

INVESTIGACIÓN Y TENDENCIAS EN EDUCACIÓN E INGENIERÍA



INVESTIGACIÓN Y TENDENCIAS EN EDUCACIÓN E INGENIERÍA

Compiladores

Ph. D. Jhoany Alejandro Valencia Arias
Ph. D. (c) Carlos Augusto Arboleda Jaramillo

Dirección Editorial

Mg. Jovany Arley Sepúlveda Aguirre
Director Editorial y de Publicaciones

Corporación Universitaria Americana
Sede Medellín
2020

621.3
C822

Investigación y tendencias en educación e ingeniería. (Comp). Johany Alejandro Valencia Arias y Carlos Augusto Arboleda Jaramillo. Medellín: Sello Editorial Coruniamericana

163 Páginas: 16X23 cm.
ISBN: 978-958-5512-82-5

I. Investigación - 2. Ingeniería - 3. Tecnología - 4. Desarrollo

Corporación Universitaria Americana©
Sello Editorial Coruniamericana©
ISBN: : 978-958-5512-82-5

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AMERICANA

Presidente
JAIME ENRIQUE MUÑOZ

Rectoría nacional
ALBA LUCÍA CORREDOR GÓMEZ

Rector - Sede Medellín
ALBERT CORREDOR GÓMEZ

Vicerrector Académico - Sede Medellín
ARTURO ARENAS FERNÁNDEZ

Vicerrector de investigación - Sede Medellín
LUIS FERNANDO GARCÉS GIRALDO

Director de Publicaciones - Sede Medellín
JOVANY SEPÚLVEDA AGUIRRE

Sello Editorial Coruniamericana
selloeditorialcoruniamericana@coruniamericana.edu.co

Diagramación y carátula:
EDUARDO A. MURILLO PALACIO

1.ª edición: abril de 2020

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistema recuperable o transmitida en ninguna forma o por medio electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otro, sin previa autorización por escrito del Sello Editorial Coruniamericana y de los autores. Los conceptos expresados en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente corresponden con los de la Corporación Universitaria Americana.

CONTENIDO

<p>Prólogo</p>	<p><u>8</u></p>	
<p>Introducción</p>	<p><u>9</u></p>	
<p>Capítulo 1. Evolución y tendencias investigativas en educación STEM</p>	<p><u>12</u></p>	<p>Alejandro Valencia-Arias; Mauricio Hincapié; Orfa Patiño Toro; Lemy Bran - Piedrahíta; Jefferson Quiroz Fabra; Jackeline Valencia</p>
<p>Capítulo 2. Estudio de la viscosidad y conductividad de líquidos iónicos a base del <i>piridinium</i></p>	<p><u>30</u></p>	<p>Diego Fernando Montaña Montoya</p>
<p>Capítulo 3. Usando realidad aumentada para el aprendizaje del patrimonio histórico y cultural</p>	<p><u>44</u></p>	<p>Mauricio Hincapié; Christian Díaz; Alejandro Valencia</p>

Capítulo 4. ¿Y eso para qué me sirve? Cómo la física y la matemática ayudan a la solución de problemas. Ciencias básicas en contexto para la formación de ingenieros. Caso física

53

María Andrea Botero Grisales; Karen Yarley Rivas Ruiz; Juan Carlos Cardona Acosta; Víctor Manuel Caycedo Sánchez; Oswaldo Alonso Álvarez Galvis

Capítulo 5. Evolución y tendencias investigativas en tecnologías orientadas a la sostenibilidad energética

65

Andrés Felipe Rúa-Ortiz; Luis Fernando Garcés Giraldo; Jovanny Sepúlveda; Lucía Palacios-Moya; Jonathan Bermúdez Hernández

Capítulo 6. Aproximación a las tendencias de ecoinnovación en el sector constructor a partir de una vigilancia tecnológica

87

Juan Camilo Patiño Vanegas; Melissa Palacio Mazo; León Alejandro López Barrera; Jackeline Valencia

Capítulo 7. Diseño metodológico para estudios de pertinencia en programas de especialización: caso aplicado para Especialización en Desarrollo Ágil de Software

104

César Felipe Henao Villa; David Alberto García Arango; Marco Aurelio Mejía Cardona; Christian Hernán Obando Ibarra

**Capítulo 8. Viviendas
modulares sostenibles: de la
teoría a su implementación
para superar el déficit de
vivienda en las zonas rurales
del municipio de Buriticá**

128

Felix Daniel Rivera; Jovany
Sepúlveda Aguirre

Prólogo

En este libro se abordarán temas de gran interés para los estudiantes y profesionales y, en general, para el público lector, pues se ha buscado combinar diversos ejercicios investigativos desarrollados a partir de las tendencias que se han venido posicionando en ejes temáticos aplicados en ingeniería, ciencias básicas, tecnologías de la información y comunicación, así como en la educación.

El valor agregado de este libro se puede ver en la forma en la que aborda la investigación y la gestión del conocimiento, buscando no solo mostrarlos desde sus bases técnicas y metodológicas, sino desde sus implicaciones prácticas y aportes al desarrollo y competitividad de la comunidad académica y la sociedad en general. Es por esto que, a través de la aplicación del conocimiento y su asimilación dentro de los procesos y retos que los profesionales tienen, este libro da una amplia visión de esos desafíos que emergen dentro de la sociedad y los aportes que desde la ingeniería pueden darse para un mejor desempeño laboral y académico de quienes se interesen en leer sus capítulos.

Es importante mencionar que las temáticas, además de variadas, son comprendidas desde un enfoque práctico en el que las ciencias básicas se entremezclan con la innovación para brindar al lector un enfoque que va más allá de la teoría y toca aspectos sociales dirigidos y aplicables en contextos cotidianos, por lo tanto, busca plantear una dinámica más amigable de ver las ciencias y su relación con el desarrollo de nuestras comunidades.

El papel de la innovación, la investigación y la generación del nuevo conocimiento como pilares de la competitividad y progreso de las comunidades, se pueden encontrar en este libro, el cual ofrece un buen acercamiento a este fin que involucra a los profesionales en ingeniería de hoy y mañana.

Jhoany Alejandro Valencia Arias
Corporación Universitaria Americana
Docente Investigador, Medellín, Colombia

Introducción

Los lectores de este libro, resultado de investigación, encontrarán un acercamiento a la aplicación del conocimiento en ciencias básicas, ingeniería y su impacto en las comunidades. Este texto compila diversas experiencias investigativas alrededor de temas de interés como son: investigación, innovación y gestión del conocimiento como las principales herramientas utilizadas para abordar las diversas temáticas que propenden por una puesta en práctica del conocimiento sobre el desarrollo sostenible y sus propios desafíos.

La investigación es uno de los pilares de este libro, y como en la universidad, constituye un valor fuerte en el desarrollo educativo de la comunidad, ya que es en los procesos investigativos donde se forma nuevo conocimiento haciendo uso de herramientas conceptuales, por lo que es una práctica importante que, como sociedad, se debe promover pues fenómenos como la globalización han acrecentado la importancia de los profesionales investigadores, ya que son estos los que ayudan a mejorar la calidad de los procesos dentro de las disciplinas y los encargados de gestionar su innovación (Peña, 2014). En el libro, entonces, se articulan investigaciones alrededor de temas como la influencia de las ciencias básicas en la resolución de problemas, el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), las tendencias tecnológicas para el desarrollo sostenible en varios sectores, diseño de sistemas, metodologías aplicadas en el desarrollo empresarial y evaluación de propiedades de los materiales. Todo esto bajo la premisa de la investigación como herramienta para el progreso del contexto social.

En este contexto se presentan, entonces, algunos estudios dirigidos al entendimiento del comportamiento de sistemas, sus propiedades y aplicaciones en la industria. Por un lado, se muestra el estudio de la viscosidad y la conductividad de líquidos iónicos observando propiedades baja volatilidad y un gran rango de temperaturas que permite que sean una importante alternativa para su uso como disolventes en la industria química, así como en dispositivos (como baterías) dando paso a más investigaciones por hacer en este campo. Por otro lado, se puede encontrar con el desarrollo de un sistema de reciclaje de papel y cartón para el desarrollo de productos de uso general, lo que constituye no solo una propuesta de negocio, sino una alternativa para el desarrollo sostenible, un tema de gran impacto bajo un periodo enfocado en el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), donde se hace

aprovechamiento de residuos sólidos. Y asociado a la óptima toma de decisiones para el diseño, control y mejora de un entorno productivo, se estudia una metodología llamada *valor-minuto* que consta de definir, clasificar y consolidar todos los costos de una empresa, proceso o actividad con el fin de calcular el valor por minuto para así tener la opción de tomar mejores decisiones en los movimientos de las compañías en un mercado competitivo y cambiante.

En los últimos años, un tema de gran relevancia ha sido el uso de las TIC como herramienta, no solo informática sino para la integración de saberes y experiencias en diversos temas y situaciones, ofreciendo condiciones donde el usuario desarrolle capacidades creativas, innovadoras y críticas (Delgado *et al.*, 2009). En el entorno educativo se hace una aproximación del uso de la teoría de las situaciones didácticas que permite integrar el uso del *software* y el *hardware*, como el programa Geogebra, en las aulas para el aprendizaje de asignaturas de matemáticas que son de gran importancia en cursos de ingeniería. Otro caso abordado trae el uso de la tecnología de realidad aumentada (RA) como una herramienta usada para la apropiación de la comunidad del patrimonio cultural e histórico que posee y su importancia dentro de la ciudad. En específico se hace el ejercicio investigativo aplicado al desarrollo de una aplicación de realidad aumentada a la Plaza Cisneros en Medellín para reactivar la enseñanza del patrimonio histórico del lugar.

Una herramienta utilizada también de manera usual en los ejercicios experimentales, sobre todo para el estudio y discusión de las tendencias tecnológicas e investigativas, es la bibliometría, la cual permite estudiar la naturaleza y el curso de una disciplina a través de las publicaciones e información que se encuentre de ella y que lo hace bajo tres aspectos: actividad, productividad y progreso científico (Sancho, 2002). Se abordan análisis bibliométricos hechos desde el desarrollo sostenible y la innovación. Si bien se estudian las tendencias de ecoinnovación en el sector de la construcción que ayuda a determinar las rutas de investigación y de las tecnologías aplicadas a este sector, dejando clara la importancia del entendimiento del impacto ambiental del uso de los recursos y energía en el desarrollo constructivo, así como la integración de materiales naturales en los diferentes procesos. Así mismo, se tiene un análisis a la evolución de las tecnologías utilizadas para la sostenibilidad energética, siendo este un gran tema de interés pues involucra al sector residencial y al industrial dentro de sus propios niveles de demanda energética.

