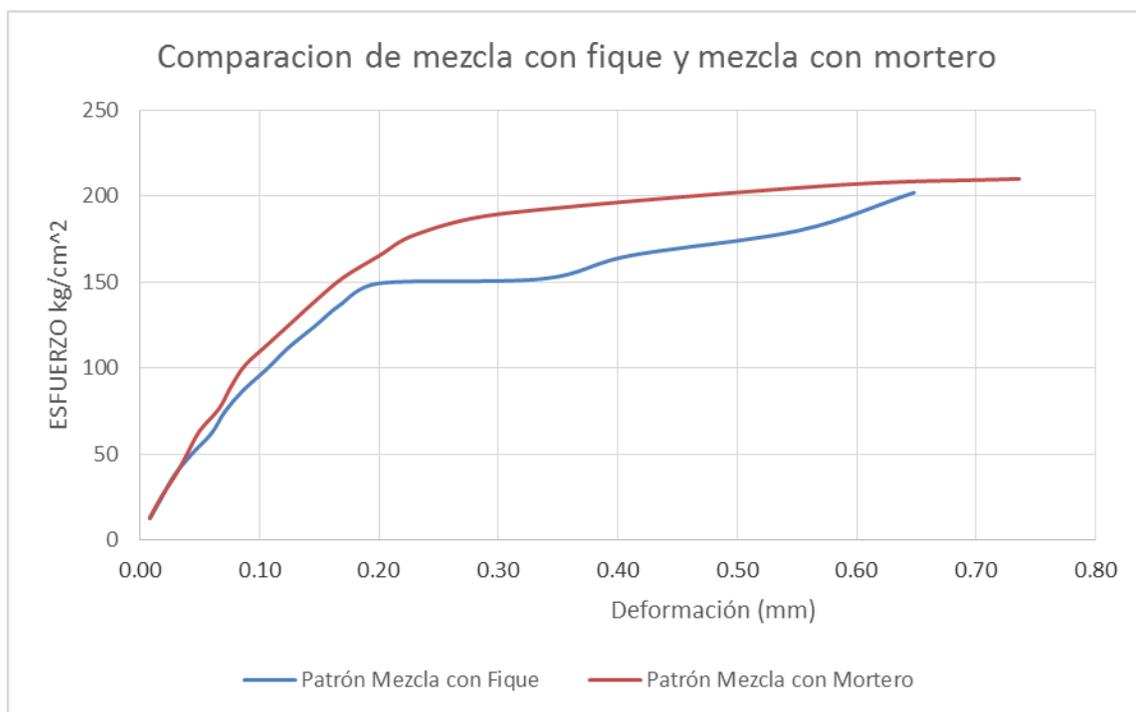


FIGURA 15. Comparación de ensayos a Compresión Mezcla Patrón vs Mezcla de Fibrocemento, a los 28 días de elaborados. Fuente: Elaboración propia.



FIGURA 16. Colocado del cilindro en la máquina RIEHLE para rotura de probetas a compresión y la muestra en una de las probetas de cilindro de mortero ensayado a compresión con rotura de 35 grados; y de igual manera la probeta F15 cilindro de mortero con fique ensayado a compresión con rotura de 35 grados. Fuente: Elaboración propia.

Los valores de resistencia obtenidos en el ensayo a compresión de cilindros de dos tipos de mezclas se verán reflejados en las tablas 5 y 6, reportándose en la muestra MV la de mayor resistencia.

TABLA 5. Valores de carga, deformación, diámetro, área, resistencia a la compresión a los 28 días de Cilindros de Mezcla de Mortero (Mezcla Patrón). Fuente: Elaboración propia.

Muestra	Carga Máxima (Kg)	Deformación (mm)	Diámetro	Área cm ²	Resistencia (Kg/cm)
MI	7900	0.45	7.05	39.04	202
MII	7900	0.13	7.05	39.04	202
MIII	7900	0.14	7.05	39.04	202
MIV	7300	0.11	7.1	39.59	184
MV	8900	0.17	7.1	39.59	225
MVI	7850	0.10	7.085	39.42	199
MVII	7475	0.12	7.35	42.43	176

TABLA 6. Valores de carga, deformación, diámetro, área, resistencia a la compresión a los 28 días de cilindros de Mezcla de Fibrocemento. Fuente: Elaboración propia.

Muestra	Carga Máxima (Kg)	Deformación (mm)	Diámetro	Área cm ²	Resistencia (Kg/cm)
FI1	7050	0.46	6.6	34.21	206
FI2	6250	0.31	7.45	43.59	143
FI3	7300	0.35	7.4	43.01	170
FI4	7150	0.39	7.3	41.85	171
FI5	7150	0.39	7.275	41.57	172
FI6	6900	0.60	7.5	44.18	156
FI7	7250	0.50	7.05	39.04	186
FI8	7950	0.35	7.115	39.76	200
FI9	7550	0.59	7.06	39.15	193
FI10	6250	0.33	7.05	39.04	160
FI11	6250	0.24	7.05	39.04	160

4.4. Resistencia de las Placas de Mortero con Fique y Placas con Malla Plástica

Para definir cuál sería la mezcla a utilizar en la investigación, se elaboraron placas de 2, 2.5 y 3 cm de espesor, las mismas se pesaron y se ensayaron a los 28 días de elaboradas, para así conocer si cumplían con los requerimientos establecidos en la norma COVENIN 42-82.

Los valores de carga y peso correspondientes a cada una de las placas fabricadas con la mezcla anteriormente mencionada, se muestran en las tablas 7 y 8.

TABLA 7. Valores de carga y peso de las Placas con Fique de diferentes espesores. Fuente Elaboración propia.

Muestra	Carga(kg) para 2 cm de espesor	Peso (kg)	Carga(kg) para 2.5cm de espesor	Peso(kg)	Carga(kg) para 3cm de espesor	Peso(kg)
1	279	8.20	391	8.51	525	10.53
2	449	7.92	432	9.36	538	11.59
3	365	8.12	269	8.61	600	11.66
4	302	7.13	560	9.64	379	10.19
5	331	7.72	390	9.04	395	10.45
6	363	7.69	256	9.57	340	10.42
Promedio	348.16	7.80	387.50	9.12	462.83	10.80

TABLA 8. Valores de carga y peso de las Placas con Malla Plástica de diferentes espesores. Fuente: Elaboración propia.

Muestra	Carga (kg) para 2 cm de espesor	Peso (kg)	Carga(kg) para 2.5cm de espesor	Peso (kg)	Carga(kg) para 3cm de espesor	Peso (kg)
1	600	8.05	300	8.91	347	10.21
2	250	7.50	249	9.32	449	9.71
3	550	7.70	263	9.51	365	9.85
4	443	7.94	480	9.50	302	9.97
5	550	7.77	328	9.19	331	10.42
6	614	8.46	400	9.25	363	10.17
Promedio	501.2	7.90	336.67	9.28	348.16	10.05

Cada una de las placas alcanzó variaciones en su resistencia, resultando las de mayor aguante las de Fibrocemento de 2 cm de espesor, con una carga promedio de 501.02 kg. En la figura 17 se observa la secuencia de ensayos a compresión uniaxial realizados para cada una de las placas.

190



FIGURA 17. Ensayo a Compresión de las Placas con Malla Plástica; muestra final de ensayo a compresión de Placa con Malla Plástica; y restos de placa ensayada con mezcla fibra de Fique.

4.5. Curvas Esfuerzo-Deformación

Los ensayos realizados a compresión se llevaron a cabo con la finalidad de verificar valores de esfuerzo-deformación para las 36 placas elaboradas con cada mezcla. Dichos ensayos se muestran gráficamente por espécimen fabricado y por espesor.

191

4.6. Ensayo a compresión de las placas con Mortero y Malla plástica

Las figuras 18, 19, 20, se ilustran el comportamiento de las placas de mortero y malla plástica a diferentes espesores.

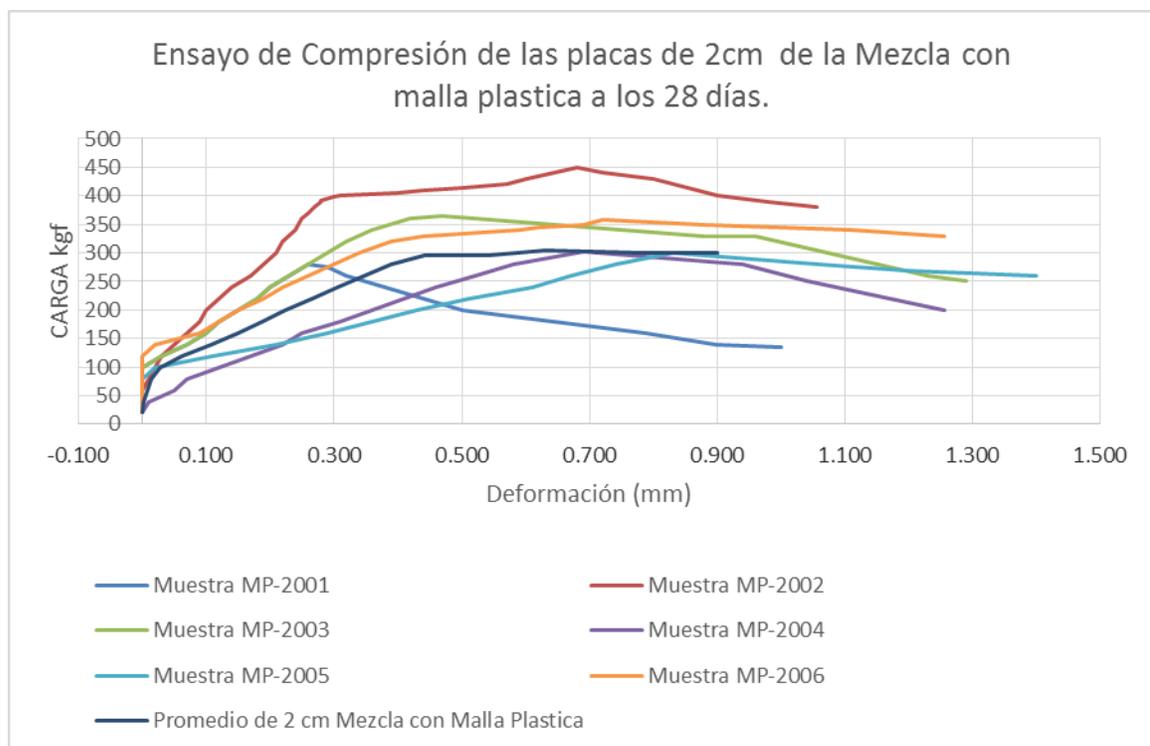


FIGURA 18. Ensayo a compresión de placas con malla plástica de 2cm, con dosificación 5:1.
Fuente: Elaboración propia.

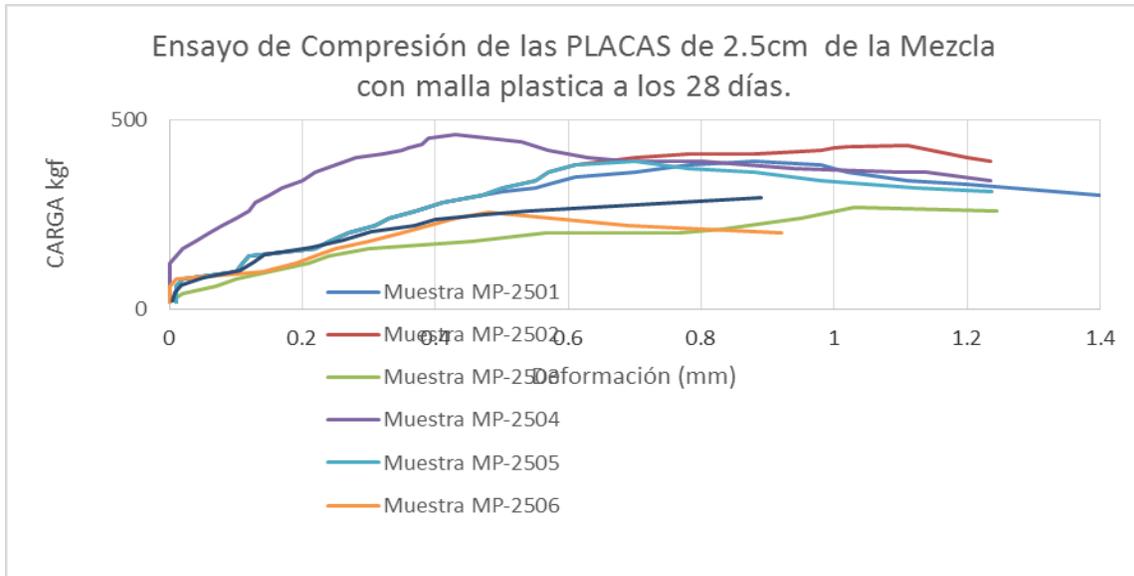


FIGURA 19. Ensayo a compresión de placas con malla plástica de 2.5cm, con dosificación 5:1. Fuente: Elaboración propia.

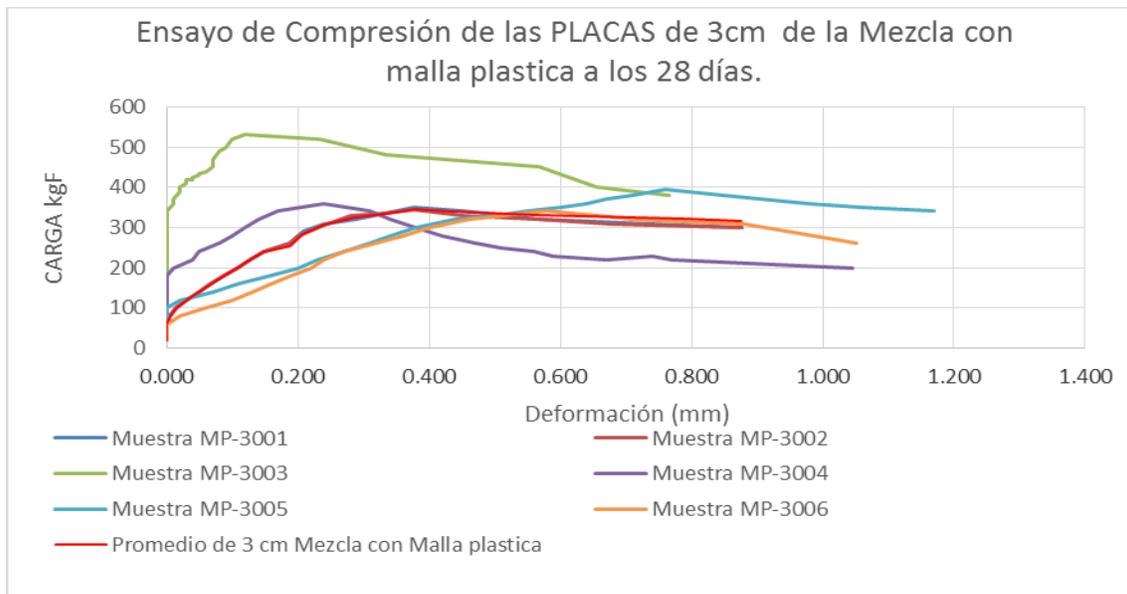


FIGURA 20. Ensayo a compresión de placas con malla plástica de 3cm, con dosificación 5:1. Fuente: Elaboración propia.

Se observa que las placas ensayadas con diferentes espesores, se comportan de acuerdo a lo esperado, arrojando una tendencia a la resistencia por encima de la resistencia de diseño. Es importante destacar que se requiere que las placas soporten el peso de un trabajador de la construcción (90Kg, según el promedio) junto con el peso de los materiales (90kg).

4.7. Ensayo a compresión de las placas con Mortero Patrón y Mortero de Fibrocemento

Al analizar las figuras 21, 22 y 23 que los ensayos a compresión de las placas para este tipo de muestra, soportan resistencias mayores a las esperadas.

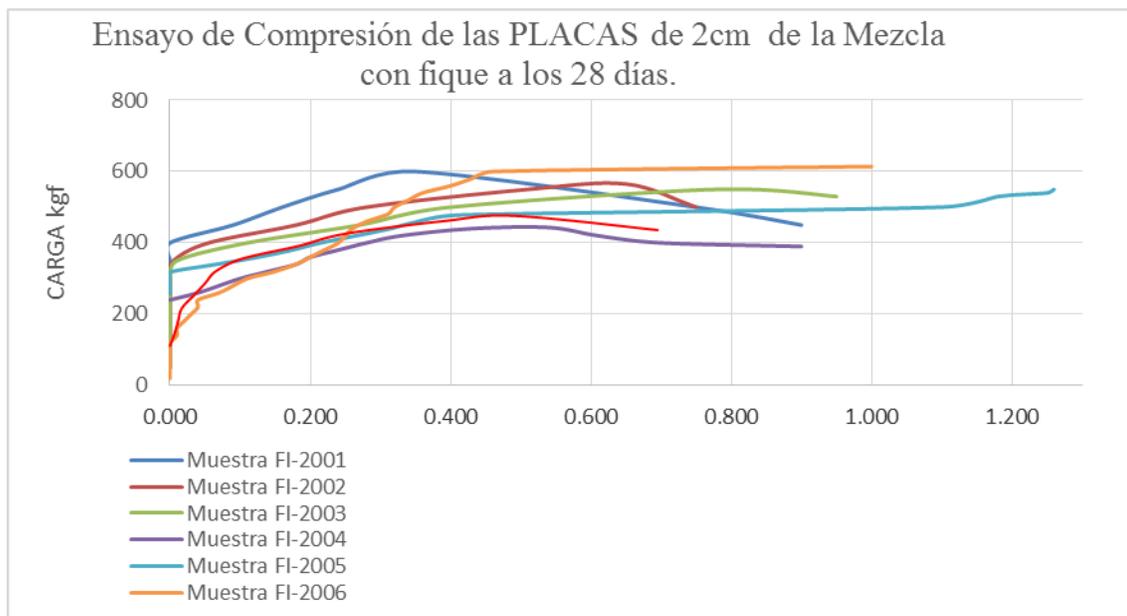


FIGURA 21. Ensayo a compresión de placas con Fique de 2cm, con dosificación 5:1. Deformación en mm. Fuente: Elaboración propia.

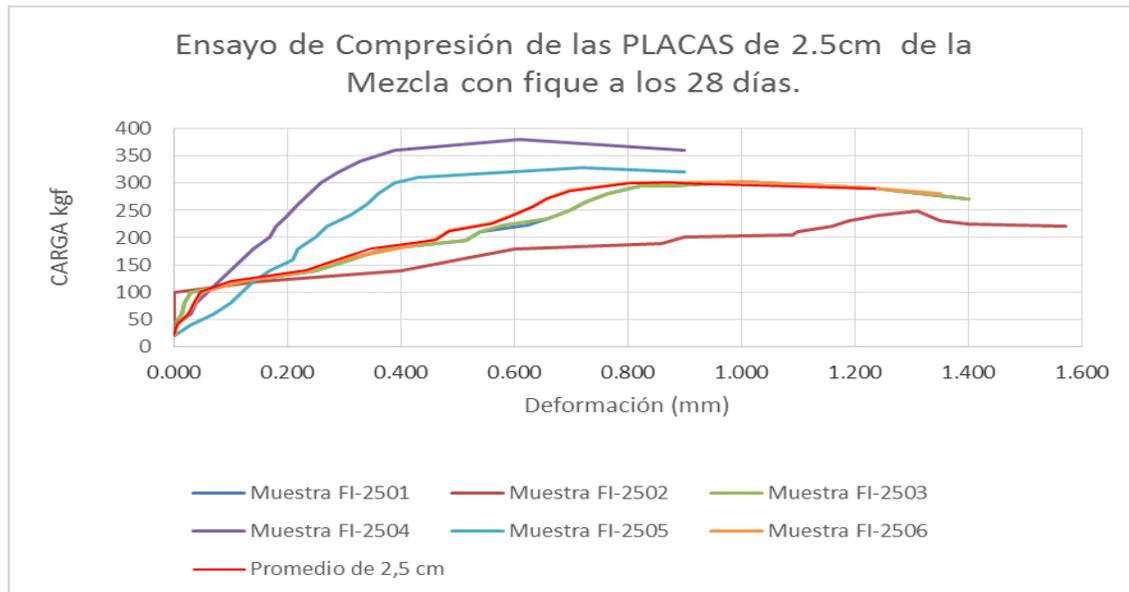


FIGURA 22. Ensayo a compresión de placas con Fique de 2cm, con dosificación 5:1. Fuente: Elaboración propia.

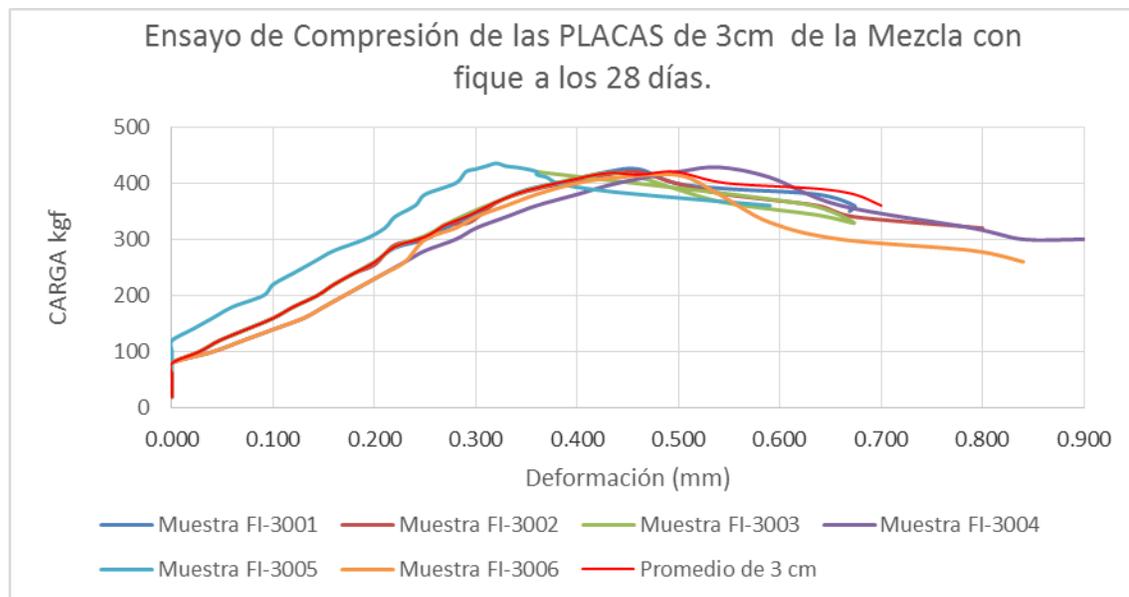


FIGURA 23. Ensayo a compresión de placas con Fique de 3 cm, con dosificación 5:1. Fuente: Elaboración propia.

4.8. Comparación de ensayos a compresión de placas con Mortero Patrón y placas de Fibrocemento

En la figura 24 se presenta una gráfica comparativa de las curvas de esfuerzo-deformación entre las placas con Mortero Patrón y Malla plástica vs las placas de Mortero de Fibrocemento, con el propósito de apreciar y analizar su comparación relativa ante el esfuerzo de compresión aplicado.

195

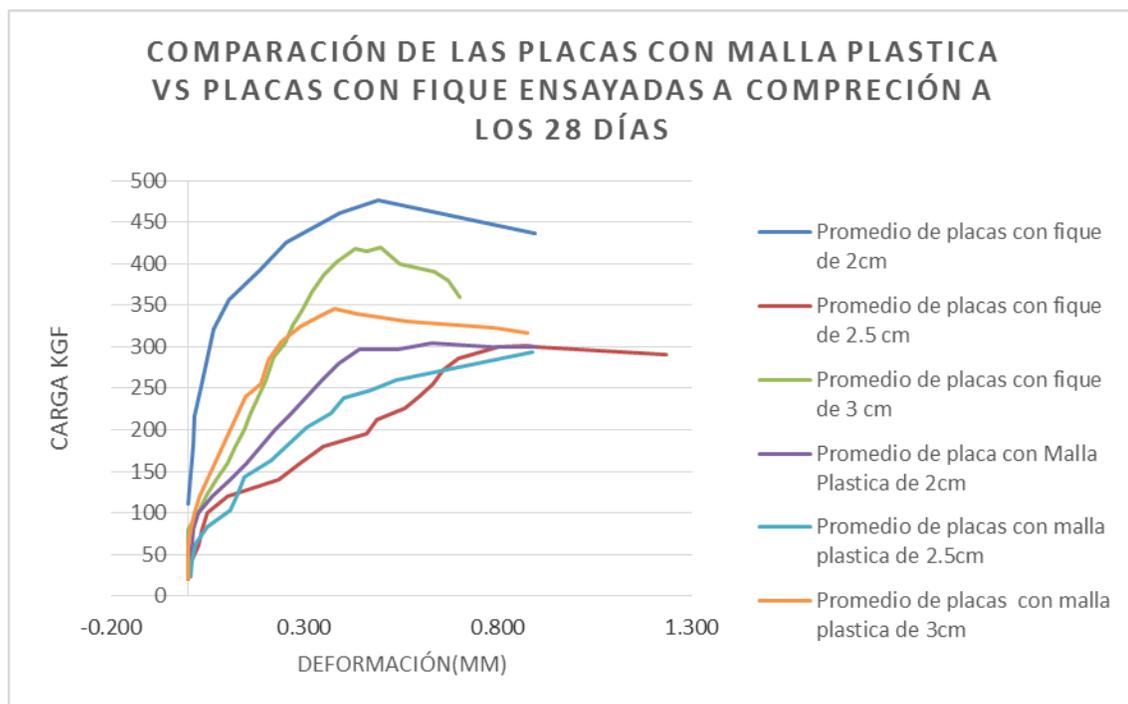


FIGURA 24. Comparación de ensayos a Compresión de placas con Malla plástica vs placas de Fibrocemento, a los 28 días de elaborados. Fuente: Elaboración propia.

Al comparar los resultados de los ensayos de compresión se puede observar la baja resistencia de las placas con malla plástica. Por su parte, tal como lo demuestran los ensayos realizados, la placa de Fibrocemento de 2 cm de espesor es la que muestra una tendencia equivalente a la del Patrón, superándolo en resistencia y deformación.

4.9. Ensayo a Compresión de los bloques

La fabricación de los bloques con fibra de Fique y en su interior botellas de refresco o envases de aceite hidráulico de polietileno tereftalato (PET), define la última etapa experimental de esta investigación.

Para la fabricación de los bloques, se utilizó la mezcla que obtuvo los mejores resultados del ensayo a compresión uniaxial de las placas, por ello se tomó la Fibra como agregado adicional, ya que soporta cargas mayores en comparación a la malla plástica. A los 28 días de fraguado y curado se procedió a realizar los ensayos a compresión en el laboratorio de materiales y ensayos de la Universidad de los Andes.

4.10. Ensayo a compresión de bloques tipo Tabelón

Los resultados de cargas, pesos y resistencia a la compresión uniaxial obtenidos de cada uno de los bloques se ven reflejados en la tabla 9 y se ilustran en la figura 25. En la figura 26 se exponen algunas fotografías de los bloques ensayados y posteriormente seccionados.

TABLA 9. Valores de Carga y Peso para bloques tipo Tabelón. Fuente: Elaboración propia.

Bloque Tabelón	Peso	Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm ²)	Peso de la Rueda(kg)
1	15.83	388		
2	17.10	417		8.79
3	17.79	426		



FIGURA 25. Ensayo a compresión de bloques tipo Tabelón; muestra final del ensayo a compresión; y detalle muestra final ensayo a compresión.



FIGURA 26. Vista de las secciones de uno de los bloques tipo Tabelón elaborado con PEAD después del ensayo a Compresión, donde se puede apreciar el grosor de la placa que conforma los planos estructurales del mismo y la poca deformación de los envases plásticos.

Las figuras anteriores permiten destacar que al realizar el ensayo a compresión a los bloques tipo tabelón, se presentaron deformaciones solo en la zona de contacto y en sus zonas laterales, mientras que la zona inferior de la misma no sufrió daño alguno.

4.11. Ensayo a Compresión uniaxial de los Bloques tipo Piñata

En la tabla 10, se muestran los resultados obtenidos en el ensayo a compresión de bloques tipo Piñata. Por su parte, la figura 27 evidencia la falla en la parte superior del bloque, mientras que en la figura 28 se aprecia la estructura interna de las botellas de refresco PET y las placas envolventes de la mezcla de cemento y agregados minerales. Al igual que el bloque tabelón, el bloque piñata solo se deformó en la zona de contacto y sus zonas laterales, por lo que la zona inferior y su parte interna permanece intacta.

199

TABLA 10. Valores de Carga y Peso para bloques tipo Piñata. Fuente: Elaboración propia.

Bloque piñata	Peso (Kg)	Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm ²)	Peso de la Rueda (kg)
1	36.24	247		
2	37.04	172		8.79
3	33.55	188		



FIGURA 27. Ensayo a Compresión de los bloques tipo Piñata y muestra final ensayo a Compresión.



FIGURA 28. Vista de las secciones de uno de los bloques tipo Piñata conformado por botellas de refresco manufacturada con plástico PET después del ensayo a Compresión; se puede apreciar el grosor de la placa que conforma los planos estructurales del mismo y parte de una de las fallas laterales entre.

4.13. Análisis de Carga

La figura 29 representa a un trabajador con peso promedio de 90 kg, al momento en que desplaza una carga de ladrillos (90 Kg) sobre los dos tipos de bloques de Tabelón y Piñata, con la representación de sus fuerzas de reacción, la cual soportarían los elementos de piso, es decir el entrepiso al momento de su fabricación.

202

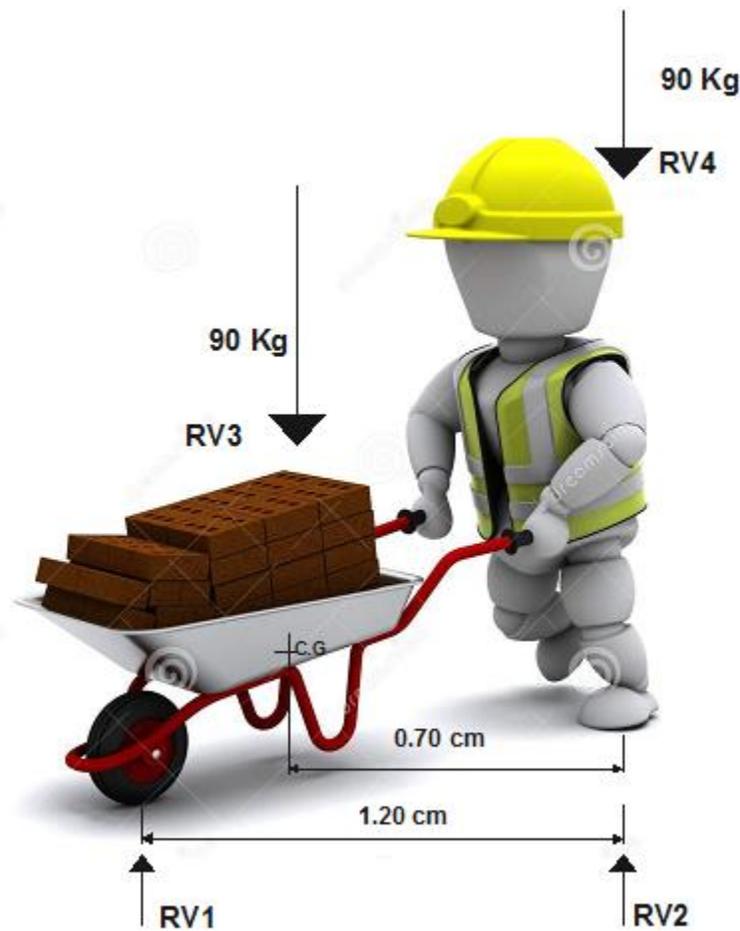


FIGURA 29. Análisis de carga a la cual estarán sometidos los bloques Piñata y Tabelón.

4.14. Análisis del ACV con el proceso de manufactura de elementos prefabricados para entresijos y techos a partir de botellas PET y mortero de cemento

Por medio del Análisis del Ciclo de Vida ACV-COCLOWEN simplificado se puede determinar el impacto que ejercen en el ambiente las distintas actividades industriales, específicamente en la fabricación de bloques tipo piñata y tabelones y lo que genera el proceso de esta fabricación, desde el reciclaje hasta la manufactura y venta del producto.

Este impacto se valora en una escala numérica, donde +3 significa altamente beneficioso, 0 dato irrelevante (que según criterio de los expertos puede ser valorado de manera positiva); y -3, altamente impactante o peligroso. Todo esto, en base a un criterio consciente de las cantidades estimadas de residuos que puede dejar un proceso industrial.

En caso de ser (+3) o altamente beneficioso, es necesario ofrecer una explicación del por qué se está valorando de este modo y como se puede aprovechar este recurso; y de tratarse de altamente impactante (-3), se explica brevemente como se puede evitar, mitigar o compensar el daño que puede conllevar alguna fase del ciclo de vida del producto. En primer lugar, se caracteriza el sistema producto para cada uno de los tipos de bloques, a partir del Análisis de Ciclo de Vida ACV-COCLOWEN (Tablas 11 y 12).

Luego se considera el sistema producto, con entradas y salidas, del Ecodiseño de cada uno de los elementos prefabricados: bloque tipo piñata y bloque tipo tabelón. A partir de allí se obtiene una puntuación del Sistema Producto, atendiendo a una Escala de Sostenibilidad, que muestran gráficamente los 6 niveles de sostenibilidad (Figuras 30 a; 30b; 30c).

Para los valores positivos (+3 a +1): Muy alta (completamente utópica), alta (altamente beneficioso), Baja (se limita a compensar los daños causados).

Para los valores negativo (-1 a -3, insostenible) o por debajo de 0, se debe rediseñar el producto y hacer modificaciones a aquellos procesos o etapas donde los niveles de ecoeficiencia son bajos, ya que genera un impacto ecológico dañino que puede no tener reversibilidad. Lo importante es generar un producto que sea factible ecológicamente.

Posteriormente se evalúa en la matriz COCLOWEN, cada una de las etapas del ciclo de vida de ambos sistemas de productos y su impacto ambiental y social.

Al respecto, se ha desarrollado el ejemplo hipotético de una planta de elaboración industrial de bloques de piñata y tabelones partir de botellas PET y mortero de cemento reforzado con fique (fibra del sisal), a fin de aplicar el Análisis del Ciclo de Vida ACV-Coclowen.

TABLA 11. Bloques tipo piñata y tipo tabelón. Definición de los aspectos y detalles del Análisis de Ciclo de Vida a partir del ACV-Coclowen. Fuente: Elaboración propia.

<p>PROYECTO: Ecodiseño en la elaboración de elementos prefabricados para entresijos y techos a partir de botellas de polietileno tereftalato (PET) y mortero de cemento</p> <p>INVENTARIO DEL SISTEMA DE PRODUCTO: Cemento, botellas de refresco, arena polvillo, sisal-cal, cinta plástica, aceite quemado, madera, clavos y cartón reutilizable.</p> <p>AUTORES: Jonder Torres López, Anmary Fernández Araujo, Dr. Wilver Contreras Miranda, MSc. Pedro Montilla Moreno</p> <p>CLIENTE: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Universidad Politécnica de Valencia, España.</p> <p>FECHA DE DESARROLLO DEL ACV: Octubre, 2018. NORMA: ISO 14.040. Ambiental</p>	
SECTOR.	Industria de la construcción
INDUSTRIA.	Bloques tipo piñata y bloques tipo tabelón.
OBJETIVOS	Realizar un ACV para la industria de elementos prefabricados para entresijos y techos con botellas de polietileno tereftalato PET y mortero de cemento, a partir del método analítico y gráfico ACV-COCLOWEN
ALCANCES	Determinación de los principales impactos ambientales positivos y negativos que ocurren en la producción de los bloques tipo piñata y tipo tabelón, manufacturados por una industria de la construcción de elementos prefabricados, ubicada en el Estado Trujillo, Venezuela. La definición de las valoraciones de esos impactos ambientales, entre otros, se ha elaborado a partir de los indicadores de daños ocasionados a la salud humana, el ecosistema y los recursos naturales.
FUNCIONES DEL SISTEMA ESTUDIADO	Desarrollo de la manufactura industrial para la producción de bloques tipo piñata y tipo tabelón, fabricados con botellas PET, mortero, Figue y cartón reutilizable.
<p>UNIDAD FUNCIONAL 1</p> 	<p>La unidad funcional 1 del presente ACV es para mil (1.000) bloques tipo piñata prefabricados con mortero, cuyas dimensiones son: 28 cm. de alto, 41cm. de longitud y 39.5 cm. de profundidad. Se calcula que el peso estimado del bloque tipo piñata es de 35kg de la unidad funcional.</p> <p>Se estima que en el proceso de fabricación de los bloques produce elementos como residuos de cartón que pueden ser reciclados y usados en la construcción de maquetas.</p>
<p>UNIDAD FUNCIONAL 2</p> 	<p>La unidad funcional 2 del presente ACV es para mil (1.000) bloques tipo tabelón prefabricados con mortero, cuyas dimensiones son: 11.5cm de alto, 50cm. de longitud y 26 cm. de profundidad. Se calcula que el peso estimado del bloque tipo tabelón es de 17 kg de la unidad funcional.</p> <p>Se estima que en el proceso de fabricación de los bloques produce elementos como residuos de cartón que pueden ser reciclados y usados en la construcción de maquetas.</p>

Continuación tabla 11...

SISTEMA DE PRODUCTO Y LÍMITES	El sistema de producto se definirá en la figura siguiente, con sus entradas, etapas de procesos y salidas a través de las principales etapas del ciclo de vida del producto.
NIVEL DE DIFICULTAD	La determinación de los impactos ambientales, según las características propias del método ACV-COCLOWEN en el presente trabajo, se expone en un nivel medio de dificultad por hacer uso de la matriz simplificada donde se analiza cada uno de los procesos y etapas de fabricación de los bloques bajo diferentes criterios.
PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS EN LA ASIGNACION DE CARGAS	Análisis de ciclo de vida a partir del método analítico y gráfico ACV- COCLOWEN.
TIPOS DE IMPACTO Y METODOLOGIA USADA	Indicadores de impactos ambientales de daños a la salud humana, de daños a los ecosistemas y daños a los recursos naturales; impacto socioeconómico y de seguridad industrial.
METODO DE RECOPIACIÓN	COCLOWEN
GENERADOR, TRATAMIENTO DE DATOS Y SUCALIDAD	Jonder Gregorio Torres López y Anmary Carolina Fernández Araujo.
VERIFICACION	Dr. Wilver Contreras Miranda, MSc Pedro R. Montilla Moreno y Dra. Mary E. Owen de C.
COMENTARIOS FINALES	El presente trabajo parte de la valoración de la fabricación de bloques realizados con botellas Pet y mortero, el objetivo de este estudio se dirige a evaluar si es factible y rentable ecológica y financieramente. Además, la matriz simplificada ACV-COCLOWEN, muestra todos los impactos posibles que pueden generar en el ambiente, tanto en lo social como en lo económico para la elaboración de este producto. La utilización de este método permitirá obtener detalles que pueden mejorar la creación del diseño y del producto.