Por último, la educación ingenieril es un tema que ha cobrado cada vez más importancia, por lo que se han estudiado enfoques asociados a las habilidades matemáticas e ingenieriles. Directamente relacionada se encuentra un estudio sobre el enfoque STEM como herramienta educativa e integradora de las ciencias básicas, tecnología, ingeniería y matemáticas (por sus siglas en inglés) esto dado a la necesidad de formar a profesionales capaces de enfrentarse a los retos del mañana. Bajo esta misma línea, se puede encontrar el estudio de la implementación de proyectos en aula, una propuesta educativa en la que se aplica la física dentro de la solución de problemas para el mejor entendimiento teórico enseñado. Esta propuesta gira alrededor de la pregunta de muchos estudiantes de ingeniería, ¿y esto para que me sirve?, que se vuelve común en las aulas de clase. Así pues, ambos estudios se enfocan a la población objetivo de estudiantes de ingeniería y los retos de formación que tiene la academia y los docentes para un mayor aporte económico y social de los futuros ingenieros.

Capítulo 1

Evolución y tendencias investigativas en educación STEM¹

Alejandro Valencia-Arias²; Mauricio Hincapié³; Orfa Patiño Toro⁴;
Lemy Bran - Piedrahíta⁵; Jefferson Quiroz Fabra⁶; Jackeline Valencia⁷

Resumen

El enfoque educativo STEM surge ante la necesidad de vincular disciplinas como la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas para responder a las dinámicas del mercado cada vez más exigentes, donde se precisa la formación de profesionales en estos campos, capaces no solo de introyectar conocimientos, sino también de desarrollar habilidades útiles en la solución de problemas, por lo cual el interés por la investigación en esta temática es creciente. Así, se realizó un estudio para analizar la producción científica y las tendencias temáticas asociadas a este enfoque a partir de un análisis bibliométrico, partiendo de la revisión de fuentes secundarias de información, donde se empleó una ecuación de búsqueda en Scopus para identificar los indicadores de cantidad y calidad de este subcampo de investigación y, finalmente, presentar los temas crecientes y emergentes en el área de educación STEM. Con ello, fue posible identificar los centros de conocimiento, autores y países con mejores prácticas en el fortalecimiento de la educación STEM, lo que permite

1 Capítulo de libro de investigación resultado del proyecto titulado *Evolución y tendencias investigativas en educación STEM* y realizado entre la Corporación Universitaria Americana, el Instituto Tecnológico Metropolitano, la Fundación Universitaria Católica del Norte y la Institución Universitaria Escolme.

2 Doctor en Ingeniería, Industria y Organizaciones. Magíster en Ingeniería y Sistemas. Corporación Universitaria Americana. Correo electrónico: jvalencia@americana.edu.co

3 Doctor in Engineering Sciences. Magíster en Matemáticas Aplicadas. Corporación Universitaria Americana. Correo electrónico: emhincapie@americana.edu.co

4 Candidata a magíster en Gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional. Administradora Tecnológica. Institución Universitaria Escolme. Correo electrónico: cies4@escolme.edu.co

5 Magíster en Gobierno y Políticas Públicas. Especialista en Gerencia. Fundación Universitaria Católica del Norte. Correo electrónico: lbpiedrahita@ucn.edu.co

6 Ingeniero químico de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Correo electrónico: jsquiroz@unal.edu.co

7 Artista visual e integrante del grupo de investigación en Artes y Humanidades del Instituto Tecnológico Metropolitano. Correo electrónico: lauragaviria@itm.edu.co

plantear una posible agenda investigativa que sea útil para nuevos interesados en la temática.

Palabras clave: análisis cuantitativo, bibliología, matemáticas, método de enseñanza, tecnología avanzada.

Abstract

The STEM educational approach arises from the need to link disciplines such as science, technology, engineering and mathematics, to respond to the increasingly demanding market dynamics, where the training of professionals in these fields is required, not only to introject knowledge, but also to develop skills useful in solving problems; therefore, interest in research in this area is growing. Thus, a study was carried out to analyze the scientific production and thematic tendencies associated with this approach from a bibliometric analysis, based on the review of secondary sources of information, where a Scopus search equation was used to identify quantity indicators and quality of this subfield of research and finally present the growing and emerging issues in the area of STEM education. With this, it was possible to identify the centers of knowledge, authors and countries with best practices in the strengthening of STEM education, allowing to propose a possible research agenda that is useful for new interested in the subject.

Key words: Quantitative analysis, bibliography, mathematics, teaching methods, high technology.

Introducción

La globalización ha sido un fenómeno transformador de las sociedades actuales que ha llevado a nuevas acomodaciones en el orden global desde diferentes perspectivas, donde el Estado, las empresas e instituciones educativas -en todos los niveles formativos- han tenido que ajustarse frente a estas nuevas realidades, pues la misma dinámica globalizadora ha propiciado cambios sustanciales en dimensiones estructurales como el desarrollo social (Flórez *et al.*, 2017).

En este sentido, estas nuevas acomodaciones se vuelven aún más retadoras en el contexto educativo, especialmente desde la llegada del nuevo milenio, con una relación entre la educación y el desarrollo que es cada día más estrecha, donde para contextos como el Latinoamericano, la educación no solo adquiere un rol transformador, sino también crítico y con incidencia clara en los asuntos políticos (Pinto, 2007). No en vano se le atribuye a la educación un impacto claro en el desarrollo social, económico y político de la sociedad, por lo que los gobiernos fomentan reglamentaciones que le lleven al carácter de derecho fundamental (Lara, 2017).

Por tanto, de manera constante las instituciones que fomentan la enseñanza en los diferentes niveles –básica y media, tecnológica y universitaria–, promueven la búsqueda y adopción de nuevos enfoques que permitan una enseñanza congruente con las necesidades del contexto, como es el caso del aprendizaje STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics, por sus siglas en inglés), enfoque educativo que nació en los Estados Unidos en la década de los 90 y que está reconocido por la National Science Foundation (NSF) (Hernández Zapata, 2016). Su surgimiento ha permitido la integración de disciplinas como la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, en función de satisfacer las necesidades del contexto, lo que ha llevado a que sea considerado como un enfoque de educación a través del cual se fomenta no solo el desarrollo de conocimientos en los estudiantes, sino también de habilidades, elementos clave en un panorama donde se habla de la cuarta revolución industrial (Ferrada *et al.*, 2019).

Consecuentemente, su relevancia está dada por la necesidad existente en el mercado para vincular a profesionales en las áreas comprendidas para el desarrollo de productos y servicios innovadores, como científicos, ingenieros y técnicos; son estas disciplinas académicas que promueven el conocimiento, la investigación, el uso de técnicas y el razonamiento, impulsando en el individuo el desarrollo del pensamiento crítico, la actitud investigativa y las competencias encaminadas a la solución de necesidades e invención de productos, diseños y procesos que generen bienestar a las personas que faciliten procedimientos, aceleren la productividad, el crecimiento de las empresas y mejoren el ingreso de las regiones (Hernández Zapata, 2016).

Además, en los últimos años se ha experimentado un gran crecimiento en la importancia del STEM como enfoque educativo, lo que ha provocado que

se tengan más llamados para cambios fundamentales en la enseñanza de estas disciplinas (Eisenhart *et al.*, 2015). Esto también ha generado que se diseñen y desarrollen nuevos programas tanto para la enseñanza a los estudiantes en las diversas disciplinas, como también para los profesores que deben tener unas nuevas habilidades que concuerden con los cambios a los que se enfrentan estas profesiones y el papel del dominio del conocimiento en la sociedad actual (Waltman *et al.*, 2010).

Así, bajo el panorama expuesto se propuso un estudio con el propósito de analizar las tendencias investigativas existentes en la literatura científica especializada sobre el enfoque educativo STEM, expuesto al lector a lo largo de este capítulo. En este sentido, se presenta el abordaje metodológico empleado, donde se realizó una revisión de literatura a partir de un análisis bibliométrico. Posteriormente, se relacionan los resultados obtenidos, mediante el análisis de indicadores de calidad y cantidad de las publicaciones consultadas, así como la presentación de temáticas emergentes según el estudio realizado; y para finalizar, se exponen las principales conclusiones a las cuales fue posible llegar.

1.1 Metodología

El diseño metodológico propuesto para la presente investigación se basó en un enfoque cuantitativo a través de un análisis bibliométrico para la medición estadística de los datos recuperados (Vega-Malagón *et al.*, 2014), sustentado en información recopilada de la base de datos Scopus. Expone un conjunto de indicadores bibliométricos asociados con la cantidad y la calidad, importantes en el logro de los resultados del estudio.

Además, el estudio propuesto exhibe un alcance descriptivo con el objeto de efectuar el registro y presentación pormenorizada de estos datos, en torno al comportamiento y evolución de las diversas variables revisadas en los periodos definidos, convirtiéndose en instrumento efectivo en la construcción de conocimiento científico (Sánchez, Blas y Tujague, 2011), estableciendo como objetivo central analizar las condiciones actuales y tendencias encontradas relacionadas con las investigaciones realizadas sobre el origen de la formación en ciencias, matemáticas, ingenierías y tecnología, de acuerdo con las particularidades de los procesos de investigación llevados a cabo en el período comprendido entre los años 1947 y 2019.

De otro lado, es importante mencionar que en este análisis bibliométrico, se emplearon métodos cuantitativos que permitieron, por medio de estadísticos, examinar diferentes publicaciones del orden científico, favoreciendo la revisión de su avance y resultados más significativos, contribuyendo en la combinación de elementos estadísticos y matemáticos utilizados en la medición de la producción científica en disciplinas específicas del conocimiento. Además de admitir la ejecución de un contraste entre las variables contenidas en el estudio: tipología de las publicaciones, autores, instituciones y países generadores de las producciones, entre otros.

Lo anteriormente señalado, está ligado con el propósito de obtener, resultados caracterizados por la integridad y valor científico, aportando en la exposición de indicadores, a través de métodos sistematizados, usualmente promovidos por los expertos, ayudando en la identificación de conformidades o discrepancias entre los distintos índices de medición valorados (Bordons y Zulueta, 1999; Camps, 2008).

Ahora bien, para el ejercicio de búsqueda de los materiales en la base de datos, fueron considerados términos como: *stem, science, technology, engineering, mathematics, stem cell, education, teaching, learning y training*; con los cuales fue posible construir la ecuación de búsqueda para la captura de la información existente, arrojando un total de 1.619 registros, los cuales se examinaron e interpretaron apoyados de Microsoft Excel.

Adicional a esto, se tuvieron en cuenta en la exploración: el título del documento, las palabras clave, el resumen y algunos operadores lógicos para conseguir información específica y avanzada (Vásquez-Rizo y Gabalán-Coello, 2017). Así, se estableció la siguiente ecuación de búsqueda:

(TITLE (stem OR {STEM (science, Technology, Engineering And Mathematics)}) AND NOT “Stem cell”) AND TITLE (education OR teaching OR learning OR training)).*

En consecuencia, los resultados más importantes del informe mostraron información asociada con los documentos publicados: indicadores de cantidad (revistas más relevantes, productividad de los autores, instituciones y países más sobresalientes) e indicadores vinculados con la calidad, evaluando

el impacto generado por las citaciones obtenidas por cada autor y revista por año de publicación.

1.2 Resultados

De acuerdo con los indicadores mencionados en la sección metodológica, se presentan a continuación los resultados obtenidos para el desarrollo del análisis bibliométrico, en función de los indicadores bibliométricos de cantidad y calidad recopilados a partir de las investigaciones acerca del origen de la formación en ciencias, matemáticas, ingenierías y tecnología.

1.2.1 Productividad anual de las revistas

En cuanto a la cantidad de publicaciones (nivel de productividad anual), los indicadores señalan un interés creciente por la investigación sobre el tema origen de la formación en ciencias, matemáticas, ingenierías y tecnología en los últimos años, no obstante, el periodo en el que se observa mayor desarrollo se dio trece años después de su aparición en el entorno científico. Se destaca cómo el espacio comprendido entre los años 2013 a 2018 exhibe los índices más elevados en producción de artículos referentes a la temática (se generaron hasta 315 productos por año).

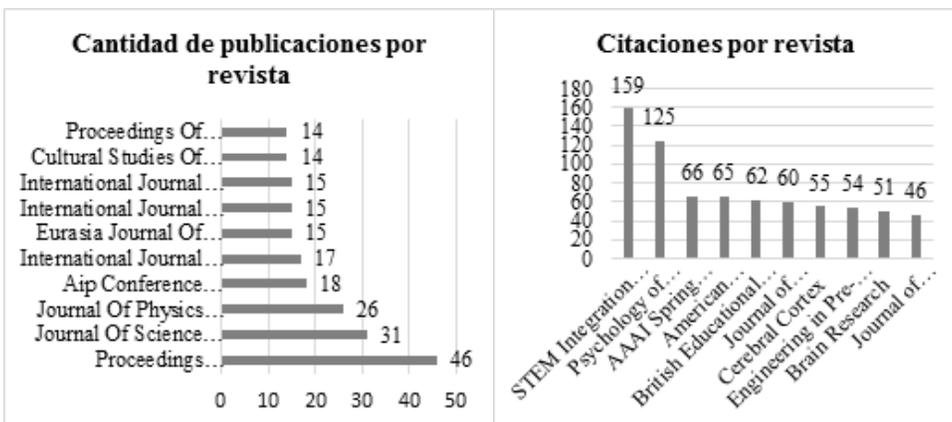


Figura 1. Número de publicaciones y citaciones por revista
Fuente: elaboración propia a partir del análisis bibliométrico.

En la figura 1, se muestran las diez revistas que ocupan los primeros lugares en cuanto a cantidad de publicaciones sobre el tema. En primer lugar *Proceedings Frontiers In Education Conference Fie* con 46 producciones, posteriormente, la revista *Journal Of Science Education And Technology* con 31 documentos, luego aparece *Journal Of Physics Conference Series* con 26 productos, a continuación se encuentran *Aip Conference Proceedings* e *International Journal Of Science Education* con 18 y 17 publicaciones respectivamente. Después, están *Eurasia Journal Of Mathematics Science And Technology Education*, *International Journal Of Engineering Education*, *International Journal Of Technology And Design Education* con 15 publicaciones cada una, y *Cultural Studies Of Science Education*, *Proceedings Of International Conference Of The Learning Sciences Icls* con 14 contribuciones cada una, datos que son significativos al medir la posible existencia de vacíos o singularidades alrededor de las difusiones de las distintas revistas.

En esta misma figura, se pueden también observar las diez principales revistas en relación con la cantidad de citas por publicación obtenidas en el campo del conocimiento estudiado. La producción que ostenta el número más alto de citas por publicación consigue 159 citas y corresponde a *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*, en segundo lugar, se sitúa *Psychology of Learning and Motivation - Advances in Research and Theory* con 125 menciones por publicación, posteriormente se ubican *AAAI Spring Symposium - Technical Report* con 66, *American Educational Research Journal* con 65 y *British Educational Research Journal* con 62 citas respectivamente.

Se obtiene, al realizar la exploración de las revistas, que presentan los indicadores más elevados de productividad que ninguna de las revistas que aparecen en los dos ítems analizados presentan coincidencia en los listados, significa que el grado de productividad de una revista no exterioriza una correlación directa con respecto al índice de citas que pueda alcanzar (Cañedo, Nodarse, Ramos y Guerrero, 2005).

1.2.2 Productividad de los autores

Con relación a los autores más sobresalientes, en el listado de los diez más productivos está en el primer puesto Tamara Moore con once documentos,

seguida de Robert Capraro quien aparece con diez artículos; luego Mary Margaret Capraro, Lyn English y Shi Jer Lou con nueve productos asociados con el tema cada uno; seguidamente, se encuentra Kuo Hung Tseng con ocho, Ruchu Shih y Chokchai Yuenyong con siete y, finalmente, Brian Belland y Christina Carmen con cinco publicaciones cada uno.

De igual forma, en la figura 2 se revelan los indicadores de impacto, permitiendo la identificación de los diez autores más destacados en cantidad de citas por las publicaciones concernientes al tema examinado; sin embargo, este indicador (factor de impacto) puede ocasionar divergencia, debido a que no precisamente valida la calidad en cuanto a la información contenida en el producto, mientras que si exterioriza el impacto del artículo en el contexto científico, dado que es necesario apreciar las diferentes variables que influyen sobre este índice, entre los que se cuentan: el prestigio del científico, institución de afiliación, originalidad del tema tratado, entre otros; componentes que pueden influir en la cantidad de citas en relación con la calidad (Suárez, 2015).

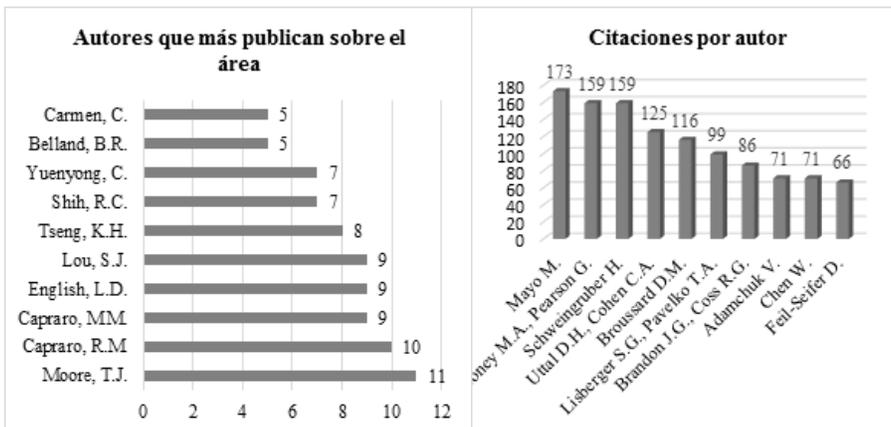


Figura 2. Cantidad de publicaciones y citas de los primeros diez autores
Fuente: elaboración propia a partir del análisis bibliométrico.

No obstante, estos indicadores son asociados en esta investigación a fin de revisar el impacto generado por los diversos autores, además de determinar los referentes para la valoración de la información obtenida. En este orden de ideas, Marguerite Mayo con 173 menciones es la autora con la mayor cantidad, después aparecen Margaret Honey, Greg Pearson y Heidi Schweingruber

con 159 cada uno, posteriormente surgen David Uttal y Cheryl Cohen con 125 cada uno y Dianne Broussard quien ostenta 116 citaciones (ver figura 2). Con relación a esto puede deducirse que los autores mencionados cumplen con los criterios definidos por especialistas (Zulueta, Cabrero y Bordons, 1999).

Con respecto a la anterior clasificación, es evidente que no se presenta correlación entre los autores con mayores índices de productividad y la aludida calidad de las producciones según la cantidad de publicaciones conforme al número de citas alcanzadas. Por otra parte, es importante apreciar de conformidad con la productividad según el tipo de divulgaciones sobre el origen de la formación en ciencias, matemáticas, ingenierías y tecnología, que el 43 % de publicaciones procede de conferencias, y el 40 % son artículos, siendo mecanismos valiosos para los participantes en actividades de intercambio de saberes científicos. También, indica las probables condiciones evolutivas o novedad del tema, se convierte en parte decisiva en el surgimiento de nuevas inquietudes y controversia entre expertos, motivando el aumento de la relevancia y conservación de la vigencia del tema en escenarios científicos.

1.2.3 Productividad de las instituciones y países

Con referencia a la productividad de las instituciones, en la figura 3 se evidencia que las publicaciones son desarrolladas por 160 de estas, de las cuales 101 universidades, es decir el 63,12 % elabora el 80,30 % de las producciones, se muestra en este caso específico, que no es aplicable la ley de Pareto, por tal motivo, se realiza la proporción de universidades acorde al nivel de significancia (cuartiles). Se verifica que el 10,63 % de las instituciones genera el 25,40 % de los productos. Del mismo modo, del análisis estadístico se deriva que el 28,75 % de estas, origina el 50 % de las divulgaciones; mientras que el 55,63 % de las instituciones genera el 75 % de las publicaciones. En adición a esto, puede referirse que el 33,75 % de las universidades produce cuatro o menos de los productos publicados, equivalente al 17,47 %, registrando una baja dispersión del conocimiento alrededor de la temática investigada.

Al mismo tiempo, se resalta cómo las diez universidades ubicadas en los primeros puestos alcanzan el 17,65 % de las publicaciones, donde la Texas A and M University obtiene la mayor cantidad con 36 textos, la Purdue University exhibe 33 documentos, la University of Wisconsin Madison con 20,

seguida de la Michigan State University con 18; luego aparecen Queensland University of Technology QUT y la Curtin University con 16; finalizando el listado se pueden encontrar North Carolina State University, Georgia Institute of Technology, Massachusetts Institute of Technology con 16 artículos publicados cada una y Universitas Pendidikan Indonesia con 14 registros.

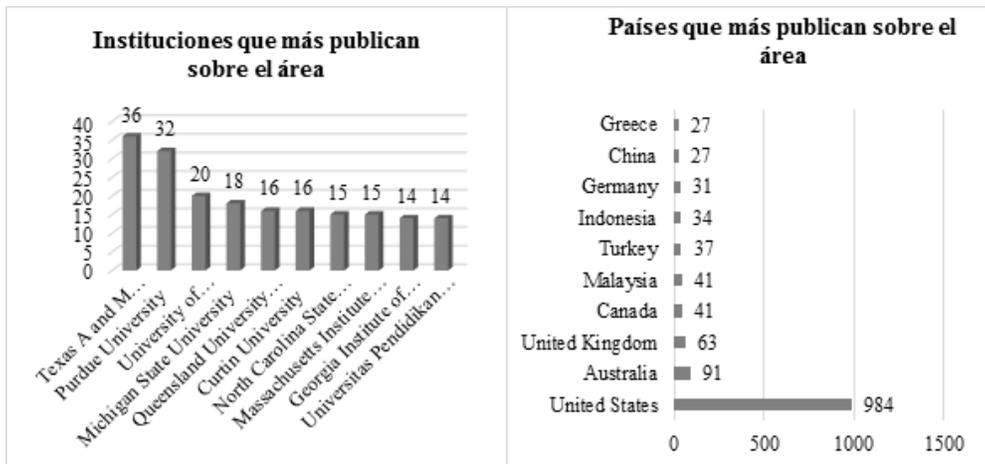


Figura 3. Productividad de las instituciones y los países
Fuente: elaboración propia a partir del análisis bibliométrico.