TABLA 12. Sistema producto con entradas y salidas del Ecodiseño de los bloques tipo piñata y tipo tabelón.
Fuente: Elaboración propia.

Entradas Materias Primas Energía	Procesos	Salidas Impactos Ambientales a la atmósfera, residuos al suelo, vertidos al agua.
Cemento, arena, polvillo, agua, Fique-cal, botellas PET, madera, clavos, aceite quemado, cartón	Materiales Adquiridos	Gases de CO ₂ , polvo
Combustible gasoil, aceite lubricante	Transporte de materia prima	Ruido, gases de combustión, daños al pavimento
Consumo de energía eléctrica	Diseño y almacenaje	Electricidad
Consumo de energía eléctrica, proceso de esterilización	Limpieza, ensamblaje de botellas PET	Consumo de agua residual
Consumo de energía eléctrica	Corte de material de cartón y Fique	Residuos de cartón
Consumo de energía eléctrica por utilización de equipos. Taladros y por lámparas	Encofrado	Riesgo laboral, ruido, aceite, residuo de materia orgánica
Consumo de energía eléctrica, combustible de gasolina, lubricantes, aceite, consumo de agua	Mortero – Vaciado	Ruido, emisión de gases CO ₂ , residuos
Energía eléctrica, horas hombre	Desencofrado	Consumo de energía eléctrica,
Consumo de aceite, gasolina	Transporte al sitio	Emisión CO ₂ , impacto en el pavimento
Energía eléctrica, combustible gasolina, lubricantes	Instalación	Gases de emisión de CO ₂ , consumo de energía eléctrica
Vida Útil	Uso	80 años
Retiro. Disposición final. Reciclaje: 70%, vertedero: 30%		

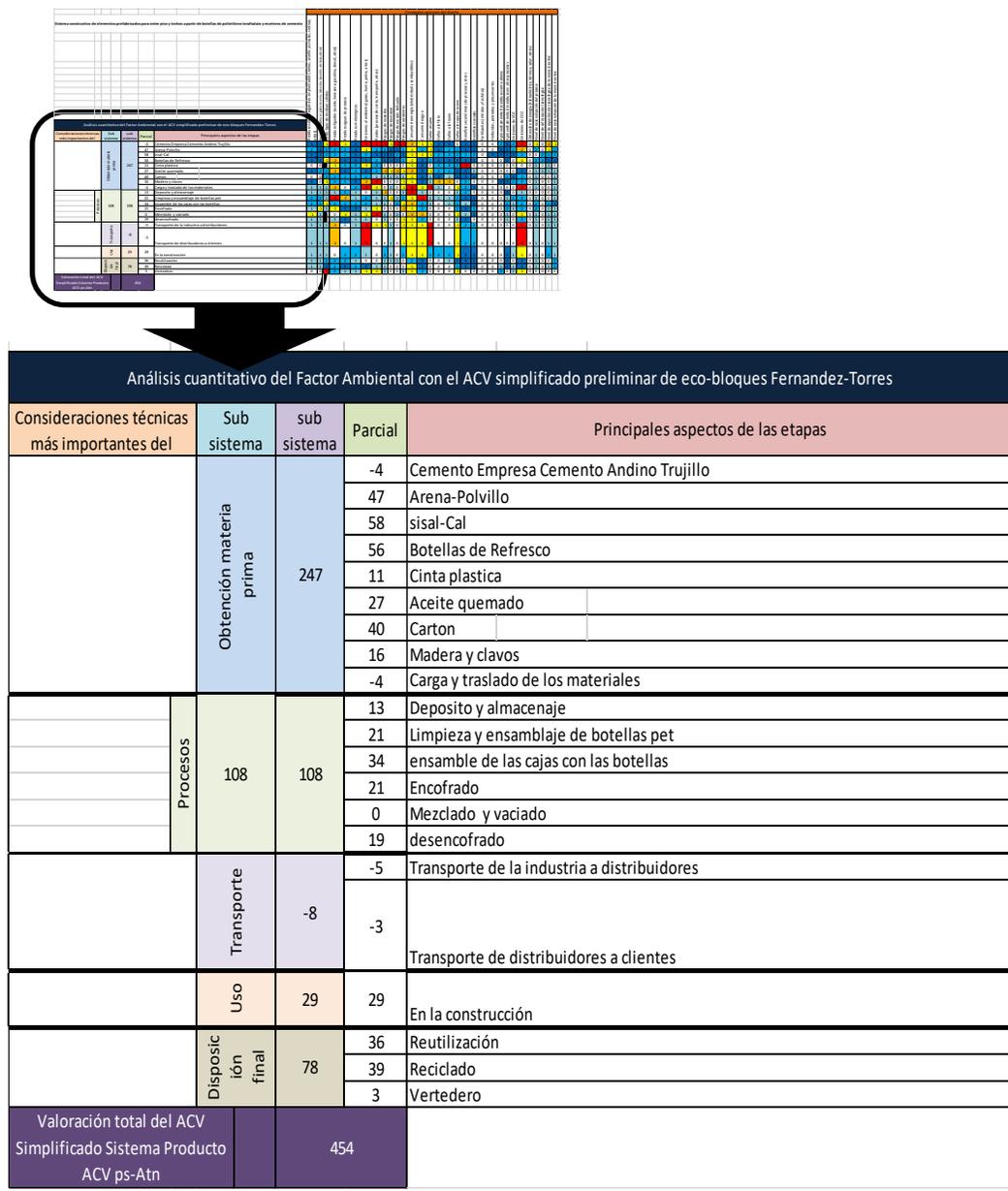
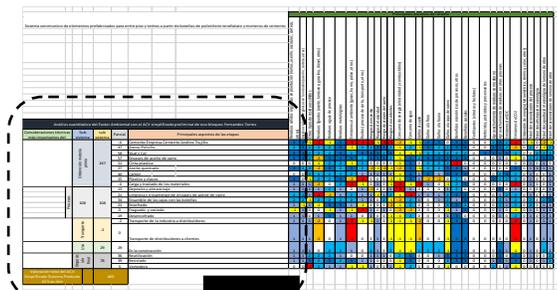


FIGURA 30a. ACV Coclowen Simplificado de los bloques tipo Tabelón. Fuente: Elaboración propia.



Análisis cuantitativo del Factor Ambiental con el ACV simplificado preliminar de eco-bloques Fernandez-Torres				
Consideraciones técnicas más importantes del	Sub sistema	sub sistema	Parcial	Principales aspectos de las etapas
	Obtención materia prima	247	-4	Cemento Empresa Cemento Andino Trujillo
			47	Arena-Polvillo
			58	Sisal y Cal
			57	Envases de aceite de carro
			11	Cinta plastica
			27	Aceite quemado
			40	Carton
			15	Plastico y clavos
			-4	Carga y traslado de los materiales
	Procesos	108	13	Deposito y almacenaje
			21	Limpieza y ensamblaje de envases de aceite de carro
			34	Ensamble de las cajas con las botellas
			21	Encofrado
			0	Fraguado y vaciado
			19	Desencofrado
	Transporte	-2	-2	Transporte de la industria a distribuidores
			0	Transporte de distribuidores a clientes
	Uso	29	29	En la construcción
	Disposición final	78	36	Reutilización
			39	Reciclado
			3	Vertedero
Valoración total del ACV Simplificado Sistema Producto ACV ps-Atn			460	

FIGURA 30b. ACV Coclowen Simplificado de los bloques tipo Tabelón con mezcla de sisal y su valor de sostenibilidad positivo (PU= 460). Fuente: Elaboración propia.

4.15. Estimación de impactos antrópicos

Empresa productora del cemento utilizado para elaborar los elementos prefabricados

Cemento Andino Trujillo, ubicada en Monay, estado Trujillo, es una empresa dedicada a la fabricación de cemento Portland blanco tipo I, cemento Portland gris tipos I y II y cemento Portland gris tipo CPCA1 y CPCCA2. Este último es utilizado para la fabricación de elementos para la construcción de aceras, brocales, nivelaciones, pisos placas, platabandas, escaleras, canales, fundaciones, columnas machones y vigas, pudiendo llegar a una resistencia de hasta 250 kg/cm².

Instalaciones de la Empresa Cemento Andino. Monay, Estado Trujillo

El mayor beneficio de la empresa de cemento es la fuente de trabajo a la población y que el producto es distribuido a nivel nacional, por lo que existe un gran número de personas beneficiarias. Adicionalmente, los procesos de fabricación de los elementos constructivos prefabricados son sencillos, lo que favorece la incorporación de trabajadores no especializados de la zona.

Sin embargo, la empresa genera grandes emisiones de humo, polvo, gases de CO₂, así como también ruidos que pueden perturbar a los habitantes y a las especies aledañas a la zona. Atendiendo a lo señalado en la matriz de análisis cualitativo del factor ambiental del ACV (tablas 11 y 12), se asigna a la empresa un valor de (-3) Si no se toman las medidas preventivas necesarias para reducir dichos daños, podría traer consecuencias graves al personal, a las comunidades vecinas y al ecosistema.

Otro aspecto que genera valores de (-3) en la matriz ACV es que la empresa trabaja con maquinarias industrializadas que producen residuos líquidos de lubricantes y combustibles; es necesario mantener la maquinaria en óptimas condiciones aplicando los procedimientos recomendados por los expertos.

El riesgo de accidentes y el peligro de incendios es otro impacto negativo, ya que se trabaja a altas temperaturas en el horno. La empresa debe proveer al personal con el entrenamiento y equipamiento necesarios para evitar accidentes.

Obtención de la materia prima

La materia prima utilizada en la elaboración de los bloques tipo piñata y tipo tabelón es similar, variando básicamente el tipo y cantidad de envases PET que se utiliza en cada uno de los casos (botellas de baja densidad en bloques tipo piñata y de alta densidad en bloques tipo tabelón).

Valoraciones positivas (+3 a +1)

Botellas de refresco para la unidad funcional 1 (valoración +3). La reutilización de este material es muy significativa, ya que se consigue en cualquier bote de basura de cada hogar. Con la fabricación de 1000 bloques tipo piñata son reutilizadas 8000 botellas de refresco y esto equivale a 355.2 kg menos de basura.

Envases de aceite hidráulico para la unidad funcional 2 (valoración +3). Es muy importante la reutilización de dicho material debido a que este envase por lo general es desechado o no se vuelve a utilizar para otra cosa. Con la fabricación de 1000 bloques tipo tabelón son reutilizadas 4000 envases de aceite hidráulico y esto equivale a 958.4 kg menos de basura.

La arena polvillo es proveniente del eje vial, ubicado en la vía Valera Trujillo. Tiene valoración positiva (+3) debido a los beneficios sociales y económicos ya que se aprovecha casi todo el material explotado, utilizable en construcción y como abono.

Fique (+2) y cal (+3). Estos productos son adquiridos cerca de las zonas aledañas a la empresa, al ser combinados ofrecen una mejor resistencia al mortero ya que con la fibra se hace una especie de amarre al fraguar la mezcla. Su valoración es positiva por cuanto genera un gran comercio con otras localidades, además de

que este producto no solo se puede utilizar en la construcción sino también en la agricultura como abono y herbicida.

Cartón para la unidad funcional 1 (bloques piñata), valoración (+3). Se obtiene de cajas que van a ser desechadas en los supermercados. El peso aproximado de cada caja es de 500 gr entonces con 1000 bloques tipo piñata se está recuperando 500kg de cartón que de otro modo irían a parar al vertedero de basura.

Cartón para la unidad funcional 2 (bloques tipo tabelón), valoración (+3). Se obtiene también de cajas que van a ser desechadas en los supermercados. El peso aproximado de cada caja es de 245.4 gr, entonces con 1000 bloques tipo tabelón se está recuperando 245 kg de cartón que de otro modo va a parar en el vertedero de basura.

Plásticos (de refresco y aceite hidráulico) (+2). Se adquieren de manera gratuita reutilizándose, productos que de otro modo van a parar al vertedero.

Clavos (+3). Se adquieren de manera gratuita, reutilizándose productos que de otro modo van a parar al vertedero.

Aceite quemado: este producto se obtiene a bajo costo por que lo convierte en una valoración (+3) positiva.

La carga y traslado de los materiales como el cartón, los envases de aceite hidráulico, el plástico, la cinta plástica y el aceite quemado, no es tan prolongado; pueden ser adquiridos en la misma capital del estado Trujillo, su traslado no ocasiona daños al pavimento ni al medio ambiente.

Valoraciones negativas (-3 a -1)

Un impacto negativo resaltante, con valores (-2) y (-3), es la obtención de la madera que va a ser utilizada en el encofrado, ya que esto genera la tala y corte de árboles; se recomienda aplicar planes de siembra donde se extrae la madera.

Otro punto desfavorable es el consumo de energía eléctrica, tanto para el proceso de almacenaje, como de ensamble. Es recomendable usar lámparas de bajo consumo energético, como las del tipo fluorescente.

Obtención de cinta plástica (-3), ya que genera costos económicos y no beneficia al medio ambiente, originalmente se pensó en utilizar elementos ecológicos como cabuya, pero no dieron los resultados esperados, se puede buscar otra alternativa más ecológica y que no genere costos.

Por su parte el traslado del cemento de Monay a Trujillo si ocasiona daños al pavimento debido al peso del material y del camión donde es trasladado. También produce daños al medio ambiente, debido al consumo de gasolina, emisiones de CO₂, polvo. El trayecto es de aproximadamente 29.4km, con una duración de 39 minutos como se muestra la figura 3.60. Se recomienda utilizar vehículos de mayor capacidad o buscar una distribuidora más cercana donde se adquiera la materia prima.

Etapa de transporte

Tanto para los bloques tipo piñata como para el tipo tabelón, los procesos seguidos en el transporte y su valoración son iguales, por lo que los impactos son los mismos.

El derrame de residuos líquidos de combustibles y lubricantes por parte de los vehículos se considera negativo (-2) en la escala de valoración de la matriz ACV. Para evitar o reducir estos botes deben ejecutarse planes de servicio y cuidados a los vehículos.

Para residuos de gases y emisiones de CO₂ al ambiente, se encuentran valores de (-3) en la matriz ACV. Para trasladar 1000 bloques piñata de Trujillo a Valera, un camión tipo tritón, que es uno de los más comúnmente usados, debe hacer 5 entregas. El peso máximo que puede trasladar es de 7500 kg y en cada viaje puede

cargar 215 bloques. La distancia de Trujillo a Valera es 35.6 km; para completar la ruta hay que considerar el recorrido de ida y vuelta, lo que implica un total de 356 km. Por cada kilómetro recorrido se generan 127,7 gramos/CO₂ para un total de 46,636 gramos/CO₂ en el recorrido completo. Una manera de mitigar la expulsión de gases de CO₂ al ambiente es trasladarlo en un vehículo de mayor capacidad.

En el caso del traslado de los bloques tipo tabelón entre las mismas ciudades e igual distancia de 35.6 km, la valoración para la producción de residuos de gases y emisiones de CO₂ al ambiente también es de -3, si bien para trasladar 1000 bloques de este tipo, un camión tritón tiene que hacer 3 entregas ya que, siendo su capacidad máxima de carga de 7500 kg, en cada viaje puede cargar 441 bloques.

Los beneficios positivos (2) y (2) en la escala de valoración de la matriz ACV (Tabla 12), es la generación fuente de empleos, y el dinero extra que se cobraría por la venta y traslado de los bloques.

Estimación de impactos antrópicos en la etapa de uso de los elementos prefabricados

En la matriz del ACV puede observarse que el valor que alcanza el uso tanto de los bloques tipo piñata como tipo tabelón es +3. Dichos valores se consideran porque son productos fabricados bajo estándares que cuidan y mantienen el ambiente.

Etapas de disposición final (materia a ser reciclada, reutilizada y vertedero).

En la etapa final de los bloques, se alcanzan valores de (+3) y (+2) ya que su ciclo no se lleva a la producción de un desecho como tal; al contrario, y como se ha observado en este trabajo, las posibilidades de reutilización y reciclaje son amplias, ya que en la primera se puede usar nuevamente para la construcción y en la parte de reciclaje se puede utilizar como relleno, como abono en algunas plantas ornamentales.

El material cuyo destino final son los vertederos produce unos valores negativos -3 y -1, debido a que son residuos sólidos no reutilizables, además de la emisión de polvo al ambiente.

Gráficas de sostenibilidad

Una vez realizado el análisis ACV–Coclowen Simplificado, se ha tomado el resultado sobre los aspectos de Ecodiseño que se evalúan durante el proceso de manufactura, comercialización, uso y desecho de los bloques y se ha localizado en el gráfico de sostenibilidad de un producto para determinar qué tan sustentable es el mismo respecto a los enfoques ecológicos que dicta el Laboratorio de Productos Forestales. Recordando que esta herramienta es un facilitador para la toma de decisiones, las propuestas derivadas determinan si se puede optimizar procesos y métodos para reducir los daños posibles.

Las figuras 29 y 30 muestran las gráficas de sostenibilidad para los bloques piñata y tabelón, respectivamente.

Para el caso de los bloques piñata, se ha obtenido un valor de 485 (Figura 29). Dicho valor se encuentra en un nivel bajo de generación de beneficios ambientales, pero aceptable desde el punto de vista ecológico. Se puede compensar los impactos ambientales de su ciclo de vida con estrategias ecológicas como reducir la cantidad de cemento portland y polvillo y aumentar el porcentaje de Fique en la mezcla de mortero para hacer los bloques más ligeros y así no tener inconvenientes con el traslado del producto.

En el caso de los bloques tipo tabelón se ha obtenido un valor de 454 (Figura 30). Este valor se encuentra en un nivel más bajo de generación de beneficios ambientales, pero aún aceptable desde el punto de vista ecológico y se pueden compensar los impactos ambientales de su ciclo de vida con estrategias ecológicas como las señaladas para los bloques tipo piñata.

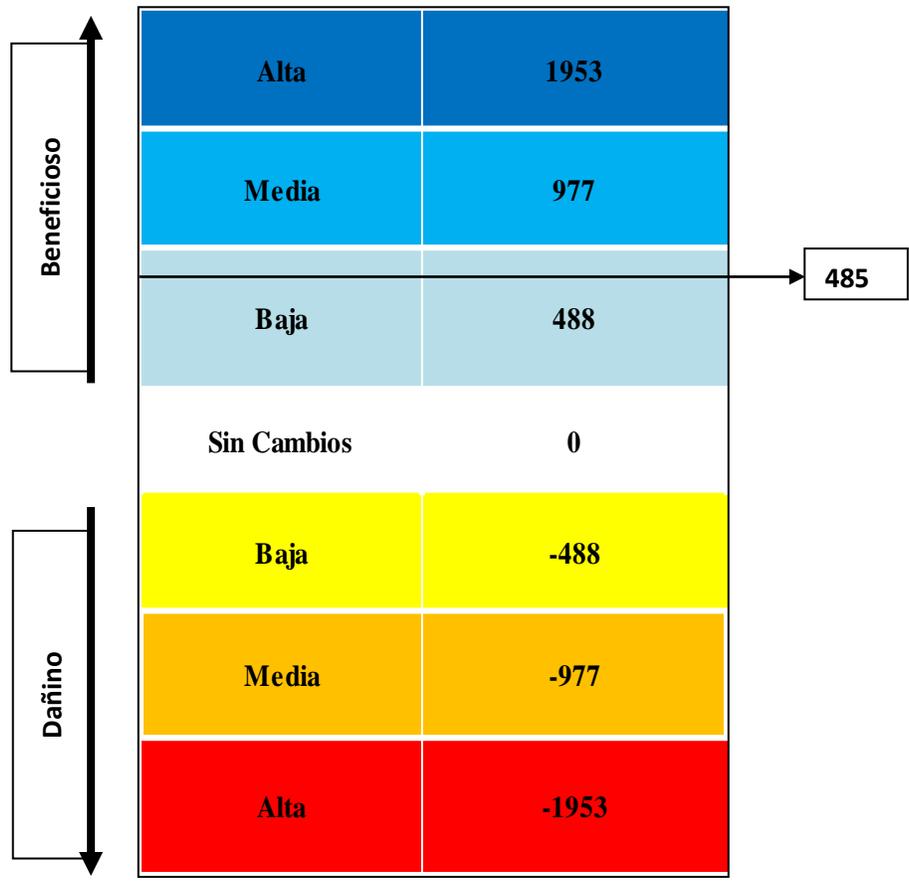


FIGURA 29. Gráfica de sostenibilidad para bloques tipo piñata.
Fuente: Elaboración propia.

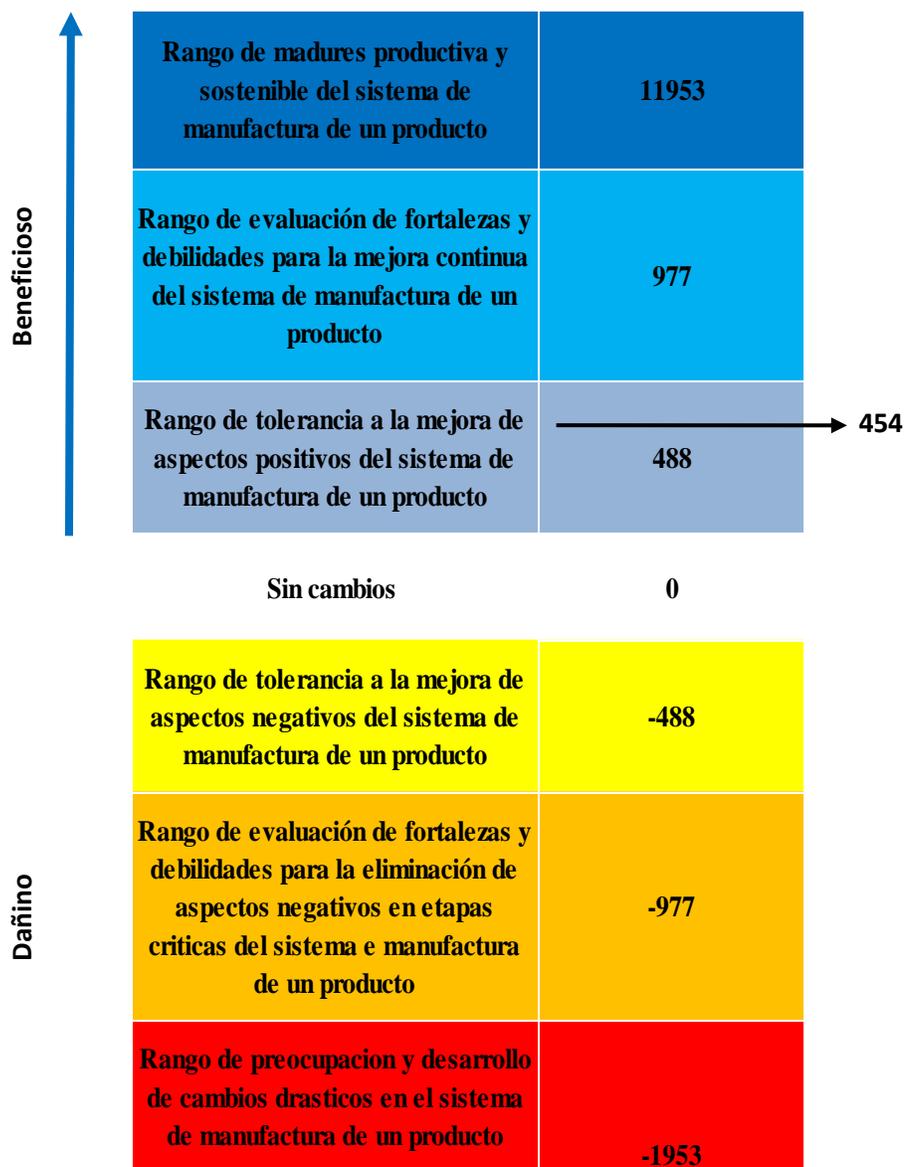


FIGURA 30. Gráfica de sostenibilidad de bloques tipo tabelón
Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos de los ensayos realizados en la presente investigación, se concluye de la siguiente manera:

Que se ha cumplido con el objetivo general planteado en la presente investigación, el cual fue definido en desarrollar materiales constructivos ecoinnovadores y alternativos a los tradicionales empleados en la elaboración de entresijos y techos de edificaciones, a partir de bloques tipo piñata y tablero manufacturados, el primero, con la reutilización de botellas de plástico tipo Polietileno Tereftalato (PET), y el segundo, con Polietileno de Alta Densidad (PEAD); mediante su incorporación a mezclas de mortero reforzado con malla plástica y fibras naturales de fique y paredes de espesor promedio 2.0 cm. Además, permitió demostrar que sus propiedades mecánicas superan la resistencia al ser sometido a cargas de trabajabilidad al paso de carretillas y de personal obrero. Los dos tipos de bloques pueden ser utilizados en obras de construcción, permitiendo, desde el contexto del Desarrollo Sostenible y del Ecodiseño, obtener beneficios económicos, sociales y ambientales para la sociedad.

En referencia a los objetivos específicos, éstos, fueron cumplidos en su totalidad, ya que se proyecta y demuestra de manera positiva la factibilidad técnica de construir bloques para entresijos y techos de edificaciones con el material reutilizado de plástico PET y PEAD, garantizando sus aspectos funcionales, económicos y de seguridad, una vez que están puestos en servicio como material de construcción.

En referencia a la carga que pueden soportar las placas, se determinó que las que fueron elaboradas con mortero de cemento reforzado con malla plástica y espesor de 2.00, 2.50 y 3.00 cm, todos los ensayos arrojaron resultados altamente positivos, siendo el de mayor resistencia las placas de 3.00 cm de espesor con una carga puntual de promedio de 462 kg. Esto se debió a los siguientes aspectos: mayor espesor y más material; mayor uniformidad de la mezcla de mortero; buena cohesión entre la mezcla y la malla plástica, siendo un factor importante la resistencia del plástico al esfuerzo de aplastamiento y fatiga del material por su característica de mejor elasticidad, además de que en los planos internos de los cuadrados que forma la malla, están rellenos de la mezcla y aumenta su sistema de traba. Otra evidencia destacable en el ensayo realizado a estas placas, la constituye el hecho de que el refuerzo de malla plástica, colocado a mitad del espesor, en el plano central de la placa, influye favorablemente en el comportamiento de ésta, siendo mayor cuanto mayor es el espesor.

En cuanto a la deflexión máxima alcanzada por las placas ensayadas, se observó claramente que las placas de mortero reforzado con malla plástica, presentaron su deflexión máxima antes de llegar al estado de colapso, cuyos valores máximos aproximados rondan los valores de 1.30; 1.25 y 1.05 mm para las placas de espesor 2.0, 2.5 y 3.0 cm, respectivamente. Y se comportan de acuerdo a lo esperado, pues a medida que incrementa el espesor la placa se torna más rígida, alcanzando una menor deflexión máxima antes de llegar al colapso.

En este sentido, nuevamente, se evidenció con claridad que las placas de mortero reforzado con fibras naturales de fique ensayadas, en cuanto a la deflexión máxima obtenida antes de alcanzar el estado de colapso, cuyos valores máximos aproximados rondan los 1.00; 0.90 y 0.80 mm para las placas de espesor 2.0, 2.5 y

3.0 cm, respectivamente, se comportan de acuerdo a lo esperado; pues, a medida que incrementa el espesor, la placa tiende a alcanzar una menor deflexión máxima antes de llegar al colapso, indicando, como era de esperarse, que la placa de mortero reforzado con fibra de fique se toma más rígida, con menor ductilidad, a medida que incrementa su espesor; salvo en algunos casos de comportamiento un tanto anómalo, como ocurrió en la placa de espesor 2.5 cm.

Al comparar el comportamiento entre los dos tipos de placas ensayadas, placas con mortero reforzado con malla plástica y con fibras de fique, presentan conjuntamente curvas promedio de carga-deflexión donde cada tipo de placa y espesor considerado, hace notable como las placas de mortero reforzado con fibra de fique, comparadas con las de mortero reforzado con malla plástica de su mismo espesor, tienden a ser más rígidas, menos dúctiles. Este hallazgo se aprecia más claramente al observar las gráficas carga-deflexión de todas las placas ensayadas, haciéndose evidente que las curvas correspondientes a las placas de mortero reforzado con fibra de fique, independientemente de su espesor, presentan una pendiente más pronunciada, evidenciando su mayor rigidez y menor ductilidad con respecto a las placas de mortero reforzado con malla plástica.

Respeto a las placas elaboradas con mezcla de mortero y fique de sisal, con los mismos espesores de 2.00 cm, 2.50 cm y 3.00 cm., todos los resultados de carga fueron altamente resistentes. Se debe resaltar que el espesor de placa de mayor valor promedio de resistencia a la carga fue la de espesor de 2.00 cm alcanzando un valor promedio de 501 kg. Se puede inferir que este alto valor se debe a los siguientes aspectos técnicos: una mejor uniformidad de los agregados en la mezcla de mortero que junto al fique mineralizado con cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), se logró una

mayor cohesión y traba entre el cemento y la fibra natural de fique entrelazada, resaltándose que mediante el tratamiento del fique de sumergir esta fibra con agua de cal (Ca(OH)_2) por 24 horas, permitió quitar los azúcares de la fibra y aumentar el enlace por ionización del cemento y la fibra.

En virtud de lo anteriormente analizado y comentado, se decidió tomar como factibles para esta investigación las placas de mortero reforzado con fibras naturales de fique de espesor 2.0 cm, por su adecuado y suficiente comportamiento y resistencia para los fines planteados en la investigación propuesta y, adicionalmente, por ser de construcción más práctica y económica, y por su evidente mayor tendencia a constituir un elemento constructivo más sostenible que los elementos constructivos fabricados con reforzados con malla plástica.

Es importante destacar que, para la investigación planteada, la placa seleccionada cumplió una resistencia mínima requerida consistente para soportar el peso promedio de un trabajador de la construcción, estimado en unos 90 kgf.; junto con el peso correspondiente a la reacción máxima, producto de la carga que implica el transporte de la mezcla, por medio del carretón de construcción, sobre los bloques colocados en el empotrado de la losa de entrepiso o techo, el cual, como se demostró, es de 45.0 kgf, adicionales, para un total máximo de aproximadamente 135.0 kgf, en el punto de apoyo del trabajador.

Para el caso de bloque tipo piñata, es de reconocer que, aun cuando se obtuvieron en los ensayos resultados irregulares respecto a la carga máxima resistente del bloque, con el valor más bajo de 172.00 kgf., el mismo, está por encima de la carga máxima estimada que pudiera llegar a soportar la unidad de bloque piñata

durante la construcción de la losa nervada de entrepiso o techo, cuyo valor esperado es de unos 135.00 kgf. Esta observación, constituye un hallazgo importante y satisfactorio para el logro de los objetivos planteados durante la presente investigación, permitiendo demostrar la factibilidad de manufactura artesanal y semi industrial de los bloques piñatas con PET, haciéndose, entre otras, las debidas correcciones a los pequeños detalles constructivos de su manufactura, en especial, disminuir los espesores y pesos del mismo para mejorar su maniobrabilidad y carga a la estructura de una edificación.

Para el caso del bloque tipo Tabelón, es de reconocer que los resultados obtenidos lucen bastante razonables, aceptables y, por tanto, confiables, y de ninguna manera inesperados o ilógicos. En virtud de esto último, puede decirse que la carga máxima resistente del bloque obtenida en los ensayos, aun considerando el más bajo de los resultados (388.00 kgf), está muy por encima de la carga máxima estimada que pudiera llegar a soportar la unidad de bloque Tabelón durante la construcción de la losa nervada de entrepiso o techo, cuyo valor esperado es de unos 135.00 kgf, resultado que, sin duda alguna, constituye un hallazgo importante y satisfactorio para el logro de los objetivos planteados durante la presente investigación.

El desarrollo del Análisis de Ciclo de Vida a partir del método ACV-Coclowen simplificado de los elementos constructivos prefabricados de bloques piñata y tabelón para entresijos y techos a partir de mortero de cemento y botellas de PET y PEAD, y que podrían ser manufacturados en la ciudad de Trujillo, capital del estado Trujillo, fue realizado en las instalaciones del Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño UPV-ULA: CEFAP-LNPF, deja claro su metodología sencilla, pero pragmática, exige por parte de los evaluadores, tener una visión sistemática e

integradora de todo el sistema producto, además, altos conocimientos técnicos para tener los mejores criterios de evaluaciones en las interrelaciones entre los indicadores y las múltiples sub etapas, pero en especial, evitar riesgos de hacer equivocadas proyecciones prospectivas en las evaluaciones del sistema producto total, dejando de precisar las causas que generan los impactos negativos detectados y poder proponer las alternativas que permitan disminuirlos, y así permitir generar nuevos productos ecoinnovadores.

En este sentido, al aplicar la metodología de evaluación del ACV, permitió llegar a inferir y corroborar que, dada las características físico-mecánicas de los bloques tipo Piñata y Tabelón elaborados en la etapa experimental en el Laboratorio de Materiales y Ensayos de la Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela, los cuales obtuvieron valores promedio referidos en las normas COVENIN, pero aceptables y satisfactorios para los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación, existen muestras claras de factibilidad en la proyección de su uso propuesto, como elementos de relleno en losas de entrepiso y techo, para la industria de la construcción.

El ACV, determinó que las etapas de obtención de la materia prima, proceso de ensamblaje, usos y disposición final obtuvieron valoraciones positivas en las puntuaciones únicas interrelacionadas con los indicadores. Mientras que las etapas de transporte, y sumando todas las etapas de movilización de bienes y servicio, es la que da mayor cantidad de valores negativos de sostenibilidad.

Como **recomendaciones** para la investigación realizada y tomando en cuenta los resultados obtenidos, correspondientes análisis realizados y conclusiones derivadas de la misma, se plantea en que una investigación importante y con

grandes expectativas como esta, debe plantearse y planificarse con miras a que haya una mejora continua del mismo. Se debe evaluar una propuesta normativa de la recolección y reutilización de las botellas de refresco de PET y de los envases de aceite hidráulico para motor PEAD a la Alcaldía del Municipio Libertador, extensiva al resto de alcaldías del estado Mérida y del país.

Continuar el tema de estudio de esta investigación, tomando en cuenta la posibilidad de utilizar un espesor de pared de los elementos constructivos menor a 2.0 cm, ya que esta investigación mostró que, para el mortero reforzado con fibra natural de fique, pudiera existir la posibilidad de lograrse resultados aceptables y satisfactorios con elementos constructivos con menor espesor al utilizado en este trabajo de investigación, en el cual se utilizó un espesor de pared promedio de 2.0 cm. De ahí que se sugiere ampliar la investigación realizada, enfocando la atención en otros factores influyentes en el comportamiento estructural de los elementos constructivos propuestos, donde se estudie la proporción o dosificación de los agregados de la mezcla para disminuir el porcentaje de mortero arena-cemento en la mezcla de mortero reforzado, con la incorporación de más fibras naturales, sin alterar sustancialmente su resistencia.

Finalmente, se debe procurar el desarrollo de proyectos de investigación donde se estudie el uso de otros envases de PET y PEAD de elementos prefabricados para obras civiles y así determinar, en qué tipo de obra es ideal su utilización. Es una apuesta de futuro que permite seguir haciendo alianza estratégica entre la Escuela de Ingeniería y el Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA: UPV.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALESMAR, L., RENDON, N., y M.E. KORODY** 2008. La Scientific Electronic Library Online- Scielo. En línea: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-40652008000100006&script=sci_abstract [Consultado: 16/07/2018].
- BLANKENBER, D., G. V. KUSTER, N. CORAOR y M. MANGA.** 2010. Galaxy: a web-based genome analysis tool for experimentalists. *Current protocols in molecular biology*: 10-19).
- BOLGER, A. y F. GIORGI. TRIMMOMATIC.** s.f.). A Flexible Read Trimming Tool for Illumina NGS Data. En línea: <http://www.usadellab.org/cms/index.php>. [Consultado: 17/07/2018].
- BORACHI, C.** 2008. *Manual de buenas prácticas constructivas para viviendas unifamiliares.* Universidad Interamericana de Costa Rica. San José de Costa Rica, Costa Rica.
- CIRCE.** 2012. *Manual Explicativo del Análisis de Ciclo de Vida Aplicado al Sector de la Edificación.* Proyecto EnerBuiLCA. Centro de Investigación de Recursos y Consumo Energético CIRCE. Valencia, España.
- CLOQUELL, V., W. CONTRERAS MIRANDA, M. E. OWEN de C., y J. VIVANCOS.** 2006. *Evaluación del nivel de sostenibilidad de la madera y productos forestales. Método análisis del ciclo de vida. ACV-COCLOWEN.* Departamento de Proyectos de Ingeniería e Innovación. Universidad Politécnica de Valencia, España; Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- CORRALES, E. V.** 2016. Monografía. En línea: <https://www.monografias.com/docs110/desarrollo-mezclas-concreto-residuos-plasticos-eps-y-pet-concreto-convencional/desarrollo-mezclas-concreto-residuos-plasticos-eps-y-pet-concreto-convencional2.shtml> [Consultado: 09/10/2018].
- EXPLORABLE.** 2008. Investigación experimental. En línea: <https://explorable.com/es/investigacion-experimental> [Consultado: 05/11/2018].
- LOPEZ JIMENEZ, W. J. y G.B. SIFONTES GONZALEZ.** 2017. *Comportamiento mecánico del mortero de cemento reforzado con fibras naturales para la elaboración de bloques de Fibrocemento.* Mérida: Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

- Mariano.** 2011. Tecnología de los plásticos. En línea: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/proceso-de-reciclaje-del-pet.html> [Consultado: 15/07/2018].
- NORMA VENEZOLANA COVENIN 270-1998.** 1998. *Extracción de muestra para morteros y concreto.* FONDORAMA. Caracas, Venezuela.
- NORMA VENEZOLANA COVENIN 255-1998.** 1998. *Determinación de la Composición Granulométrica.* FONDORAMA. Caracas, Venezuela.
- NORMA VENEZOLANA COVENIN 258-77.** 1977. *Método de ensayo para la determinación por lavado del contenido de materiales más finos que el cedazo Covenin 74 micras en agregados minerales.* FONDORAMA. Caracas, Venezuela.
- NORMA VENEZOLANA COVENIN 277:2000.** 1978. *Concreto. Agregados Requisitos. Tercera Revisión.* FONDORAMA. Caracas, Venezuela.
- GIARDINE, B., C., RIEMER, R. BURHANS, P. SHAH y A. NEKRUTENKO.** 2005. Galaxy: a platform for interactive lar-scale genome analysis. *Genome research*: 23- 57.
- NORMA VENEZOLANA COVENIN 338:2002.** 2002. *Concreto. Método para elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto.* Segunda Revisión. FONDORAMA. Caracas, Venezuela.
- RESEARCH, S. I.** s/f. ¿Qué es la investigación cuantitativa? En línea: www.sisinternational.com/investigacion-cuantitativa [Consultado: 03/09/2018].
- RICA, U. C.** 2017. Tipos de investigación: Descriptiva, Explorativa y Explicativa. En línea: <http://noticias.universia.cr/educacion/noticia/2017/09/04/1155475/tipos-investigacion-descriptiva-exploratoria-explicativa.html> [Consultado: 15/08/2018].
- SEMANA SOSTENIBLE.** 2016. PET un plástico amigable pero no ofensivo. En línea: <https://sostenibilidad.semana.com/negocios-verdes/articulo/plastico-pet-un-amigable-pero-no-inofensivo/36282> [Consultado: 21/09/2018].
- SEMANA SOSTENIBLE.** 2017. ¿Es recomendable reutilizar las botellas de plástico? En línea: <https://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/es-recomendable-reutilizar-las-botellas-de-agua/39121> [Consultado: 15/10/2018].

- SIS INTERNATIONAL RESEARCH.** 2018. ¿Qué es una investigación cuantitativa? En línea: <http://www.sisinternational.com/investigacion-cuantitativa/> [Consultado: 15/08/2018].
- UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.** 2017. Investigación Descriptiva. En línea: <http://noticias.universia.cr/educacion/noticia/2017/09/04/1155475/tipos-investigacion-descriptiva-exploratoria-explicativa> [Consultado: 22/07/2018].
- PÉREZ, B., E. BARBERA, V. CALVAN y A. CURRAS, A.** 1985. *La resistencia a Tracción indirecta del hormigón por doble punzonamiento. Influencia del tamaño máximo del árido y de la excentricidad.* Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- ASTM C496/C496-04e1.** 2003. *Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Tracción indirecta de Especímenes de Cilindros de Concreto.* Historical Standard. Philadelphia: American Society for Testing and Materials. USA.
- ASTM C143/C143M-15a.** 2003. *Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico.* Philadelphia, Philadelphia: American Society for Testing and Materials. USA.
- J., A.** 2004. *Bioinformatics in the post-genomic era: Genome, transcriptome, proteome, and information-based medicine.* Addison-Wesley Professional.
- FEBRES CEDILLO, R. J.** 2006. *Materiales de construcción y ensayos relacionados.* Escuela de Ingeniería, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- GARAVITO, J.** 2008. *Identificación de plásticos protocolo.* Curso de Materiales. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá, Colombia.
- ANDREWS, S. F.** 2010. A quality control tool for high throughput sequence data.
- HACHI QUINTANA, J. D.** 2010. *Estudio de factibilidad para reciclar envases plásticos de polietileno tereftalato (PET), en la ciudad de Guayaquil.* Guayaquil, Ecuador.
- LUNA, D. S.** 2011. *Propuesta de un material compuesto con base al PET reciclado con aplicación en construcción.* Bucaramanga, Colombia.
- RAMÍREZ, D. S.** 2011. *Propuesta de un material compuesto con base PET reciclado con aplicaciones en construcción.* Bucaramanga, Colombia.

- LILIANA, M.** 2012. *Estudio del uso del Polietileno Tereftalato (PET) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga.* Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F., México.
- PÉREZ, L. M.** 2012. *Estudio del uso del Polietileno Tereftalato (PET) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga.* México, D.F. México.
- VASQUEZ CORRALES, E.** 2016. *Desarrollo de mezclas de concreto con residuos de plásticos EPS y PET en concreto convencional.* San José de Costa Rica, Costa Rica.

DOI: <https://www.doi.org/10.53766/ECOSOS/>

ARTÍCULO 004

**ECODISEÑO DE UN SISTEMA PARA
EL CALZADO DEPORTIVO QUE
OPTIMICE SU CICLO DE VIDA**

Luisanna Antonella
Carrero Cicchetti

Artículo 004

ECODISEÑO DE UN SISTEMA PARA EL CALZADO DEPORTIVO QUE OPTIMICE SU CICLO DE VIDA

*Ecodesign of a system for sports footwear
to optimize its life cycle*

230

LUISANNA ANTONELLA CARRERO CICCHETTI

Escuela de Diseño Industrial, Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de Los Andes, Conjunto "Dr. Pedro Rincón Gutiérrez", La Hechicera, Mérida, Venezuela. E-mail: luisannacicchetti@gmail.com

Recibido: 10/12/23. Aceptado: 13/06/23.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue diseñar un calzado tipo deportivo que reduzca el impacto ambiental en algunas fases de su ciclo de vida, como respuesta a la problemática ambiental generada por la industria del calzado y de la moda; que suministre, además, una alternativa a las dificultades de importación y la disminución de la producción de calzado en Venezuela; según lo detectado en las encuestas realizadas a fabricantes y futuros usuarios en el marco teórico de la investigación. En el proceso de Ecodiseño, el cual es el enfoque de la investigación, se consideraron criterios medioambientales para reducir la huella de carbono, principalmente usando materiales que sean reciclables o biodegradables e implementando piezas intercambiables para así disminuir los residuos generados por el consumismo y la fabricación. La metodología de diseño aborda siete fases, desde la detección del problema y necesidades hasta el desarrollo y evaluación de la propuesta. El producto *Sunflower*, nace durante el desarrollo del proyecto, enfocado en principios sostenibles, el cual permite ser utilizado durante el día a día; su sistema de uniones facilita el intercambio y reemplazo de piezas y, por ende, proporciona la personalización, y la prolongación de la vida útil del producto.

PALABRAS CLAVE: Calzado, Ecodiseño, Diseño Industrial, ecoambiental, ergonómico.

REVISTA ECODISEÑO Y SOSTENIBILIDAD

DOI: <https://www.doi.org/10.53766/ECOSOS/> ISSN-1856-9552

Sede: Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Laboratorio de Ecodiseño y Sostenibilidad.
Galpón Principal, Tercer Piso, Avenida Principal hacia Chorros de Milla, Conjunto Forestal, Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos LNPF: 0058 4169769364 – 0058 4247370411. E-mail: revecodisenoyostenibilidad@gmail.com
WEB: <http://erevistas.saber.ula.ve/ecodisenoyostenibilidad>

SUMMARY

The objective of this research was to design a sports shoe that reduces the environmental impact at some stage of its life cycle, as a response to the environmental problems generated by the footwear and fashion industry; as well as to provide an alternative to the difficulties of importing and reducing the production of footwear in Venezuela. as detected in the surveys carried out with manufacturers and future users in the theoretical framework of the research. In the Ecodesign process, which is the focus of the research, environmental criteria were considered to reduce the carbon footprint, mainly by using materials that are recyclable or biodegradable and implementing interchangeable parts in order to reduce waste generated by consumerism and manufacturing. The design methodology includes seven phases, from the detection of the problem to the development and evaluation of the proposal. *Sunflower product*, was born during the development of the project, focused on sustainable principles, which can be used in everyday life; Its joint system facilitates the exchange and replacement of parts and thus provide customization, and extension of the useful life of the product.

KEY WORDS: Footwear, Ecodesign, Industrial Design, ecoenvironmental, Ergonomic.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático y la contaminación en estos últimos años, se han convertido en tema de interés a nivel global por toda la repercusión que esto implica. La producción de calzado tiene un alto impacto negativo en el medio ambiente, debido a que, por igual, es partícipe del profuso desarrollo industrial y del aumento de la temperatura que se genera en el planeta provocada por las emisiones de los gases de efecto invernadero.

La industria de la moda y el calzado se consideran una de las más contaminantes en el mundo por su alta producción de CO₂, al fabricarse millones de calzados a nivel mundial. La gran demanda del fast fashion trae como consecuencia la generación de residuos altamente contaminantes, por lo que es necesario implementar estrategias en las industrias en cuanto a la utilización de materia

prima para el proceso productivo del calzado, que a su vez permita contribuir con la disminución de estos daños provocados por el hombre.

Adicionalmente, en Venezuela existe una carencia en calzados debido a los problemas de importaciones y la dificultad para obtener la materia prima por sus altos costos, limitando la producción y productividad en este tipo de industria, lo cual no satisface una de las necesidades básicas requeridas por los seres humanos.

Por todo ello, esta investigación propone diseñar un modelo de calzado deportivo casual ecológico con un enfoque de Ecodiseño de piezas reemplazables, utilizando materiales de bajo impacto ambiental para presentarlo como una alternativa innovadora que disminuya la huella de carbono. Este Ecodiseño de piezas intercambiables contribuiría con fortalecer la implementación de la Economía Circular, disminuiría la pérdida de material, minimizaría el impacto ambiental, así como también alargaría la vida útil del calzado; ofreciendo al consumidor, un producto final adaptado a las condiciones fisiológicas del usuario brindando comodidad y beneficio económico por su durabilidad.

En ese sentido, al concluir el trabajo, se lograron significativos avances que han ampliado la comprensión y la contribución potencial a la problemática abordada. Entre los logros alcanzados se destaca el desarrollo exitoso de un calzado deportivo-casual con características únicas, permitiendo su modificación e intercambio de piezas, así como su fabricación a partir de materiales reciclables y orgánicos. Esta innovación no sólo se propone como una solución a los problemas medioambientales generados por la producción de calzado convencional, sino que también busca ofrecer una alternativa sostenible y adaptable a las cambiantes demandas del mercado.

Asimismo, se llevó a cabo un Análisis del Ciclo de Vida (ACV-Eco it) del calzado diseñado, aportando una evaluación precisa de su nivel de sostenibilidad. Este enfoque integral permite entender no sólo el impacto ambiental directo de la

fabricación, sino también la eficiencia, la durabilidad y la eliminación del producto a lo largo de su vida útil. Otro aspecto importante desarrollado fue la realización de evaluaciones biomecánicas específicas y la interacción del usuario con algunas de las piezas del calzado. Estas evaluaciones proporcionaron valiosa información que no sólo enriqueció el diseño obtenido, sino que también sirvió como base para la formulación de recomendaciones orientadas hacia futuras mejoras. Estos logros posicionan el proyecto como una propuesta integral y pionera en el sector, ofreciendo soluciones concretas a la problemática medioambiental y a las necesidades cambiantes de los consumidores.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tipo de Investigación

Para orientar la búsqueda de soluciones alternativas a la problemática se hace uso de la investigación científica, que según Tamayo (2003), "es un proceso que incluye técnicas de observación, reglas para el razonamiento, predicción y procura obtener información que tenga un fundamento sólido ya sea teórico o experimental, para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento". Existen varios tipos de investigación científica, pero en lo que concierne a esta exploración, se tomará la investigación histórica, descriptiva, así como la investigación experimental, integradas para responder a la problemática con información real.

La *investigación histórica* trata de recolectar datos del pasado, analizarlos y emitir una crítica al respecto. Tamayo (2003), afirma que "la investigación histórica se presenta como una búsqueda crítica de la verdad que sustenta los acontecimientos del pasado" (p.44). En relación con este proyecto de investigación, se hizo un análisis crítico a los antecedentes, y lo que conforma a la historia del calzado.

Por otro lado, la *investigación descriptiva* “comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos” (Tamayo, 2003, p.46). Este tipo de investigación trabaja con la realidad actual y parte de sus etapas, siendo la descripción del problema, recolección de información teórica, selección de recolección de datos de la población, muestra y el análisis e interpretación de los datos, que complementan al estudio de la investigación histórica.

Por último, la *investigación experimental* trata de la experimentación de las variables con la finalidad de validar las hipótesis o determinar las causas o efectos del estudio. De acuerdo a Tamayo (2003, p. 47), “el investigador maneja de manera deliberada la variable experimental y luego observa lo que ocurre en condiciones controladas”; lo que consiste en seleccionar muestras de variables aleatorias, una especial y otras no, para someterlas a ensayos a fin de comparar y determinar el efecto del estudio.

En esta investigación, se realizó un análisis experimental a las diferentes alternativas de calzado deportivo basándose en la matriz de decisión con principios de Ecodiseño y el Análisis del Ciclo de Vida planteados por Capuz *et al.* (2002), para así llegar al desarrollo del producto industrial. A continuación, se clasifican en fases las metodologías ya mencionadas:

FASE 1. Selección del nicho de mercado del producto calzado casual cuyo proceso de fabricación y comercialización se contextualiza en Venezuela, con posibilidad de exportación a los países andinos.

FASE 2. Definición del producto calzado deportivo, identificación de las características comunes y diferenciadoras de los productos existentes en el mercado.

FASE 3. Desarrollo de una encuesta que permita determinar los más importantes aspectos del Ecodiseño según el contexto de la realidad país, economía y mayormente de la concepción de la sociedad venezolana.

FASE 4. Definición de los requerimientos de Ecodiseño para el desarrollo del producto industrial de calzado casual, según lo definido por Rodríguez (1995).

FASE 5. Generación de alternativas del producto industrial del calzado deportivo casual según los principios del Ecodiseño.

FASE 6. Selección de alternativa del producto industrial del calzado deportivo casual, según la implementación del QFD (Quality Function Deployment) y método ACV Coclowen Simple Contreras Miranda *et al.* (2012) (Figura 1).

FASE 7. Desarrollo final en 2D y 3D del producto industrial del Ecocalzado deportivo casual, y prototipo del producto. En la figura 1 se muestran representadas todas las fases de las metodologías utilizadas.

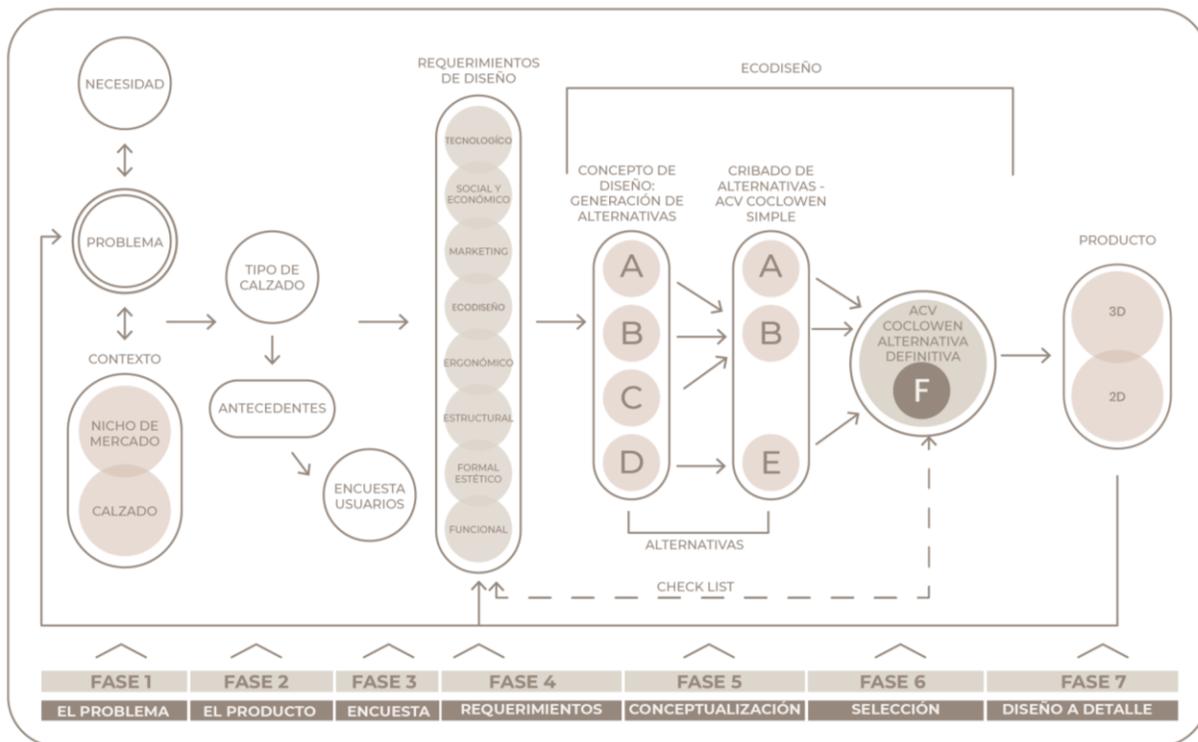


FIGURA 1. Fases y metodología de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

2.2. Población y Muestra

Se aplicaron 38 encuestas a usuarios de la ciudad de Mérida, Venezuela, de las cuales, 4 fueron aplicadas a usuarios fabricantes; y 34, a posibles usuarios clientes, los cuales son importantes para identificar las necesidades y poder plantear soluciones que sacien estas carencias.

2.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección

Para esta fase se llevó a cabo la encuesta como técnica de recolección de datos, que según Stracuzzi y Pestana (2017); donde la encuesta, es una técnica destinada a obtener datos de varias personas cuyas opiniones interesan al investigador. Para ello, a diferencia de la entrevista, se utiliza un listado de preguntas escritas que se entregan a los sujetos quienes, en forma anónima, las responden por escrito (p. 123). Por lo que concierne al Ecodiseño y considerando el ciclo de vida del producto, se llevó a cabo una encuesta dirigida tanto a los usuarios finales como a los fabricantes. Esta decisión se fundamenta en el reconocimiento de que ambas partes interactúan con el producto en distintos momentos, permitiendo así identificar de manera integral la realidad que rodea al producto y obteniendo una visión más completa de la problemática.

La encuesta a *usuarios fabricantes*, se dividió en seis secciones. Sección uno, datos generales de los entrevistados; la sección dos, sobre el calzado y los materiales comúnmente utilizados; sección tres, sobre la producción y la fabricación; la sección cuatro, sobre la gestión de residuos; la sección cinco, sobre el consumo de energía eléctrica y, por último, la sección seis, sobre el Ecodiseño, con la finalidad de obtener información detallada sobre la fabricación del calzado en la ciudad de Mérida.

Por otro lado, la encuesta a posibles *usuarios clientes*, se dividió en cuatro secciones. La primera sección, los datos generales; segunda sección, necesidades de mercado; la tercera sección, trata sobre las necesidades ecológicas y la última sección, trata sobre las necesidades del calzado en sí, tanto formales como

funcionales, con la finalidad de entender las principales necesidades de la población Merideña.

2.4. Procesamiento de la Información

Para esta fase se buscó identificar las necesidades obtenidas en la recolección de datos, con la finalidad jerarquizar y clasificar las necesidades en base a la metodología de Ulrich y Eppinger (2012).

2.5. Estudio del Campo Industrial

Considerando los datos de la investigación, fue indispensable para este estudio tomar en cuenta la información facilitada por los usuarios y los antecedentes de los productos existentes, para tener un abanico más amplio sobre posibles materiales, procesos de fabricación y posibles proveedores con el propósito de conseguir los lineamientos para el diseño del calzado deportivo.

Por otro lado, dentro del estudio del Ecodiseño para el calzado realizado por Life Green Shoes 4 All (2020), señalan que, en colaboración con los pioneros de la sustentabilidad Brown and Wilmanns Environmental LLC., determinaron cual es el impacto ambiental de las fibras más utilizadas en la industria del calzado (Tabla 1). Los criterios de evaluación, fueron: emisiones de gases de efecto invernadero, toxicidad humana, ecotoxicidad, energía, agua y suelo, dependiendo de la puntuación obtenida, las fibras se clasificaron desde la clase A (más sostenible), hasta la clase E (menos sostenible), como se muestra en la mencionada tabla.

TABLA 1. Indicadores de referencia ambiental de las fibras. Fuente: Figura realizada a partir de (Life Green Shoes 4 All (2020)).

INDICADOR DE REFERENCIA AMBIENTAL DE LAS FIBRAS					
CLASE A	CLASE B	CLASE C	CLASE D	CLASE E	DESCLASIFICADO
Nylon reciclado mecánicamente	Nylon reciclado químicamente	Lino convencional	MODAL R (viscosa Lenzing)	Viscosa de bambú	Acetato
Poliéster reciclado mecánicamente	Poliéster reciclado químicamente	Cañamo convencional	Poliacrílicas	Algodón convencional	Lana de alpaca
Lino orgánico	Lino CRAILAR [®]	PLA	Poliéster virgen	Viscosa genérica	Lana de cachemira
Cañamo orgánico	Algodón en periodo de conversión	Ramio		Rayón	Cuero
Algodón reciclado	Bambú Lyocell			Spandex (elastano)	Lana mohair
Lana reciclada	Algodón orgánico			Nylon virgen	Bambú natural
	Tencell [®] (Lyocell Lenzing)			Lana	Lana orgánica
					Seda
MÁS SOSTENIBLE			MENOS SOSTENIBLE		

Igualmente, en los datos de Pacheco Blanco *et al.* (2015), los materiales del calzado que más contribuyen a la generación de impacto ambiental, son en primer lugar, la fabricación de materiales de entrada como las pieles (desde los procesos previos como la agricultura, ganadería y matanza) y los materiales sintéticos. En ambos, el principal impacto proviene del agotamiento de los recursos naturales y el consumo de energía en los procesos (inyección y moldeado). En el algodón, la ecotoxicidad se asocia al uso de agroquímicos y el consumo de agua para el riego. En las fibras sintéticas acrílico, nylon, poliamida, Poli Propileno PP, fibras de celulosa, el cambio climático y la ecotoxicidad se asocian a la energía usada para la fabricación de fibras. En la fabricación del producto, el mayor impacto está condicionada por el consumo de energía (electricidad y calor), usada en la fabricación. Así como la fuente de producción de energía utilizada (nuclear, carbón y agua).

2.5.1. Materiales convencionales usados para la fabricación de calzado

2.5.1.1. Cuero

Es un material que se obtiene a partir de las pieles curtidas de animales, la principal fuente son el ganado vacuno, los cerdos, los corderos y las ovejas (McCann, s.f.).

Ventajas:

- Posee gran durabilidad.
- Facilidad en su limpieza y mantenimiento.
- Puede ser buena opción como material circular debido a que se produce de materia prima de origen animal, por ende, es un material natural (Life Green Shoes 4 All, 2020).
- Puede brindar protección al agua.

Desventajas:

- La producción del cuero está asociada a distintas enfermedades causadas por agentes biológicos, tóxicos y carcinógenos.
- El tratamiento y procesado de pieles y cueros de animales puede originar un notable impacto sobre el medio ambiente, debido al uso de químicos y el gasto de agua para la preparación y el proceso de curtido. Además de los residuos sólidos que puede generar (McCann, s.f.).

2.5.1.2. Fibras sintéticas

Son fibras artificiales que evocan al cuero. Sin embargo, son menos resistentes y de bajo costo en comparación al cuero; algunas fibras que se puede mencionar son: cloruro de polivinilo, poliuretano (PU), caucho (termoplástico), cuero artificial, poromerics (a base de poliéster y poliuretano), Nylon (termoplástico), Neopreno (polímero de cloropreno policloropreno), entre otros.

Ventajas:

- Amplia gama de colores.
- Facilidad de mantenimiento.
- Bajo costo.
- Puede brindar protección al agua.

Desventajas:

- Poca flexibilidad.
- Menor durabilidad.
- Impacto sobre el medio ambiente.

2.5.1.3. Fibras Naturales

Materiales como el algodón de origen vegetal y la lana.

Ventajas:

- Permite la transpirabilidad del pie, por ende, disminuye malos olores.

Desventajas:

- Son telas más finas, por lo tanto, no son los mejores para proteger los pies de los elementos externos.
- Los impactos ambientales en su proceso de fabricación.

2.5.1.4. Materiales implementados en las suelas

Para la elaboración de las suelas existe una gran variedad de materiales, de los cuales se pueden mencionar: caucho (termoplástico), Policloruro de Vinilo (PVC), Poliuretano (PU), Poliuretano Termoplástico (TPU), Neolite, entre otros materiales que también permiten resistencia y flexibilidad.

2.5.2. Materiales Sostenibles actualmente implementados

Para este análisis, se tomaron en cuenta sólo algunos materiales de clase A y B de la tabla 1: Materiales de clase A.

2.5.2.1. Nylon reciclado mecánicamente

El Nylon es un tipo de plástico proveniente del petróleo crudo, a diferencia del nylon reciclado que proviene de sobras recogidas en hilanderías y fábricas textiles (SENSIL, 2023).

Ventajas:

- Desvía los residuos de Nylon a los vertederos y a los océanos.
- Su fabricación es menos agresiva, por lo que reduce las emisiones de CO₂ en un 80% en comparación al Nylon virgen.

Desventajas:

- Reciclar el Nylon es más costoso que producir Nylon virgen.
- El Nylon reciclado es de menor calidad que el Nylon virgen, sin embargo, mantiene buena resistencia a la corrosión ambiental.

2.5.2.2. Poliéster reciclado mecánicamente

Conocido como poliéster, está compuesto de Tereftalato de Polietileno (PET), que es un tipo de plástico que se utiliza comúnmente para envases y tejidos. El poliéster reciclado se obtiene mayormente gracias al reciclado de botellas o envases, es menos común pero también se puede obtener de restos de ropa (Teefactory, s.f.).

Ventajas:

- Su fabricación no requiere de petróleo nuevo.
- Es resistente a altas temperaturas y al desgaste.

- Es el plástico más reciclado del mundo.
- Genera un 75% menos de emisión de CO₂.
- Requiere de menos cantidad de energía para su fabricación.
- Disminuye la cantidad de residuos.

Desventajas:

- No es transpirable.
- Genera electricidad estática.

2.5.2.3. Lino orgánico

Es un material de origen vegetal proveniente de la planta de lino, a diferencia del algodón requiere de menos agua para su cultivación, además es posible cultivarla sin pesticidas (LinenMe, 2021).

Ventajas:

- Es un material con buenas capacidades higroscópicas.
- Es resistente al desgaste.
- Sus fibras permiten la permeabilidad.
- Requiere de menos agua para la cultivación del lino y su producción.
- No se utilizan pesticidas para su cultivación.
- Es un material biodegradable.

Desventajas:

- Tiene una apariencia áspera.
- Es un material algo rígido.

2.5.2.4. Cañamo orgánico

Es una fibra vegetal que se obtiene del *Cannabis sativa*, la misma planta de la cual se produce la marihuana. El cáñamo como fibra es actualmente uno de los materiales más sustentables, además no posee propiedades en relación con los psicoactivos debido a que se produce a partir los tallos de la planta por lo que disminuye el contenido de THC (tetra hydro cannabinol, psicoactivo del *Cannabis*) hasta ser casi imperceptible (Rey, 2021). Sin embargo, en algunos países como Venezuela, la posesión del *cannabis* es un hecho ilícito, en cualquiera de sus aspectos.

Ventajas:

- Es un material transpirable e higroscópico.
- Sus fibras son versátiles y resistentes.
- Necesita poca agua para su cultivación.
- No necesita fertilizantes ni pesticidas.
- Las fibras del cáñamo es unas de las más resistentes en relación a otras fibras de origen vegetal.
- Múltiples colores sin decoloración.
- Posee propiedades antimicóticas que protegen la piel y evitan malos olores.

Desventajas:

- La producción de cáñamo requiere más nitrógeno que la de algodón.
- No es legal en Venezuela.

2.5.2.5. Algodón reciclado

Como su nombre lo indica, proviene del reciclaje de telas de algodón de pre consumo como desperdicios de producción o post consumo como prendas ya elaboradas. Su producción es mucho menos contaminante que el algodón normal,

sin embargo, una vez reciclado ya no se puede volver a reciclar porque las fibras pierden propiedades estructurales (Cotton Incorporated, 2022). Tabla 1, Materiales de clase B.

2.5.2.6. Tencel

Es un material que proviene de la madera de origen sostenible; sus fibras están compuestas por Lyocell y Modal, siendo TENCEL™ el nombre de la marca (TENCEL™, 2021).

244

Ventajas:

- Producción sostenible.
- Material suave y sedoso.
- Propiedades de higroscópicas, transpirabilidad y permeabilidad.
- Es un material biodegradable.

Desventajas:

- Es sensible a las altas y bajas temperaturas
- La fibra no posee elasticidad.
- Es más costoso que el algodón, pero más económico que la seda.

2.5.2.7. Lyocell de bambú

Proviene de la madera y la pulpa del bambú, es un material de alta calidad e innovador. Se compara al algodón debido a que es de los pocos materiales tan suaves y resistentes al algodón (Kristiansen, s.f.).

Ventajas:

- No necesita fertilizantes ni pesticidas.

- Los tejidos Lyocell de bambú tienen propiedades antibacterianas y son adecuados para pieles sensibles.
- Es un material biodegradable.
- Es suave y resistente.
- Propiedades de higroscópicas, transpirabilidad y permeabilidad.
- Es un material con propiedades de elasticidad.

2.5.2.8. Piñatex

Este material no se encuentra en la tabla 1, sin embargo, es importante mencionarlo debido a que gracias a sus propiedades puede ser un sustituto del cuero y es un material de bajo impacto ambiental. El Piñatex proviene de los residuos agrícolas de las hojas de la planta de piña (Hijosa, s.f.).

Ventajas:

- Puede sustituir al cuero.
- Es un material cuyo proceso de fabricación es sostenible, incluso utiliza el agua de lluvia para limpiar las hojas.
- Es más económico que producir cuero.
- Posee propiedades antibacterianas y antimicóticas que protegen la piel y evitan malos olores.

2.5.3. Procesos de fabricación

El proceso de fabricación del calzado varía de acuerdo con el tipo de calzado (elegante, deportivos, etcétera); por esta razón, el impacto del ciclo de vida es diferente según el origen y el destino final del mismo y cumplimiento de la n Norma Une 150301 (2003) de gestión ambiental de productos industriales. Las materias primas pasan por un proceso previo para poder obtenerse como materiales de entrada de fabricación, luego se cortan y se confeccionan las partes que posteriormente pasan por un proceso de moldeado y ensamblaje para darle

forma al calzado. En la tabla 2 se muestra de manera concisa el proceso de fabricación del calzado deportivo.

TABLA 2. Fases de producción del calzado. Fuente: Elaboración propia.

Paso	Fase	Actividad
1	DISEÑO Y PROTOTIPOS	Se define el diseño a implementar, formas, colores, acabados a través de bocetos 2D, 3D y prototipos.
2	SELECCIÓN DE LA HORMA	Se selecciona la horma acorde al diseño.
3	PATRONAJE	Se define el patrón encima de la horma. y se digitalizan los moldes.
4	MATERIA PRIMA	Elección a base de textiles, y materiales para la suelas, hilos, apliques, etc.
5	CORTE	Se realizan el corte de piezas textiles del calzado en la materia prima.
6	BORDADO DE MARCA	Se incluye el bordado de la marca de ser necesario en el diseño.
7	COSTURA	Se unen unas piezas con otras por medio de costura.
8	MONTURA	Se monta las piezas previamente cosidas sobre la horma
9	MOLDEADO	Se ciña perfectamente a la horma y se le da forma.
10	UNIÓN DE LA SUELA	Una vez que el empeine agarra forma, se le pega la suela.
11	PLANTILLA Y CORDONES	Se inserta la plantilla y se procede a atar los cordones al zapato.
12	LIMPIEZA Y ACABADOS	Se limpian los zapatos y se realiza control de calidad.
13	EMPAQUETADO	Se guarda el calzado en su respectivo envase (incluidas las etiquetas).
14	ALMACENAJE Y DISTRIBUCIÓN	Se almacena en depositos y luego se distribuyen a la venta

En relación con el corte de piezas, existen dos sistemas de corte, sistema de corte manual para el caso de empresas artesanales o de baja producción y sistema de corte con troqueladora para empresas industrializadas, en este caso puede ser troqueladora de corte automática, troqueladora de corte manual o troqueladora de corte laser.

Conforme al moldeado de las piezas en función de la horma, según Tecom (s.f), podemos encontrar:

Máquinas de moldeado electroneumáticas: este sistema sirve para zapatos que están cosidos a la suela. La máquina contiene ocho brazos horizontales y cada uno tiene un molde para la punta y el talón, que por medio de cambios de temperatura hace el conformado del calzado.

Sistema de moldeo inyección rotativa: este sistema es utilizado para la producción de zapatos tipo sandalias, botas y mocasines, así como para el proceso de fabricación de suelas en zapatos deportivos. Es apta para todo tipo de termoplásticos, en este sistema la computadora de la máquina detecta el diseño, y procede a la sujeción de moldes, el material se inyecta bajo presión controlada y a medida que va rotando va pasando por un proceso de enfriamiento, quedando el calzado conformado.

Sistema de moldeo por frío y calor: este sistema se utiliza para casi todo tipo de calzado. La máquina se encarga de presionar y sostener el zapato por medio de moldes de silicona, cuando estos moldes se calientan permiten que ceda el material y se ciñe perfectamente el zapato a la horma y luego los moldes de aluminio se enfrían rápidamente permitiendo el fraguado del material y de esta manera el zapato queda conformado.

Entre otros sistemas, es importante mencionar los diferentes tipos de fabricación de las suelas, así como los diversos tipos de uniones:

Suela de fabricación aditiva: es un sistema de impresión 3D, en el cual el material es depositado capa a capa de manera controlada. Se pueden usar materiales como termoplástico, metal, resina, filamentos, fibra de carbono, entre otros; sin embargo, para la fabricación de suelas se pueden usar materiales termoplásticos y resinas (Electrónica Edimar, s.f.). Este sistema permite ahorrar costes de moldeo por inyección y permite acelerar el proceso I+D para llegar a soluciones ideales, sin gastar demasiado en prototipos. Inclusive se puede fabricar el zapato completo con este sistema.

Suela de fabricación vulcanizada: es uno de los procesos de fabricación más populares y conocidos en la industria del calzado, “su material principal es el caucho que al mezclarse con acelerantes y ser calentados bajo presión a temperaturas superiores a 150°C, se logra un proceso químico por lo que se modifican las cadenas moleculares formando un caucho más estable, duro, duradero, más resistente al ataque químico y sin perder la elasticidad natural” (Terrano, s.f.).

Fijación por prensa hidráulicas: este sistema funciona a través de presión de la suela y esta presión es la que hace que la suela se adhiera sustancialmente al resto del calzado. Puede ser utilizado en todo tipo de calzado (Starlink, s.f).

2.5.4. Fabricantes

A continuación, la tabla 3 expone algunas empresas potenciales vinculadas al proceso de fabricación y comercialización.

248

TABLA 3. Fabricantes de calzados. Fuente: Elaboración propia.

Marca			
Nombre	AR SHOES & BAGS C.A.	CALZADOS MEGA C.A.	FRAZZANI SPORT C.A.
Información	<p>La empresa es tienda y fabricante de calzados y carteras. Contacto: Mérida C.C. rodeo plaza 4to piso. gerencia@arshoesandbags.com +58 424-6975019 www.arshoesandbags.com</p>	<p>Confeción, distribución, venta al mayor y al detal de calzado. Contacto: Zona ind. Mcpal norte 92 # 67-70 parcela 22-a oficina. Venezuela, Valencia Edo, Carabobo. +58 241-8325717 linktr.ee/calzadosmega</p>	<p>Fabricación de calzados deportivos. Contacto: Av. Los Pinos, Corralito, Edif. Frazzani Sport. Venezuela, Distrito Federal, Caracas. +58 241-8325717 www.2059-ve.all.biz</p>

2.5.5. Proveedores

A nivel internacional y nacional existen empresas que pueden surtir partes y suplementos (Tabla 4).

TABLA 4. Proveedores de calzado. Fuente: Elaboración propia.

<p>ANANAS ANAM</p> <p>ANANAS ANAM</p> <p>Contacto: Carrer Germans Bassas 4, Pol. Ind. Can Misser 08360 Canet de Mar Barcelona España info@ananas-anam.com +34 93 799 8506 www.ananas-anam.com</p>	<p></p> <p>TENCEL</p> <p>Contacto: Lenzing Aktiengesellschaft Werkstraße 2, 4860 Lenzing, Austria office@lenzing.com +43 7672 701 0 www.tencel.com</p>	<p></p> <p>OEKO-TEX® MADE IN GREEN</p> <p>Contacto: Genferstrasse 23 8002 Zürich Switzerland info@oekotex.com +41 44 501 26 00 www.oeko-tex.com</p>
<p>PIÑATEX®</p>	<p>TENCEL™</p>	<p>OEKO TEX® LYOCELL DE BAMBÚ</p>
<p></p> <p>VENRECICLA</p> <p>Contacto: Avenida Carlos Giffoni, C/C Gilrob Ofic. 23 Zona Industrial III, Barquisimeto 3001 Edo. Lara, Venezuela info@venrecicla.com +58 251-7170744 www.venrecicla.com</p>	<p></p> <p>PLASTITEC GROUP</p> <p>Contacto: Calle Choroní, entre Roraima y Santa Fe, Oficina # 618, Chuao, Caracas Venezuela. +58 212 993.06.85 www.plastitecgroup.com</p>	<p></p> <p>RECREUS</p> <p>Contacto: Polígono Industrial Finca Lacy 03600, Elda (Alicante) – España +34 865 777 966 www.recreus.com</p>
<p>POLIETILENO TEREFALATO (PET), POLICLORURO DE VINILO (PVC), CAUCHO RECICLADOS</p>	<p>PELLET DE POLIETILENO TEREFALATO (PET) RECICLADO</p>	<p>RECIFLEX Y FILAFLEX POLIURETANO TERMOPLÁSTICO (TPU) RECICLADO</p>

3. PROCESO DE DISEÑO

Una vez analizada y sintetizada la información que determinó los requerimientos que debe cumplir el diseño, se pasó a la fase de conceptualización. Esta etapa consiste en la convergencia entre el diseño (lo estético) y la función, los cuales sirven para explorar las ideas conceptuales y los lineamientos que van a dar forma al resultado de la propuesta.

Los métodos de conceptualización utilizados para desarrollar esta fase creativa fueron el método ASCABED y el Moodboard.

El método ASCABED, propuesto por Rafael Lacruz (2002), permite orientar el proceso de conceptualización a través de una serie de pasos, comenzando por una lluvia de ideas con las palabras más relevantes que posteriormente se asocian a un nivel de intención, para así crear moodboards que facilitarán la generación de bocetos conceptuales.

Por su parte, el moodboard es un método que, a través de la recopilación de imágenes, textos, colores, permite comunicar de manera visual lo que se quiere transmitir y tener una idea de lo que se busca crear (Simonet, 2016).

3.1. Jerarquización de las dimensiones

Para iniciar con el proceso de conceptualización se realiza una selección y jerarquización de los factores más significativos los cuales abordan 6 diferentes dimensiones según la intención del diseño, u que de acuerdo a ASCABED, las dimensiones son: utilidad, representatividad, pertinencia, originalidad, expresividad y competitividad.

A continuación, se muestra en orden el nivel de jerarquía de las dimensiones para el desarrollo del ecodiseño de un calzado deportivo:

- *Utilidad*: que el calzado pueda ser usado como lifestyle, tanto para deportes como en otras actividades de la cotidianidad.
- *Representatividad*: que se entienda el funcionamiento y las partes del calzado modular.
- *Originalidad*: que el calzado tenga un grado de originalidad y sea un producto innovador. En ese sentido, el producto de Ecodiseño de calzado deportivo será identificado en su etapa final con el nombre de **Sunflower**, bajo la autoría de Luisanna Carrero Cicchetti; y tendrá su Deposito Legal, entre otras protecciones legislativas que garanticen el derecho de autor según lo expone Vega Barón (2016).
- *Expresividad*: que se entienda el para qué y cómo funciona el calzado de una manera fácil y rápida.

- *Pertinencia*: se entienda de manera clara el contexto hacía donde va dirigido el calzado y con qué elementos interactúa.
- *Competitividad*: que el calzado se diferencia dentro de la competencia.

3.2. Pasos para la Generación de ideas

251

Se desarrollaron los siguientes pasos:

PASO 1. Generación asociaciones libres generales: lluvia de ideas (Figura 2).