En lo atinente a los países con más desarrollo en producción y difusión en esta área del conocimiento, se tiene que son un total de 74, de los cuales, el 13,51 % genera el 75,46 % de la producción científica. En la figura 3, se muestra que el país predominante es Estados Unidos con 984 divulgaciones; en segunda instancia, y notándose una significativa diferencia se ubica Australia con 91; luego se sitúan, Reino Unido con 63, Canadá y Malasia con 41 cada uno; después Turquía con 37, Indonesia con 34, Alemania con 31, y cierran este listado China y Grecia con 27 producciones cada uno. De igual forma, los diez países más destacados producen 1.390 publicaciones, de los 1.842 resultados arrojados por la base de datos. Además 25, equivalente al 33,78 % de los países, desarrollan dos o menos artículos por año.

1.2.4 Discusión de temas emergentes

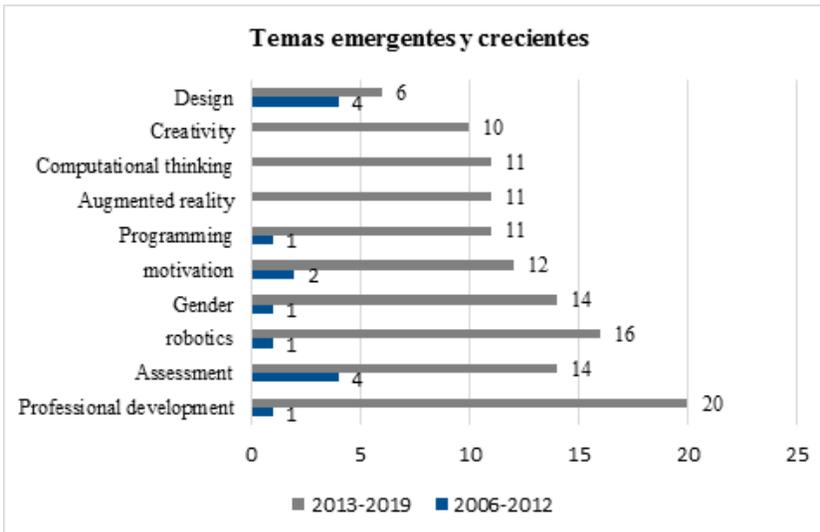


Figura 4. Temas emergentes y crecientes

Fuente: elaboración propia a partir del análisis bibliométrico.

Áreas del conocimiento como la administración, la formación en políticas y sobre todo el desarrollo profesional, representan las áreas emergentes que son influenciadas por el dominio y aplicación de una estructura educativa basada en STEM (Assefa y Abebe, 2013). El desarrollo profesional cobra importancia como uno de los beneficios que se obtienen en la enseñanza bajo el enfoque STEM evidenciado por lo profesores que aplican ese enfoque y que, a pesar de las diferentes barreras de conocimiento y metodologías de la enseñanza, logran buenos avances con resultados positivos en la formación profesional (Margot y Kettler, 2019). Justamente es un reto para los profesores adoptar programas diseñados bajo el enfoque STEM, que se acoplen no solo a las necesidades de los estudiantes, sino también teniendo en cuenta la pedagogía que estos manejan, un programa diseñado de acuerdo con los recursos que se tienen llevará a buenos resultados en el desarrollo profesional de los estudiantes (Dong et al., 2019).

Una tendencia que tiene gran relevancia en este enfoque es la integración de la robótica como una herramienta educativa que acerque a los estudiantes a

las disciplinas relacionadas como la ciencia e ingeniería. El uso de la robótica, por ejemplo, ha podido ayudar en la interpretación y evaluación del uso de programas STEM en el entorno educativo, arrojando también buenos resultados que comprueban el impacto positivo que tiene el enfoque en la enseñanza de las disciplinas relacionadas al mismo (Thomas y Forbes, 2010). Así también, Kim *et al.* (2019) presentan un portal web donde se pueden encontrar herramientas educativas para implementar el enfoque STEM con actividades que promueven la interdisciplinariedad, un factor importante pues invita al trabajo entre pares y el intercambio de conocimiento, así como el aprendizaje mediante el diseño que facilitan la participación estudiantil en el proceso de enseñanza (Bers, 2008).

La robótica ha conseguido permear de una manera más rápida en la mente de los estudiantes adoptando varias maneras de llegar con conceptos propios de STEM bajo una interfaz amigable y de fácil interacción que permite a los estudiantes diseñar, desarrollar y programar sistemas y artefactos interactivos (Ortiz, Bos y Smith, 2015). Uno de los casos exitosos es el de LEGO Mindstorm, una plataforma de interacción en términos de robótica, donde se mezclan ingeniería, mecánica, control y lógica, lo que convierte a la robótica en una herramienta de aprendizaje y de enseñanza muy valiosa (Eguchi, 2012).

Los avances que se han logrado en las disciplinas que abarca el enfoque STEM se han visto enmarcados también bajo una diferencia entre la participación de hombre y mujeres, por lo que hay avances en estudios para el diseño de programas y herramientas que apoyen en el balance de esta participación, integrando una enseñanza mixta y dando mayor relevancia el papel de la mujer temas de ciencia e ingeniería (Herman, 2019).

Según el Reporte de la Comisión Europea (2016), aunque un número considerable de mujeres obtienen títulos de pregrado y maestría en comparación con los hombres, e incluso más elevado, son las mujeres el grupo con menor participación y representación en posiciones académicas de alto rango, esto se ve aún más en las profesiones relacionadas al STEM donde las mujeres siguen siendo subrepresentadas en varios sectores limitados de la ciencia y la ingeniería, como las ciencias físicas, las matemáticas y la estadística, la ingeniería y los oficios de ingeniería, la manufactura y la elaboración, entre otros (Barabino *et al.*, 2019).

Un caso parecido se da en Malasia donde, aunque las mujeres tienen una representación relevante en áreas del STEM, se ve una brecha grande en la ingeniería, pues las mujeres no son contratadas para estas posiciones, para ello el gobierno de este país trabaja para formular soluciones desde la planeación y formulación de políticas que permitan igualar los géneros en las áreas del STEM obedeciendo a los *Objetivos de desarrollo del milenio vision 2020* para el desarrollo de la nación (Ching *et al.*, 2018).

Se proponen entonces algunas estrategias para lograr ese balance, tales como la identificación y promoción de modelos de roles femeninos que logren un equilibrio exitoso entre el trabajo y la vida privada, lo que sirve como una guía para jóvenes estudiantes hacia STEM y como un estímulo para que sigan una carrera científica (Reinking y Martin, 2018). Además, la construcción de programas para el desarrollo de líderes femeninas es otra estrategia en donde las experiencias dadas por programas de intercambio, por ejemplo, promueve que las beneficiarias de estas experiencias asuman nuevos retos profesionales o continúen su camino investigativo, logrando visibilidad dentro de la comunidad académica. También se propone establecer archivos y bases de datos sobre las mujeres en el ámbito de la ciencia, la tecnología y la ingeniería, como un recurso que sirva para su referenciación a futuras generaciones de mujeres líderes (Barabino *et al.*, 2019).

1.3 Conclusiones

Al analizar las principales tendencias y avances investigativos en el campo del aprendizaje de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM), es posible evidenciar un incremento progresivo por su estudio –reflejado en la cantidad de publicaciones existentes–, lo que puede explicarse debido al vertiginoso desarrollo que ha tenido la tecnología en los últimos años y la constante demanda del contexto por desarrollos basados en tecnología de punta, lo cual implica un avance permanente de las disciplinas asociadas al aprendizaje STEM.

Cuando la productividad se analiza en función de los autores, países e instituciones, es relevante destacar el hecho que en su mayoría la producción del campo de conocimiento proviene de países desarrollados y fuertes en el panorama económico global –con excepción de Grecia– en lo cual existe una

lógica mayor que corresponde a las facilidades existentes en este tipo de países –como Estados Unidos, Reino Unido y Alemania– en fortalecer el avance de las tecnologías de punta y estar a la vanguardia frente a un mercado cada vez más competitivo e interconectado, con inversiones significativas desde los presupuestos estatales.

Frente a lo anterior, se plantea una interesante reflexión respecto al rol de América Latina en los avances investigativos en cuanto al aprendizaje STEM, puesto que es conocido que la evolución vertiginosa de las TIC, y su vinculación con la activación de las economías, precisa una consolidación de disciplinas como la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas; por lo cual, el estudio aquí expuesto al lector implica un llamado no solo a las instituciones educativas de los diferentes niveles, sino también a los actores políticos que confluyen en las sociedades latinoamericanas, respecto a la forma como pueden promoverse políticas que afiancen estas disciplinas, y por tanto, desarrollar conocimientos y habilidades clave que conduzcan al crecimiento económico y mejoramiento de la competitividad regional, donde el incremento de la inversión en este frente es crucial.

Además, como se pudo identificar en el estudio, frente a estas disciplinas existe otro reto adicional tanto para los Estados desarrollados que ya han venido avanzando en el análisis del aprendizaje STEM, como para aquellos en vías de desarrollo, que atañe a la igualdad de género, pues como se evidenció, frente a estas disciplinas existe aún una marcada brecha de acceso a oportunidades entre hombres y mujeres; lo que constituye un importante llamado en una sociedad globalizada donde el sesgo por género continúa permeando todas las dimensiones sociales, por lo cual el sector educativo precisa asumir un rol clave para hacer frente a este fenómeno que perpetúa la exclusión y limitación de oportunidades para las mujeres, subvalorando sus capacidades en el campo de conocimiento.

Igualmente, es preciso considerar que entre las implicaciones del estudio expuesto, radica la posibilidad de identificar por parte de nuevos autores interesados en las investigaciones sobre este campo de conocimiento, temáticas emergentes vinculadas con el aprendizaje STEM, como son el desarrollo profesional, la evaluación, asuntos de género y robótica, con lo cual, para el caso específico de la comunidad científica latinoamericana, queda planteada una ruta de investigación que permita dimensionar la importancia de disci-

plinas científicas, tecnológicas, ingenieriles y matemáticas en el crecimiento económico de la región, donde el fortalecimiento vía políticas públicas, como mecanismo de intervención estatal, es la acción clave.