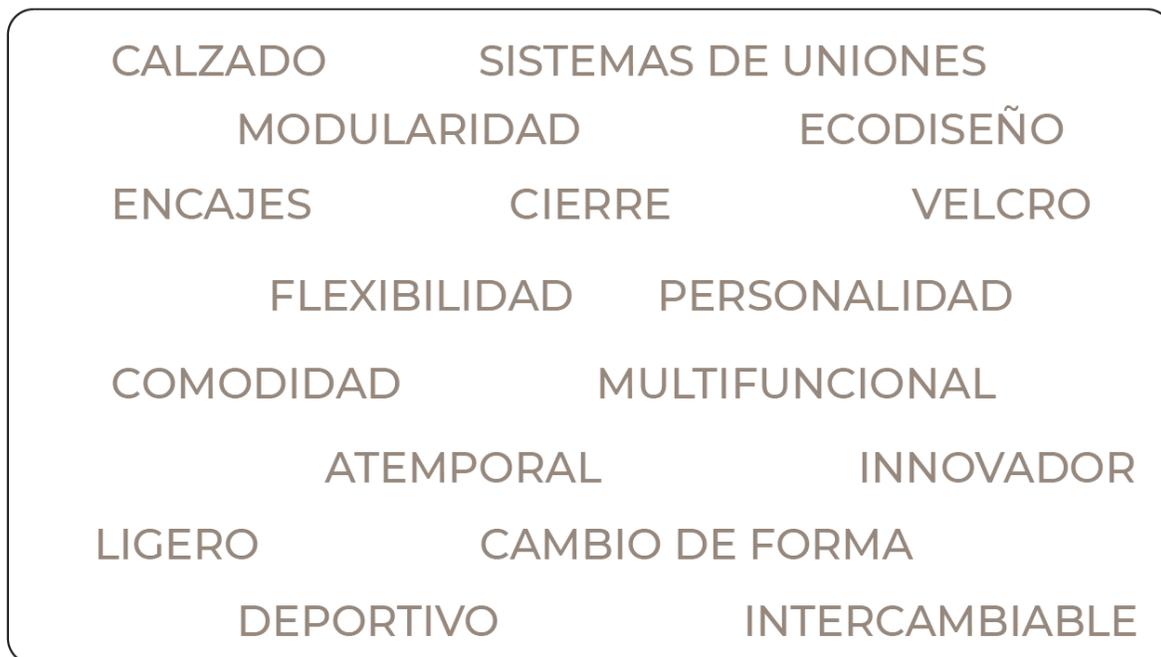


FIGURA 2. Lluvia de ideas. Fuente: Elaboración propia a partir de ASCABED.

PASO 2. Generación de asociaciones con nivel de intención. Una vez realizada la lluvia de ideas, se procede a la selección de las palabras relevantes que se desean implementar en el concepto generador: *modularidad, sistemas de uniones, personalización, multifuncional, atemporal y cambio de forma.*

Modularidad: que brinde la posibilidad de ser un calzado con la capacidad de intercambiar piezas desgastadas y añadir la experiencia de personalización cambiando diferentes elementos.

Sistema de Uniones: uso de vínculos conocidos por diferentes usuarios como encajes, cierres, velcro, tornillos para facilitar el cambio de piezas.

Personalización: para crear una conexión emocional entre el producto y el usuario explorador funcional.

Multifuncional: que permita la utilización del calzado en diferentes actividades de la vida cotidiana.

Atemporal: generando un calzado con estética clásica y minimalista para que perdure en el tiempo.

Cambio de forma: que el calzado se pueda transformar a través de elementos, estilos, colores o texturas.

3.3. Generación de Moodboards

3.3.1. Moodboards de palabras relevantes

Las figuras 3, 4, 5, 6 y 8 exponen el Moodboard con imágenes que representen: modularidad, el sistema de uniones, la personalización, lo multi funcional y lo atemporal de los calzados a partir de imágenes extraídas de internet.

MULTIFUNCIONAL



255

FIGURA 6. Moodboard de multifuncional con imágenes extraídas de internet.

ATEMPORAL



FIGURA 7. Moodboard de atemporal con imágenes extraídas de internet.

3.3.2. Moodboard Inspiracional

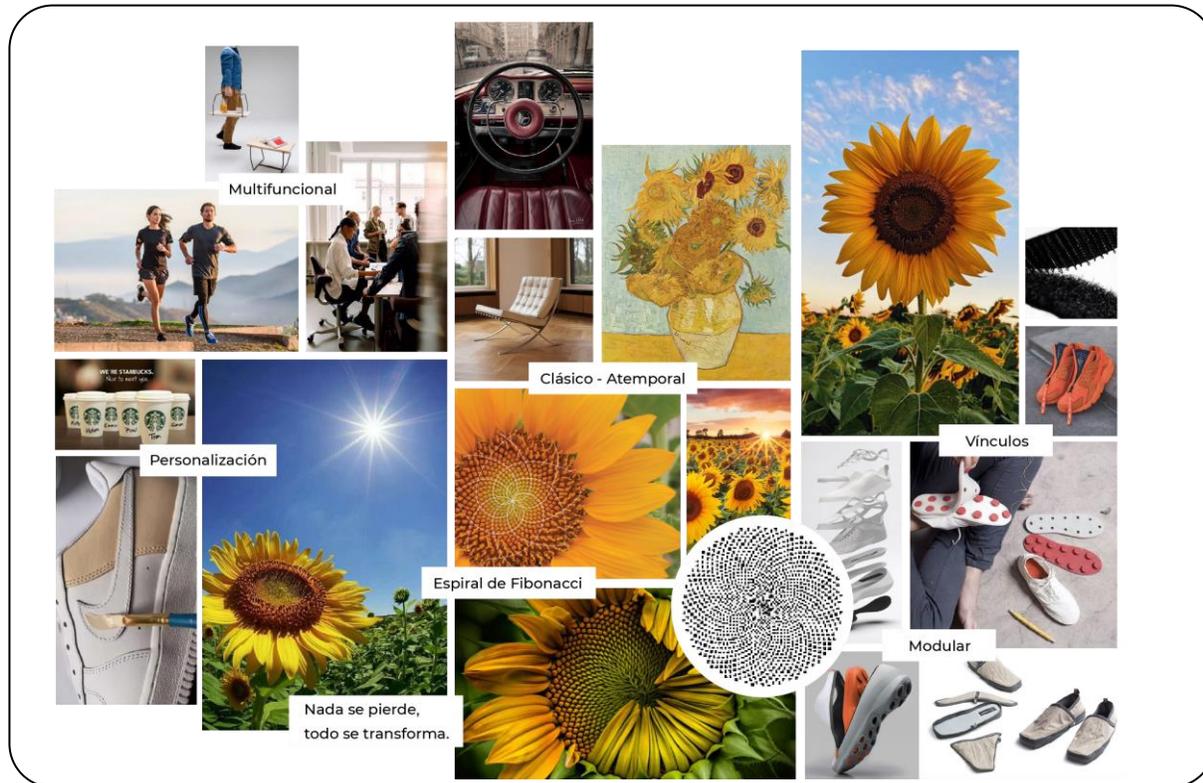


FIGURA 8. Moodboard inspiracional a partir de imágenes extraídas de internet.

3.4. Descripción del Concepto

El Girasol: es una planta herbácea que se desarrolla en climas cálidos, como su nombre lo indica gira conforme a la luz del sol. Esta flor representa felicidad, optimismo y alegría en algunas culturas.

El movimiento: el girasol es una planta que durante su fase de crecimiento sigue a la luz solar, por lo que alrededor del día cambia su posición según el movimiento de traslación del sol (amanecer, medio día y atardecer).

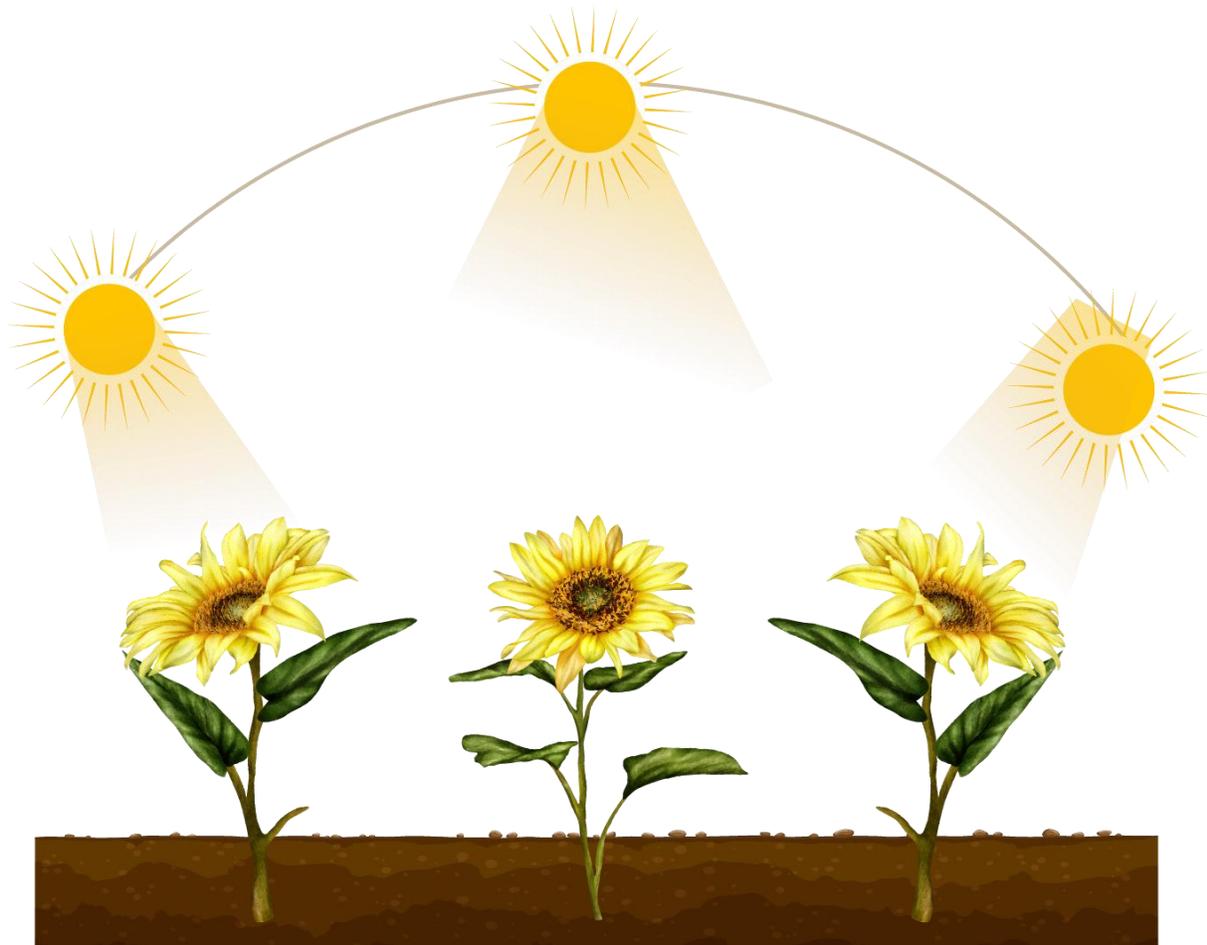


FIGURA 9. Movimiento del girasol, figura a partir de Freepik (s.f.)

Las personas diariamente están en movimiento constante desarrollando diferentes actividades, cambiando de posición según sus necesidades, ese cambio se relaciona con el movimiento del girasol, el cómo el girasol se transforma para seguir obteniendo la luz solar. Asociándolo con el calzado, éste debe permitir esa transformación adaptándose a las diferentes actividades diarias que requiera el usuario.

Desde otra perspectiva, cada nuevo día representa una nueva oportunidad, relacionando esto con la búsqueda de alargar el ciclo de vida de un nuevo calzado.

Nada se pierde todo se transforma: esta frase además de asociarse con la transformación del calzado con piezas intercambiables que, se asocia también desde el punto de vista ambiental, con la manera como se transforman distintos materiales, provenientes del reciclaje o materiales orgánicos y se aprovecha al máximo para ser aplicados en el calzado y dándoles una nueva vida.

Espiral de Fibonacci: Rodríguez y García (2018), mencionan que la espiral de Fibonacci “es una secuencia numérica en la que cada número es el resultado de la sumatoria de los dos números anteriores”. También es llamada Proporción Áurea, número divino o divina proporción, es una fuente de inspiración para crear la composición formal del diseño del calzado.

3.5. Propuestas de Diseño

Para la elaboración de las propuestas se desarrolló en la tabla 5 de combinación de conceptos de acuerdo con Ulrich y Eppinger (2012), para así desarrollar diferentes soluciones de la problemática con el mismo nivel de intención y creatividad.

TABLA 5. Tabla de combinación de conceptos. Fuente: Elaboración propia.

MATERIALES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL	SISTEMA DE AMORTIGUACIÓN	TIPO DE UNIÓN SUELA - ENTRESUELA	TIPO DE UNIÓN ENTRESUELA - EMPEINE	CONCEPTO DE DISEÑO
Poliéster reciclado mecánicamente	Celosía/Entramado	Pestañas	Cierre	Círculo del Girasol
Lyocell de Bambú	Espacios (cuadrados) de cámaras de aire	Acoples	Tornillos	Espiral de Fibonacci
Piñatex	Espacios (haxágoales) de cámaras de aire	Tornillos	Ligas tensoras	Rombos de la semilla de girasol
		Encaje a presión	Velcro	

<p>Propuesta 1: Lyocell de Bambú. Celosía/ Entramado. Sistema de unión por tornillos Concepto círculos del girasol - Espiral de Fibonacci.</p>	<p>Propuesta 2: Piñatex. Espacios (cuadrados) de cámaras de aire. Sistema de unión por encaje a presión y cierre. Concepto rombos del girasol - Espiral de Fibonacci.</p>	<p>Propuesta 3: Poliéster reciclado mecánicamente. Espacios (haxágoales) de cámaras de aire. Sistema de unión por acoples y Ligas tensoras. Concepto rombos del girasol - Espiral de Fibonacci.</p>
---	--	--

3.6. Evaluación y selección de las propuestas

Para el proceso de selección, se realizó una matriz QFD (Quality Function Deployment) que significa Despliegue de Función de Calidad, Capuz *et al.* (2002). La misma define el QFD como la herramienta “para escoger y sistematizar las especificaciones de diseño referentes al usuario del producto o servicio, con el fin de que el objeto creado se corresponda con aquellas” (p. 68).

3.7. Evolución de la propuesta

Se expone el resumen de toda la fase metodológica y el proceso de evolución de la propuesta, según la estética del sistema de uniones de la suela y del empeine; las ligas tensoras y el sistema de amortiguación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de las encuestas de Usuarios Fabricantes

El cargo que desempeñan dentro de la empresa, los usuarios fabricantes encuestados en su mayoría son CEO o directores ejecutivos. Las empresas son privadas y se ubican en diferentes lugares de la ciudad de Mérida, Venezuela, entre ellos: Zumba, Tovar, Mérida, y otras áreas privadas. Se exigió por parte de los encuestados que los resultados de esta investigación sean divulgados bajo anonimato para cuidar la integridad de cada empresa.

El 50% de la población encuestada elabora sólo zapatos casuales, mientras que el 25% restante fabrican casuales y otros tipos de calzados como casuales y de vestir, pero solamente el 25% fabrica todo tipo de calzado (casuales, deportivos, botas, zapatos de vestir, etc.) (Gráfico 1).

¿Qué tipo de calzado fabrica?
4 respuestas

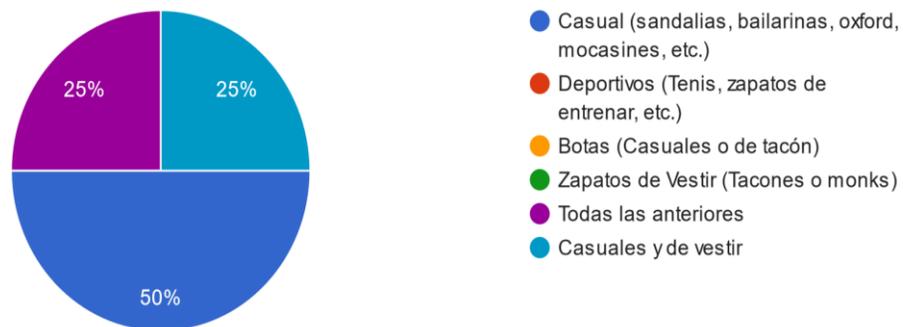


GRÁFICO 1. ¿Qué tipo de calzado fabrica?

Sobre la confección del calzado (Gráfico 2), el 100% de los encuestados coinciden que el cuero sintético es el material más utilizado al elaborar calzado, el 50% de los usuarios fabricantes usan algodón y cuero normal. Otros materiales como el poliéster, la lana, el caucho, poliuretano termoplástico, polietileno, poliestireno y el neopreno lo usan sólo uno de los encuestados. Además, mencionaron el uso de otro tipo de materiales que no estaba dentro de las opciones como el cuero PU que es otra variación de cuero sintético a base de poliuretano, gamuza, charol, neolite, terciopelo, entre otros materiales necesarios para la confección como clavos, tornillos, cintas, cordones, hojaldres, forros, pegas, entre otros

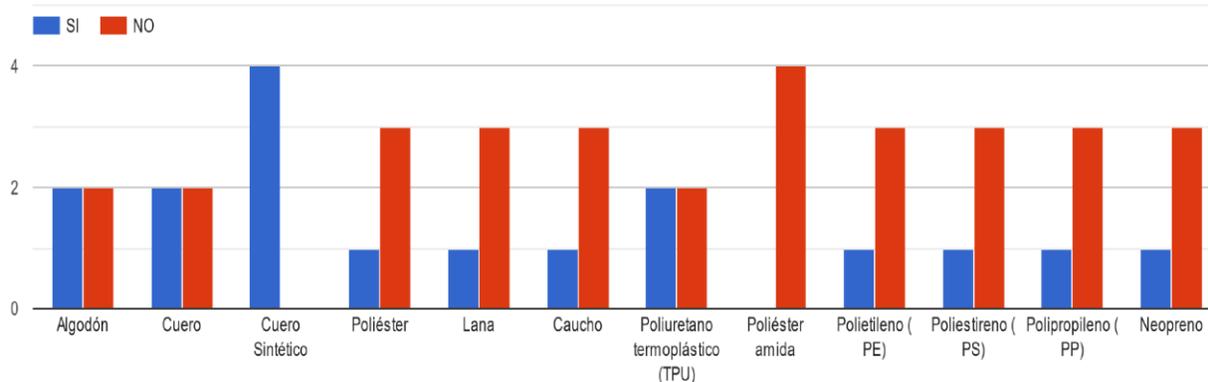
Respecto a los materiales utilizados para la confección del calzado, en el gráfico 2 se evidencia que el 100% utiliza cuero sintético y ninguno utiliza poliéster amida y, el 50 % utiliza poliuretano termoplástico, algodón y cuero; por otra parte, un 25 % utiliza, además, otros materiales como poliéster, lana, caucho, polietileno, poliestireno, polipropileno y neopreno. Sin embargo, mencionaron el uso de otros materiales como microporosa, Neolite y punta de diamante.

En el gráfico 2, también se identifica claramente un déficit en el calzado masculino dado a que el 100% de la población encuestada se dedica a la fabricación de calzado para mujeres y niñas; y un 25 % de ellos fabrica calzado infantil.

En relación a las suelas de los calzados, se observa que el 75 % de los usuarios fabricantes usan suelas de caucho, sólo 25% de los encuestados usa otros materiales como poliuretano, polietileno, poliestireno, polipropileno, madera y corcho (Gráfico 3).

Por último, en la sección sobre el calzado y materiales, se preguntó sobre el uso de material reciclado para la confección del calzado, donde el 100% de los fabricantes respondió que no.

¿Qué tipo de materiales utiliza para la confección del calzado?



¿A quién va dirigido el calzado que fabrica?

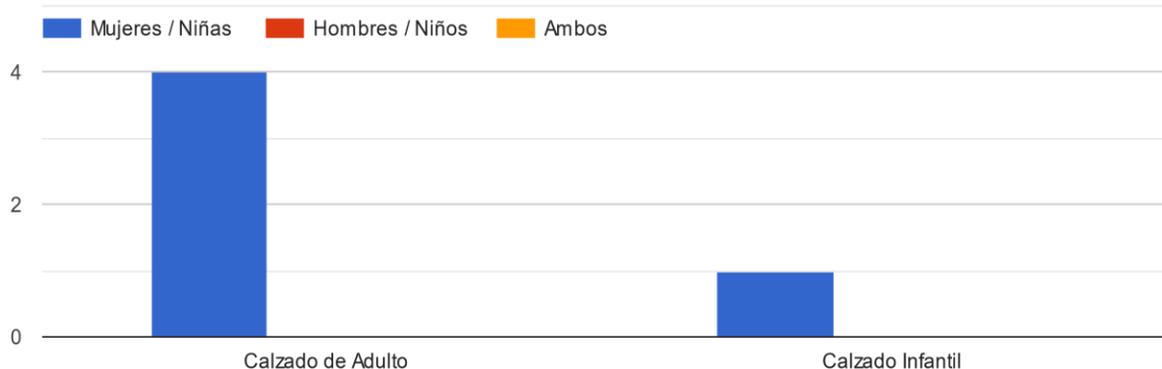
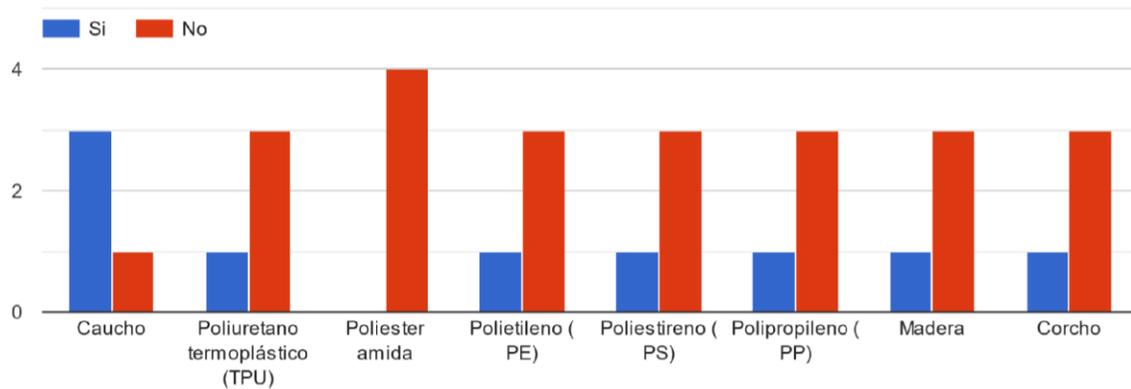


GRÁFICO 2. Tipo de materiales para la confección y población a quién va dirigido el calzado.

¿Para la elaboración de suelas, qué tipo de materiales utiliza?



263

GRÁFICO 3. Materiales utilizados para la manufactura de suelas.

En la sección de producción y fabricación, los resultados arrojaron que el 50% de los usuarios fabricantes utiliza proceso de producción por lote; y el otro 50%, es de producción continua. El 100% de los fabricantes utiliza proceso de fabricación artesanal.

Dentro de los pasos del proceso de fabricación todos los usuarios coinciden con los mismos pasos, con una pequeña diferencia de orden, pero en su mayoría es similar, ninguno de los usuarios incluyó la creación de hormas dentro de su proceso debido a que las compran ya elaboradas. En tal sentido, el proceso de fabricación en común es: primero diseño del calzado, compra y recepción de materias primas, creación de patrones, corte de piezas, costura de las piezas, forrado de la plantilla, montura en horma, pegado de la suela y la plantilla, limpieza y acabados, empaquetado, depositados y por último el traslado.

Las máquinas de corte utilizadas por el 50% de los fabricantes, son troqueladoras manuales, un 25% utiliza sólo corte manual y el otro 25% usa ambos tipos de corte.

Para el moldeado de calzado, el 75% de los usuarios fabricantes utilizan máquinas moldeadoras por sistemas de frío y calor, y 25% usa modelado manual y modelado electro neumático. El 100% de los usuarios utiliza prensas hidráulicas y neumáticas para la unión de las suelas.

Por otro lado, en cuanto a la sección de gestión de residuos sólidos, sólo 25% de las personas encuestadas respondió que dona los residuos de sus telas a una marca de carteras; mientras que el 50% de la población incinera la basura y el 25% restante los desecha en la basura.

Desde el punto de vista energético, el 50% de la maquinaria que utilizan los fabricantes, no utiliza fuente de energía alternativa, mientras que el otro 50% respondió que si utiliza. En relación con la sección del Ecodiseño, se puede identificar que el 100% de la población encuestada no implementa procesos de Ecodiseño para lograr productos ecológicos.

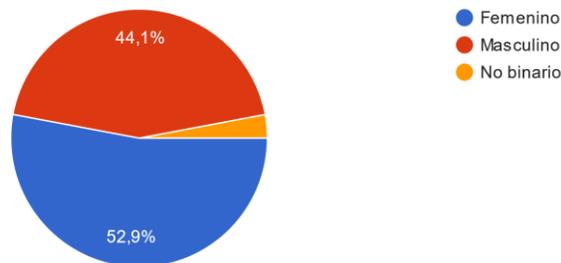
Por último, sólo el 50 % de los fabricantes, se encuentran interesados en mejorar la empresa con procesos ecoeficientes para la manufactura del calzado.

En base a los resultados obtenidos en el cuestionario a empresas de fabricación de calzado de la ciudad de Mérida, Venezuela, se puede detectar que hay un déficit en la elaboración del calzado masculino, contrastando esto con el estudio de mercado, se puede determinar que las mujeres tienen más demanda en este sector. Por esta razón, se decidió aplicar la encuesta a adultos de ambos sexos comprendidos en edades entre 20 y 50 años con la finalidad de diseñar calzado unisex.

4.2. Análisis de la encuesta de posibles Usuarios Cliente

De las 34 personas encuestadas, el 52,9% de la población es femenino; el 44,1% es masculino, y sólo el 3% de la población se declaró como No binario (Gráfico 4).

Genero
34 respuestas



265

GRÁFICO 4. Género del usuario cliente.

Dentro de las edades (Gráfico 5), predominan usuarios de 18 a 25 años con el 44.1%; y de 26 a 33 años con el 35.3%, siendo estos dos grupos, la mayor parte de la población. Mientras que el menor porcentaje corresponde a mayores de 50 años con un 8,8 %

Edad
34 respuestas

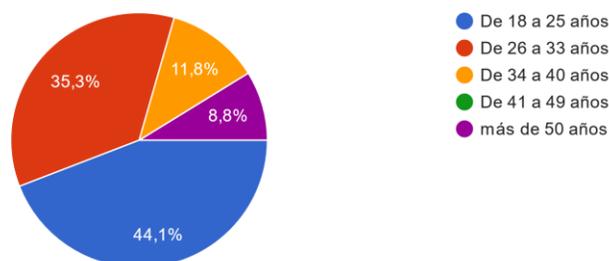


GRÁFICO 5. Edad del usuario cliente.

El 52,9% de la población afirma que no consigue calzado acorde a sus necesidades en la ciudad de Mérida, Venezuela (Gráfico 6), mientras que, el 41,2 informa que si consigue, y el 2,95% de los usuarios encuestados respondió que si consigue, pero no de calidad necesaria. Por otra parte, la mayoría respondió que compra zapatos importados.

¿Considera usted que, en la ciudad de Mérida (Venezuela) consigue calzado acorde a sus necesidades?
34 respuestas

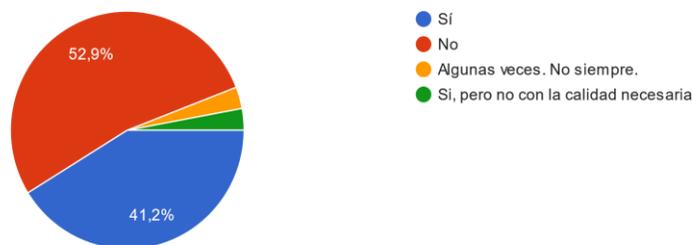


GRÁFICO 6. Necesidad del calzado del posible usuario cliente.

Como se muestra en el gráfico 7, el 50% de los encuestados consideran que existe una carencia en el calzado formal, mientras que 32.4% de la población encuestada piensan que hay carencia de calzado deportivo casual, y 14,7 % consideran que no consigue calzado casual. Con respecto al calzado deportivo, una de las personas encuestadas, hizo como observación que el problema con este tipo de calzado en la ciudad es la calidad y los altos costos para su adquisición.

¿Qué tipo de calzado considera que hay un déficit en la ciudad de Mérida (Venezuela)?
34 respuestas



GRÁFICO 7. Tipo de calzado en déficit, para el usuario cliente.

En relación al estudio de mercado en cuanto a decisiones de compra, las personas encuestadas tienen variados criterios para establecer sus compras (Gráfico 8), sin embargo, dentro de las características establecidas la mayoría coincidió en la calidad, la comodidad y la estética como los criterios más importantes. Por otro lado, el precio, materiales, funcionalidad, marca, colores, y la salud, son igual de relevantes, pero con un nivel menor de importancia; mientras que las características que menos destacan son poseer texturas o estampados, así como comprar por moda.

¿A la hora de comprar zapatos nuevos, en qué criterios basa sus decisiones de compra?

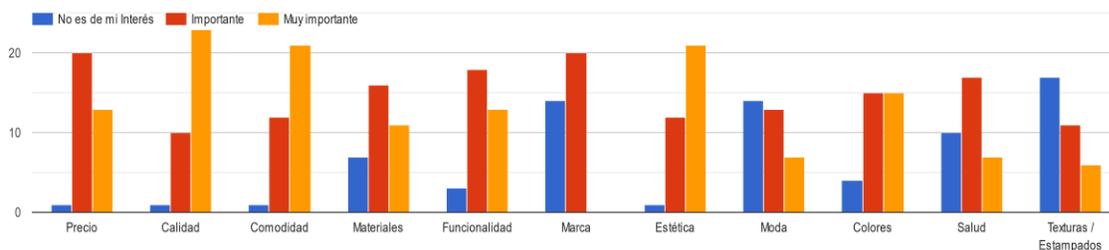
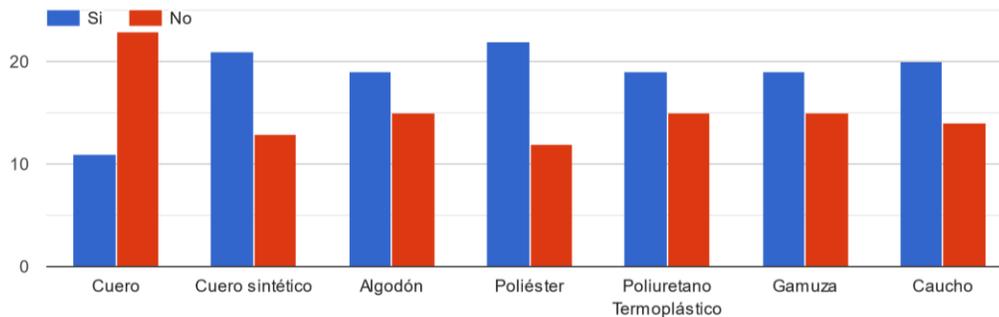


GRÁFICO 8. Criterios de compra del usuario cliente.

Dentro de los zapatos que comúnmente compran los usuarios (Gráfico 9), más de 20 de los usuarios indican que se deciden por zapatos de cuero sintético, poliéster y caucho; más de 10 usuarios prefieren el algodón, el poliuretano y la gamuza, mientras que el cuero es la menos demandada. Además, mencionaron otros materiales como el corcho, cloudfoam y sólo uno de los encuestados mencionó que compra calzado de material reciclado.

¿Qué materiales poseen los zapatos que comúnmente compra?



268

GRÁFICO 9. Preferencia de materiales del usuario cliente.

En la pregunta ¿está usted dispuesto a comprar un tipo de calzado que sea modificable en su estructura?, el 68,8% de los usuarios respondieron que sí respecto a la suela; 25% de los usuarios, prefieren el cambio en el cuerpo del calzado; y 6,3% distingue tanto en la suela como en el cuerpo del calzado.

Dentro de la sección de las necesidades ecológicas, el 97,7% de la población está interesado en el medio ambiente. En la pregunta que hace con el calzado una vez que se desgasta, el 35,3% de los usuarios lo lleva a reparar al zapatero; el 32,4% los desecha; el 11,8% cambia las piezas desgastadas (cordones); y 14,5% lo dona o regala a personas de bajos recursos para darles un segundo uso.

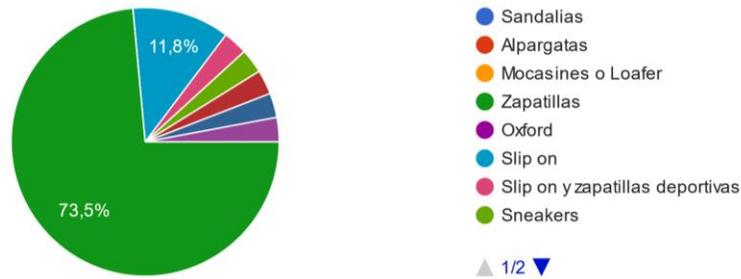
En la pregunta, ¿Compraría calzado hecho con materiales ecológicos (Plásticos reciclados, Algodón reciclado, fibras de bambú, etc.) siempre y cuando respeten sus decisiones de compra? (precio, comodidad, estética, calidad, etc.); el 94,1% respondió que sí, mientras que sólo el 5,9% respondió que no.

En cuanto a la sección de necesidades del calzado, el tipo de calzado que los usuarios prefieren y visten diariamente, el 85,1% de la población prefieren las zapatillas o zapatos deportivos, sneakers, entre otros. 11,8% prefiere los zapatos

Slip on, sólo una de las personas mencionó que prefiere usar tacones para el día a día por su estilo de vida (Gráfico 10).

¿Qué tipo de calzado prefiere o viste diariamente? Si tiene varias opciones en "Otra" puede responder cuales.

34 respuestas



269

GRÁFICO 10. Preferencias diarias del usuario cliente.

En relación a las preferencias de los colores (Gráfico 11), 41,2% de los usuarios clientes prefiere zapatos de color negro, 26,5% prefieren de color blanco, y el 14,7%, se inclinan más a colores fríos como azules, lilas, celestes, verdes o grises. En la preferencia de ornamentos, el 80% de los usuarios, prefiere calzado que no tenga ornamentos como hebillas, o accesorios metálicos.

¿Qué colores prefiere en su calzado cotidiano?

34 respuestas



GRÁFICO 11. Preferencias de colores para el calzado cotidiano del usuario cliente.

En cuanto a las preferencias de la suela, la mayoría de las personas encuestadas prefiere suela de grosor intermedia con el 76.5%; el 17,6%, elige suelas gruesas y sólo el 5,9% optan suelas finas. La mayoría coincide en suelas flexibles con el 91,2%.

Por otra parte, el 52.9% de los usuarios mencionan que sus calzados no resisten a días lluviosos (Gráfico 12), mientras que el 44,1%, mencionan que sí son resistentes.

¿El calzado que viste diariamente resiste a días lluviosos? (resiste la entrada de humedad)

34 respuestas



GRÁFICO 12. Resistencia a la lluvia, según el usuario cliente.

En cuanto a la facilidad de limpieza y mantenimiento del calzado, el 58,8% de usuarios mencionan que el cuero y el cuero sintético son de los materiales más fáciles de limpiar; y el 35,3%, piensan que el plástico es más fácil. En su mayoría limpian su calzado manualmente.

Por otro lado, el 73.5 % de la población ha presentado ampollas por el uso inadecuado del calzado, 20,6% ha sufrido de callosidades y sólo el 5,9% presenta Hallux Valgus (juanetes). Se pudo evidenciar que el 61,8% de las personas encuestadas ha presentado problemas en el aroma de sus zapatos luego de su uso.

Dentro de las observaciones expresadas por los usuarios sobre su idea del calzado deportivo en el contexto venezolano, se pueden destacar algunas como:

- Zapatos con buen material y no de malla.
- La comodidad e higiene, que el material permita que los olores transpiren ya que se trata de un calzado deportivo.
- Requeriría un zapato cómodo para caminar, que sea fácil de combinar con muchas prendas de ropa.
- Que el material sea suave.
- Que sea cómodo, visualmente atractivo y económico.
- Debe ser un calzado que soporte la lluvia principalmente sin perder su estética o comodidad.
- El calzado deportivo está sobre explotado, toda su producción es masiva, hay poca innovación y el mercado está llegando al punto de caer en piraterías y mala calidad, haciendo recurrente su compra, por su bajo costo.
- Estéticamente agradable.

En base a los resultados obtenidos, se determinó que el calzado a diseñar debe ser el calzado deportivo - casual (lifestyle sneaker), debido a que este calzado es carente en el comercio de la ciudad; además se encontró que es una prenda de vestir diaria de la población, y como beneficio este tipo de calzado puede adaptarse a actividades deportivas. Es preciso jerarquizar las necesidades encontradas en la recopilación de datos según Ulrich y Eppinger (2009), quienes indican que “las necesidades primarias son las más generales, mientras que las necesidades secundarias y terciarias expresan necesidades más a detalle” (p.73). A continuación, se clasifican las necesidades en la tabla 6.

TABLA 6. Jerarquización de Necesidades. Fuente Elaboración propia

Tipo de Necesidad	Necesidades Primarias	Necesidades Secundarias	Necesidades Terciarias
Necesidad detectada	<ul style="list-style-type: none"> • Los zapatos son unisex • Los zapatos son de tipo deportivos casuales. • Los zapatos están diseñados bajo criterios de ecodiseño. • Los zapatos generan confort y comodidad a los usuarios. • Los zapatos son de calidad y reflejan calidad. • Los zapatos previenen afecciones. • Los zapatos no se empapan por dentro con la lluvia. • Reduce el número de operaciones y etapas de producción. • Poseen la menor cantidad de componentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • La forma de la suela flexible minimiza el impacto y genera la amortiguación adecuada. • El diseño es atractivo, clásico y atemporal por lo que contribuye a la longevidad del calzado y reduce la necesidad de adquirir nuevos productos. • Posee colores neutros y monocromáticos. • La suela posee una porción que permite interconectarse el elemento de talón y así proporciona la sujeción del pie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los zapatos son fabricados con materiales de bajo impacto ambiental (biodegradables, compostables, reciclados, reutilizados, con menor contenido energético, etc). • Los zapatos poseen materiales impermeables. • Los zapatos son modulares, permitiendo al usuario la personalización. • Proporciona un kit para reemplazar las piezas dañadas/perdidas para alargar su vida útil. • Los zapatos permiten que el pie transpire y evita malos olores. • Minimiza el uso de productos químicos durante el proceso de producción.

4.3. Selección de propuestas del calzado

Desarrollados todos los procesos definidos en la metodología, se presentan en las figuras 10, 11 y 12 los resultados de las propuestas de diseño, obtenidas en el *Diseño Industrial del Calzado*, que es el fin de la presente investigación.