Referencias

- Assefa, S. G. y Abebe, R. (2013). A bibliometric mapping of the structure of STEM education using cword analysis. *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.* 64(12), 2513–2536.
- Barabino, G., Frize, M., Fatimah, I., Kaldoudi, E., Lenka, L., Marcu, L., Stoeva, M., Tsapaki, V. y Bezak, E. (2019). Solutions to Gender Balance in STEM Fields Through Support, Training, Education and Mentoring: Report of the International Women in Medical Physics and Biomedical Engineering Task Group. Science and Engineering Ethics.
- Barker, B. S., Nugent, G., Grandgenett, N. y Adamchuk, V. (Eds.), Robots in K-12 education: A new technology for learning (pp. 1–30). Hershey: Information Science Reference.
- Bers, M. U. (2008). *Blocks to robots: Learning with technology in the early childhood classroom*. Nueva York: Teachers College Press.
- Bordons, M. y Zulueta, M. A. (1999). Evaluación de la actividad científica a través de indicadores bibliométricos. *Revista Espa de Cardiología*, 52(10), 790–800. [https://doi.org/DOI: 10.1016/S0300-8932\(99\)75008-6](https://doi.org/DOI: 10.1016/S0300-8932(99)75008-6)
- Camps, D. (2008). Limitaciones de los indicadores bibliométricos en la evaluación de la actividad científica biomédica. *Colombia Médica*, 39(1), 74–79.
- Cañedo, R., Nodarse, M., Ramos, R. E. y Guerrero, J. C. (2005). Algunas precisiones necesarias en torno al uso del factor de impacto como herramienta de evaluación científica. *Acimed*, 13(5), 1–16.
- Ching, S., Wong, Y., Low, W., Mohd, S., Fazli-Khalaf, Z., Onyeneho, N., Daniel, E., Azizan, S., Hasbullah, M. y GinikaUzoigwe, A. (2018) Swimming

against the tide in STEM education and gender equality: a problem of recruitment or retention in Malaysia. *Studies in Higher Education*, 43(11), 1793-1809.

Dong, Y., Xu, C., Song, X., Fu, Q., Chai, C. S. y Huang, Y. (2019). Exploring the effects of contextual factors on in-service teachers' engagement in STEM teaching. *Asia-Pacific Education Researcher*, 28(1), 25-34.

Eguchi, A. (2012). *Educational robotics theories and practice: Tips for how to do it right*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/291761889_Educational_robotics_theories_and_practice_Tips_for_how_to_do_it_right/citation/download

Eisenhart, M., Weis, L., Allen, C. D., Cipollone, K., Stich, A. y Domínguez, R. (2015). High school opportunities for STEM: Comparing inclusive STEM-focused and comprehensive high schools in two US cities. *J. Res. Sci. Teach.* 52(6), 763-789.

European Commission. (2016). *She Figures 2015: Gender in Research and Innovation*, European Union, Publications Office of the European Union, Luxemburg, 2016. <https://doi.org/10.2777/744106>.

Ferrada, C., Díaz, D., Salgado, N y Puraivan, E. (2019). Análisis bibliométrico sobre educación STEM. *Revista Espacios*, 40(8), 1-12.

Flórez, M., Aguilar, A., Hernández, Y., Salazar, J., Pinillos, J y Pérez, C. (2017). Sociedad del conocimiento, las TIC y su influencia en la educación. *Revista Espacios*, 38(35); 1 -12.

Herman, C., Gracia, R., Macniven, L., Clark, B. y Doyle, G. (2019). Using a blended learning approach to support women returning to STEM. *Open Learning*, 34(1), 40-60.

Hernández Zapata, L. B. (2016). Determinantes de elección de carreras STEM de los estudiantes de educación pública del municipio de Dosquebradas. Recuperado de <http://repository.eafit.edu.co/handle/10784/11662>

Kim, C., Yuan, J., Kim, D., Doshi, P., Thai, C. N., Hill, R. B. y Melias, E. (2019).

Studying the usability of an intervention to promote teachers' use of robotics in STEM education. *Journal of Educational Computing Research*, 56(8), 1179-1212.

Lara, M. (2017). El derecho a la educación en la medición de pobreza: un análisis complejo. *Educación y Humanismo* 19(33), 386 – 397.

Margot, K. C. y Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(1), doi:10.1186/s40594-018-0151-2

Ortiz, A. M., Bos, B., & Smith, S. (2015). The power of educational robotics as an integrated STEM learning experience in teacher preparation programs. *Journal of College Science Teaching*, 44(5), 42.

Osborne, R. B., Thomas, A. J. y Forbes, J. (2010). Teaching with robots: A servicelearning approach to mentor training. In Proceedings of the 41st ACM technical symposium on computer science education (pp. 172–176). Nueva York: ACM.

Pinto, R. (2007). Educación y desarrollo: relación permanente en la práctica, conceptos equívocos y diferentes en los discursos políticos. *REXE – Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 6(11), 49–67.

Reinking, A. y Martin, B. (2018). The gender gap in STEM fields: Theories, movements, and ideas to engage girls in STEM. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 7(2), 148–153.

Sánchez, M. J., Blas, H. y Tujague, M. P. (2011). El análisis descriptivo como recurso necesario en Ciencias Sociales y Humanas. *Fundamentos en Humanidades*, XI(22), 103–116.

Suárez, M. (2015). El empleo de la bibliometría para analizar la actividad científica. *Revista de la Sociedad Cubana de Química*, 2(1), 13–16.

Vásquez-Rizo, F. E. y Gabalán-Coello, J. (2017). Agregando valor a las IES a través de la búsqueda y selección de información. *Prisma Social: Revista de Investigación Social*, (18), 592–602.

- Vega-Malagón, G., Ávila-Morales, J., Vega-Malagón, A. J., Camacho-Calderón, N., Becerril-Santos, A. y Leo-Amador, G. E. (2014). Paradigmas en la investigación. Enfoque cuantitativo y cualitativo. *European Scientific Journal*, 10(15), 523–528.
- Waltman, L., Van Eck, N. J., Noyons, E. C. (2010). A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks. *J. Informetr*, 4(4), 629–635.
- Zulueta, M. A., Cabrero, A. y Bordons, M. (1999). Identificación y estudio de grupos de investigación a través de indicadores bibliométricos. *Revista Española de Documentación Científica*, 22(3), 333–347.

Capítulo 2

Estudio de la viscosidad y conductividad de líquidos iónicos a base del *piridinium*¹

Diego Fernando Montaña Montoya²

Resumen

En el presente trabajo contribuiremos con el estudio de una propiedad de transporte muy importante en campos científicos e industriales como lo es la conductividad iónica y su dependencia con la temperatura. Dicho estudio se realizará sobre una serie de líquidos iónicos (LI) puros basados en el anillo piridínico con el fin de poder ampliar la base de datos de este tipo de compuestos, y sus posibles aplicaciones en el área de la electroquímica.

Para la correlación de las propiedades estudiadas en este trabajo utilizaremos la ecuación de Vogel-Fulcher-Tammann (VFT), que es una expresión empírica que describe de una forma muy acertada el comportamiento de nuestros líquidos, las gráficas de Walden para clasificar y estudiar la ionicidad de estos fluidos y las gráficas de Arrhenius para analizar el concepto de fragilidad de los LI y explicar el comportamiento de estos sistemas en términos de las estructuras e interacciones de los iones que los conforman y poder extender el estudio con la comparación de series homologas de dichos LI.

Los líquidos iónicos están acaparando un gran interés por parte de la comunidad científica dadas las increíbles propiedades que presentan. Su baja volatilidad y el elevado rango de temperaturas en que se encuentran en estado líquido los convierten en potenciales sustitutos de los disolventes orgánicos habitualmente usados en la industria química.

Las aplicaciones electroquímicas constituyen uno de los campos más estudiados de estos compuestos. Las propiedades que muestran hacen posible su

¹ Capítulo de libro de investigación resultado del proyecto titulado *Estudio de las propiedades fisico-químicas de líquidos iónicos* financiado por Fundación Carolina y Banco Santander.

² Químico de la Universidad del Valle. Doctor en Ciencias Químicas de la Universidad de Zaragoza, España. Corporación Universitaria Americana. Correo electrónico: dmontano@americana.edu.co

uso en dispositivos tales como baterías y supercondensadores o como disolventes para la electrodeposición de metales y de semiconductores. Por ello, los conocimientos en esta área son primordiales para progresar en el estudio de las propiedades que presentan y de este modo hacer factible el verdadero potencial de los líquidos iónicos.

Palabras clave: líquidos iónicos, conductividad, viscosidad, solventes no volátiles, estabilidad.

Abstract

In this work, ionic conductivity data as a function of temperature in the pyridinium-based ionic liquids 1-butylpyridinium tetrafluoroborate, 1-butylpyridinium triflate, 1-butyl-2-methylpyridinium tetrafluoroborate, 1-butyl-3-methylpyridinium tetrafluoroborate, 1-butyl-4-methylpyridinium tetrafluoroborate, 1-butyl-3-methylpyridinium dicyanamide, and 1-octyl-3-methylpyridinium tetrafluoroborate, are reported. A comparison of results for this series of ionic liquids has been used to evaluate the influence of the ionic structural characteristic in this transport property. Temperature dependence of experimental values has been fitted by means of the Vogel–Fulcher–Tammann equation, and from their parameters, maximum conductivity and activation energy for conduction have been derived. From conductivity parameters and the glass transition temperature, a detailed analysis has been performed in fragility terms. Finally, the classical Walden rule has been used to classify the ionic liquids depending on the relationship between conductivity and fluidity.

Key words: Ionic liquids, Conductivity, Viscosity, Non volátil solvents, stability.

Introducción

En el presente trabajo contribuiremos con el estudio de una propiedad de transporte muy importante en campos científicos e industriales como lo es la conductividad iónica y su dependencia con la temperatura. Dicho estudio se realizará sobre una serie de líquidos iónicos (LI) puros basados en el anillo

piridínico con el fin de poder ampliar la base de datos de este tipo de compuestos, y sus posibles aplicaciones en el área de la electroquímica.

Para complementar el análisis de los líquidos estudiados, haremos uso de otra propiedad de transporte muy importante: la viscosidad dinámica y de la temperatura de transición vítrea, T_g , propiedades que han sido medidas previamente por nuestro grupo de investigación (Bandres 2008). Los resultados serán correlacionados de diferentes formas para poder comparar el comportamiento de estos líquidos, y los factores que afectan sus propiedades.

Para la correlación de las propiedades estudiadas en este trabajo utilizaremos la ecuación de Vogel-Fulcher-Tammann (VFT), que es una expresión empírica que describe de una forma muy acertada el comportamiento de nuestros líquidos, las gráficas de Walden para clasificar y estudiar la ionicidad de estos fluidos y las gráficas de Arrhenius para analizar el concepto de fragilidad de los LI y explicar el comportamiento de estos sistemas en términos de las estructuras e interacciones de los iones que los conforman y poder extender el estudio con la comparación de series homologas de dichos LI.

Los líquidos iónicos están acaparando un gran interés por parte de la comunidad científica dadas las increíbles propiedades que presentan. Anastas (1998); Lancaster (2002); MacFarlane (2007). Su baja volatilidad y el elevado rango de temperaturas en que se encuentran en estado líquido los convierten en potenciales sustitutos de los disolventes orgánicos habitualmente usados en la industria química (Brennecke, 2001).

Las aplicaciones electroquímicas constituyen uno de los campos más estudiados de estos compuestos. Las propiedades que muestran hacen posible su uso en dispositivos tales como baterías y supercondensadores, o como disolventes para la electrodeposición de metales y de semiconductores. Por ello, los conocimientos en esta área son primordiales para progresar en el estudio de las propiedades que presentan y de este modo hacer factible el verdadero potencial de los líquidos iónicos.

El desarrollo de este trabajo ha implicado varias etapas íntimamente conectadas, el trabajo de búsqueda bibliográfica es una tarea imprescindible para conocer los antecedentes de los estudios desarrollados por la comunidad

científica en una determinada área y aprovechar datos y resultados importantes que puedan contribuir al tema a investigar.

Posteriormente se realizan las medidas experimentales. Más concretamente, se determinó la conductividad eléctrica de los sistemas que se describen en el siguiente apartado en un amplio rango de temperaturas, mediante la utilización de los equipos del laboratorio del grupo de investigación y siguiendo un adecuado protocolo de trabajo en laboratorio.

Una vez se tienen las medidas de interés, se lleva a cabo el tratamiento matemático de las mismas, en el cual se determina la tendencia de los valores obtenidos y se ajustan a algún tipo de ecuación, con el fin de visualizar y analizar la concordancia de nuestras medidas y determinar las bondades de dichos modelos de correlación.

A partir de los datos experimentales de la conductividad eléctrica para cada uno de los LI, y mediante la utilización de la ecuación de VFT y del cálculo de sus parámetros, podemos llegar a calcular el índice de fragilidad y la energía de activación de cada uno de estos fluidos. Además, mediante la representación de Walden lograremos clasificar los LI aquí estudiados, de acuerdo a su ionicidad, y de la relación entre la conductividad y la fluidez del medio en el cual los iones se mueven. Finalmente, tras obtener y realizar la descripción del comportamiento de cada LI, se logra analizar e interpretar los resultados obtenidos y sacar las conclusiones más relevantes.

2.1 Procedimiento experimental

Las medidas experimentales de la conductividad eléctrica para los líquidos iónicos seleccionados para este trabajo, fueron realizadas desde 278,15 K hasta 338,15 K. En la tabla 1 se muestran los líquidos iónicos utilizados en este trabajo, suministrados por las casas comerciales Solvent Innovation (*) y IoLiTec (**), junto con su abreviatura y la pureza que presentan.

Muchos estudios destacan el carácter higroscópico de los LI. Seddon (2000). Independientemente de su naturaleza hidrofílica o hidrofóbica, todos ellos pueden absorber agua de la atmósfera en grandes cantidades. Por ello, con el objetivo de disminuir lo máximo posible la cantidad de agua que pue-

dan contener, los líquidos se someten a vacío de aproximadamente 0,05 kPa durante 24 horas y se almacenan en un desecador antes de su uso.

Tabla 1. Nombre y pureza de los productos utilizados

Compuesto	Abreviatura	Pureza
Tetrafluoroborato de N-butilpiridinio**	[bpy][BF ₄]	99 %
Tetrafluoroborato de N-butil-2metilpiridinio**	[b2mpy][BF ₄]	99 %
Tetrafluoroborato de N-butil-3-metilpiridinio*	[b3mpy][BF ₄]	99 %
Tetrafluoroborato de N-butil-4-metilpiridinio*	[b4mpy][BF ₄]	99 %
Triflato de N-butilpiridinio**	[bpy][CF ₃ SO ₃]	99%
Tetrafluoroborato de N-octil-3-metilpiridinio*	[o3mpy][BF ₄]	98%
Dicianamida de N-butil-3-metilpiridinio*	[b3mpy][N(CN) ₂]	98%

2.2 Metodología de trabajo

Con el propósito de eliminar las trazas de humedad que puedan traer los LI y evitar que interfiera en las medidas de la conductividad eléctrica, se someten a vacío todos los líquidos puros dispuestos en pequeños frascos de vidrio con agitación constante durante un tiempo mínimo de 24 horas a temperatura ambiente a unos 0,5 kPa. Posteriormente se dejan reposar en un desecador antes de iniciar las medidas.

Conductímetro: las medidas de conductividad se han realizado con un conductímetro CRISON GLP 31, equipado con una célula de medida de placas de platino platinado. Este tipo de conductímetro lleva en la memoria las tablas de conductividad a distintas temperaturas de los patrones. La célula de medida la cual es la parte crítica en la medida de la conductividad, ha sido calibrada con los dos patrones recomendados por el fabricante de 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 12,88 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El rango de las medidas de conductividad varía desde 0,01 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a 200 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, con una reproducibilidad $\leq 0,1 \%$ y con un error de $\leq 0,5 \%$, mientras que el rango de temperatura va desde -10 a 110 °C con una reproducibilidad $\leq 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ y un error de $\leq 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$.

La imagen general que se propone para la interpretación de la conductividad en los LI es que las movilidades iónicas, las cuales se relacionan directamente con los valores de conductividad eléctrica, están fuertemente influen-

ciadas por la naturaleza exacta de las interacciones entre aniones y cationes. Dichas interacciones son básicamente debidas a las interacciones coulómbicas entre las cargas de los iones, y las interacciones de Van der Waals.

Esta propiedad nos informa acerca de la movilidad de los iones y del número de iones involucrados en los procesos de conducción. Desde el punto de vista práctico esta es una magnitud importante para desarrollar los usos propuestos de los LI en aplicaciones electroquímicas. Desde el punto de vista teórico, nos proporciona información de las interacciones responsables de las características únicas de los LI, así como de la relación de los mismos con las características estructurales de estos fluidos que permitirán en un futuro establecer correlaciones entre ellas.

Para llegar a comprender cómo las características estructurales de los iones afectan drásticamente las propiedades de estos sistemas, es imprescindible conocer las conductividades de estos líquidos. Por ejemplo, comparando los resultados de LI que contienen el mismo catión y variando el anión, se puede evaluar el efecto de este último. Asimismo, se pueden hacer variaciones en el tamaño de las cadenas alquílicas de los sustituyentes, y en la posición de los sustituyentes en el anillo piridínico para ver su influencia.

Según la teoría de huecos para propiedades de transporte en sales fundidas, una ecuación tipo Arrhenius para la dependencia de la temperatura de la conductividad eléctrica es: Wasserscheid (2003); Bockris (1998).

$$\sigma = \sigma_{\infty} \exp\left(-\frac{E_a}{k_B T}\right) \quad (1)$$

Donde E_a es la energía de activación para la conducción eléctrica (la cual indica la energía que se necesita para que un ion pueda saltar a un hueco libre), σ_{∞} es la máxima conductividad eléctrica (que podría tener a temperatura infinita), y k_B es la constante de Boltzman. Sin embargo, nuestros datos no siguen un comportamiento estrictamente Arrhenius dado por la ecuación (1). MacFarlane (2000). Su dependencia de la temperatura se ajusta muy bien a la ecuación VFT de la forma:

$$\sigma = A \exp\left(-\frac{B}{T - T_0}\right) \quad (2)$$

Donde A, B y T_0 son los parámetros de ajuste de la ecuación, obtenidos a partir de los datos experimentales de conductividad. Por tanto, la versión modificada de la ecuación VFT consecuentemente se podrá escribir como:

$$\sigma = \sigma_\infty \exp\left(-\frac{E_a}{k_B(T - T_0)}\right) \quad (3)$$

Que es la ecuación utilizada para el ajuste de los datos experimentales de conductividad y viscosidad en este trabajo. Ambas ecuaciones, VFT y Arrhenius, se usan frecuentemente para explicar el comportamiento con la temperatura de diferentes magnitudes físicas, incluyendo la conductividad, la viscosidad. Análogamente, se ha empleado la siguiente ecuación VFT para el ajuste de los datos de la viscosidad: Tamman (1926); Vogel (1921).

$$\eta = \eta_0 \exp\left(\frac{B}{T - T_0}\right) \quad (4)$$

Donde η_0, B y T_0 son los parámetros de ajuste obtenidos a partir de los datos experimentales de viscosidad.

2.3 Resultados experimentales

En la figura 5 (a) y (b) se representan las gráficas tipo Arrhenius para la conductividad y la viscosidad respectivamente de los siete líquidos iónicos investigados en este trabajo en el rango de temperaturas desde 278,15 K a 338,15 K. Junto con los datos experimentales aparecen los ajustes con la ecuación VFT en línea continua en donde podemos observar el buen comportamiento de nuestros datos y dicha ecuación.



En la figura 5 (a) y (b), se representan las gráficas tipo Arrhenius tanto para la conductividad como para la viscosidad, pero haciendo la comparación en cada caso del efecto que producirá en dichas propiedades la variación del anión. En la figura 6 (a) y (b) el efecto que producirá la longitud de la cadena alquílica en el catión y en la figura 7 (a) y (b) el efecto de la posición del grupo metilo en el anillo piridínico respectivamente.

En la tablas 2 y 3 (anexas al final del documento) se recogen los resultados experimentales obtenidos para la conductividad y la viscosidad dinámica de cada líquido iónico a todas las temperaturas de trabajo. Se observa que para tres de los LI las dos propiedades no han sido medidas en todo el rango de temperatura debido a que físicamente el fluido no lo ha permitido.

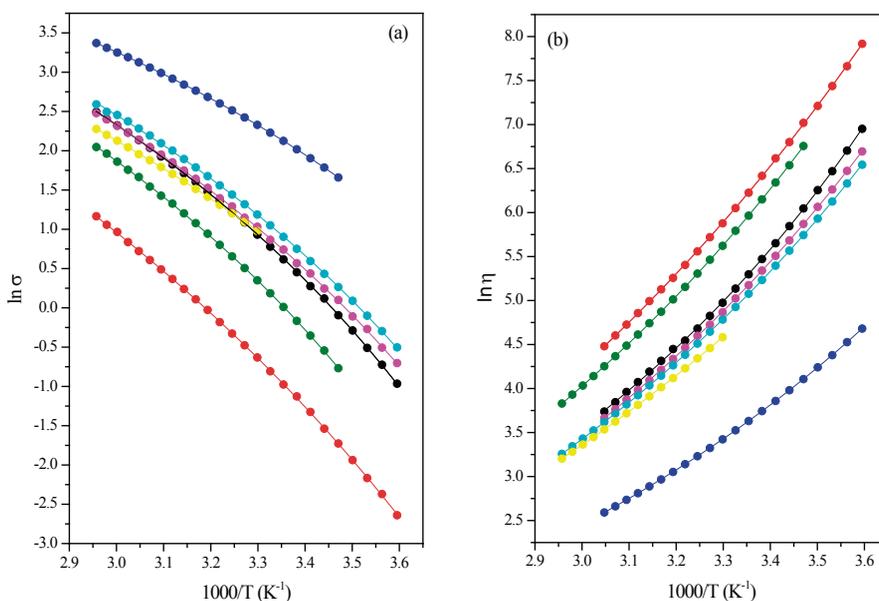


Figura 5. Gráfica tipo Arrhenius para la conductividad (a) y para la viscosidad (b) de los líquidos iónicos investigados: [b3mpy][BF₄](●), [b4mpy][BF₄](●), [b3mpy][N(CN)₂](●), [o3mpy][BF₄](●), [bpy][BF₄](●), [b2mpy][BF₄](●), [bpy][CF₃SO₃](●)