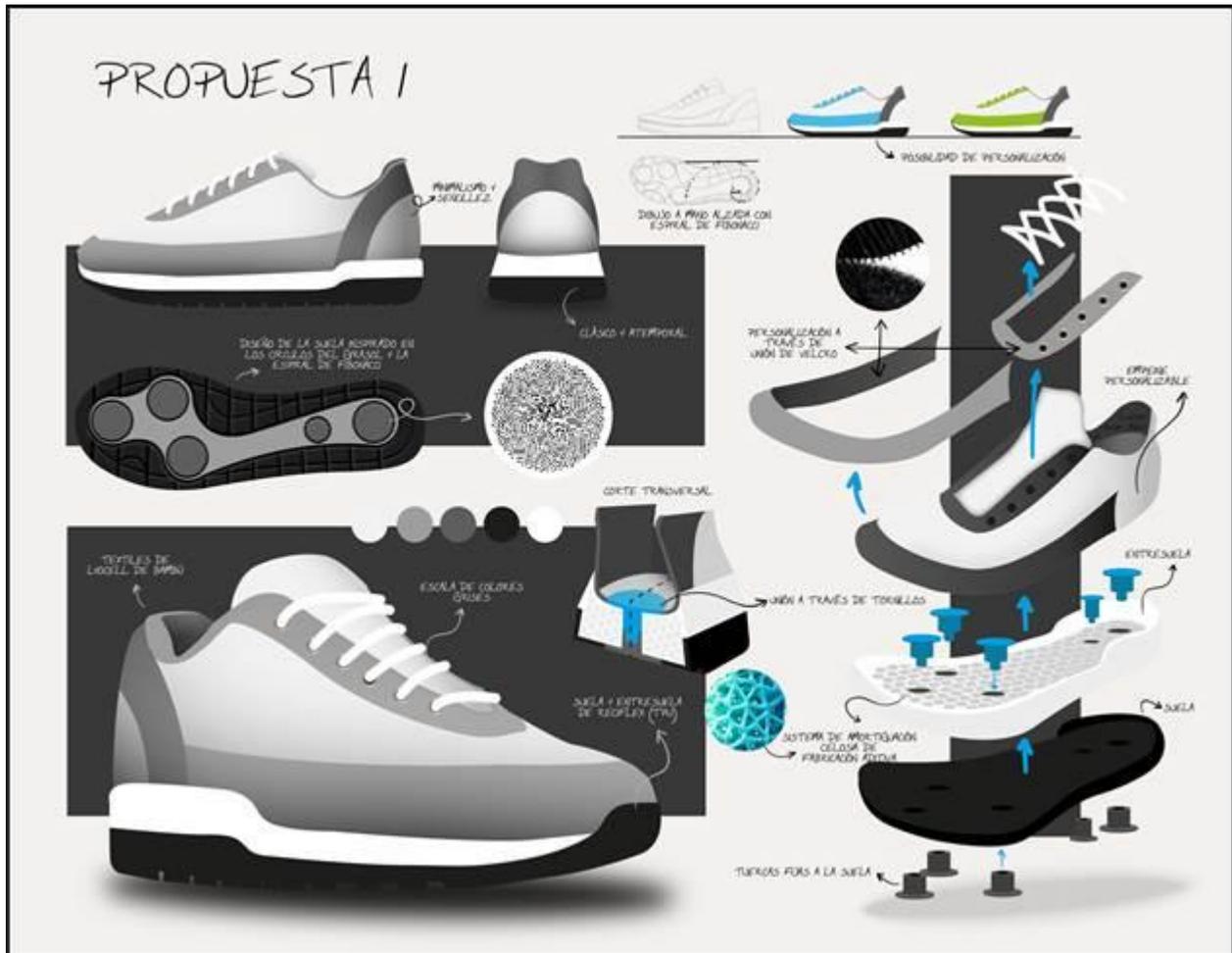


FIGURA 10. Propuesta 1, figura a partir de (Freepik, s.f). Fuente: Elaboración propia.



FIGURA 11. Propuesta 2, figura a partir de (Freepik, s.f). Fuente: Elaboración propia.



FIGURA 12 Propuesta 3, figura a partir de (Freepik, s.f). Fuente: Elaboración propia.

4.4. Evaluación y selección de las propuestas

Como se expuso en el punto de metodología el proceso de selección de la mejor alternativa de calzado se realizó a partir de la implementación de la matriz de Despliegue de Función de Calidad (Quality Function Deployment - QFD). En primer lugar, se realizó una matriz de correlación donde se tomaron los requerimientos de diseño y las necesidades de los usuarios como criterios de selección. Se ponderó cada característica y su relación entre sí, en un rango de 0 (no tiene relación), 1 (poco importante), 3 (más o menos importante) y 9 (muy importante), siendo el resultado la suma de estas características, para determinar el nivel de importancia y el peso de cada criterio; arrojando que las necesidades más importantes son generar competencia en el mercado, contribuir a la longevidad del calzado y prevenir afecciones con el uso inadecuado del calzado (Gráfico 13).

Posteriormente, para la matriz del QFD, se ponderaron los requerimientos y esa ponderación se multiplicó con el resultado de las necesidades, luego se sumaron los resultados por requerimiento, obteniendo como resultado final el nivel de importancia por requerimiento. En general los resultados muestran que los requerimientos técnico-productivos y ergonómicos son los más importantes (Gráfico 14), seguido de los requerimientos funcionales; siendo los requerimientos formales y de seguridad los menos importantes. Cabe destacar, que la valoración más elevada fue el requerimiento formal con 11.802 puntos, el cual especifica que debe considerarse la suela, el empeine y los cordones como piezas modulares con la capacidad de intercambiarse o reemplazarse.

Posteriormente, para realizar la selección de las propuestas de diseño, se hicieron dos ponderaciones, una en base a las necesidades y otra en base a los requerimientos, para determinar cuál propuesta cumplía con mayor cantidad de criterios de selección y elegir la propuesta de una manera más coherente y objetiva. En relación a la selección en base a las necesidades, la propuesta número 2 obtuvo en las encuestas de usuarios los mejores resultados con 34% más de puntuación en comparación con las otras propuestas.

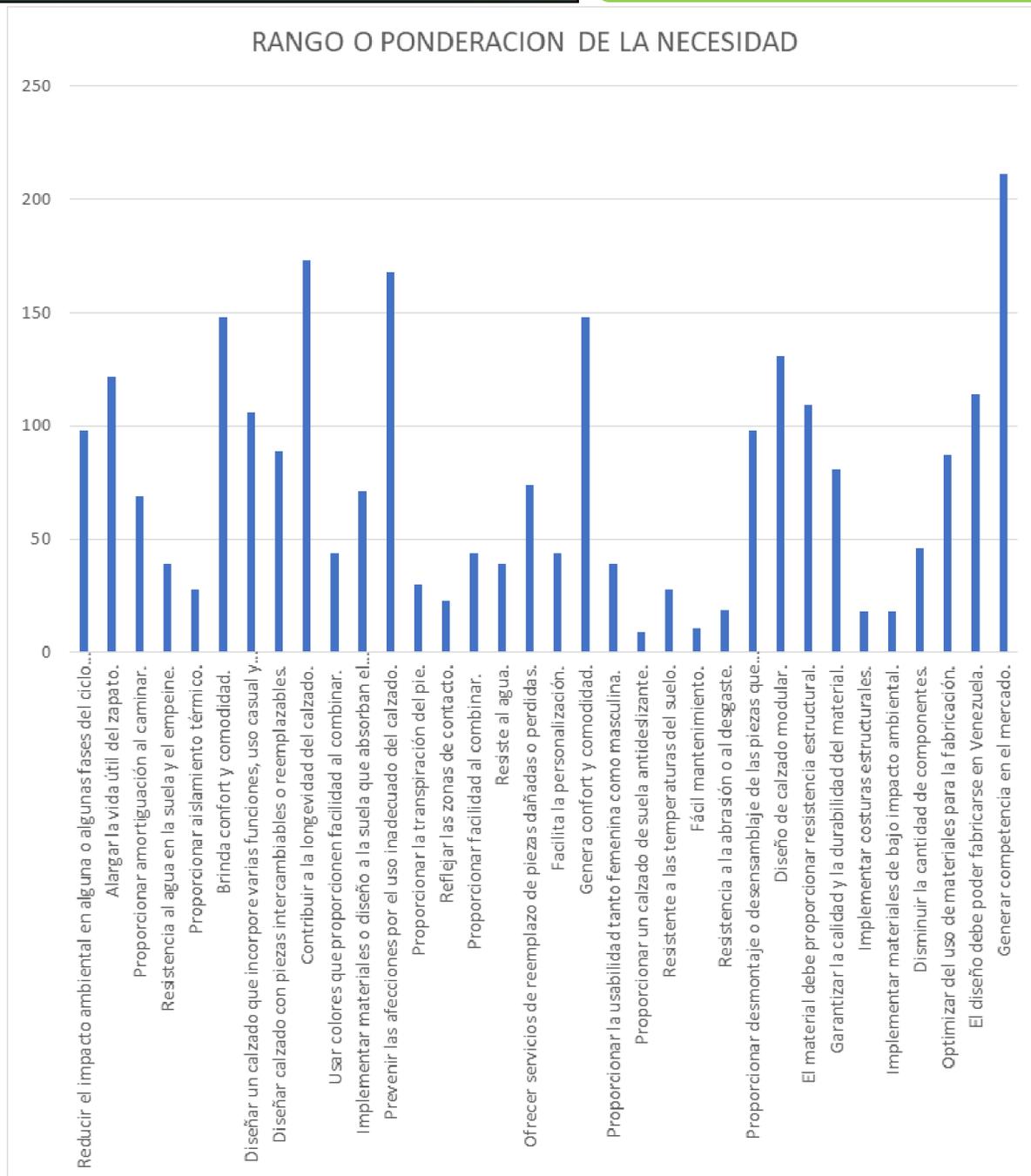


GRÁFICO 13. Rango o ponderación de la necesidad. Fuente: Elaboración propia.

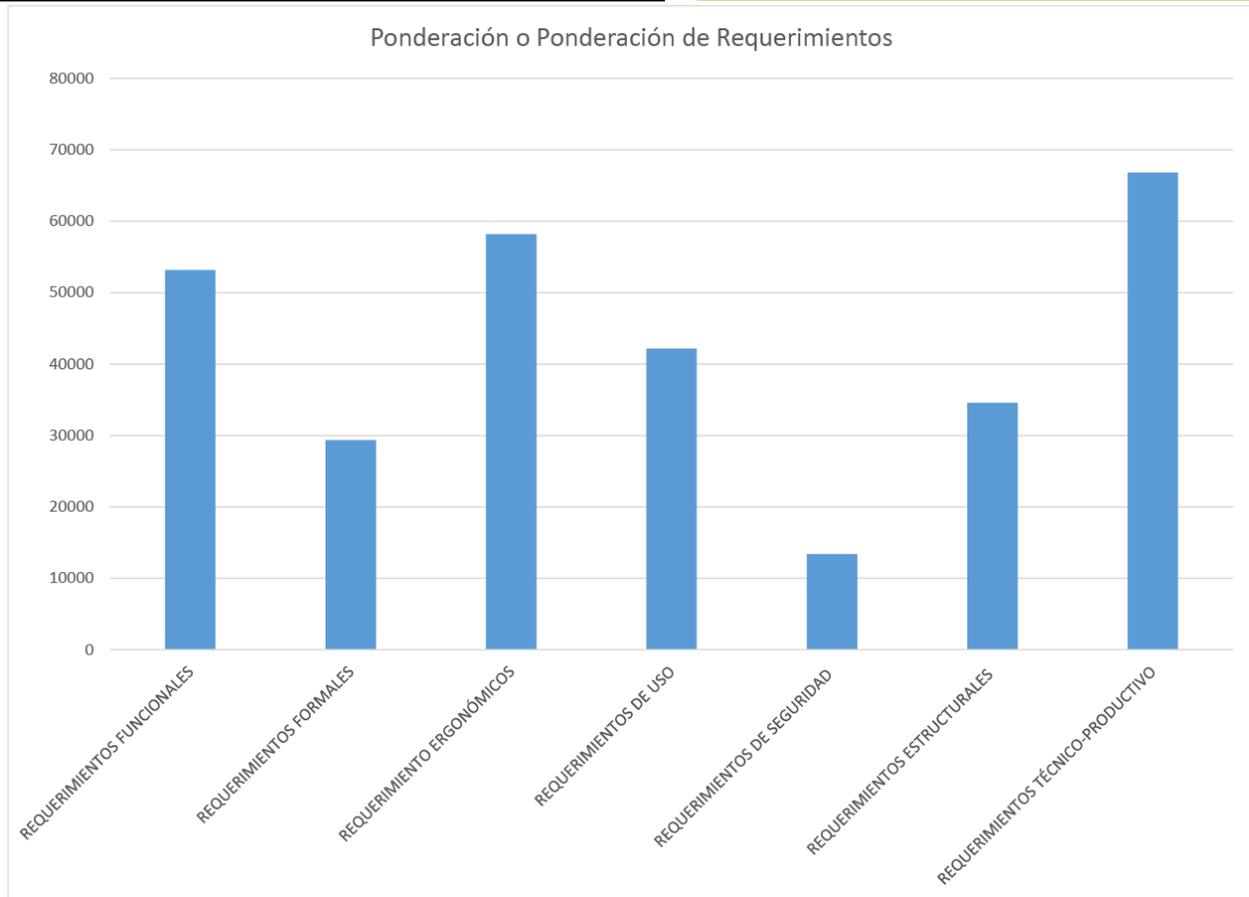


GRÁFICO 14. Rango o ponderación de Requerimientos. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la selección en base a los requerimientos, las propuestas 1 y 2 obtuvieron puntuaciones cercanas por lo que ambas comparten el mismo porcentaje de 34%, sin embargo, la propuesta número 2 obtuvo 6 puntos por encima de la propuesta 1.

Debido a que las propuestas tenían porcentajes muy cercanos entre sí, se decidió realizar una evaluación final implementando otra encuesta a los posibles usuarios finales, y así tener en cuenta su opinión para la selección. En dicha encuesta se consideraron criterios estéticos, de seguridad, usabilidad, y mercado. Desde la perspectiva estética, las propuestas 2 y 3 obtuvieron 40% cada una, mientras que la propuesta 1 sólo obtuvo el 20%.

Desde el punto de vista de seguridad, la propuesta número 3 obtuvo la mayor puntuación con un 70%, siendo las ligas tensoras el sistema de uniones que los usuarios perciben más seguro al momento de realizar alguna actividad deportiva.

En cuanto a usabilidad, el 53,3% de los usuarios infieren que la propuesta 3 es más cómoda de usar, mientras que la propuesta número 2 fue la que menos les pareció cómoda. El 96,7% opinan que la personalización en el calzado es una idea interesante. Desde el punto de vista de la usabilidad del día a día, la propuesta 3 obtuvo mayor puntuación con un 36,7%.

En cuanto a los colores, 36,7% de los usuarios consideran que la propuesta 3 tiene una paleta de colores más agradable. A manera de sugerencia, la mayoría de los usuarios recomendaron implementar más colores para la personalización, haciendo mención de colores vivos y llamativos.

Por último, en la pregunta ¿cuál propuesta estaría dispuesto a llevar al trabajo?, la propuesta 2 obtuvo mayor puntuación con el 62%.

Interpretación de los Resultados. En los gráficos de Selección en base a las necesidades (Gráfico 13) y de Selección en base a los requerimientos (Gráfico 14), se puede apreciar que la propuesta 2 fue la que obtuvo el mejor resultado con un 34%; sin embargo, en el estudio de mercado, la propuesta número 3 fue considerada la mejor desde la perspectiva de seguridad con un 70% a favor.

En consecuencia, es necesario tomar las características de seguridad, sobresalientes en el estudio de mercado, para mejorar la propuesta 2 que fue la propuesta seleccionada por cumplir con mayor porcentaje de requerimientos y necesidades.

Todas las alternativas poseen particularidades y resultados similares, por esa razón es factible realizar un diseño considerando los puntos a favor de cada una de las propuestas.

4.5. Evolución de la propuesta

En la figura 13 se expone el resumen de toda la fase metodológica y el proceso de evolución de la propuesta, según la estética del sistema de uniones de la suela y el empeine; las ligas tensoras y el sistema de amortiguación.



FIGURA 13. Evolución de la propuesta, Fuente: Elaboración propia.

4.6. Estudio ergonómico

Uno de los estudios más importantes para la elaboración de cualquier calzado es el estudio ergonómico para garantizar que el diseño es factible ergonómicamente, por ende, se establecieron las siguientes características en el diseño:

4.6.1. Correcta amortiguación e impacto

En el caso del diseño de la entresuela, que es la pieza que recibe las cargas de impacto, se estableció el sistema de estructura de celosía que se extiende por toda la parte interior de la suela, la estructura reticular para suelas ya está validada por diferentes industrias de calzado deportivo como ADIDAS. De modo que, este tipo de suela puede proporcionar estabilidad y la correcta amortiguación generando el alto rendimiento del deportista al correr o realizar cualquier tipo de actividad.

Sin embargo, para validar esta información se realizó un análisis de resistencia estructural a través del software SolidWorks para comprobar que el diseño de la celosía planteado en la entresuela es resistente a las cargas normalmente soportadas. Para ello, el modelo 3D de la propuesta se transformó de sólido a malla mediante el método de elementos finitos para realizar el estudio de tensiones

El análisis consistió en dos fases, cuando la persona está en estado de reposo (de pie) y cuando la persona está en estado dinámico (la marcha). Para hacer una simulación real de las cargas, se tomaron los datos de la tabla Cálculo del Índice de masa y pesos corporales según la talla (en Kg) de acuerdo con Bray y Gray (1988) la cual sigue en vigencia en la actualidad, donde establece una persona de 27 años con una estatura de 168 cm y un índice de masa corporal dentro de los rangos normales 20-25, posee un peso corporal alrededor de 62.1 kg.

4.6.1.1. Estado de reposo

Cuando una persona está de pie en estado de reposo, el peso del cuerpo se distribuye hacia ambos pies en este caso 62,1kg, por esta razón el peso se dividió entre 2, dando como resultado 31,05kg la carga de cada pie. Con respecto al pie, el arco plantar en un pie normal también distribuye entre el talón y los metatarsianos, de esta manera la carga del pie se dividió nuevamente entre dos

obteniendo que la carga tanto en el talón como en los metatarsianos es de 15,525 kg. Por lo que se tomaron estas dos cargas para la validación.

Como resultado del análisis estático, las dos cargas de 15,525 kg en el empeine y la suela generan una deformación de 1,2 mm, distribuyendo las cargas alrededor de toda la celosía (Figura 14).

282

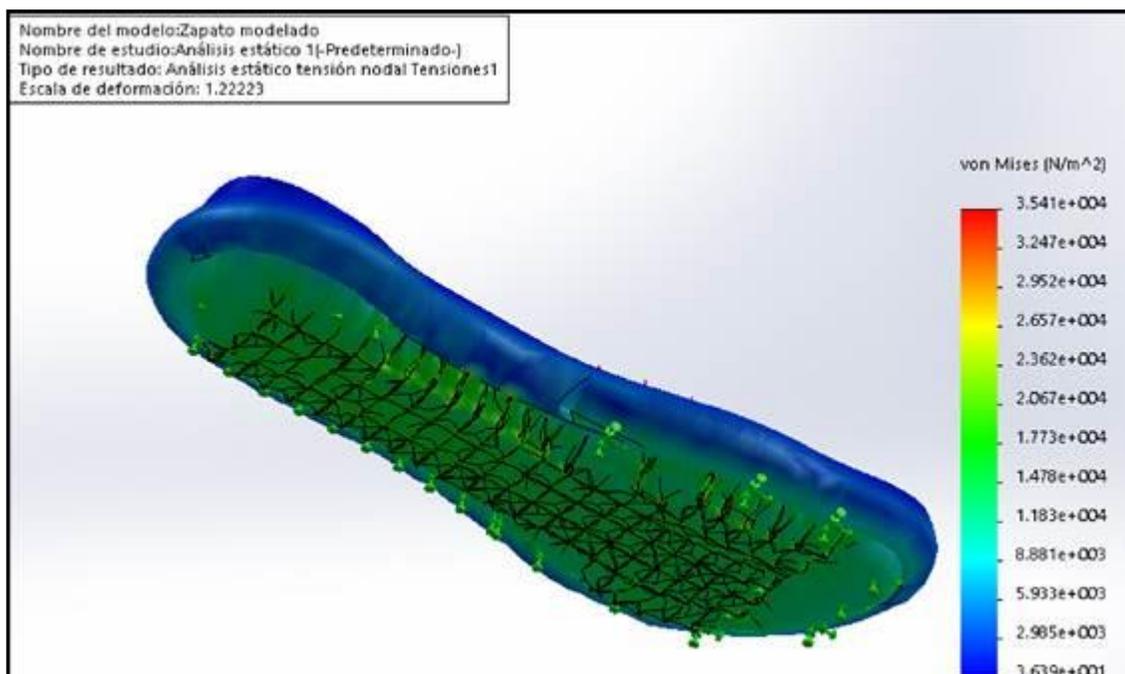


FIGURA 14. Deformación en estado de reposo. Fuente: Elaboración propia, a partir de la tabla de pesos de Bray y Gray (1988).

4.6.1.2. Estado de dinámico

Cuando la persona está en estado dinámico, la carrera o la marcha se produce con el retropié o el mediopié, depositando todo el peso de la persona en estas zonas, de este modo se dirigió el análisis en ambos casos con una carga de 62,1kg que es el peso corporal (Figuras 15, 16a, 16b).

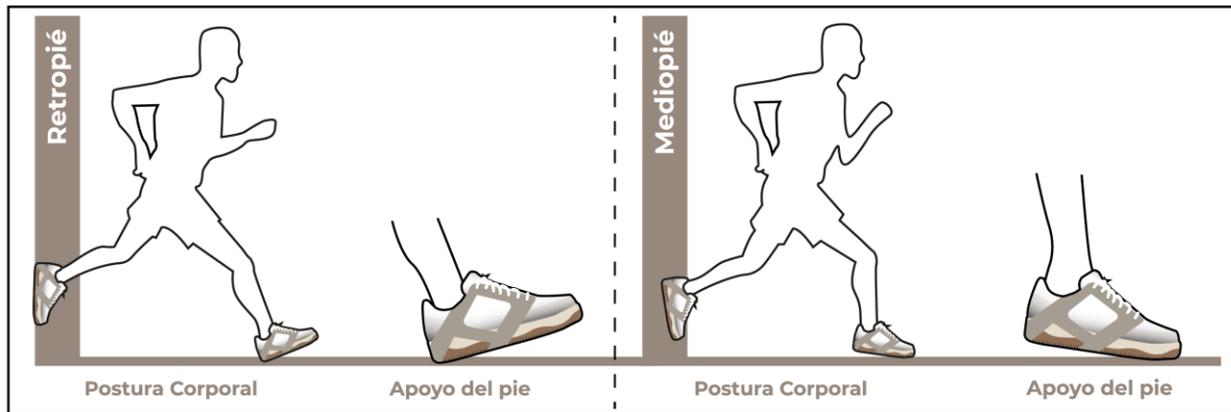


FIGURA 15. Postura corporal y apoyo del pie durante la carrera. Fuente: Elaboración propia.

En el caso de las cargas 62,1 kg en el área de retropié, la deformación fue de 1,527 mm (Figura 16a).

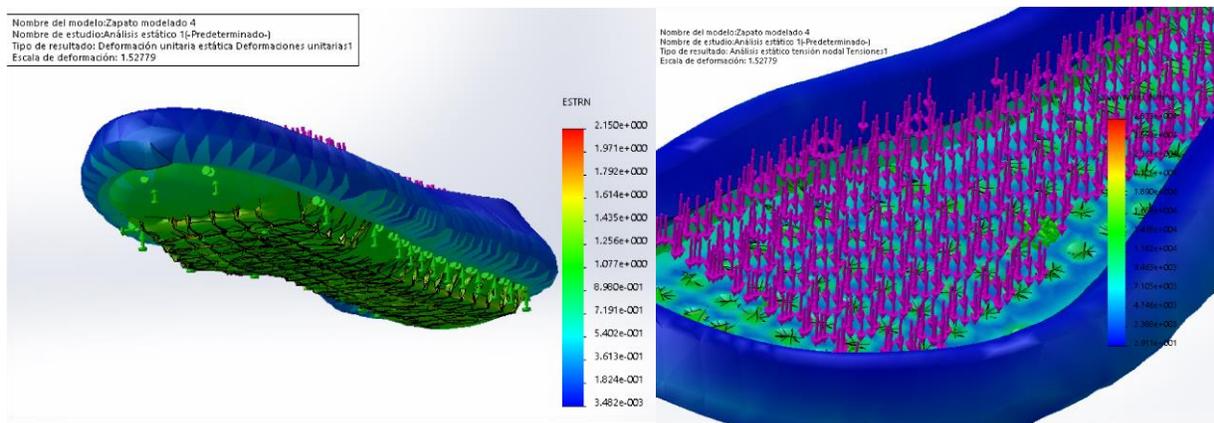


FIGURA 16a. Deformación en estado dinámico – retropié. Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, en el área de mediopié la deformación fue de 1,527 mm como se observa en la figura 16b.

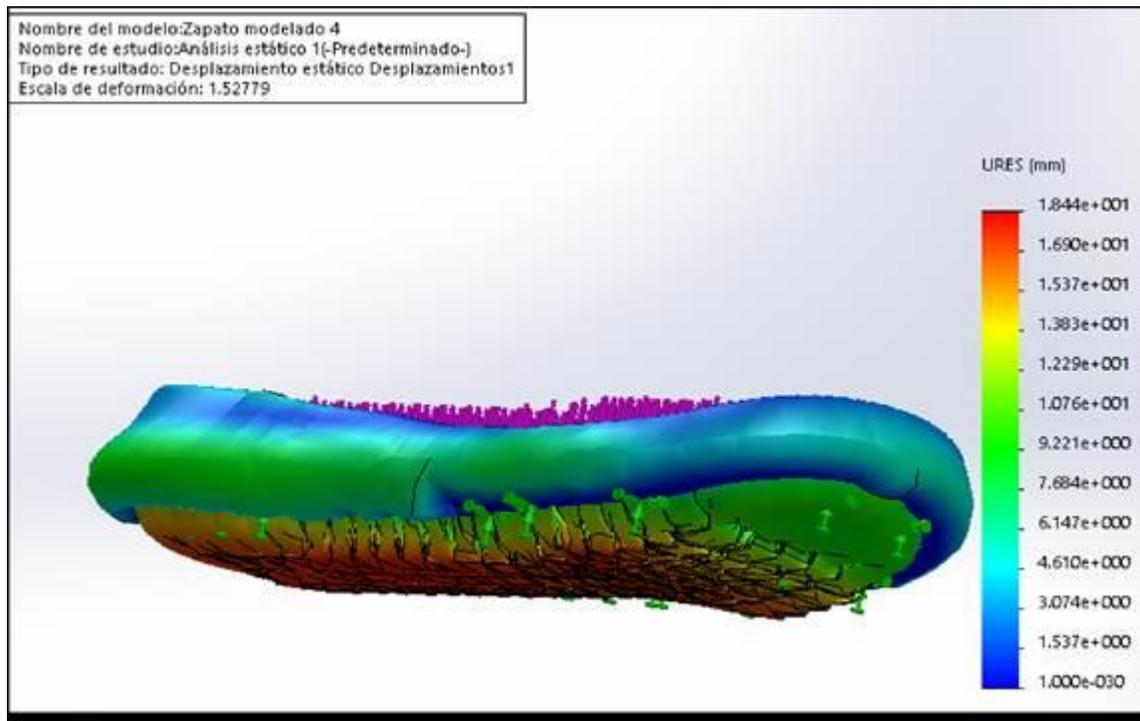


FIGURA 16b. Deformación en estado dinámico – mediopié. Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de los resultados: cómo se puede observar al generar cargas tanto en estado estático como estado dinámico, la deformación de la entresuela - suela no sobrepasa los 2 mm, lo cual entra dentro de los estándares normales de deformación y flexión, validando de esta manera el diseño planteado.

4.6.2. Sujeción y sensación de seguridad

Para ofrecer la sensación de seguridad, se incluyó el sistema de ligas tensoras, que abrazan la suela, el empeine y se sujetan a través de los cordones del zapato proporcionando así una sujeción ajustable acorde a cada tipo de pie (Figura 17).

285



FIGURA 17. Ligas tensoras. Fuente: Elaboración propia.

4.6.3. Adaptación biomecánica y anatómica

Se decidió que la forma de la punta de la entresuela fuese redondeada para evitar deformaciones en los metatarsianos y falanges del pie. Por otro lado, la plantilla a utilizar sigue la forma de la horma para ofrecer apoyo al arco plantar y protegerlo (Figuras 18 y 19).



286

FIGURA 18. Forma redondeada en la punta de la entresuela. Fuente: Elaboración propia.

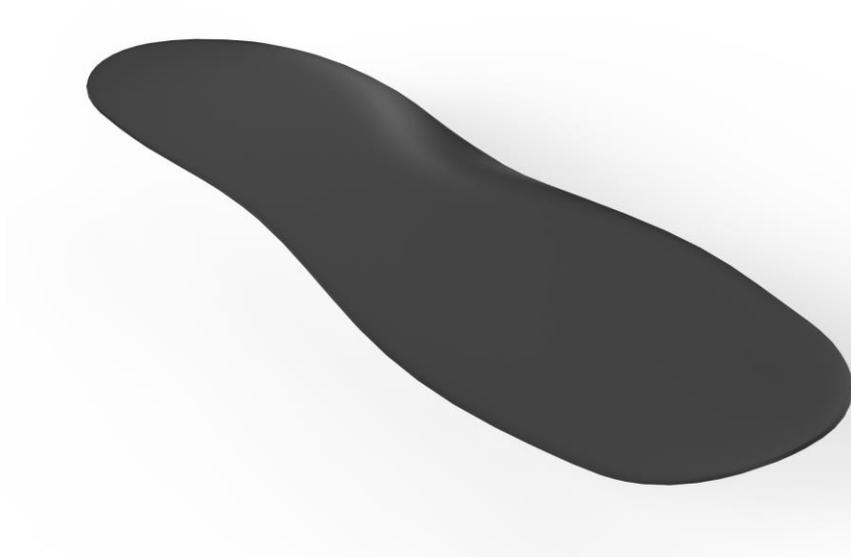


FIGURA 19. Arco plantar en la plantilla. Fuente: Elaboración propia.

4.6.4. Reflejo de las zonas de contacto

La suela y las ligas tensoras poseen colores distintos para señalar que esas piezas son las intercambiables (Figura 20).

287



FIGURA 20. Zonas de contacto, color marrón y color verde. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, al momento de intercambiar la pieza de la suela, el agarre sufrió una modificación debido a que, desde la perspectiva del usuario, siente repulsión al tocar la suela por la parte de abajo una vez que ésta está sucia. Por este motivo, los laterales de la suela se diseñaron más altos abarcando las dimensiones del dedo pulgar 23 mm y el dedo índice 21 mm de acuerdo a los datos de la media de la población de las tablas de dimensiones antropométricos de la mano según

Vergara (2000), de manera que el usuario puede extraer la suela sin necesidad de tener contacto con la parte de abajo (Figuras 21 y 22).



288

FIGURA 21. Zonas de contacto de 23 mm. Fuente: Elaboración propia.



FIGURA 22. Zonas de contacto de 23 mm. Fuente: Elaboración propia.

Holgura en la puntera y el talón

Tomando en consideración el tallaje estudiado y las características de holgura recomendadas, el diseño del puntero en la suela tiene una holgura de 1 cm y 0,5 cm en la parte del talón, para proporcionar el uso correcto del calzado y evitar alteraciones futuras en la estructura del pie (Figura 23).



FIGURA 23. Holgura de la suela. Fuente: Elaboración propia.

4.7. Estudio funcional

4.7.1. Alargar la vida útil

Para alargar la vida útil del calzado, se planteó que éste debía tener una estética similar a los calzados Life-Style, para que pueda ser utilizado tanto en la oficina como para hacer ejercicio.

Cabe destacar que, el calzado se venderá con dos piezas de reemplazo de la suela, para personalizar o para cambiar de piezas desgastadas, lo que facilita esta tarea, y además se prolonga la vida útil sin necesidad de comprar todo el calzado (Figura 24).

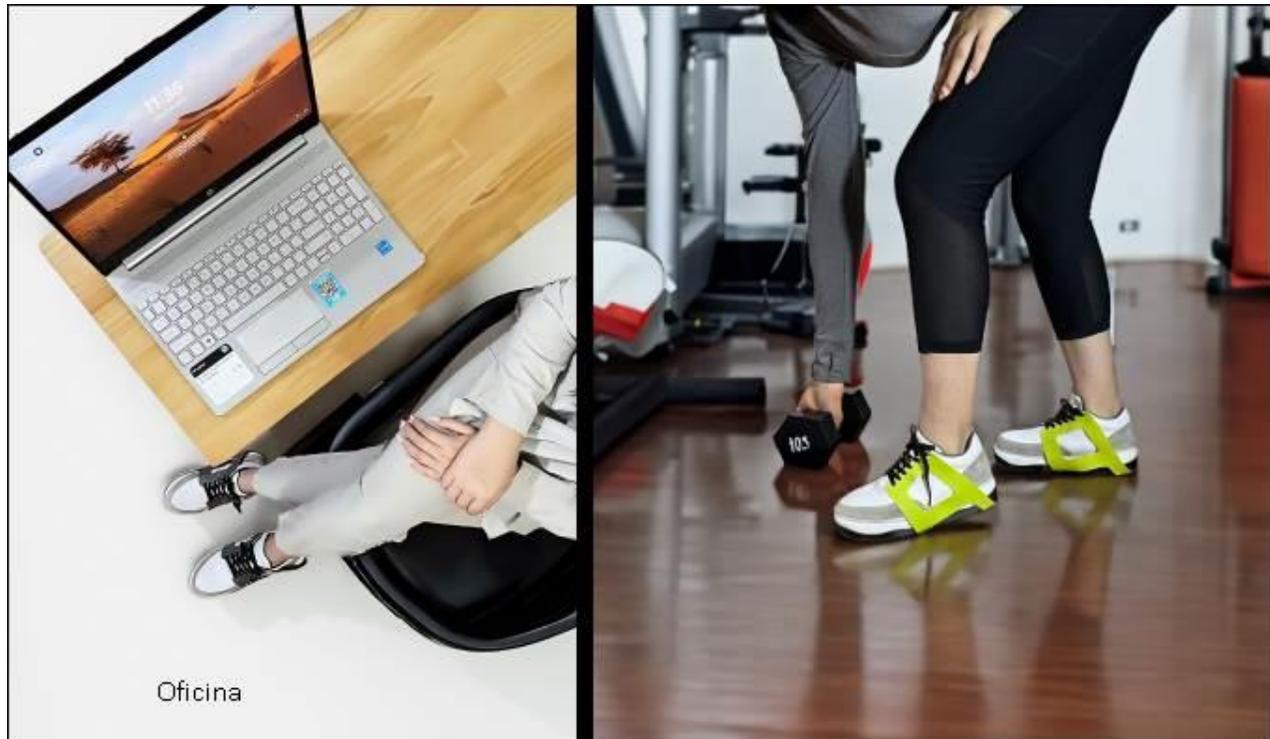


FIGURA 24. Calzado en diferentes situaciones. Fuente: Elaboración propia.

4.7.2. Proporciona amortiguación

El diseño de celosía de la entresuela proporciona la absorción del impacto, ya que las cargas se distribuyen entre sí, generando una mejor amortiguación al caminar y así evitar problemas de salud a posteriori (Figura 25).



FIGURA 25. Celosía de la entresuela para amortiguar impactos. Fuente: Elaboración propia.

4.7.3. Transpiración y absorción de humedad

A pesar de que el poliéster reciclado del forro no posee propiedades transpirables, el Piñatex si las tiene, permitiendo prevenir malos olores; además de ello, el empeine posee unos canales de ventilación de 2 mm de diámetro para proporcionar la correcta transpiración del pie. En relación con la absorción de humedad, gracias al material Piñatex que es un sustituto del cuero, se evita la absorción de agua (Figura 26). Sumado a ello, la sujeción por medio de cordones provoca una sensación de seguridad.



FIGURA 26. Canales de ventilación en el empeine. Fuente: Elaboración propia.

4.7.4. Brinda confort y comodidad

El diseño de la plantilla, (Figura 27) es de espuma vinílica acetinada (EVA) que es un polímero reciclado, la plantilla posee pequeñas cámaras de aire en su estructura, esto permite que se genere una especie de almohadilla para que repose allí el pie proporcionando la sensación de comodidad, además ofrece el apoyo en el arco plantar para distribuir las cargas de una mejor manera.



FIGURA 27. Plantilla con apoyo plantar. Fuente: Elaboración propia.

4.7.5. Evita el deslizamiento

El diseño de la suela posee una superficie rugosa, lograda con surcos con una altura de 2 mm y un ancho de 1 mm que sirven para hacer fricción en el suelo, dándole así la propiedad de antideslizante (Figura 28).

293



FIGURA 28. Surcos de la suela. Fuente: Elaboración propia.

4.8. Estudio formal

4.8.1. Concepto de diseño

El nombre de este producto se inspira en el girasol, evocando la metáfora de sus seis etapas de vida: siembra, germinación, crecimiento, floración, marchitamiento y renacimiento. En similitud con esta narrativa, el calzado se vincula con un sistema de piezas intercambiables, permitiendo a los usuarios prolongar su vida útil.

4.8.2. Concepto formal

Con respecto a la forma de los surcos de la suela, está inspirado en la espiral de Fibonacci que se crea en el círculo del girasol, para ello se realizó una composición tomando como partida dicha espiral (Figura 29).

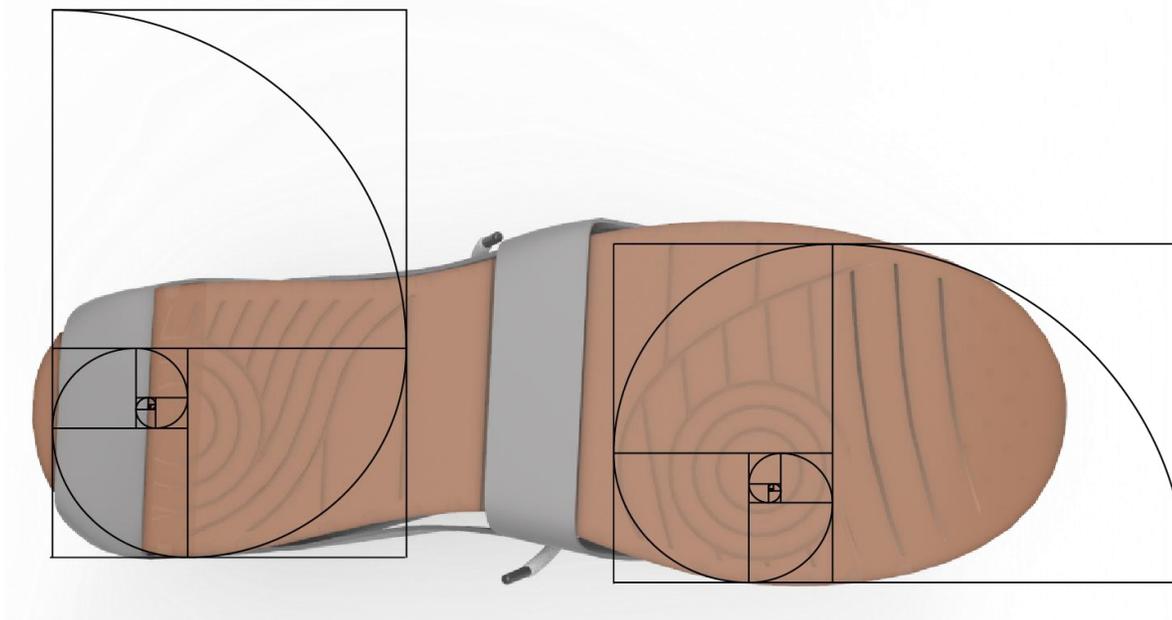


FIGURA 29. Diseño de la suela. Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño de las ligas tensoras, se tomó como inspiración las semillas del girasol, que vistas desde el frente poseen una forma hexagonal o romboide (Figura 30).

295



FIGURA 30. Concepto del girasol aplicado a las ligas tensoras. Fuente: Elaboración propia.

4.8.3. Principios básicos de diseño

Para el diseño del calzado se aplicaron diferentes leyes de Gestalt, para que la composición formal del producto sea estéticamente agradable a la vista.

4.8.3.1. Jerarquización

La forma de las ligas tensoras es la que tiene más jerarquía, por lo cual es mejor percibida, y se propone para diversas preferencias de colores (Figura 31).



FIGURA 31. Ley de Jerarquía. Fuente: Elaboración propia.

4.8.3.2. Simetría

Desde la vista superior, ambos lados del calzado, tanto izquierdo como derecho se perciben como simétricos, creando así un equilibrio visual (Figura 32).

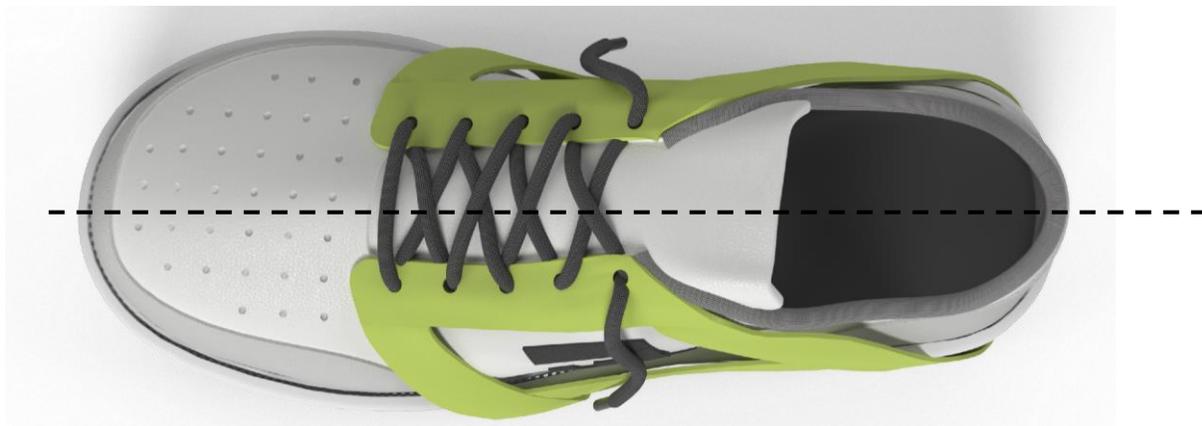
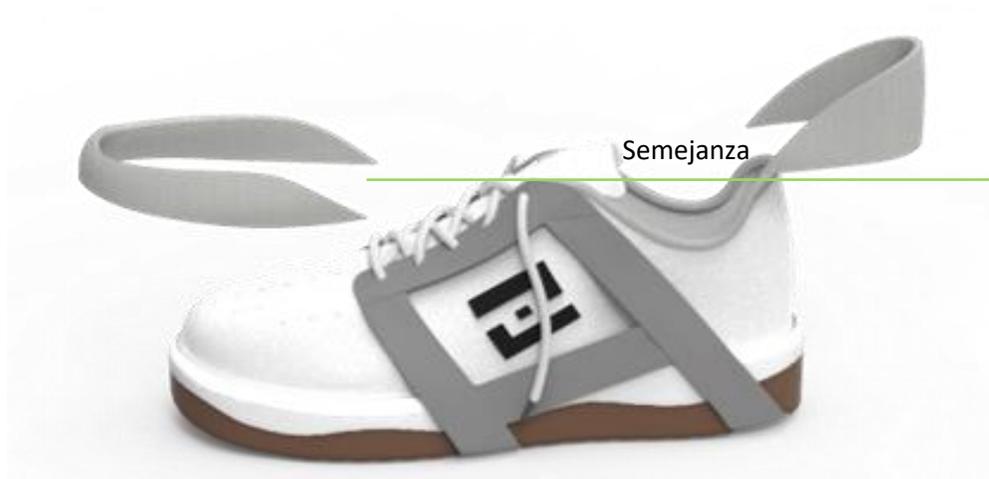


FIGURA 32. Ley de Simetría. Fuente: Elaboración propia.

4.8.3.3. Semejanza

Dado a que el puntero y el talón poseen los mismos colores y el mismo material, visualmente se agrupan a pesar de su distancia y se pueden percibir como unidad (Figuras 33 y 31).



297

FIGURA 33. Ley de Semejanza. Fuente: Elaboración propia.

4.8.3.4. Cierre

En el diseño de la suela, los surcos que son divididos por otras líneas, visualmente se obvian haciendo completar la figura a pesar de que está incompleta (Figura 34).

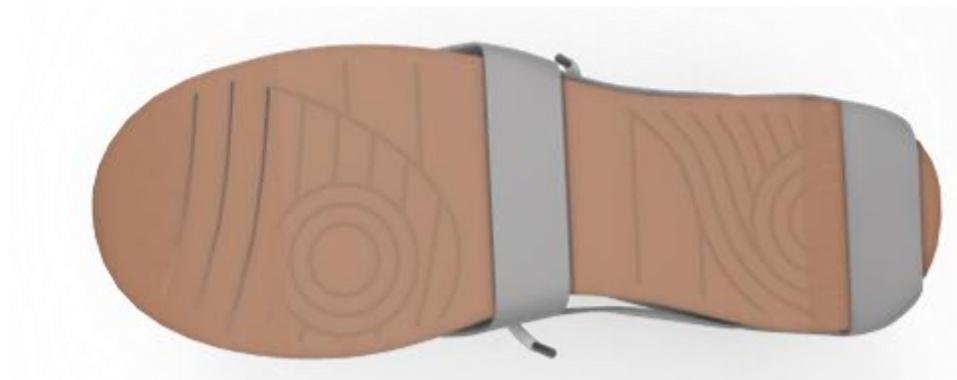


FIGURA 34. Ley de Cierre. Fuente: Elaboración propia.

4.8.3.5. Proximidad

Los canales de ventilación en el empeine, debido a lo próximos que están entre sí, se perciben como un conjunto (Figura 35).



298

FIGURA 35. Ley de proximidad. Fuente: Elaboración propia.

4.8.3.6. Contraste

Debido a la diferencia de color, todas aquellas piezas que poseen tonos más oscuros se diferencian y destacan, como en las piezas de la suela y las ligas tensoras (Figura 36).



FIGURA 36. Ley de Contraste. Fuente: Elaboración propia.

4.8.4. Colores seleccionados

Para contribuir con la longevidad del calzado se implementaron colores neutros, en escala grises y beiges para el diseño de calzado base y así facilitar la combinación con el atuendo. Sin embargo, para proporcionar la personalización, se implementaron colores vivos que pueden ser relacionados al deporte y la personalidad del usuario.

Colores neutros: los colores neutros pueden ser blancos, negros, grises o cualquier color en baja intensidad y saturación. Estos pueden representar calma, sobriedad y elegancia.

Colores vivos: son todos aquellos colores brillantes como el violeta, azul, verde, amarillo, naranja, rojo. Estos pueden representar diferentes sensaciones: Violeta: fantasía, creatividad. Azul: salud, armonía, libertad. Verde: frescura, crecimiento, vida. Amarillo: alegría, positivismo, diversión. Naranja: optimismo, amistad, extroversión. Rojo: acción, dinamismo, energía. Rosado: cariño, sensibilidad, delicadeza. Se tomó como guía la librería de colores PANTONE, para el color de forma universal (Figura 37).



FIGURA 37. Librería de colores Pantone. Fuente: Elaboración propia a partir de PANTONE.

4.8.5. Modularidad

Desde el inicio el concepto modular fue parte de la propuesta de diseño, por lo cual se desarrolló un número de 5 piezas, que pueden ser intercambiables bien sea para personalizar o para cambiar piezas desgastadas (Figura 38)

300



FIGURA 38. Modularidad de las piezas, que se pueden reponer cuando se deterioran. Fuente: Elaboración propia.

4.9. Estudio de usabilidad

4.9.1. Usabilidad para sexo femenino y masculino

La estética, el minimalismo, la sencillez y los colores del calzado permite que pueda ser utilizado por cualquier tipo de género sin ningún problema (Figura 39).

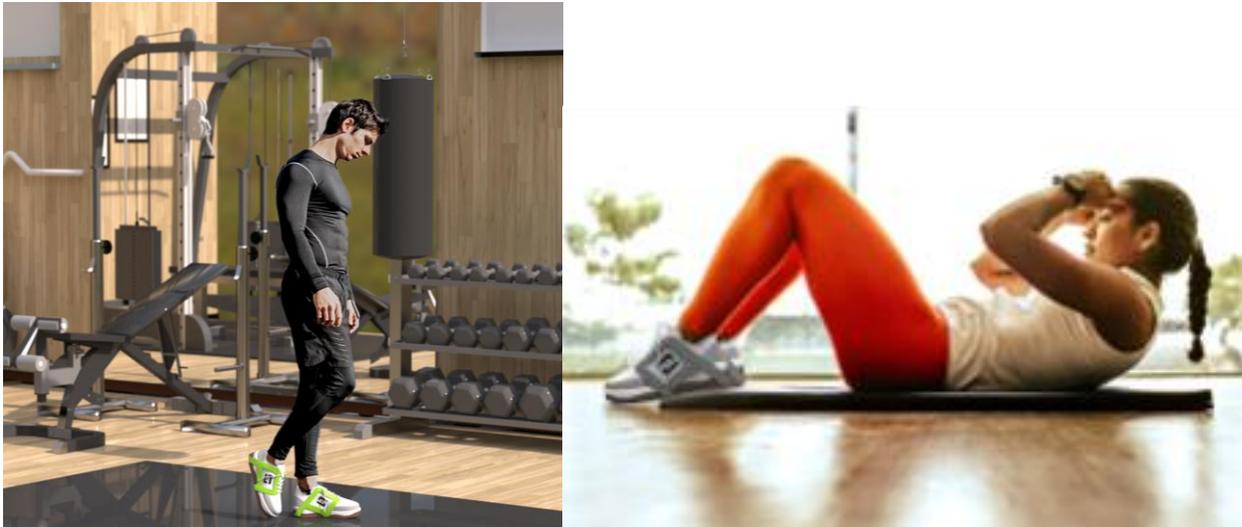


FIGURA 39. Usabilidad para ambos géneros. Fuente: Elaboración propia.

4.9.2. Facilita la personalización

Gracias al diseño modular el usuario puede comprar las piezas en los colores que prefiera y personalizar el calzado que más le produzca agrado.

4.9.3. Servicio de reemplazo de piezas

Una vez gastadas las piezas, bien sea la suela, el empeine o los cordones, pueden reemplazarse gracias a los sistemas de uniones mencionados anteriormente.

4.9.4. Validación de uso del calzado

Para la validación de uso del calzado, se realizaron pruebas de interacción producto - usuario a través de un modelo funcional. Por un error involuntario en el modelado tridimensional la pieza de impresión 3D no salió como se esperaba, ya que el cierre debería quedar oculto, se sugiere seguir haciendo validaciones para terminar de comprobar el sistema de cierre planteado (Figura 40).

Primero se le pidió al usuario colocarse el calzado como de costumbre:

- Usuario: Altura: 1,64 m
- Peso: 62 kg
- Edad: 20 años
- Talla de calzado: 37. **El usuario era una talla menos el que modelo funcional.*

302



Las dimensiones de la abertura del calzado y la lengüeta están acordes al sistema de medidas antropométricas.

El pie del usuario entró con facilidad en el zapato.

El usuario se ató los cordones como de costumbre sin problemas.

FIGURA 40. Validación antropométrica del calzado. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se le pidió al usuario caminar con el calzado puesto. Pese a que sólo se tenía un modelo funcional y la caminata no se pudo validar de la misma manera, se puede evidenciar que el calzado se flexiona con facilidad al momento del movimiento de mediopié (Figura 41).

Como sugerencia, deberían colocarse los puntos de encaje alrededor de esa flexión para no interferir con el movimiento.

303



FIGURA 41. Validación de marcha del calzado. Fuente: Elaboración propia.

Por último, se le pidió al usuario que desarmara y armara nuevamente el calzado. A continuación, la figura 42 expone la secuencia de uso tomada del video.



304

FIGURA 42. Secuencia de uso del calzado. Fuente: Elaboración propia.

4.9.5. Interpretación de los resultados

El usuario logró identificar cuáles eran las piezas intercambiables de una manera fácil, la única pieza que generó dudas fue la suela, pero sólo tardó unos segundos en descubrir que la pieza también salía a través de encajes.

4.10. Estudio estructural

En primer lugar, se describen a continuación las partes generales que componen el calzado (Tabla 7).

TABLA 7. Tabla de elementos y materiales que componen el calzado. Fuente: Elaboración propia.

Componente	Suela, entresuela y Ligas tensoras	Empeine y Lengüeta	Forros y Cordones	Plantilla	Cierre
Material	Reciflex: TPU - Poliuretano termoplástico reciclado.	Piñatex.	PET-Polietileno tereftalato mecánicamente reciclado.	EVA Etilvinilacetato expandido reciclado.	Aluminio secundario.

4.10.1. Uniones

Se buscó reducir el uso de pegamentos contaminantes y también facilitar el cambio de piezas, por lo que se eligieron diferentes tipos de sistemas de uniones que mejor se comportan estructuralmente, los cuales se definen en los siguientes puntos.

4.10.1.1. Encaje a presión

Este sistema se seleccionó para la unión entre suela y entresuela. Posee 6 pestañas que encajan tipo macho - hembra, 2 por el lateral derecho, 2 por el lateral izquierdo, 1 por delante y 1 por detrás (Figura 43).

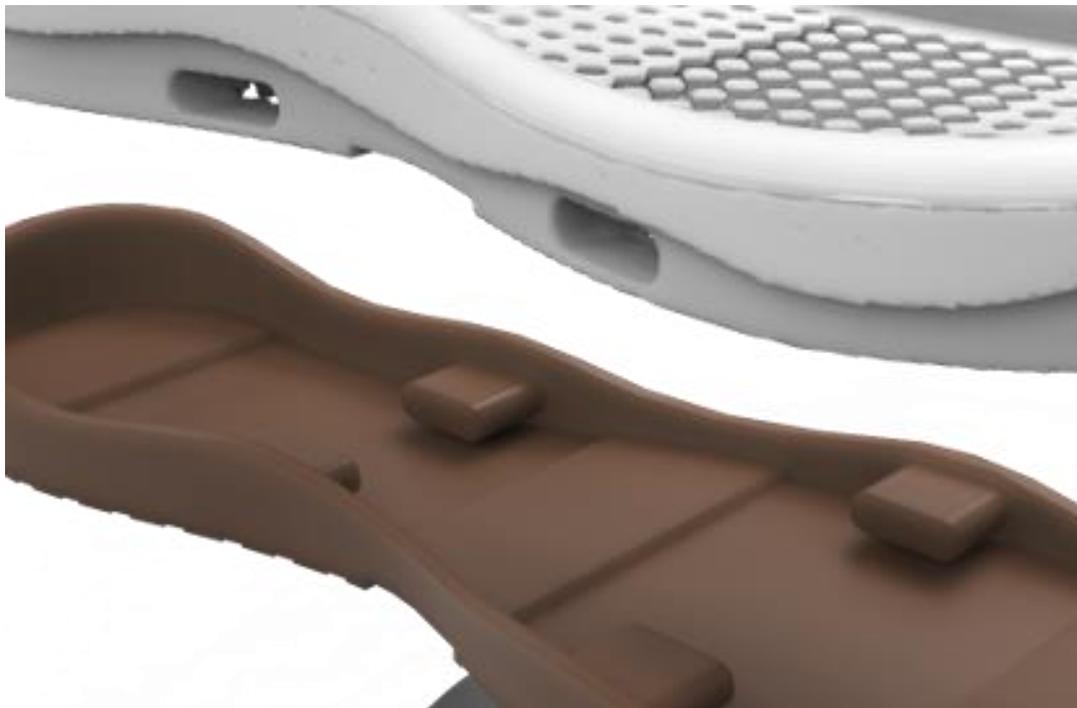


FIGURA 43. Sistema de encaje a presión mediante unión macho-hembra. Fuente: Elaboración propia.

4.10.1.2. Cierre o cremallera

Este sistema se seleccionó para la unión de la entresuela con el empeine. Para poder unir el cierre a las piezas, el sistema debe coserse tanto al empeine como a la entresuela para proporcionar una fijación duradera (Figura 44).

306



FIGURA 44. Sistema de unión – cremallera. Fuente: Elaboración propia.

4.10.1.3. Ligas tensoras

Este sistema se seleccionó para brindar una perspectiva de seguridad en el calzado, las tiras abrazan el zapato y se ajusta la sujeción de las mismas gracias a los cordones (Figuras 42 y 45).



FIGURA 45. Sistema de unión - ligas tensoras. Fuente: Elaboración propia.

4.11. Estudio Ambiental

Para dar respuesta a las consideraciones ambientales se hizo énfasis en seleccionar materiales de bajo impacto ambiental, que sean biodegradables o reciclables, para así reducir la huella de carbono en alguna de las fases del ciclo de vida, bien sea en la producción de materias primas o en la etapa de eliminación. planteando materiales que puedan volver a ser reciclados o que su descomposición sea biodegradable (Tabla 9)

Con respecto a la fase de uso, se resaltó el concepto de la multifuncionalidad y modularidad, diseñando un calzado que pueda ser utilizado tanto de manera deportiva como de manera casual, con piezas modulares e intercambiables permitiendo la personalización, y facilitando el mantenimiento, la reparación y la reciclabilidad; y con ello aumentando se vida útil.

Para el estudio ambiental, se aplicó la metodología del ACV según Capuz *et al.* (2002) donde primero se definieron los objetivos previamente hechos en esta investigación, en este apartado se realizó el alcance de estudio, el análisis de inventario y la evaluación del impacto ambiental. El Ebook de ecodiseño facilitado por INESCOP (2020), sirvió de guía para este apartado.

4.11.1. Alcance de Estudio

Para el alcance de estudio de ACV se consideraron y se describieron las funciones y los límites del sistema del calzado:

Unidad funcional: para llevar a cabo el análisis del calzado, se tomó como unidad funcional un par de zapatos de talla 38, con su respectivo empaque. Límites del sistema: se tomaron en cuenta las siguientes fases para el análisis del ciclo de vida (Figura 46):

- Materias primas
- Transporte
- Producción
- Distribución
- Uso
- Fin de Vida



FIGURA 46. Límites de sistema. Fuente: Elaboración propia.

4.11.2. Análisis de Inventario

Para la recopilación de información, se tomaron de soporte los datos sobre materias primas de IDEMAT, la cual posee información técnica sobre materiales y procesos industriales.

El inventario se abordó en base a las diferentes etapas del ciclo de vida del calzado incluyendo las entradas (energía, materias primas, entre otras) y salidas en los procesos de producción y transporte como emisiones atmosféricas, emisiones al agua, entre otras) (Tablas 8 a 13).

309

TABLA 8. Información general del calzado. Fuente: Elaboración propia.

INFORMACIÓN GENERAL	
Tipo de Calzado	Sneakers
Talla	38 EU
Peso total de un zapato	0,340 Kg

TABLA 9. Materias Primas. Fuente: Elaboración propia.



MATERIAS PRIMAS		
Componente	Composición	Peso
Suela	Reciflex: TPU - Poliuretano termoplástico reciclado.	0,056 Kg
Entresuela	Reciflex: TPU - Poliuretano termoplástico reciclado.	0,160 Kg
Ligas tensoras	Reciflex: TPU - Poliuretano termoplástico reciclado.	0,04 Kg
Empeine	Piñatex.	0,056 Kg
Lengüeta	Piñatex.	0,010 Kg
Forros	PET-Polietileno tereftalato mecánicamente reciclado.	0,02 Kg
Plantilla	EVA Etilvinilacetato expandido reciclado.	0,013 Kg
Cordones	PET-Polietileno tereftalato mecánicamente reciclado.	0,05 Kg
Cierre	Aluminio secundario.	0,05 Kg

TABLA 10. Transporte de materias primas. Fuente: Elaboración propia.



TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS			
Materia prima	Origen	Distancia (Km)	Tipo de transporte
Reciflex: TPU - Poliuretano termoplástico reciclado.	España	7.262 km	Barco
Piñatex.	España	7.262 km	Barco
PET-Polietileno tereftalato mecánicamente reciclado.	Lara- Venezuela	404,4 km	Camión
EVA Etilvinilacetato expandido reciclado.	Lara- Venezuela	404,4 km	Camión
Aluminio secundario.	Estados Unidos	2.482 Km	Barco

TABLA 11. Producción, figura a partir de (INESCOP, 2023).

PRODUCCIÓN		
	Consideraciones	Datos
Residuos	El 20% se recicla en las propias instalaciones y el 80% se lleva a otras empresas para su revalorización	Los residuos generados son pueden ser reutilizados para generar nuevamente materias primas.
Consumo de agua	0,0112 m ³ por par de zapatos.	Valor obtenido de la división de los m ³ de agua consumidos.
Consumo de luz	0,55 kWh por par de zapatos.	Valor obtenido de la división de los kWh de energía consumida.

*Para la tabla de Producción los datos fueron tomados de INESCOP, 2020.

311

TABLA 12. Distribución del producto. Fuente: Elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN DEL PRODUCTO			
Destino	% Distribución	Distancia (Km)	Tipo de transporte
Mérida - Venezuela	80%	Menos de 100 km	Camión
Caracas - Venezuela	20%	666,3 km	Camión

TABLA 13. Consideraciones de producción. Fuente: Elaboración propia.

PRODUCCIÓN	
Consideraciones	Datos
Se estima que el 60% de las piezas del producto va destinado a tratamientos de residuos.	La distancia a las empresas que tratan los residuos se encuentran a 404,4 km.
Se estima que el 40% de las piezas del producto destinado a vertederos, sin embargo, estos son biodegradables.	La distancia media al vertedero municipal es de 33,7 km.

A través del método de Matriz MET se esquematizó de manera global las entradas y salidas de cada etapa, para determinar que material o proceso tiene mayor toxicidad e impacto ambiental. A continuación, se presenta el esquema del ciclo de vida del calzado deportivo diseñado (Tabla 14).

TABLA 14. Matriz MET. Fuente: Elaboración propia.

MATRIZ MET			
ETAPAS	ENTRADAS		SALIDAS
	MATERIALES	ENERGÍA	TÓXICOS
1. OBTENCIÓN DE MATERIAS PRIMAS Y COMPONENTES	<ul style="list-style-type: none"> Reciflex: TPU Poliuretano termoplástico reciclado. Piñatex PET - Polietileno tereftalato mecánicamente reciclado. EVA Etilvinilacetato expandido reciclado. 	<ul style="list-style-type: none"> Consumo de energía para la extracción y transporte de cada materia prima. 	<ul style="list-style-type: none"> Residuos mineros Aguas residuales Emisiones a la atmósfera
2. PRODUCCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> 0,512 Kg de Poliuretano termoplástico TPU de espesor= 1,75 mm. 0,132 Kg de Piñatex de espesor = 1 mm. 0,05 Kg de Polietileno tereftalato PET de espesor= 1 mm. 0,026 Kg de Etilvinilacetato expandido. 0,05 Kg de Aluminio secundario. 	<ul style="list-style-type: none"> 0,55 kWh consumo de energía por par de zapatos. 0,016 m³ consumo de agua por par de zapatos. 	<ul style="list-style-type: none"> Residuos de aluminio Residuos plásticos de impresión 3D. Residuos textiles. TPU 1,66 KgCO₂e PET 0,42 KgCO₂e EVA 0,10 KgCO₂e Aluminio S 0,14 KgCO₂e
3. DISTRIBUCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Cartón de embalaje y propileno expandido reciclado). Papel para etiquetas. 	<ul style="list-style-type: none"> Consumo de energía para transporte. 	<ul style="list-style-type: none"> Residuos de aluminio Residuos plásticos de impresión 3D. Residuos textiles.
4. USO	<ul style="list-style-type: none"> Piezas de cambio por personalización y reparación. Agua para mantenimiento. 		<ul style="list-style-type: none"> Aguas residuales.
5. FIN DE VIDA	<ul style="list-style-type: none"> Materiales destinados a tratamientos de residuos. Biodegradación. 	<ul style="list-style-type: none"> Consumo de energía para transporte. Consumo de energía para el tratamiento de residuos. 	<ul style="list-style-type: none"> Residuos de partes eléctricas. Emisiones a la atmósfera.

* Los valores KgCO₂ fueron calculados gracias a la base de datos de materias primas de IDEMAT.

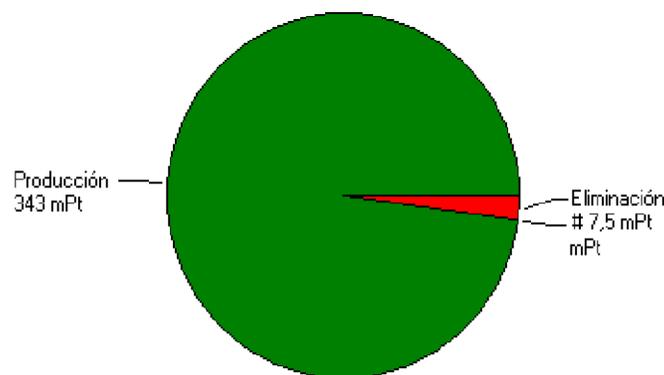
4.11.3. Evaluación del Impacto ambiental

En esta fase se evaluó la importancia de los potenciales impactos ambientales producidos en todo el ciclo de vida del calzado, a partir de los resultados del análisis de inventario, cuyos datos fueron introducidos en el software Eco-it, el cual permite la descripción del producto, analizar los materiales, los procesos y el transporte.

Este software utiliza el eco-indicador 99, el cual es el indicador ambiental que agrega valores normalizados de los distintos impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida (Capuz *et al.*, 2002). Debido a que el software es una versión demo, se sustituyeron algunos materiales textiles por otros materiales similares dado que no aparecen en esta versión. También es importante saber que los eco-indicadores se miden en “punto Eco-indicador”, 1 Pt = centésima parte de la carga ambiental anual producida. *700 m Pt = 0,7 Pt.

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación del impacto del producto mediante el software Eco-it.

En el análisis del ciclo de vida, se observa que la fase de producción es la que más genera cargas ambientales, con 343 m Pt, mientras que la fase eliminación, en su fin de vida, produce sólo 7,5 m Pt. (Gráfico 15).

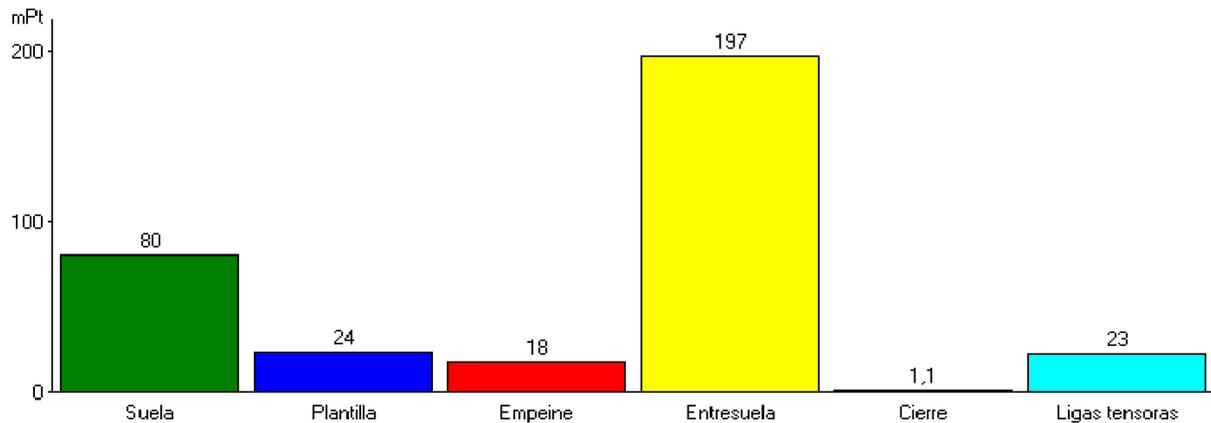


Ciclo de vida: Ecodiseño del Calzado deportivo 350 mPt, Método: ReCiPe. #: Uno o más valores de indicador para eliminación son desconocidos

GRÁFICO 15. Resultados del ciclo de vida Ecodiseño del Calzado deportivo. Fuente: Elaboración propia.

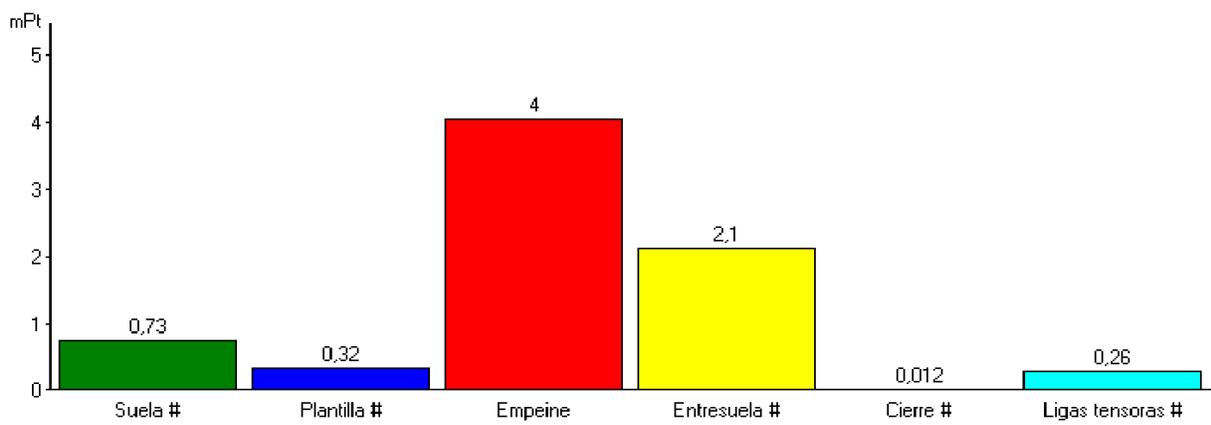
En el análisis de producción por pieza, la pieza que más genera cargas ambientales es la entresuela con 197 m Pt., seguidamente la suela con 80 m Pt, las ligas

tensoras con 23 m Pt, la plantilla con 24 m Pt, el cierre con 1,1 m Pt, mientras que el empeine es el que menos genera cargas ambientales en su producción con 0,019 Pt. (Gráficos 16 y 17). La fase de uso no genera una gran carga ambiental debido a que sólo se tomó en cuenta la generación de aguas residuales por mantenimiento, el cual no estaba disponible en la versión *Demo del Software*.



Producción: Producto 343 mPt, Método: ReCiPe

GRÁFICO 16. Resultados producción del Ecodiseño del Calzado deportivo. Fuente: Elaboración propia.



Eliminación: Producto 7,5 mPt, Método: ReCiPe. #: Uno o más valores de indicador para eliminación son desconocidos.

GRÁFICO 17. Resultados eliminación/fin de vida de las piezas del calzado deportivo. Fuente: Elaboración propia.

Por último, en la fase de fin de vida o eliminación por piezas (Gráfico 17), el empeine es la pieza que genera más cargas ambientales con 4 m Pt., debido a que está elaborada con materiales biodegradables y se estima que va a ir destinado a vertederos una vez que ya se haya vencido su vida útil. La entresuela es la segunda con más cargas ambientales con 2,1 m Pt, la suela con 0,73 m Pt, la plantilla con 0,32 m Pt y las ligas tensoras 0,26 m Pt, sin embargo, estas piezas pueden volver a ser mecanizadas para el reciclaje, así como el cierre que obtuvo una puntuación de 0,012 m Pt.

4.11.4. Interpretación de los resultados

Como se puede observar, el resultado total de la propuesta en punto Eco-indicador es de 350 mPt, mientras que la carga de un modelo convencional de calzado deportivo es de 4.270 mPt de acuerdo con INESCOP 2020. Lo que quiere decir que *la propuesta del ecodiseño de calzado deportivo presenta leve impacto ambiental*, ya que mientras más milipuntos por encima de cero, más cargas ambientales.

4.11.5. Consideraciones de Mercado

Versatilidad sin límites, la estrategia de comercialización y venta del producto se basa en el uso de una plataforma en línea que permite la visualización de un modelo 3D del calzado. A través de esta plataforma, los usuarios tienen la posibilidad de personalizar a su gusto cada uno de los componentes, estableciendo así una conexión emocional con el producto. El enfoque se centra en ofrecer a los usuarios no sólo un producto, sino una experiencia única y una historia que les permita identificarse con el calzado. Los kits de calzado incluyen dos piezas de repuesto, un par de ligas tensoras y un par adicional de suelas (Figura 47).

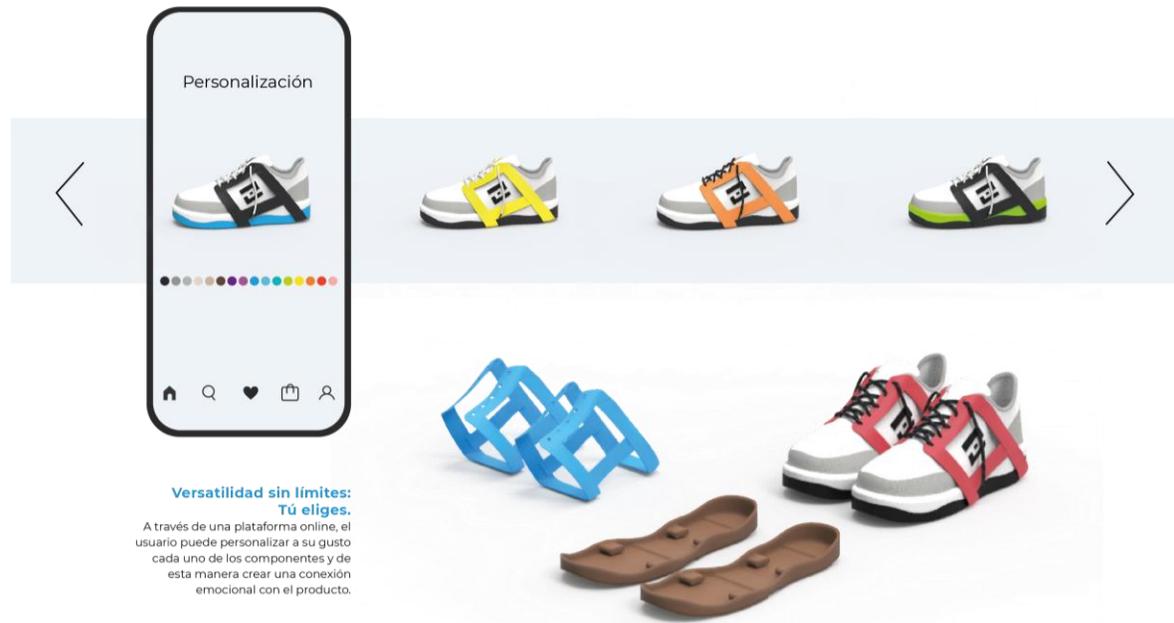


FIGURA 47. Estrategia de venta. Fuente: Elaboración propia.

4.11.6. Presentación visual del calzado

Las figuras 48, 49, 50, 51 y 52, exponen resumidamente la concreción del presente proyecto de Diseño Industrial con su afiche promocional de marketing y las principales características versátiles, ecológicas, ergonómicas, uniones y definición de impactos ambientales del calzado Sunflower, calzado Lifestyle donde se han implementado los más importantes criterios técnicos del Ecodiseño interrelacionados con los principios de la sostenibilidad.



SUNFLOWER
CALZADO LIFESTYLE

Versatilidad sin límites: Tú eliges.

Ecodiseño de un sistema para el calzado deportivo que optimice su ciclo de vida.

UNIVERSIDAD/ESCUELA:
Universidad de los Andes/ Escuela de Diseño Industrial.
PAIS:
Venezuela
Autor:
Luisanna Carrero Cicchetti
Proyecto:
Sunflower (2023)



FIGURA 48. Afiche promocional. Fuente: Elaboración propia.



FIGURA 49. Características del calzado Sunflower. Fuente: Elaboración propia.

SISTEMA DE UNIONES

Sistema de cierre por **cordones** se enhebra a través de las ligas tensores y el empeine para proporcionar una mayor sujeción al pie.



UNIVERSIDAD/ESCUELA:
Universidad de los Andes/
Escuela de Diseño Industrial.
PAIS:
Venezuela
Autor:
Luisanna Carrero Cochetti
Proyecto:
Sunflower (2023)



FIGURA 51. Sistema de uniones del calzado Sunflower. Fuente: Elaboración propia.



FIGURA 52. Elementos clave en relación al impacto ambiental del calzado Sunflower.
Fuente: Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Ecodiseño del sistema de calzado unisex Sunflower, permite a los usuarios adaptarlo tanto en situaciones deportivas como para su día a día convirtiéndolo en un calzado multifuncional. Gracias a su sistema de uniones ofrece la posibilidad de personalización para las ligas tensoras, la suela, la entresuela y los cordones, que aporta como beneficio el reemplazo de piezas una vez desgastadas disminuyendo la generación de residuos y alargando su ciclo de vida.

Por otra parte, el diseño de la celosía en la entre suela proporciona una correcta amortiguación y resistencia al impacto, así como sus consideraciones ergonómicas que pueden prevenir deformaciones futuras del pie. Sumado a ello, la personalización permite crear una conexión emocional con el usuario y promueve la empatía con el medio ambiente.

El desarrollo de este proyecto, se ejecutó en base a un enfoque de Ecodiseño, el cual contribuyó a guiar el proceso de recopilación e interpretación de información, conocer las necesidades de los usuarios y fabricantes; y por medio de los antecedentes de investigación establecer los atributos más innovadores del producto.

La implementación de la metodología permitió abordar de forma innovadora las necesidades de los usuarios para la generación de las alternativas propuestas y la selección del producto final.

En el desarrollo de este calzado se logró demostrar, por medio del Análisis de Ciclo de Vida, que es un producto de bajo impacto ambiental, representando menos cargas ambientales en comparación con calzado normal comercial, dado que proporciona alternativas de uso y mantenimiento que aumentan su vida útil; promueve el cambio en el comportamiento de los consumidores hacia uno más ecológico; contribuye a la disminución de residuos implementando materiales de origen reciclado y biodegradables; y además ofrece un modelo de negocios basado en el reciclaje.