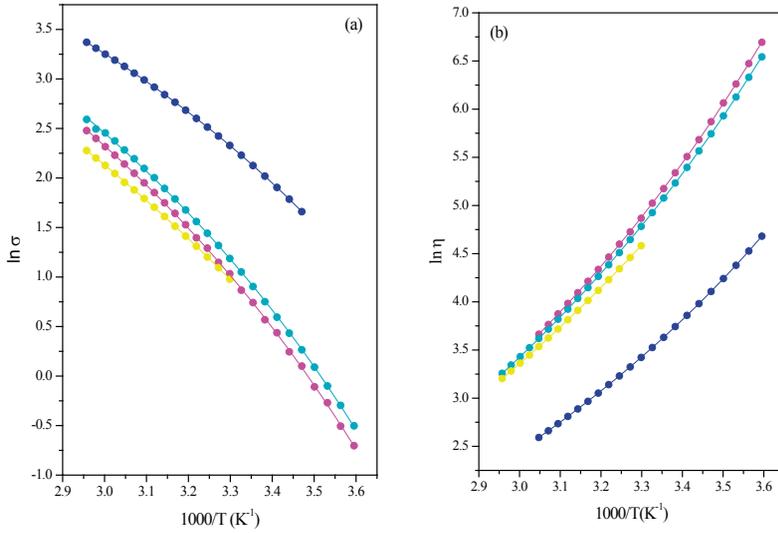


Figura 6. Gráfica tipo Arrhenius para la conductividad (a) y para la viscosidad (b), visualizando el efecto del anión: [b3mpy][BF₄](●), [b3mpy][N(CN)₂](●), [bpy][BF₄](●), [bpy][CF₃SO₃](●).

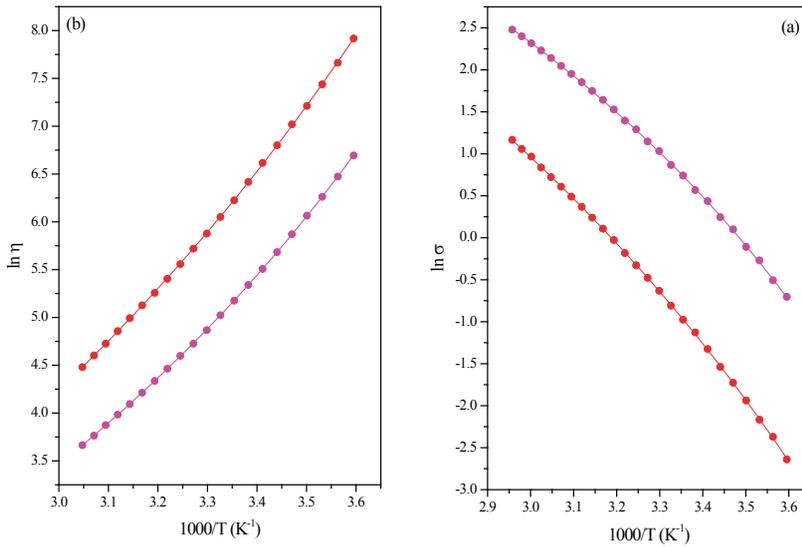


Figura 7. Gráfica tipo Arrhenius para la conductividad (a) y para la viscosidad (b), visualizando el efecto del tamaño de la cadena alquílica: [b3mpy][BF₄](●), [o3mpy][BF₄](●).

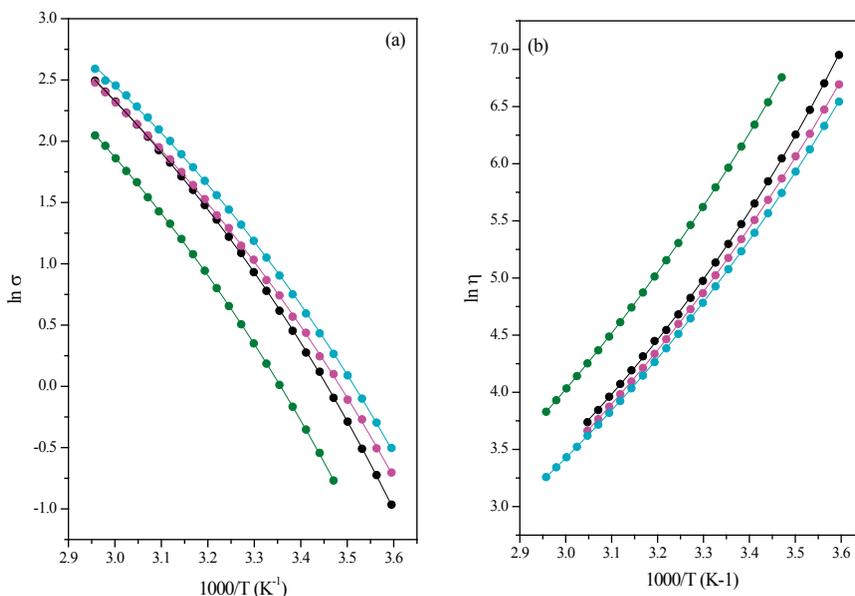


Figura 8. Gráfica tipo Arrhenius para la conductividad (a) y para la viscosidad (b), visualizando el efecto de la posición del grupo metilo en el anillo piridínico: [bpy][BF₄](●), [b3mpy][BF₄](●), [b4mpy][BF₄](●), [b2mpy][BF₄](●).

2.4 Conclusiones

Se ha contribuido con nuevas medidas de conductividad de siete líquidos iónicos basados en el anillo piridínico y combinados con tres aniones diferentes.

Se han encontrado importantes variaciones en la conductividad y la viscosidad de los LI estudiados en este trabajo, debido a efectos del tamaño de la cadena alquílica, del anión, y de la posición del grupo metilo en el anillo piridínico.

Está claro que la conductividad iónica depende estrictamente de la movilidad intrínseca de cada ion, pero que esta, a su vez, se puede ver alterada por el medio en el cual dicho ion se mueve debido a las distintas interacciones que puedan surgir entre las diferentes especies o combinaciones de iones en los distintos líquidos iónicos.

Nuestros líquidos iónicos se ajustan muy bien a la ecuación de tipo VFT, por lo cual se clasifican como frágiles, pero con propiedades de transporte deseables en un buen LI, como son buena conductividad y baja energía de activación para la conducción, lo que los hace buenos candidatos en aplicaciones electroquímicas en particular el [b3mpy][N(CN)₂](●).

En este estudio, se puede ver que los líquidos más frágiles son también los que tienen una menor Tg: [b3mpy][N(CN)₂](●) y [bpy][BF₄](●), esto significa que sus propiedades de transporte variarán más fácilmente que en el resto de los líquidos cerca a la transición vítrea.

Se observa cómo el aumento del tamaño de la cadena alquílica incrementa las fuerzas de Van der Waals, produciendo decrecimiento en la fragilidad del LI, disminuyendo su movilidad y, así mismo, su conductividad, pero aumentando considerablemente la viscosidad del fluido.

Referencias

- Anastas. P. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford: Oxford University Press.
- Bandrés, I. (2008). Thermophysical comparative study of two isomeric pyridinium-based ionic liquids. *J. Phys. Chem. B*, 112, 3077–3084.
- Bandrés, I. (2009). Thermophysical properties of N-Octyl-3-methylpyridinium tetrafluoroborate. *J. Chem. Eng. Data*, 54, 236–240.
- Bandrés, I. (2008). Physicochemical Characterization of n-Butyl-3-methylpyridinium Dicyanamide Ionic liquid. *J. Phys. Chem. B*, 112, 12461–12467.
- Bockris. J. (1998). *Modern Electrochemistry*. Nueva York: Plenum Press

Lancaster. M. (2002). *Green Chemistry: An Introductory Text*. Londres: The Royal Society of Chemistry.

Seddon. K. (2000). Influence of chloride, water, and organic solvents on the physical properties of ionic liquids. *Pure Appl. Chem.*, 72(12), 2275-2287.

Wasserscheid. P. (2003). *Ionic Liquids in Synthesis*, Wiley-VCH. Verlag: Weinheim.

ANEXO

Tabla 2. Resultados experimentales para la conductividad s de los líquidos iónicos estudiados a todas las temperaturas de trabajo

T (K)	[b4mpy] [BF4] (●)	[o3mpy] [BF4] (●)	[b3mpy] [BF4] (●)	[b3mpy] [N(CN)2] (●)	[bpy][BF4] (●)	[b2mpy] [BF4] (●)	[bpy][CF- 3SO3] (●)
	s (mS·cm ⁻¹)	s (mS·cm ⁻¹)	s (mS·cm ⁻¹)	s (mS·cm ⁻¹)	s (mS·cm ⁻¹)	s (mS·cm ⁻¹)	s (mS·cm ⁻¹)
278,15	0,381	0,0714	0,495		0,605		
280,65	0,485	0,0935	0,603		0,744		
283,15	0,601	0,1146	0,764		0,905		
285,65	0,750	0,144	0,897		1,094		
288,15	0,911	0,178	1,106	5,26	1,304	0,464	
290,65	1,127	0,215	1,278	5,97	1,542	0,581	
293,15	1,318	0,266	1,549	6,72	1,813	0,703	
295,65	1,574	0,324	1,766	7,53	2,12	0,847	
298,15	1,854	0,377	2,10	8,38	2,47	1,012	
300,65	2,18	0,446	2,38	9,30	2,86	1,204	
303,15	2,54	0,532	2,81	10,27	3,28	1,420	2,66
305,65	2,97	0,621	3,15	11,29	3,74	1,660	2,99
308,15	3,39	0,721	3,64	12,36	4,23	1,926	3,33
310,65	3,90	0,834	4,04	13,49	4,76	2,23	3,71
313,15	4,39	0,974	4,61	14,66	5,35	2,57	4,11
315,65	4,97	1,115	5,17	15,88	5,98	2,94	4,54
318,15	5,55	1,271	5,75	17,15	6,65	3,33	5,01
320,65	6,21	1,445	6,38	18,49	7,41	3,77	5,50
323,15	6,87	1,632	7,04	19,89	8,14	4,17	6,01
325,65	7,67	1,839	7,75	21,3	8,98	4,68	6,55
328,15	8,47	2,06	8,51	22,8	9,81	5,29	7,07
330,65	9,32	2,31	9,30	24,3	10,75	5,80	7,73
333,15	10,21	2,63	10,14	25,8	11,65	6,43	8,39
335,65	11,07	2,88	11,02	27,4	12,13	7,12	9,04
338,15	12,11	3,21	11,93	29,1	13,35	7,75	9,75