6. AGRADECIMIENTO

Al Dr. Wilver Contreras Miranda y Dra. María Auxiliadora Vega, profesores de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, tutores de alto reconocimiento académico y fraternos guías académicos que me permitieron alcanzar el éxito de los objetivos trazados en el presente trabajo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAPUZ, S., T. GÓMEZ, J. VIVANCOS, R. VIÑOLES, P. FERRER y R. LÓPEZ.** 2002. *Ecodiseño. Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia España.
- CONTRERAS MIRANDA, W., M.E. OWEN de C., V. CLOQUELL BALLESTER y A. SEGUNDO CONTRERAS.** 2012. *La rueda de la sostenibilidad Coclowen, una referencia sistémica e integradora para alcanzar productos industriales respetuosos con el medio ambiente*. XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Valencia, España.
- COTTON INCORPORATED.** 2022. Algodón reciclado. En línea: <https://www.cottonworks.com/es/temas/sustentabilidad/sustentabilidad-algodon/algodon-reciclado/>. [Consultado: 22/01/2023].
- ELECTRÓNICA EDIMAR.** (s.f.). Fabricación aditiva: Definición, procesos y beneficios. En línea: <https://edimar.com/fabricacion-aditiva-que-es/> [Consultado: 25/02/2023].
- HIJOSA, C.** (s/f). Ananas Anam: the pioneers of innovative natural textiles from waste pineapple leaves. <https://www.ananas-anam.com/about-us/>.
- INESCOP.** 2020. Ecodiseño para el sector del calzado. Redacción y edición: Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas INESCOP 56p. En línea: <http://www.inescop.es>. [Consultado: 19/03/2023].
- KRISTIANSEN, J.** (s.f). Lanzamiento Textiles. Jonny Kristiansen: Monocel. En línea: <https://www.launch.org/innovators/jonny-kristiansen/> [Consultado: 05/03/2023].
- LACRUZ, R.** 2002. *El Método ASCABED*. Escuela de Diseño Industrial, Universidad de Los Andes. Sesión 2, lámina 7. Venezuela, Mérida.
- LIFE GREEN SHOES 4 ALL.** 2020. Guía de ecodiseño para la industria del calzado. LIFE17 ENV/PT/000337 27p. En línea: www.greenshoes4all.eu. [Consultado: 21/04/2023].
- MCCANN, M.** (s.f.). Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Cuero, pieles y calzado. En línea: <https://www.insst.es/documents/94886/161971/Cap%C3%ADtulo+88.+Cuero,+pieles+y+calzado>. [Consultado: 17/02/2023].
- NORMA UNE 150301.** 2003. Gestión ambiental del proceso de diseño y desarrollo de productos. AENOR. En línea: <https://www.une.org/norma150301>. [Consultado: 23/02/2023].
- PACHECO-BLANCO, B., D. COLLADO-RUIZ y S. CAPUZ-RIZO.** 2015. Identificación de etapas y materiales de mayor impacto en el ciclo de vida del calzado. DYNA, 82(189), 134-141. En línea: <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n189.42575>. [Consultado: 10/03/2023].

- REY, P.** 2021. Cãñamo: conoce todas las bondades de este maravilloso textil natural. En línea: <https://www.vogue.mx/sustentabilidad/articulo/canamo-propiedades-y-beneficios-sustentables-de-esta-fibra-vegetal> [Consultado: 17/02/2023].
- RODRÍGUEZ, G.** 1995. *Manual de diseño industrial*. Ediciones G. Gilli. Naucalpan, México. 163 p.
- RODRÍGUEZ, J. y P. GARCÍA.** 2018. Las matemáticas del arte. Más allá del número de oro. Colección de Miradas Matemáticas. Comité editorial. En línea: https://www.icmat.es/divulgacion/Material_Divulgacion/miradas_matematicas/04.pdf. [Consultado: 13/3/2023].
- SENSIL.** 2023. Now made in USA: Sensil® Ecocare recycled premium nylon 6.6. En línea: <https://www.nilit.com/now-made-in-usa-sensil-ecocare-recycled-premium-nylon-6-6/>. [Consultado: 22/01/2023].
- STRACUZZY, P. y M. PESTANA.** 2017. *Metodología de Investigación Cuantitativa*. 4ta Edición. Editorial: FEDUPEL. Caracas, Venezuela.
- TAMAYO, M.** 2003. *El proceso de la investigación científica*. Editorial Limusa. S.A. de C.V. Cuarta edición. Grupo Noriega, Editores Balderas 95. México D.F., México.
- TECOM** (s.f). Máquina electro-neumática de moldear puntas de kiowa. En línea: <https://tecommaquinaria.com/moldeado-corte/259-moldear-puntas.html>. [Consultado: 12/04/2023].
- TEEFACTORY** (s.f.). Pet reciclado. En línea: <https://teefactory.es/sostenibilidad/poliester-reciclado>. [Consultado: 21/01/2023].
- TENCEL™.** 2021. Acerca de las fibras TENCEL™. New York, USA.
- TERRANO** (s.f.). Líneas de producción. En línea: <https://calzadoterrano.com/lineas-de-produccion/> [Consultado: 29/03/2023].
- URLICH, K. Y S. EPPINGER.** 2012. *Diseño y Desarrollo de Productos*. Editorial McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. Quinta Edición, México D.F. México.
- VEGA BARÓN, M. A.** 2016. *La propiedad industrial como herramienta para le diseño de productos*. Universitat de Catalunya. Barcelona, España. 504 p.

ARTÍCULO 005

**ANÁLISIS ESTRATÉGICO DE
MÉTODOS CONSTRUCTIVOS POST-
INDUSTRIALES Y ECOINNOVADORES
PARA LA VIVIENDA SOCIAL EN
HISPANOAMÉRICA**

**VICENTE AGUSTÍN CLOQUELL BALLESTER
MARY ELENA OWEN DE CONTRERAS
CRISTINA SANTAMARINA SIURANA
AXEL ATILIO CONTRERAS OWEN**

ANÁLISIS ESTRATÉGICO DE MÉTODOS CONSTRUCTIVOS POST- INDUSTRIALES Y ECOINNOVADORES PARA LA VIVIENDA SOCIAL EN HISPANOAMÉRICA

*Strategic analysis of post-industrial and eco-innovative construction
methods for social housing in Hispano-American*

325

VICENTE AGUSTÍN CLOQUELL BALLESTER¹, MARY ELENA OWEN DE CONTRERAS²,
CRISTINA SANTAMARINA SIURANA³, AXEL ATILIO CONTRERAS OWEN⁴

1. Universitat Politècnica de València. Valencia, Comunidad Valenciana, España. E-mail: cloquell@upv.es. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2930-7236>.
2. Universidad de Los Andes, Facultad de Arquitectura y Diseño. Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño. Mérida, Venezuela. E-mail: maryelenaowen@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1944-2904>
3. Universitat Politècnica de València. Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería Civil. Valencia, Comunidad Valenciana, España. E-mail: csantama@agf.upv.es. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5816-3115>.
4. Arquitecto. Ejercicio libre de la profesión. Investigador *Ad Hoc* del Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida, Venezuela. E-mail: axel.owen.arch@gmail.com

Recibido: 28/06/2023 Aceptado: 26/09/2023

RESUMEN

Actualmente en la construcción de desarrollos habitacionales sociales en Hispanoamérica, prevalecen los sistemas constructivos convencionales, utilizando en gran proporción el concreto armado, el acero y la carpintería metálica. En muchas ciudades ha aumentado el crecimiento anárquico de barrios, en los cuales existen áreas de potencial inseguridad para sus habitantes, además de sufrir grandes carencias de servicios públicos. Los objetivos principales del presente trabajo fueron: efectuar una investigación bibliográfica y de campo, permitiendo conocer su estado actual; realizar un análisis estratégico de los sistemas constructivos más utilizados tradicionalmente para la vivienda social en Hispanoamérica; y de los nuevos sistemas ecoinnovadores, el tradicional post industriales y el ecoinnovador. En los resultados se aportan propuestas de acciones estratégicas subsiguientes para corregir debilidades, afrontar amenazas, mantener las fortalezas y explotar/potenciar las oportunidades en ambos métodos constructivos, que: apoyarán en la toma de decisiones al proyectar, construir nuevos desarrollos urbanos, viviendas sociales adecuadas/saludables, a costos asequibles y en tiempos cortos de entrega. Entre las principales conclusiones destacan: 1. Se determinaron los factores y aspectos que inciden en la poca utilización de nuevas tecnologías constructivas con nuevos materiales y

sistemas tecnológicos de bajo impacto ambiental, en la construcción de edificaciones y urbanismos residenciales; 2. La dotación suficiente de viviendas sociales contextualizadas en urbanismos sostenibles, de calidad, confort y seguridad, es una deuda aún pendiente de las naciones hispanoamericanas, para cumplir con los Objetivos del Desarrollo Sostenible, en procura de superar las grandes desigualdades socioeconómicas derivadas de la pobreza, el hambre, la insuficiente educación y desarrollo.

Palabras clave: Vivienda adecuada, urbanismo sostenible, pobreza, desarrollo.

326

SUMMARY

Currently, in the construction of social housing developments in Hispanic America, conventional construction systems prevail, using reinforced concrete, steel and metal carpentry to a large extent. In many cities, the anarchic growth of neighborhoods has increased, in which there are areas of potential insecurity for their inhabitants, in addition to suffering major deficiencies in public services. The main objectives of this work were: Carry out bibliographic and field research, allowing us to know its current state; carry out a strategic analysis of the most commonly used construction systems for social housing in Hispanic America; and of the new eco-innovative systems: traditional post-industrial and eco-innovative. The results provide proposals for strategic actions to correct weaknesses, face threats, maintain strengths and exploit opportunities in both construction methods: which will support decision making when planning, building new urban developments, adequate/healthy social housing, to huge costs and short delivery times. Among the main conclusions, the following stand out: 1. The factors and aspects that affect the low use of new construction technologies with new materials and technological systems of low environmental impact, in the construction of buildings and residential urban planning, were determined; 2. The sufficient provision of social housing contextualized in sustainable urban planning, quality, comfort and safety is a still pending debt of the Hispanic American nations, to comply with the Sustainable Development Goals, in an attempt to overcome the great socioeconomic inequalities derived from poverty, hunger, in addition to insufficient education and development.

Key words: Adequate housing, sustainable urbanism, poverty, development.

1. INTRODUCCIÓN

El propósito de la presente contribución es dar luz sobre los pros y las contras del uso de los métodos de construcción tradicionales post industriales y los nuevos métodos ecoinnovadores, con el fin de facilitar las decisiones estratégicas en el diseño y desarrollo de urbanismos y viviendas sociales sostenibles.

La necesidad de vivienda es una de las principales consecuencias del problema del rápido crecimiento demográfico, que ocurre un territorio determinado; bien sea el desplazamiento de la población, o por su crecimiento vegetativo (producto interrelación entre las tasas de natalidad y mortalidad). Por tanto, se deben tener en cuenta los diversos factores que determinan y afectan la construcción de viviendas siendo los más importantes la participación de recursos materiales, financieros y humanos, de forma coordinada y en un tiempo determinado. En el sector de la industria de la construcción las características de los recursos empleados y la capacidad para coordinarlos adecuadamente, condicionan los plazos de entrega y la calidad alcanzada tanto en las viviendas, como en los urbanismos.

Así pues, atender a las necesidades de vivienda es un problema que se agrava cuando se dispone de poco tiempo para equilibrar la oferta con la demanda. Este es el caso habitual, cuando las necesidades reales superan las expectativas previstas en la fase de planificación. Obviamente, la necesidad de vivienda es inmediata mientras que su construcción requiere de tiempo. En estas circunstancias, los precios de mercado se tensionan al alza, aumentando el número de los excluidos del acceso a una vivienda digna.

Por este motivo, la construcción de viviendas sociales es fundamental por dos razones: para proporcionar vivienda a quien la necesita y no tiene recursos económicos suficientes para acceder a la oferta; y para limitar la tendencia al alza de los precios de un mercado deficitario.

Pero la construcción de viviendas sociales se enfrenta también al problema del tiempo de entrega, y ello aboca a una parte (incluso grande) de los solicitantes de vivienda a enfrentarse a realidades no deseadas como la infravivienda o el chabolismo, que afecta a la dignidad humana. En ese sentido, indica Franciscus Pope (2015): *“La falta de viviendas es grave en muchas partes del mundo, tanto en las zonas rurales como en las grandes ciudades, porque los presupuestos estatales sólo suelen cubrir una pequeña parte de la demanda. No sólo los pobres, sino una gran parte de la sociedad sufre serias dificultades para acceder a una vivienda propia. La posesión de una vivienda tiene mucho que ver con la dignidad de las personas y con el desarrollo de las familias. Es una cuestión central de la ecología humana”*.

Por ello, es importante señalar que, el triángulo *presupuesto-calidad-tiempo de entrega* está fuertemente ligado y alcanzar su equilibrio en un determinado proyecto, es tarea ardua y compleja; de hecho, ése es el objetivo de la participación rigurosa y sistemática del Project Management. En los proyectos de construcción de vivienda social se presenta, con mayor intensidad, si cabe, la limitación del presupuesto y la presión por reducir el tiempo de ejecución. Si como consecuencia de ello se degrada la calidad de la vivienda construida, podría tener efectos muy negativos sobre la dignidad del futuro habitante e incluso sobre su seguridad.

Así pues, toda decisión en el ámbito del Project Management es crucial para alcanzar el éxito de las políticas, los planes, los programas y los proyectos de viviendas sociales. Las decisiones que deben tomarse son muchas, de diversa naturaleza (territoriales, urbanísticas, arquitectónicas, constructivas, organizativas, etc.); y a distinto nivel (estratégico, proyectual u operativo).

Es por ello que, el objetivo de esta investigación se ha dirigido al *Análisis Estratégico de las soluciones constructivas de la vivienda social, en el ámbito territorial y sociocultural hispanoamericano*. Lo que permitió conocer las debilidades, las amenazas, las fortalezas y las oportunidades que presentan dos tipologías de construcción factibles, aunque sustancialmente diferentes, es

interesante e importante para obtener el máximo rendimiento de cada proyecto. El ámbito territorial elegido, permite observar el problema desde la perspectiva de unas bases comunes de necesidad de vivienda social que se manifiestan en realidades mega diversas.

Como resultado de la investigación de campo y de la revisión bibliográfica, se pudo obtener una visión general de las condiciones actuales de las viviendas sociales. Así como también se verificó que, en Hispanoamérica, *existe gran necesidad de viviendas en un alto porcentaje de la población*. Es indiscutible que en los países hispanoamericanos la mayoría vive en las principales capitales; Teniéndose registros de que cerca del 80% de la población vive en ciudades y la previsión es que se supere el 85% en el año 2050 (United Nations, 2017). Según los datos de World Bank (2021), el porcentaje de población que vive en barrios marginales descendió desde el 35.55% en 1990 hasta el 20.43% en 2016 y el 20.76% en 2018.

Por otra parte, la tasa de crecimiento anual de la población se situó en el 0.9% en 2020, con países como Bolivia, Perú, Guatemala, Ecuador, Panamá y Honduras que se sitúan en el entorno del 1.5%. Aun así, se observa una tendencia a la estabilización de la población en un plazo estimado de dos décadas.

Al analizar los antecedentes, la respuesta a la necesidad de vivienda en la región es difícilmente comparable por la falta de datos homogéneos entre países. En cualquier caso, la respuesta es tan diversa como insuficiente (Balchin y Stewart, 2001). Unos dos millones de familias -de los tres que se forman cada año en ciudades hispanoamericanas- se ven obligadas a instalarse en viviendas informales/irregulares, como en las zonas marginales y periféricas (Gilbert, 2001), lo que se correlaciona también con el empleo informal (Posada y Moreno Monroy, 2017). Los materiales constructivos post industriales más utilizados en el contexto de Hispanoamérica; además de reflejar parte del proceso de anarquía y deterioro del perfil urbano, vulnerabilidad y desigualdad socioeconómica, es caso generalizado en Perú, Colombia, México, Venezuela, Brasil y Ecuador, entre otros. En las figuras 1, 2 y 3 se muestra el uso de materiales constructivos post

industriales (hormigón y acero para estructuras, ladrillo y bloques de cemento en cerramientos, galvanizados en techos), más implementados en el desarrollo de viviendas unifamiliares y multifamiliares formales e informales en el contexto urbano y rural.



FIGURA 1. Conjuntos habitacionales para clase media y barrios marginales en Perú, Colombia, México y Venezuela, predominando los sistemas constructivos convencionales en cemento. Fotos: Wilver Contreras Miranda.



331

FIGURA 2. Viviendas en las periferias de Quito, al noroccidente, en sectores de riesgo. Fuente: Echeverría Mishell (2022). Conjuntos habitacionales y barrios marginales en São Bernardo do Campo, Brasil. Fuente: Citada por Salingaros *et al.* (2019).



FIGURA 3. Tipologías de viviendas multifamiliares de mediano estándar y viviendas sociales modernas localizadas en la ciudad de Mérida, Venezuela; elaboradas en sistemas constructivos de concreto/hormigón armado. Fotos: Mary Elena Owen de C.

El Plan de Acción Regional para la implementación de la Nueva Agenda Urbana en América Latina y el Caribe 2016-2036 (CEPAL, 2018), dentro de sus Principios rectores y resultados contempla, entre otros, los resultados estratégicos en el marco de los ODS, son: “La garantía del derecho a una vivienda adecuada, el mejoramiento de los asentamientos informales y precarios y su integración en la ciudad”.

Por otra parte, los requerimientos de una vivienda adecuada, según ONU (2010), son los siguientes: la seguridad de la tenencia; disponibilidad de servicios, materiales, instalaciones e infraestructura; asequibilidad; habitabilidad; accesibilidad; ubicación; y adecuación cultural.

Soluciones técnicas para la construcción de viviendas sociales

A lo largo de la historia, en Hispanoamérica se han utilizado diversas soluciones constructivas para todo tipo de edificaciones. En la época precolombina, el uso de materiales cercanos es crucial y representativo. Por ello, destacan construcciones como el bahareque, caracterizado por el uso estructural de madera o caña, con relleno de barro y paja. También se utilizó la mampostería de piedra trabada y la mampostería de adobe, aunque en menor medida y para construcciones singulares.

Desde el Descubrimiento de América y por la influencia española, se introducen materiales y sistemas de construcción que todavía son utilizados hoy, los muros portantes de tapia de tierra pisada (en menor rango), la piedra y ladrillo horneado, los entramados de madera en forjados y cubiertas, así como el uso de la teja de arcilla.

A partir de la Revolución Industrial y a través del s. XX, se extiende el uso (hoy consolidado como referente) de nuevos materiales y técnicas de construcción, siendo los más importantes: el acero, el hormigón armado, el vidrio y la

fabricación normalizada de componentes (perfiles resistentes, ladrillos, viguetas, bovedillas, otros). Se aprecian las diferencias en la calidad de diseño arquitectónico, acabados superficiales y mantenimiento entre las edificaciones de alto, mediano y bajo estándar económico (Figura 4).



333

FIGURA 4. Diversidad de tipologías arquitectónicas de las viviendas de alto nivel socioeconómico en Panamá, Costa Rica y Venezuela, donde se integran lo tradicional y lo moderno. Alto uso de materiales constructivos post industriales (hormigón, mampostería de bloques de cemento y arcilla, tejas de arcilla y ventanas-rejas de aluminio y acero. Fotos: Wilver Contreras Miranda

Como alternativa, a partir de finales del s. XX, se produce un auge de la investigación y el desarrollo de materiales y técnicas basados en el uso de productos forestales con técnicas de prefabricación (Figura 5), a fin de superar las limitaciones que presentan las construcciones tradicionales (Figura 6). El objetivo de estas soluciones alternativas es aumentar la sostenibilidad de la edificación (Gámez García, y otros, 2019) (Salzer, Wallbaum, Ostermeyer y Kono, 2017) (Salzer, Wallbaum, López y Kouyoumji, 2016); disminuir costes (Salzer y Camarasa, 2015); disminuir el tiempo de entrega de la edificación y mantener las características de solidez (Salzer, Wallbaum, Alipon y López, 2018); y habitabilidad.



FIGURA 5. Prototipo de vivienda social construido en madera de pino Caribe de la Orinoquia realizado en Uputa, Venezuela. Se empleó un sistema constructivo mixto de paneles entramados auto-portantes, como soporte de las cerchas/armaduras y viga laminada central sobre losa de hormigón. Foto: Wilver Contreras Miranda



FIGURA 6. Vivienda tradicional localizada en área rural de Ayampe, Ecuador; construida en bambú y techumbre de palma con algunos cerramientos de mampostería de bloques y friso de cemento-cal, sobre losa corrida de hormigón. Fotos: Axel A. Contreras Owen.

Uso de residuos forestales en la construcción. La factibilidad del uso de residuos forestales en el desarrollo de soluciones constructivas, está demostrado en la práctica, tanto en sistemas estructurales, como en cerramientos (Contreras Miranda, Owen de C. y Contreras, 2001) (Contreras Miranda, Owen de C. y Pereira Colls, 2002), contribuyendo a la sostenibilidad y a la economía circular; especialmente en aquellos países con recursos forestales y necesidad de vivienda, como es el caso de la mayor parte del ámbito hispanoamericano.

Los tableros aglomerados vástago de plátano producidos a partir de residuos de las plantaciones de plátano y, las vigas laminadas a partir de caña brava o bambú son alternativas constructivas ecoinnovadoras, que aplican el concepto de prefabricación, propuestas como respuesta a la necesidad de viviendas sociales en Venezuela y que pueden contribuir a la rápida dotación de las mismas, al

construirse en forma semi-industrial (Contreras Miranda, Owen, Contreras, Thomson y Contreras, 2004) (Figura 7).

Así como también, Owen de C. y Contreras Miranda (2020) proponen, en el marco del manejo forestal sostenible, el uso de las ramas que quedan como residuos en el bosque luego del aprovechamiento forestal de los árboles en la Reserva Forestal Imataca en el estado Bolívar, para la fabricación de productos de consumo masivo como puertas, ventanas, parquet, machimbrados elaborados en pequeñas o medianas empresas locales.

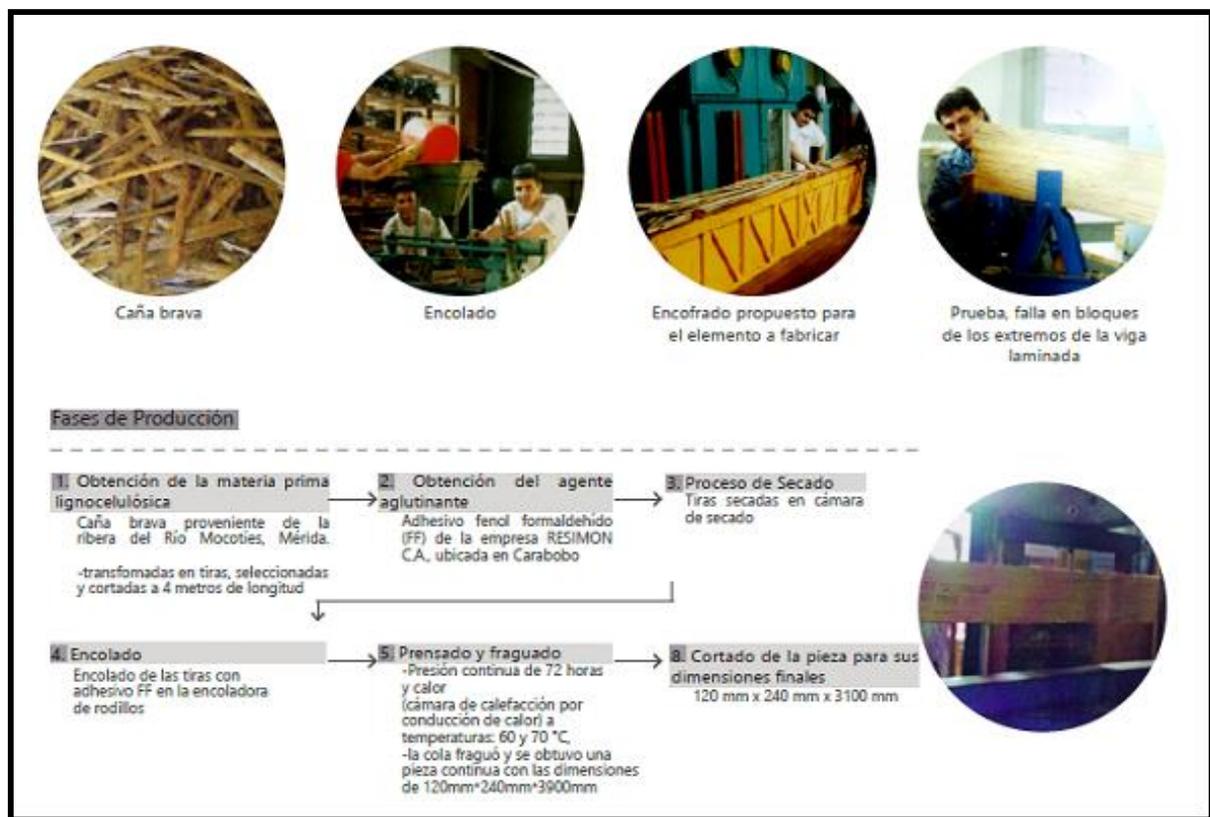


FIGURA 7. Proceso ecoinnovador de las vigas laminadas con calidad estructural Cañallam© (tiras de caña brava secas, preservadas y procesadas por labrado mecanizado + adhesivo fenol formaldehído + presión + calor); desarrolladas en el periodo 1994-95 por Wilver Contreras Miranda y Mary Elena Owen de C., en el Laboratorio Nacional de Productos Forestales de Mérida, Venezuela. Fotos: Wilver Contreras Miranda.

Podría esperarse que, la introducción de los métodos de construcción ecoinnovadores fuera paulatina, e incluso se asimilara de forma sincrética junto con los métodos convencionales (Cilento Sardi, 1996). Sin embargo, actualmente la producción de viviendas sociales todavía se basa, casi exclusivamente, en métodos de construcción convencionales.

Con el fin de iluminar y entender esta realidad, en el presente trabajo se ha llevado a cabo un Análisis Estratégico de los métodos de construcción tradicionales post industriales y los ecoinnovadores, en relación con la vivienda social en Hispanoamérica.

2. OBJETIVOS

Para conseguir este propósito general, los objetivos concretos de la presente investigación, son los siguientes:

- i) Identificar los factores que han influido en la construcción de viviendas sociales en el ámbito Hispanoamericano
- ii) Analizar las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de dos métodos de construcción: el tradicional post industrial y el ecoinnovador
- iii) Proponer las acciones estratégicas subsiguientes para corregir las debilidades, afrontar las amenazas, mantener las fortalezas y potenciar las oportunidades para cada método de construcción analizado
- iv) Explorar y valorar la existencia de combinaciones óptimas de elementos de ambos métodos de construcción, desde un punto de vista estratégico

Estos objetivos se circunscriben a los métodos de construcción de viviendas sociales en el ámbito territorial hispanoamericano. Asimismo, los objetivos se alcanzarán de manera cualitativa y mediante juicios expertos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr los objetivos expuestos anteriormente, se utilizó una consulta sistemática a un panel de expertos internacionales mediante la aplicación del método DELPHI, que es bien conocido y extensamente utilizado en la literatura científica.

Aun así, se ha realizado alguna adaptación en relación con el método comúnmente utilizado, por ejemplo, en Parra Santiago, Camarero Orive y Fañanás Díaz (2020): tras la selección de los expertos y su aceptación, se les envió un cuestionario con siete items a responder sobre su país: los sistemas constructivos más usados; la relación de la arquitectura con el medio socio económico y cultural; el grado de penetración de las tecnologías de construcción ecoinnovadoras; la existencia de programas de financiación de viviendas sociales; la existencia de colaboración entre las autoridades públicas, las asociaciones empresariales y las universidades en materia de tecnologías de la construcción de viviendas sociales; así como el posible uso de la vivienda social con fines predominantemente políticos (electoralistas).

El objetivo de este cuestionario ha sido triple: establecer la relación con el experto, centrando el tema; determinar el grado de conocimiento real y concreto del experto sobre el tema; y obtener información relevante en una primera aproximación.

El panel DELPHI se formó con 49 expertos, de los cuales 30 (61.2%) profesores e investigadores universitarios, 7 (14.3%) *entrepreneurs*, 7 (14.3%) *of public employees* y 5 (10.2%) investigadores de institutos tecnológicos. La distribución por países: Venezuela 19 (38.8%); Ecuador 10 (20.4%); México 6 (12.3%); Colombia 3 (6.1%); Chile 3 (6.1%); Argentina 2 (4.1%); Panamá 2 (4.1%); España 2 (4.1%); Guatemala 1 (2.0%); Perú 1 (2.0%).

Las comunicaciones se realizaron por medios electrónicos y la puesta en común en caso de discordancia se llevó a cabo de forma anónima, a través de la figura de los moderadores.

Una vez procesado este cuestionario, se procedió a la consulta enfocada en el Análisis Estratégico realizado en tres fases:

1. Correspondiente a la Identificación de los Factores;
2. La relativa al análisis *SWOT* para establecer: Fortalezas-Debilidades – Oportunidades - Amenazas (*Strengths-Weakness-Opportunities-Threats*) (*SWOT*);
3. La correspondiente a las propuestas *CAME* para: Corregir debilidades - Adaptarse a las amenazas - Mantener las fortalezas existentes - Explorar (y explotar o potenciar) las oportunidades detectadas (*Correct weaknesses - Adapt to threats - Maintain existent Strengths - Explore (and exploit) detected opportunities*) (*CAME*).

339

El análisis estratégico *SWOT-CAME*, también es muy conocido en la literatura científica. Aunque originalmente surgió en el ámbito del análisis estratégico de empresas, su aplicación se ha extendido a problemas muy diversos, algunos de ellos muy cercanos a los objetivos de la presente investigación, como los siguientes: asentamientos informales de vivienda - *informal settlements of housing* (Soliman, 2012); regeneración urbana sostenible en zonas vulnerables - *sustainable urban regeneration in vulnerable areas* (Ruá, Huedo, Cabeza, Sáez y Agost Felip, 2021); infraestructuras logísticas - *logistic infrastructures* (Parra Santiago, Camarero Orive y Fañanás Díaz, 2020); (Sánchez Cambronero, González Cancelas y Molina Serrano, 2020); or evaluación de tecnología - *technology assessment* (Gibis et al., 2001).

Luego, según lo planteado en el objetivo 3, se proponen las acciones estratégicas subsiguientes, para corregir las debilidades, afrontar las amenazas, mantener las fortalezas y explorar y potenciar las oportunidades para cada método de

construcción analizado. Finalmente, para cumplir con el objetivo 4, con las opiniones del panel de expertos, se plantea la posible existencia de alguna combinación entre los dos sistemas constructivos (el TPIM y el ECOM), que pudiera ser óptima desde el punto de vista estratégico.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan siguiendo el orden de los objetivos de la investigación, los cuales se exponen a continuación:

4.1. OBJETIVO 1. Factores que han influido en la construcción de viviendas sociales en el ámbito Hispanoamericano

Realizado el procesamiento de datos según la metodología planteada, los Factores que determinan la producción de viviendas sociales, a juicio de los expertos consultados son los siguientes:

- a) Estabilidad sociopolítica y económica, y el grado de compromiso del Gobierno.
- b) Disponibilidad de recursos económicos del Estado-nación, bien a través de los ingresos por impuestos y tasas; o bien mediante emisión de deuda pública o el acceso a empréstitos ante los organismos competentes internacionales.
- c) Capacidad técnica y compromiso del personal profesional estatal para la planificación, gestión, desarrollo de proyectos arquitectónicos, urbanos y tecnológicos constructivos; debidamente monitoreados para la evaluación, continuidad o redefinición de las políticas habitacionales públicas.
- d) Participación y compromiso de todos los involucrados en el desarrollo y concreción de los proyectos sociales habitacionales, como son las asociaciones profesionales, sindicatos de obreros, asociaciones empresariales, los funcionarios públicos, los usuarios y los afectados.

- e) Disponibilidad de materias primas locales o de la región y existencia de tecnologías constructivas apropiadas y apropiables para viviendas unifamiliares, en tiras/cinta o multifamiliares en complejos habitacionales concentrados o aislados.
- f) Alto costo de los terrenos para el emplazamiento de urbanismos de viviendas sociales dentro de la poligonal y en la periferia inmediata; razón por la cual se está construyendo en áreas distantes a la ciudad.
- g) Colaboración interinstitucional, nacional e internacional, entre organismos del Estado, gremios industriales, promotores inmobiliarios y centros de investigación.

Desde el punto de vista de los métodos de construcción que se comparan, los factores a) y b), no implican diferencias sustanciales entre uno y otro. Es importante señalar que, la comparación de edificaciones con estructura de hormigón, de acero y de madera indica que existen diferencias de costes y plazos de ejecución, quedando la solución estructural de madera en una posición media en ambos casos (Atapuma Naranjo, Jarrín Vivar y Mora Martínez, 2013). Por ello, el método ecoinnovador resulta competitivo, ya que presenta un equilibrio entre los dos criterios.

De hecho, se puede estimar cualitativa e indirectamente esa competitividad a través de la observación de las soluciones constructivas utilizadas en la vivienda informal, como paradigma de criterio económico limitante. Los expertos indicaron que las soluciones son muy diversas, dependiendo de la región, las posibilidades económicas de las familias y las potencialidades del sector. Aun así, los referentes constructivos más importantes son el concreto armado, la madera, el bambú, los bloques de cemento, la arcilla, los adobes estabilizados secos al sol y el bahareque, con la teja y las láminas galvanizadas de cinc como soluciones más utilizadas en cubiertas. Esto demuestra que los factores económicos pueden ser limitantes casi exclusivamente en el caso del acero.

En relación al resto de factores, los únicos que pueden *condicionar el método de construcción* son la *disponibilidad de materias primas y la existencia de tecnologías constructivas apropiadas y apropiables, ya que los requerimientos de ambos métodos son distintos*. Sin embargo, el método constructivo tradicional postindustrial, al estar históricamente consolidado y ser bien conocido por todos los involucrados, puede tener mejor desempeño en los factores que no son estrictamente objetivables o cuantificables, en cuanto a costo, calidad y cantidad de viviendas.

Por otra parte, todos factores antes mencionados influyen en la *cantidad de viviendas* construidas en Hispanoamérica. Según datos recabados en el análisis bibliográfico, existen deficiencias en relación a las estadísticas actualizadas referidas a la cantidad de viviendas sociales construidas por el Estado-nación, especialmente en las dos últimas décadas (2000-2020). En ese sentido, México construyó 6,6 millones unidades en el periodo 2000-2012, llegando a superar la meta establecida por el Conavi (Correa López, 2014); en Colombia desde 2001 a 2010 se edificaron 1.135.000 viviendas, correspondiendo a 113,495 por año, y en el último decenio fueron construidas 2,100,000 viviendas (Forero, 2019); en Chile entre 2011 y 2017 el gobierno entregó 233,661 siendo el 53% de ellas sin crédito hipotecario y el 47% con crédito, y proyectaba construir 21 mil viviendas de integración social para 2019 (Chechilnitzky *et al.*, 2018); mientras que en Venezuela, desde el año 2000 hasta 2019, a través del Ministerio de Hábitat y Vivienda (Minev) y su emblemático programa Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV) ha construido 3.199.872 viviendas (Villarroel, 2020 y MINEC, 2020).

4.2. OBJETIVO 2. Analizar las Fortalezas–Debilidades–Oportunidades–Amenazas/ (*Strengths-Weakness-Opportunities-Threats* - SWOT) de los dos métodos de construcción: el Tradicional Post Industrial (TPIM) y el Ecoinnovador (ECOM).

Los resultados de las matrices SWOT propuestas tras la consulta al panel de expertos, son los siguientes:

SWOT Traditional Post-Industrial Method (TPIM) / SOWT del Método Tradicional Post Industrial.

343

Strengths/Fortalezas

Los materiales señalados en cada ítem son los que tienen mayor fortaleza o mejor desempeño para su uso en el Método Tradicional Post Industrial:

- TPIM.S1. Coste de materiales (hormigón y arcilla).
- TPIM.S2. Coste de mano de obra (hormigón).
- TPIM.S3. Plazo de ejecución (acero).
- TPIM.S4. Durabilidad (hormigón y acero).
- TPIM.S5. Comportamiento frente a sismo (acero).
- TPIM.S6. Comportamiento frente a incendio (hormigón).
- TPIM.S7. Comportamiento frente a huracanes (hormigón y acero).
- TPIM.S8. Normalización (acero).
- TPIM.S9. Escaso o nulo mantenimiento (hormigón).
- TPIM.S10. Posibilidad de sustitución de elementos fallidos (acero).
- TPIM.S11. Alto nivel de sostenibilidad del material (madera).
- TPIM.S12. Alta disponibilidad de material mineral en el lugar (arcilla).
- TPIM.S13. Generación de mayor número empleos (hormigón).

Weaknesses/Debilidades

Los materiales señalados son los que tienen mayores debilidades o peor desempeño para su uso en el Método Tradicional Post Industrial:

- TPIM.W1. Coste de materiales (acero).

- TPIM.W2. Coste de mano de obra (acero).
- TPIM.W3. Plazo de ejecución (hormigón).
- TPIM.W4. Comportamiento frente a sismo (hormigón y mampostería de ladrillos y adobe).
- TPIM.W5. Comportamiento frente a incendio (acero y madera).
- TPIM.W6. Consecuencias de un derrumbe (hormigón y acero).
- TPIM.W7. Necesidad de mantenimiento (acero y madera).
- TPIM.W8. Imposibilidad de sustitución de elementos fallidos (hormigón).
- TPIM.W9. Confort térmico (acero y hormigón).

Opportunities/Oportunidades

Los materiales señalados son los que tienen mayores oportunidades para su uso y/o buen desempeño en el Método Tradicional Post Industrial:

- TPIM.O1. Características bien conocidas por parte de todos los involucrados (hormigón, acero, bloques de cemento y ladrillos de arcilla).
- TPIM.O2. Experiencia de su utilización en todas las fases: proyecto, legalización y ejecución, en diversos sistemas constructivos (hormigón, acero, bloques de cemento y ladrillos de arcilla).
- TPIM.O3. Excelente aceptación y apropiabilidad por parte de los usuarios (hormigón, acero, bloques de cemento y ladrillos de arcilla).
- TPIM.O4. Existencia de proveedores y cadenas de suministro consolidadas para todos los materiales analizados.
- TPIM.O5. Se percibe como construcción sólida y duradera (hormigón, mampostería de bloques de cemento y ladrillos de arcilla).
- TPIM.O6. Urgencia para la entrega de las viviendas (acero).
- TPIM.O7. La existencia de políticas, planes y programas públicos de vivienda social para el uso en los métodos post industriales.

Threats/Amenazas

Los materiales señalados son los que tienen mayores amenazas para su uso en el Método Tradicional Post Industrial:

- TPIM.T1. El elevado precio del suelo urbano puede retraer la construcción de vivienda social (para cualquiera de los materiales es igual).
- TPIM.T2. Encarecimiento de los materiales por incremento de los costes energéticos (acero y aluminio).
- TPIM.T3. Encarecimiento de los materiales por tasas medioambientales (acero, aluminio y cemento).
- TPIM.T4. Encarecimiento de los materiales por escasez (acero y aluminio).
- TPIM.T5. Endurecimiento de las regulaciones ambientales (acero, aluminio y cemento).
- TPIM.T6. Percepción de menor sostenibilidad (acero, aluminio y cemento).

SWOT Ecoinnovation Method (ECOM) / SWOT del Método Ecoinnovador.

Strengths/Fortalezas

Los materiales señalados son los que tienen mayor fortaleza y/o mejor desempeño para su uso en el diseño y fabricación de viviendas ecoinnovadoras):

- ECOM.S1. Plazo de ejecución por prefabricación (laminados, tableros aglomerados y contraenchapados de madera/bambú y composting de madera-plástico, elementos pretensados de hormigón).
- ECOM.S2. Durabilidad (elementos pretensados de hormigón, nuevos bloques de hormigón-arcilla).

- ECOM.S3. Comportamiento frente a sismo (laminados, tableros aglomerados y contraenchapados de madera/bambú y composting de madera-plástico).
- ECOM.S4. Normalización (laminados, tableros aglomerados y contraenchapados de madera/bambú y composting de madera-plástico)
- ECOM.S5. Posibilidad de sustitución de elementos dañados o deteriorados (laminados, tableros aglomerados y contraenchapados de madera/bambú y composting de madera-plástico).
- ECOM.S6. Balance de CO₂ (laminados, tableros aglomerados y contraenchapados de madera/bambú y composting de madera-plástico)
- ECOM.S7. Menores consecuencias de un derrumbe (Madera y bambú y sus derivados).
- ECOM.S8. Confort térmico y acústico (tableros aglomerados y contraenchapados de madera/bambú y composting de madera-plástico).

Weaknesses/Debilidades

Los materiales señalados son los que tiene mayor debilidad o los que se comportan peor para su uso en el Método Ecoinnovador:

- ECOM.W1. Comportamiento deficiente frente a incendio (prefabricación de laminados, tableros aglomerados y contraenchapados de madera/bambú y composting de madera-plástico).
- ECOM.W2. Necesidad de mantenimiento (laminados, tableros aglomerados y contraenchapados de madera/bambú).
- ECOM.W3. Existencia insuficiente de mano de obra calificada (prefabricación de laminados, tableros aglomerados y contraenchapados de madera/bambú y composting de madera-plástico).
- ECOM.W4. Existencia insuficiente de plantas de transformación y de tratamiento (productos forestales ecoinnovadores de la madera y el bambú).

- ECOM.W5. Escasa disponibilidad de materia prima, en países hispanoamericanos que no tienen plantaciones forestales.

Opportunities/Oportunidades

Los materiales señalados son los que influyen en la mayor oportunidad para su uso en el Método Ecoinnovador:

347

- ECOM.O1. Percepción de mayor sostenibilidad (prefabricación de laminados, tableros aglomerados y contraenchapados de madera/bambú y composting de madera-plástico).
- ECOM.O2. Urgencia para la entrega de las viviendas (prefabricación de laminados, tableros aglomerados y contraenchapados de madera/bambú y composting de madera-plástico).
- ECOM.O3. La existencia de políticas, planes y programas públicos de vivienda social (elementos pretensados de hormigón, nuevos bloques de hormigón-arcilla).
- ECOM.O4. Sinergia con las explotaciones forestales sostenibles (prefabricación de laminados, tableros aglomerados y contraenchapados de madera/bambú y composting de madera-plástico).
- ECOM.O5. Endurecimiento de las regulaciones ambientales (elementos pretensados de hormigón, nuevos bloques de hormigón-arcilla).

Threats/Amenazas

Los materiales y/o características señaladas son las que tienen o representan mayor amenaza para el uso en el Método Ecoinnovador:

- ECOM.T1. El elevado precio del suelo urbano puede retraer la construcción de vivienda social.
- ECOM.T2. Encarecimiento de los materiales por escasez.

- ECOM.T3. Características poco/nada conocidas por parte de todos los involucrados.
- ECOM.T4. Menor experiencia en su utilización, principalmente en las fases de legalización y ejecución (prefabricación de laminados, tableros aglomerados y contraenchapados de madera/bambú y composting de madera-plástico).
- ECOM.T5. Baja aceptación por parte de los usuarios (prefabricación de laminados, tableros aglomerados y contraenchapados de madera/bambú y composting de madera-plástico).
- ECOM.T6. Proveedores y cadenas de suministro incipientes (prefabricación de laminados, tableros aglomerados y contraenchapados de madera/bambú y composting de madera-plástico).
- ECOM.T7. No se percibe como construcción sólida y duradera (prefabricación de laminados, tableros aglomerados y contraenchapados de madera/bambú y composting de madera-plástico).
- ECOM.T8. Plagas de xilófagos (prefabricación de laminados, tableros aglomerados y contraenchapados de madera/bambú y composting de madera-plástico).
- ECOM.T9. Escaso conocimiento de normas y reglamentos para su uso (prefabricación de laminados, tableros aglomerados y contraenchapados de madera/bambú y composting de madera-plástico).

La diversidad de los ítems que se observan en el análisis SWOT del TPIM (Traditional Post-Industrial Method) corresponde a la diversidad de materiales y soluciones constructivas, inherentes a cada sistema constructivo. Esta característica era esperable dado que este método es sincrético (Cilento Sardi, 1986) y expresa la experiencia técnica completa, consolidada durante los últimos dos siglos. Como se observa, algunos de los ítems del análisis son diametralmente opuestos entre sí, del mismo modo que las características de los principales materiales (concreto y acero) son sustancialmente distintas.

Por el contrario, los ítems del análisis SWOT del ECOM están más alineados entre sí. Esto se debe a que los materiales y las soluciones constructivas que incluye, tienen un concepto, un comportamiento y unas prestaciones muy similares. Únicamente en el caso de los elementos prefabricados y normalizados de hormigón pretensado, se utiliza una base material de características sustancialmente distintas (pétreo artificial vs. lignocelulósica). Aun así, comparten un concepto común como es el de la prefabricación y la normalización; por esta razón, también existe cierto grado de alineación, incluso en el caso más desfavorable.

4.2.1. Ventajas y desventajas estratégicas de ambos métodos

Las ventajas y desventajas que se deducen luego de la comparación de los análisis SWOT entre el Método Tradicional Post Industrial (TPIM) y el Método Ecoinnovador (ECOM), son las siguientes:

Las fortalezas diferenciales (TPIM) dependen del material predominante. Así, las ventajas estratégicas del acero se reducen a su comportamiento frente a huracanes, pese a su baja resistencia a la oxidación. En cualquier caso, esta fortaleza se minimiza por las mayores consecuencias que provoca, ante un desastre. Por su parte, cuando predomina el hormigón o la arcilla, se observan importantes fortalezas diferenciales: el coste de materiales y mano de obra; la generación de mayor número de empleos; el comportamiento frente a incendio; y la alta disponibilidad de materias primas.

Las fortalezas diferenciales del ECOM son: el balance de CO₂, que tiene un enorme interés en relación con el cambio climático; el confort térmico y acústico, que tiene interés sobre el bienestar de los residentes en las viviendas; y las menores consecuencias en caso de derrumbe, que puede tener interés en zonas habitualmente afectadas por fenómenos climatológicos extremos, así como ante los sismos.

Las debilidades, sólo son comunes las relativas al comportamiento frente a fuego en el caso del TPIM con acero o madera como materiales predominantes y el ECOM. Es decir: las debilidades son características de cada método y, por tanto, los condicionan estratégicamente. Sólo son comunes a ambos métodos: la existencia de políticas, planes, programas y proyectos de vivienda social (por cuestiones obvias de ampliación de la demanda) y, la urgencia en la entrega de las viviendas, sólo en el caso del uso del acero como material predominante en el TPIM.

Por último, las debilidades las oportunidades y las amenazas son características de cada método y, por tanto, los condicionan estratégicamente; sólo comparten la amenaza del incremento del precio del suelo urbano por la presión de la demanda de vivienda, y el encarecimiento de los materiales por escasez en el caso del uso predominante de acero y aluminio en el TPIM.

4.3. OBJETIVO 3. Proponer las acciones estratégicas subsiguientes para corregir las debilidades, adaptarse y/o afrontar las amenazas, mantener las fortalezas y explorar o potenciar las oportunidades para cada método de construcción analizado. (Correct weaknesses - Adapt to threats - Maintain existent Strengths - Explore (and exploit) detected opportunities) (CAME).

Luego del análisis de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, se plantean las Propuestas CAME de acciones estratégicas para *Corregir debilidades - Adaptarse o Afrontar a las amenazas - Mantener las fortalezas existentes - Explorar (y explotar o potenciar) las oportunidades detectadas en los dos métodos.*

En tal sentido las matrices CAME propuestas tras la consulta al panel de expertos son las siguientes:

CAME Traditional Post-Industrial Method

Correct weaknesses / Corregir las debilidades

- TPIM.W1. Depende del mercado. Sólo se puede actuar mediante la utilización de menos cantidad de material, por medio de la optimización del cálculo de la estructura.
- TPIM.W2. Depende del mercado laboral. Sólo se puede actuar financiando la capacitación de personal.
- TPIM.W3. Depende del tiempo de fraguado. Se puede mejorar con el uso de aditivos u optimizando el Project management
- TPIM.W4. Se puede mejorar incorporando elementos y principios de diseño sismoresistentes.
- TPIM.W5. Se puede mejorar mediante la aplicación de recubrimientos ignífugos y principios de diseño para prevención y control de incendios.
- TPIM.W6. Ubicación de la edificación en terrenos geomorfológicamente estables y lejos áreas susceptibles a inundaciones, deslaves y desplazamiento de masas. Las consecuencias de un derrumbe (hormigón y acero) son difícilmente corregibles y sólo se puede actuar mediante la utilización de menos cantidad de material, por medio de la optimización del cálculo de la estructura, además de incorporar elementos de diseño estructural que refuercen la edificación ante el colapso Ej. cruces de San Andrés.
- TPIM.W7. Se puede minimizar utilizando material con tratamientos superficiales previos contra la corrosión, agentes xilófagos, fotodegradación solar, entre otros.
- TPIM.W8. Se puede paliar con reparaciones *ad hoc* de los elementos fallidos
- TPIM.W9. Soluciones de ruptura de puentes térmicos. Diseño de sistema de ventilación cruzada, cámaras de aislamiento, materiales aislantes sostenibles, fachadas ventiladas, parasoles, prolongación de aleros en techos, uso de paredes con aberturas para paso del aire.

Las debilidades encontradas afectan directamente y en mayor medida al hormigón y acero, por lo cual se requiere implementar en todo el ciclo de vida (fase de obtención y uso de materia prima), los principios de la arquitectura bioclimática (lograr confort térmico y adecuada ventilación, entre otros) y de la Ecología Industrial (Ecodiseño, Ecoeficiencia, transformación en Polígonos Ecoindustriales e implementación de las normas de calidad, medio ambientales y salud-seguridad industrial). Lo anterior, por igual se aplica a la arcilla y la madera en los países con mayor potencial de su uso en la construcción.

Respecto a la localización de las viviendas, se requiere que se realicen estudios previos geomorfológicos de la calidad del suelo y seleccionar áreas distantes de riesgo físico-natural; además de que los proyectos de arquitectura e ingeniería estructural incorporen los requerimientos de calidad sismo resistente.

Adapt to threats / Adaptarse o afrontar las amenazas

- TPIM.T1. Priorizar uso de terrenos que son propiedad de la nación. Negociar para procurar disminuir el precio de los terrenos privados objeto de desarrollos urbanísticos dentro de la periferia de la ciudad. Utilizar terrenos fuera de la poligonal urbana (bien sea propiedad del Estado o privados), garantizando las infraestructuras básicas de servicio respetando los criterios de sostenibilidad, en especial un buen servicio de transporte.
- TPIM.T2. Establecer sistemas de generación de energías alternativas en las plantas industriales de acero y aluminio. Sustituir materiales, proveedores o técnicas de ejecución, si es posible. Proyectar el uso de la madera y sus productos forestales para disminuir costos de producción ya que consume menos energía en su ciclo de vida (LCA). Dr. lo redactamos mejor para que se entienda.
- TPIM.T3. Minimizar el uso de los materiales más gravados, si es posible. Promover el uso de materiales reciclados. Dr. cambiamos para evitar

sesgo hacia el uso de la madera que es uno de los materiales más ecológicos.

- TPIM.T4. Generar una adaptación preventiva si existe capacidad para aprovisionarse antes del alza de los precios. Mejorar la productividad o reducir los beneficios del constructor (o una combinación de estas acciones). Incrementar el precio final o mejorar la productividad o reducir los beneficios del constructor (o una combinación de estas acciones). Sustituir materiales, proveedores o técnicas de ejecución, si es posible.
- TPIM.T5. Sustituir materiales, proveedores o técnicas de ejecución, si es posible establecer sistemas de gestión medioambiental en procura de minimizar los impactos.
- TPIM.T6. Solicitar a las empresas proveedoras de acero, aluminio y cemento que aumenten la transparencia aportando datos de LCA.

Participación de las partes interesadas (Estado-nación-propietarios de terrenos), para llegar a acuerdos factibles de tipo fiscal y beneficio mutuo, para disminuir costos de terrenos para urbanismos sociales. En materia de costes energéticos, tasas ambientales y regulaciones ambientales se propone la implementación de principios de Ecodiseño de productos industriales sostenibles y procesos industriales Ecoeficientes. Proyectar el uso de materiales de bajo impacto ambiental, caso de la madera, el bambú y productos elaborados a partir de procesos de reciclaje.

Maintain strengths / Mantener las fortalezas

- TPIM.S1. Vigilar el coste de materiales (hormigón) y, en caso de tendencia al alza, acopiar (si es posible).
- TPIM.S2. Controlar la productividad para mantener la competitividad.
- TPIM.S3. Controlar la gestión del cronograma para mantener el plazo de ejecución (acero).

- TPIM.S4. Realizar controles de calidad para asegurar la durabilidad (hormigón y acero).
- TPIM.S5. No requiere acción específica una vez controlada la calidad del proyecto, los materiales y la ejecución (es fortaleza intrínseca).
- TPIM.S6. No requiere acción específica una vez controlada la calidad del proyecto, los materiales y la ejecución (es fortaleza intrínseca).
- TPIM.S7. No requiere acción específica una vez controlada la calidad del proyecto, los materiales y la ejecución (es fortaleza intrínseca).
- TPIM.S8. No requiere acción específica (es fortaleza intrínseca).
- TPIM.S9. No requiere acción específica una vez controlada la calidad del proyecto, los materiales y la ejecución (es fortaleza intrínseca).
- TPIM.S10. Disponer de personal cualificado y medios adecuados para mantener la posibilidad de sustitución de elementos fallidos (acero y madera).
- TPIM.S11. No requiere acción específica una vez controlada la calidad del proyecto, los materiales y la ejecución (es fortaleza intrínseca).
- TPIM.S12. Realizar estudios de búsqueda de nuevas minas para garantizar el suministro.
- TPIM.S13. No requiere acción específica una vez controlada la calidad del proyecto, los materiales y la ejecución (es fortaleza intrínseca del sistema constructivo en hormigón).

Propiciar compra y almacenamiento adelantada con la previsión de silos y áreas de depósito que garanticen la estabilidad y propiedades del cemento, la piedra, arena; así como del acero. En el caso de la arcilla, realizar estudios de geomorfología que definan la localización de nuevas minas en el territorio nacional.

En referencia al acero y la madera para prever la sustitución de elementos fallidos, implementar programas de capacitación continua del personal técnico y cumplir con las normas de calidad, seguridad e inspección estructural.

Strengthen opportunities / Potenciar - Fortalecer las oportunidades

- TPIM.O1. TPIM.O2. TPIM.O3. TPIM.O4. TPIM.O5. Son oportunidades por tratarse de un método constructivo bien conocido por todos los involucrados y de solidez contrastada. Por ello, potenciar estas oportunidades ha de consistir, simplemente, en la puesta en valor de las mismas frente a los *decision-makers*.
- TPIM.O6. Proponer soluciones con estructuras de acero en aquellos países con garantía de suministro de este material.
- TPIM.O7. Ofrecer soluciones de viviendas sociales adecuadas de alta calidad, con precios competitivos adaptadas a la demanda.

Explore (and exploit) opportunities / Explorar o Potenciar las oportunidades

Respecto a potenciar o fortalecer las oportunidades, no amerita discusión ya que están intrínsecas en su contenido: TPIM.O1. TPIM.O2. TPIM.O3. TPIM.O4. TPIM.O5. TPIM.O6. Respecto al TPIM.O7, implementar los principios técnicos del sincretismo tecnológico propuesto por Cilento Sardi (1996), ampliando la posibilidad de uso de los materiales constructivos y mano de obra de cada región, entre otros.

CAME Ecoinnovation Method

Correct weaknesses / Corregir las debilidades

- ECOM.W1. Uso de recubrimientos especiales en el proceso de transformación y mantenimiento continuo en uso.
- ECOM.W2. Ofrecer plan detallado de mantenimiento, sensibilizar a los usuarios y publicar video-tutoriales
- ECOM.W3. Ofrecer planes de formación y capacitación. Sensibilizar a los usuarios y sociedad en general a través de publicación de video-tutoriales.

- ECOM.W4. Programas de financiamiento para la construcción de plantas de transformación y tratamiento de madera y bambú. Capacitación de personal técnico y profesional altamente calificado.
- ECOM.W5. Programas de financiamiento para el desarrollo de plantaciones e industria forestal de madera y bambú.

Implementar programas de difusión técnica de las ventajas competitivas de los materiales ecoinnovadores, para procurar la apropiabilidad de la sociedad, especialmente del gremio de profesionales y técnicos, así como del gremio de industriales y promotores inmobiliarios; en los funcionarios de las instituciones de cada Estado-nación, especialmente, los decision-makers para consolidar los proyectos de nuevas plantaciones forestales con fines de construcción; establecer programas y proyectos de valorización de residuos sólidos agroindustriales, urbanos y rurales para el reciclaje y reutilización, dirigidos a la generación de nuevos productos ecoinnovadores.

356

Adapt to threats / Adaptarse o enfrentar las amenazas

- ECOM.T1. Priorizar uso de terrenos que son propiedad de la nación. Negociar para procurar disminuir el precio de los terrenos privados objeto de desarrollos urbanísticos dentro de la periferia de la ciudad. Utilizar terrenos fuera de la poligonal urbana (bien sea propiedad del Estado o privados), garantizando las infraestructuras básicas de servicio respetando los criterios de sostenibilidad, en especial un buen servicio de transporte.
- ECOM.T2. Utilizar y generar nuevos materiales y sistemas constructivos a partir de la I+D+i, con la estrategia del triángulo de la innovación (Estado-Universidad-Industria).
- ECOM.T3. Divulgar características técnicas y beneficios de los nuevos materiales y sistemas constructivos en el ciclo de vida de la edificación.

- ECOM.T4. Presentar a los empleados públicos experiencias exitosas y las singularidades técnicas de los nuevos métodos constructivos. Capacitar a los operarios de la construcción.
- ECOM.T5. Presentar a los usuarios potenciales experiencias exitosas
- ECOM.T6. Impulsar la industria de prefabricación de elementos constructivos a partir de productos forestales y su cadena de suministro.
- ECOM.T7. Divulgar las características técnicas comparadas.
- ECOM.T8. Disponer de planes de mantenimiento preventivo y correctivo.

Participación de las partes interesadas (Estado-nación-propietarios de terrenos), para llegar a acuerdos factibles de tipo fiscal y beneficio mutuo, para disminuir costos de terrenos para urbanismos sociales. En materia de costes energéticos, tasas ambientales y regulaciones ambientales se propone la implementación de principios de Ecodiseño de productos industriales sostenibles y procesos industriales Ecoeficientes en todo el ciclo de vida de los productos ecoinnovadores.

Implementar programas de difusión técnica de las ventajas competitivas de los materiales ecoinnovadores, para procurar la apropiabilidad de la sociedad, especialmente del gremio de profesionales y técnicos, así como del gremio de industriales y promotores inmobiliarios y sociedad en general.

Procurar programas de financiamiento de proyectos I+D+i, por parte de cada Estado-nación para el desarrollo de nuevos productos ecoinnovadores y viviendas construidas a partir de los productos forestales y de hormigón prefabricado.

Maintain strengths / Mantener las fortalezas

- ECOM.S1. Controlar la gestión del cronograma para mantener el plazo de ejecución. Establecer programas de formación y capacitación en los nuevos materiales y tecnologías.
- ECOM.S2. Realizar controles de calidad para asegurar la durabilidad

- ECOM.S3. No requiere acción específica una vez controlada la calidad del proyecto, los materiales y la ejecución (es fortaleza intrínseca). Mantener un programa de evaluación y monitoreo continuo del mantenimiento de la edificación.
- ECOM.S4. No requiere acción específica una vez controlada la calidad del proyecto, los materiales y la ejecución (es fortaleza intrínseca).
- ECOM.S5. Disponer de personal cualificado y medios adecuados para mantener la posibilidad de sustitución de elementos fallidos.
- ECOM.S6. Actualizar LCA periódicamente.
- ECOM.S7. No requiere acción específica una vez controlada la calidad del proyecto, los materiales y la ejecución (es fortaleza intrínseca).
- ECOM.S8. Comprobar la correcta ejecución. Mantener un programa de evaluación y monitoreo continuo del mantenimiento de la edificación.

Implementar en la generación de nuevos productos en todo su ciclo de vida los principios de la Ecología Industrial (Ecodiseño, Ecoeficiencia, transformación en Polígonos Ecoindustriales e implementación de las normas de calidad, medio ambientales y salud-seguridad industrial). Establecer sistemas de indicadores para la evaluación continua del ciclo de vida de los nuevos materiales, sistemas constructivos y proyectos de vivienda.

Explore - Strengthen opportunities / Explorar – Potenciar o Fortalecer las oportunidades.

- ECOM.O1. Poner en valor la percepción de mayor sostenibilidad.
- ECOM.O2. Poner en valor las ventajas de su competitividad en tiempos de ejecución.
- ECOM.O3. Promover programas y proyectos para ofrecer soluciones de alta calidad adaptadas a la demanda.
- ECOM.O4. Poner en valor esta sinergia económica y medioambiental en aquellos países con recursos forestales.

- ECOM.05. Aprovechar la ventaja competitiva de las ecoinnovaciones incorporadas. Poner en valor las ventajas de su mejor comportamiento ambiental.

La sostenibilidad de todo el ciclo de vida de los nuevos productos y proyectos de vivienda, radica en que el Estado-nación implemente el triángulo de la ecoinnovación para la generación de nuevos productos y sistemas constructivos industriales. Haciendo énfasis en aplicar los principios de la Ecología Industrial (Ecodiseño, Ecoeficiencia, transformación en Polígonos Ecoindustriales e implementación de las normas de calidad, medio ambientales y salud-seguridad industrial). Desarrollar programas difusión a todos los niveles de la sociedad; para dar a conocer las ventajas competitivas que tienen los nuevos materiales, nuevos sistemas constructivos y viviendas sostenibles, respecto a los tradicionales.

359

4.4. Objetivo 4. Explorar y valorar la existencia de combinaciones óptimas de elementos de ambos métodos de construcción, desde un punto de vista estratégico.

La posible existencia de alguna combinación entre el TPIM y el ECOM que pudiera ser óptima desde el punto de vista estratégico, fue sometida a la valoración del panel de expertos con el resultado siguiente:

- No existe una combinación de elementos de ambos métodos que sea óptima de forma general para todo el ámbito hispanoamericano. Al menos, existen dos grandes grupos de países como Chile y Venezuela, cuya diferencia reside en el acceso y producción propia de los productos forestales.
- El uso de soluciones del TPIM basadas en el acero (Consideramos eliminar el acero porque en Venezuela, México y otros países, éste se mezcla en la construcción con mampostería de cemento y arcilla, y en algunos casos con madera); en el aluminio, no es una opción estratégicamente recomendable para la vivienda social y no deberían considerarse en una combinación de ambos métodos de construcción.

- La evidencia de los impactos ambientales globales presiona sobre las políticas y las regulaciones medioambientales. Por ello, la incorporación de elementos del ECOM en el TPIM es inevitable por su mejor desempeño ambiental. Incluso puede ser significativa a medio plazo y generalizada a largo plazo.
- Los elementos del ECOM que probablemente se incorporen en primer lugar son algunos elementos no estructurales, como los cerramientos, laminados de pisos, puertas y ventanas de productos forestales y productos reciclados. Posteriormente, se introducirán las vigas laminadas. Donde la construcción con el TPIM ya incluya algunos elementos estructurales de madera sólida, su sustitución por la alternativa ECOM se producirá en un plazo menor y de forma más sencilla.
- Otra opción es incluir elementos del TPIM sobre el concepto arquitectónico y constructivo del ECOM. Esta posibilidad es la más adecuada desde el punto de vista de una estrategia que priorice la sostenibilidad, intentando minimizar las debilidades y amenazas del ECOM. Sin embargo, en la actualidad parece difícil que se produzca este cambio conceptual, al menos a corto y medio plazo.
- Los elementos del TPIM a incluir en el concepto del ECOM en una combinación óptima estratégica, son: el concreto en la estructura principal (cimentación, pilares y jácenas), y la mampostería de ladrillo de arcilla hasta cierta altura que disminuya la necesidad de mantenimiento por humedad o impactos.

Efectivamente, en aquellos países en los que no existen plantaciones forestales capaces de suministrar de forma sostenible la materia prima para la producción de los elementos prefabricados propios del ECOM, es más complicado que sus ventajas competitivas superen sus desventajas. Y ello porque no es posible una sinergia entre la industria forestal y las empresas constructoras, dificultando además el desarrollo de canales de distribución de estos nuevos productos. Por

ello, en el caso de los países que tienen bosques naturales (como Ecuador, Bolivia, Perú, Colombia, México, Guatemala), se requiere implementar campañas educativas y de capacitación técnica sobre el uso sostenible del material madera y bambú.

Por otra parte, el desempeño ambiental de los elementos no estructurales del ECOM es mucho mejor que los correspondientes del TPIM (con perfiles de hierro galvanizado, aluminio o PVC), como se analiza en Barrios, Contreras y Owen de C. (2006) para la madera. Esto significa que el GAP de desempeño ambiental de soluciones más innovadoras, todavía será mayor. Y son elementos cuyo mantenimiento no es tan problemático. Por ello, la previsión del panel de expertos puede ser acertada.

La introducción de elementos estructurales innovadores debe vencer resistencias importantes, tanto de percepción como de cualificación (en la legalización, en la construcción y en el mantenimiento). Por ello su introducción será más tardía y dependerá de las limitaciones impuestas por las regulaciones ambientales sobre otros materiales convencionales. La información, la sensibilización y la formación deben jugar un papel importante en la introducción de estos elementos en la tipología constructiva de las viviendas sociales, pero todo apunta a que el motor de ese cambio será el endurecimiento de las regulaciones ambientales.

Por último, el análisis teórico de las ventajas y desventajas competitivas sugiere como óptimo -desde el punto de vista estratégico- el cambio conceptual hacia el ECOM, aunque se mantengan algunos elementos del TPIM, que ayuden a vencer resistencias. Mantener el uso del hormigón en la estructura principal del edificio y la mampostería de ladrillo de cemento o arcilla en las partes más sensibles de los cerramientos como baños, cocina y servicios, permitiría conseguir una mejor percepción de la edificación, mantendría un coste competitivo y un número de empleos más elevado; el tiempo de finalización de los forjados y los cerramientos se reduciría y el mantenimiento sería más simple. Y todo ello, sin comprometer significativamente el confort térmico y acústico.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se determinó que entre los principales factores que influyen en el desarrollo de la vivienda social adecuada, en Hispanoamérica, que permitan satisfacer su cantidad, calidad, confort, seguridad y sostenibilidad, son:

- La estabilidad sociopolítica y económica, y el grado de compromiso del Estado-nación.
- Disponibilidad de recursos económicos del Estado-nación, bien a través de los ingresos por impuestos y tasas, o bien mediante emisión de deuda pública o el acceso a empréstitos ante los organismos competentes internacionales.
- El coste, que es un factor importante no puede ser limitante para la dignidad de las familias de menores recursos económicos.

362

Las debilidades de cada uno de los métodos analizados son características de cada uno y, por tanto, los condicionan estratégicamente dependiente de su ubicación territorial, de su cultura y de los recursos que cada país disponga para el desarrollo de los planes, programas y proyectos de vivienda social. Lo mismo en el caso de las oportunidades y las amenazas.

La dotación de viviendas sociales contextualizadas en urbanismos sostenibles, es una deuda aún pendiente, y un compromiso de los Estados-naciones hispanoamericanos en el siglo XXI para poder cumplir con los Objetivos del Desarrollo Sostenible, en procura de superar las grandes desigualdades socioeconómicas derivadas de la pobreza, el hambre, la insuficiente educación y desarrollo.

El poder público de cada nación debería promover el diseño de proyectos de nuevos desarrollos urbanísticos sostenibles que consideren los sistemas ecoinnovadores, incluyendo la industrialización de componentes, para acometer planes nacionales de viviendas sociales adecuadas y sostenibles.

Como recomendaciones se pueden mencionar las siguientes:

- Desarrollar nuevos sistemas constructivos industrializados, que consideren la integración de los métodos ecoinnovadores, enfocados a la masificación de la vivienda social adecuada, para cumplir con el ODS: 11.
- Promover ante organismos nacionales, el desarrollo de proyectos de edificaciones sociales de viviendas unifamiliares y multifamiliares que permitan la prefabricación.
- Definir propuestas en el marco de la Integración Ambiental Estratégica, para consolidar el Triángulo de la Sostenibilidad, en pro de atender la demanda de viviendas sociales en Hispanoamérica.
- Promover ante organismos nacionales e internacionales la actualización de las estadísticas sociales para contar con datos y actuar en consecuencia.

6. AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Wilver Contreras Miranda y al panel de expertos consultados que con su valiosa contribución han hecho posible el presente trabajo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATAPUMA NARANJO, M., C. JARRÍN VIVAR y C. MORA-MARTÍNEZ.** 2013. *Estudio técnico económico comparativo entre proyectos estructurales de hormigón armado, acero y madera para viviendas y edificios.* Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. 721 p.
- BALCHIN, P. y J. STEWART.** 2001. Social housing in Latin America: Opportunities for affordability in a region of housing need. *Journal of Housing and the Built Environment* (16): 333-341.
- BARRIOS E., W. CONTRERAS MIRANDA y M. E. OWEN DE CONTRERAS.** 2006. Repercusiones energéticas y económicas del uso de la madera como elemento constructivo para viviendas de interés social en Venezuela. *Revista Forestal Latinoamericana* 40: 1-28.
- BROWN, R. y D. MAUDLIN.** 2012. Concepts of Vernacular Architecture. *The SAGE Handbook of Architectural Theory* pp: 340–368.

- CÁMARA COLOMBIANA DE LA CONSTRUCCIÓN.** 2019. *Prospectiva edificadora*. CAMACOL. 3ª Edición. En línea: [:https://camacol.co/sites/default/files/info-sectorial/PROSPECTIVA%20EDIFICADORA%202019_1.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/info-sectorial/PROSPECTIVA%20EDIFICADORA%202019_1.pdf) [Consultado: 17/09/2021].
- CEPAL.** 2018. *Plan de Acción Regional para la implementación de la Nueva Agenda Urbana en América Latina y el Caribe 2016-2036*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). En línea: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42144/2/S1800033_es.pdf [Consultado: 17/09/2021].
- CHECHILNITZKY, A., B. VELÁSQUEZ y X. ASTUDILLO.** 2018. Gobierno proyecta construir 21 mil viviendas de integración social en 2019. En línea: <https://www.latercera.com/nacional/noticia/gobierno-proyecta-construir-21-mil-viviendas-integracion-social-2019/444608/> [Consultado: 16/08/2021].
- CILENTO SARDI, A.** 1996. Sincretismo e innovación tecnológica en la producción de viviendas. *Revista Tecnología y Construcción* 12(1): 16-19.
- CONTRERAS MIRANDA, W., M.E. OWEN DE C. y Y. CONTRERAS MIRANDA.** 2001. Nuevos productos forestales a partir de caña brava (*Gynerium sagittatum*). *Revista Forestal Latinoamericana* 16(32): 23-36.
- CONTRERAS MIRANDA, W., M.E. OWEN DE C. y N. PEREIRA COLLS.** (2002). El desarrollo de tecnologías apropiadas a partir de residuos de plantas musáceas. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología* 35:532-546.
- CONTRERAS MIRANDA, W., M.E. OWEN DE C. CONTRERAS, Y., E. THOMSON y A. CONTRERAS.** 2004. Diseño de una vivienda industrializada, plegable y transportable con productos forestales, para disminuir el déficit habitacional venezolano. *Revista Forestal Latinoamericana* 19(35): 37-52.
- CORREA LÓPEZ, G.** 2014. Construcción y acceso a la vivienda en México, 2000-2012. *Revista Intersticios Sociales* 7(31): 1-31.
- ECHEVERRÍA, MISHHELL.** 2023. La intervención y la planificación de la vivienda en la formalidad o la informalidad. Imagen Vivienda en las periferias de Quito, en sectores de riesgo. En línea: <https://www.redalyc.org/journal/1251/125173916008/html/> [Consultado: 20/02/2021].
- FORERO, SANDRA.** 2019. En Colombia se deben construir 3,2 millones de vivienda en la siguiente década, Camacol. En línea: <https://www.larepublica.co/economia/colombia-se-deben-construir-32-millones-de-vivienda-en-la-siguiente-decada-camacol-2902162+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ve> [Consultado: 17/08/2021].

- FRANCISCUS, POPE.** 2015. *Laudato 'Si*. Ciudad del Vaticano: Libreria Editrice Vaticana.
- GÁMEZ GARCÍA, D., H. SALDAÑA MÁRQUEZ, J. GÓMEZ SOBERÓN, P. ARREDONDO REA, M. GÓMEZ SOBERÓN y R. CORRAL HIGUERA.** 2019. Environmental Challenges in the Residential Sector: Life Cycle Assessment of Mexican Social Housing. *Energies* 12: 1-24.
- GIBIS, B., J. ARTILES, P. CORABIAN, K. MEIESAAR, A. KOPPEL, P. JACOBS y D. MENON.** 2001. Application of strengths, weaknesses, opportunities and threats analysis in the development of a health technology assessment program. *Health Policy* 58: 27-35.
- GILBERT, A.** 2001. *La vivienda en América Latina*. Inter-American Development Bank. Departamento de Integración y Programas Regionales Instituto Interamericano para el Desarrollo Social. En línea: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-vivienda-en-Am%C3%A9rica-Latina.pdf> [Consultado: 17/09/2021].
- MINEC.** 2020. GMVV ha entregado 3.199.872 de viviendas. Gobierno Bolivariano de Venezuela-MINEC. En línea: <http://www.minec.gob.ve/gmvv-ha-entregado-3-199-872-de-viviendas/> [Consultado: 18/08/2021].
- MINHVI.** 2022. El Presidente de la República, Nicolás Maduro Moros, lideró la jueves la entrega de viviendas llegando al hito de 3.900.000 hogares dignos de GMVV. En línea: <https://www.minhvi.gob.ve/?p=2900> [Consultado: 15/05/2021].
- ONU.** 2010. *El derecho a una vivienda adecuada*. Vol. 21. Ginebra: Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos. En línea: https://www.ohchr.org/Documents/Publications/FS21_rev_1_Housing_sp.pdf [Consultado: 08/07/2021].
- OWEN DE C., M. E. y W. CONTRERAS MIRANDA.** 2020. *Determinación del Volumen de ramas de especies forestales maderables aprovechadas en la Reserva Forestal Imataca*. Consultoría FAO. Documento inédito. Caracas, Venezuela.
- PARRA SANTIAGO, J., A. CAMARERO ORIVE y M. FAÑANÁS DÍAZ.** 2020. Valorization of logistics infrastructures using the SWOT-Delphi-CAME methodology. The case of the Albacete railway logistics platform. *Ingeniería y competitividad* 23(1): 1-15.
- POSADA, H. y A. MORENO MONROY.** 2017. Informality, city structure and rural-urban migration in Latin America. *Annals of Regional Science* 59: 345-369.
- RUÁ, M., P. HUEDO, M. CABEZA, B. SÁEZ y R. AGOST FELIP.** 2021. A model to prioritise sustainable urban regeneration in vulnerable areas using SWOT and CAME methodologies. *Journal of Housing and the Built Environment*.

- SALINGAROS NIKOS A., D. BRAIN, M. D. ANDRÉS, M. W. MEHAFFY y E. PHILIBERT PETIT.** 2019. Realidades incómodas de la vivienda social en Latinoamérica. En línea: https://www.archdaily.cl/cl/929689/casa-hendida-anagram-architects?ad_medium=widget&ad_name=navigation-next. [Consultado: 15/09/2021].
- SALZER, C. y C. CAMARASA.** 2015. *Innovation for Low-Rise Construction in the Urban Tropics: Utilization of Structural Bamboo for Cost-Efficient Housing*. En S. K. Donyun Kim (Ed.), 8th Conference of the International Forum on Urbanism, Incheon (Korea). pp: 1-7.
- SALZER, C. H. WALLBAUM, M. ALIPON y L. LÓPEZ.** 2018. Determining Material Suitability for Low-Rise Housing in the Philippines: Physical and Mechanical Properties of the Bamboo Species *Bambusa blumeana*. *BioResources* 13(1): 346-369.
- SALZER, C., H. WALLBAUM, L. LÓPEZ y J. KOUYOUJJI.** 2016. Sustainability of Social Housing in Asia: A Holistic Multi-Perspective Development Process for Bamboo-Based Construction in the Philippines. *Sustainability* 8(151): 1-26.
- SALZER, C., H. WALLBAUM, Y. OSTERMEYER y J. KONO, J.** 2017. Environmental performance of social housing in emerging economies: life cycle assessment of conventional and alternative construction methods in the Philippines. *International Journal of Life Cycle Assessment* 22: 1785-1801.
- SÁNCHEZ CAMBRONERO, A., N. GONZÁLEZ CANCELAS, N. y B. MOLINA SERRANO.** 2020. Analysis of port sustainability using the PPSC methodology (PESTEL, Porter, SWOT, CAME). *World Scientific News* 146: 121-138.
- SOLIMAN, A.** 2012. Building bridges with the grassroots: housing formalization process in Egyptian cities. *Journal of Housing and Built Environment* 27: 241-260.
- THE WORLD BANK.** 2021. *The World Bank IBRD+IDA*. En línea: <https://data.worldbank.org/> [Consultado: 15/09/2021].
- UNITED NATIONS.** 2017. *HABITAT III Regional Report. Latin America and the Caribbean. Sustainable Cities with Equality*. Vols. Official document, A/CONF.226/7.
- VILLARROEL, I.** 2020. GMVV ha entregado 3.199.872 de viviendas. En línea: <http://www.minec.gob.ve/gmvv-ha-entregado-3-199-872-de-viviendas> [Consultado: 16/08/2021].