Tabla 3. Resultados experimentales para la viscosidad η de los líquidos iónicos estudiados a todas las temperaturas de trabajo

T (K)	[b4mpy] [BF4](●)	[o3mpy] [BF4](●)	[b3mpy] [BF4](●)	[b3mpy] [N(CN)2](●)	[bpy][BF4](●)	[b2mpy] [BF4](●)	[bpy][CF- 3SO3](●)
	η mPa/s	η mPa/s	η mPa/s	η mPa/s	η mPa/s	η mPa/s	η mPa/s
278,15	1045	2745	807,8	107,9	694,5		
280,65	815,6	2128	647,7	92,48	561,6		
283,15	646,0	1699	524,2	79,78	457,4		
285,65	520,6	1355	430,5	69,51	376,4		
288,15	422,8	1118	354,4	60,79	312,4	859,3	
290,65	346,0	898,8	294,1	53,58	261,6	691,0	
293,15	284,7	747,4	246,6	47,43	220,5	567,5	
295,65	237,9	612,2	208,5	42,24	187,5	468,7	
298,15	199,9	505,5	176,9	37,76	160,3	389,4	
300,65	169,9	424,5	152,0	33,98	137,9	328,1	
303,15	144,7	357,0	130,0	30,66	119,5	276,3	97,80
305,65	124,7	304,9	112,9	27,79	104,2	236,1	86,47
308,15	107,9	259,4	99,36	25,30	90,99	201,6	76,93
310,65	94,16	222,4	86,87	23,12	80,19	173,3	68,69
313,15	85,52	192,0	76,44	21,17	71,10	150,3	61,47
315,65	74,82	168,5	67,57	19,44	63,23	130,7	55,38
318,15	66,20	147,5	60,03	17,96	56,55	114,7	49,97
320,65	58,75	128,7	53,72	16,62	50,60	100,8	45,34
323,15	52,53	112,9	48,17	15,41	45,59	88,92	41,17
325,65	46,74	99,81	43,17	14,32	41,13	78,86	37,52
328,15	42,03	88,30	39,03	13,35	37,34	70,32	34,31
330,65					33,90	62,90	31,42
333,15					30,93	56,50	28,90
335,65					28,33	50,95	26,62
338,15					26,00	46,07	24,62

Capítulo 3

Usando realidad aumentada para el aprendizaje del patrimonio histórico y cultural

Mauricio Hincapié³; Christian Díaz⁴; Alejandro Valencia⁵

Resumen

Preservar el patrimonio cultural e histórico en las ciudades es de gran importancia, sin embargo, es aún más importante conocer este patrimonio cultural y educar a los ciudadanos y visitantes sobre el valor histórico y cultural de un lugar dentro de la ciudad, determinando cómo ha influido su desarrollo. Se han evaluado varias herramientas para este propósito, con el surgimiento de la realidad aumentada, esta tecnología se ha convertido en un elemento fundamental para recuperar y reactivar el patrimonio histórico y cultural que ya no está presente. Este artículo presenta una descripción de una aplicación desarrollada para reactivar el patrimonio histórico y cultural de la plaza del mercado de Cisneros en Medellín, y se proponen diferentes estrategias para evaluar el contenido educativo de una aplicación de este tipo.

Palabras clave: patrimonio cultural, aprendizaje, reactivación, realidad aumentada.

Abstract

Preserving the cultural and historical heritage in the cities is of great importance, however it is even more important to be aware of this cultural heritage and educate citizens and visitors about the historical and cultural value of a place within the city, determining how it has influenced its development.

3 Ingeniero en instrumentación y control, magíster en Matemáticas Aplicadas, Doctor en Ciencias de Ingeniería. Corporación Universitaria Americana. Correo electrónico: emhincapie@americana.edu.co

4 Ingeniero biomédico, magíster en Ingeniería Informática, Doctor en Ingeniería. Departamento de Comunicación Social Universidad EAFIT, Grupo de Investigación en Comunicación y Estudios Culturales. Correo electrónico: cdiazleo@eafit.edu.co

5 Ingeniero administrativo, magíster en Ingeniería de Sistemas, Doctor en Ingeniería-Industria y Organizaciones. Corporación Universitaria Americana. Correo electrónico: jvalencia@americana.edu.co

Several tools have been evaluated for this purpose, with the rise of augmented reality, this technology has become a fundamental element to recover and reactivate the historical and cultural heritage that is no longer present. This article presents a description of an application developed to reactivate the historical and cultural heritage of the market square of Cisneros in Medellín, and different strategies are proposed to evaluate the educational content of an application of this type.

Key words: Cultural heritage, learning, reactivation, augmented reality.

Introducción

En los últimos años, ha habido un interés creciente en la preservación del patrimonio arquitectónico y cultural, no solo por parte de entidades gubernamentales o instituciones dedicadas a este propósito, sino también por personas conscientes de su origen e identidad cultural. Además, esta área ha estado impregnada de nuevos avances desarrollados en las áreas de tecnología de la información y comunicación, como realidad virtual, realidad aumentada (AR) y juegos serios (entre otros) que han permitido el desarrollo de museos virtuales interactivos y la posibilidad de recrear un espacio u objeto incompleto o ya no existente sobre una escena real usando AR. Del mismo modo, la transferencia de conocimientos de expertos en patrimonio arquitectónico y cultural a la gente común se ha visto reforzada por las ventajas de los juegos serios que se promueven como herramientas de aprendizaje. Estas nuevas aplicaciones han permitido al patrimonio cultural llegar a un público más amplio y hacer más atractiva para el usuario final la experiencia de interactuar con este tipo de aplicaciones, sin embargo, poco esfuerzo se ha puesto en analizar cómo estas aplicaciones pueden enseñar sobre el patrimonio cultural.

Crear una aplicación para la apropiación del patrimonio cultural por parte de los ciudadanos sigue siendo un desafío porque no hay una metodología clara que deba seguirse para su desarrollo (Windhager y Mayr, 2012; Noh *et al.*, 2009). La mayoría del trabajo en esta área se ha centrado en (i) desarrollar aplicaciones de juegos de realidad virtual, RA o serias para un estudio de caso particular (Abate *et al.*, 2011; Robles-Ortega *et al.*, 2012 y Mortara *et al.*, 2013),

(ii) evaluación de diferentes interfaces de computadora y configuraciones de sistema (Mortara *et al.*, 2013 y Mikovec *et al.*, 2009) y (iii) digitalización del patrimonio cultural para preservarlo de manera virtual [Spring *et al.*, 2010.

Bruno *et al.* (2010) sugieren algunas pautas para desarrollar sistemas de realidad virtual relacionados con el patrimonio cultural. Estas pautas ilustran una metodología completa para crear un sistema de exposición virtual basado en modelos 3D de hallazgos arqueológicos realistas y de alta calidad (reconstruidos con un escáner 3D y una cámara de alta definición) y un sistema estereoscópico multimedia de bajo costo llamado MNEME que permite al usuario interactuar de forma gratuita y fácil con una rica colección de hallazgos arqueológicos.

Cucchiara *et al.* (2012) informan sobre varias opiniones y pautas que deben considerarse al desarrollar una aplicación para el patrimonio cultural utilizando multimedia durante el Primer Taller Internacional sobre Multimedia para el evento de Patrimonio Cultural. Por otra parte, Mortara *et al.* (2013) describen varios trabajos en los que se han aplicado juegos serios para la reactivación del patrimonio cultural, y analizan la compleja relación entre género, contexto de uso, soluciones tecnológicas y efectividad del aprendizaje. A partir de este análisis, los autores sugieren algunas pautas a considerar al diseñar y desarrollar juegos serios en este campo.

Por estas razones, en este artículo se describe el desarrollo de una aplicación para la reactivación y la enseñanza del patrimonio histórico, usando como caso de estudio la plaza Cisneros en Medellín.

3.1 Metodología

El primer paso en la metodología es determinar el contexto, los objetivos y los requisitos de la aplicación y, teniendo en cuenta la información recopilada, elegir el tipo de aplicación y la tecnología adecuados para desarrollar la solución. Se utilizaron herramientas como tablas comparativas, entrevistas, líneas de tiempo, fotografías y mapas para organizar toda la información recopilada.

3.1.1 Descripción de la plaza Cisneros

Guayaquil fue una zona importante para el comercio y la economía de Medellín a fines del siglo XIX y principios del XX. En julio de 1892, Carlos Coriolano Amador propuso construir un mercado (Molina, 1993) en esa zona. El edificio monumental se llamó inicialmente Amador, Cisneros y Guayaquil, pero, algunos años más tarde, cambió su nombre por el Mercado Cubierto de Guayaquil. La empresa Amador incluyó una plaza adyacente a los dos edificios, llamada Carré y Vásquez, en la construcción. Actualmente, estos dos edificios fueron restaurados y rescatados por la Fundación Ferrocarril Antioquia. Posteriormente, se agregaron nuevos desarrollos a la zona de Guayaquil: el primer tren de Berrío en 1914 y la apertura de la estación de tren en Cisneros, que conectaba con la estación de tren Amagá, permitieron el transporte de personas y productos desde el norte hasta el suroeste de Colombia. Teniendo en cuenta todo esto, Guayaquil era un lugar donde los campesinos venían a comercializar sus productos a turistas, inversores, ciudadanos y migrantes desde 1920.

Su desaparición se completó cuando el nuevo mercado José María Villa, mejor conocido como La Minorista, reemplazó la dinámica del mercado de Cisneros en 1984. La zona de Guayaquil permaneció descuidada hasta la década de 2000, cuando se desarrolló un plan para transformar el sector con varios proyectos institucionales orientados a la recuperación física, económica y social del lugar. La demolición del Pasaje Sucre generó controversia sobre el proyecto del mercado Cisneros porque era un sitio declarado Patrimonio Histórico y Artístico en Colombia. La administración en ese momento ignoró el estado del edificio: mediante el Decreto 1326 del 11 de diciembre de 2002, el Alcalde ordenó que el Pasaje Sucre fuera excluido del inventario de bienes culturales y autorizó su demolición. Esto despejó el camino para construir la Biblioteca Temática de Empresas Públicas de Medellín y la Universidad Virtual (Galindo, 2011). Hoy en día, los terrenos del antiguo mercado de Cisneros incluyen una Biblioteca Pública (Biblioteca EPM), los edificios de Carré y Vásquez se recuperaron y restauraron, y la Plaza Cisneros se ha definido como una intervención artística y arquitectónica. La figura 9 muestra cada uno de los edificios y objetos mencionados usando una imagen satelital de la Plaza Cisneros.



Figura 9. Puntos de referencia geográfica relacionados con la plaza Cisneros

3.1.2 Definición de los objetivos y requerimientos de la aplicación

Después de determinar el contexto relacionado con el patrimonio cultural, es necesario visitar el lugar para determinar el objetivo y los requisitos de la aplicación. En nuestro caso de estudio, el objetivo era reactivar el patrimonio cultural relacionado con el mercado y los alrededores de Cisneros, incluidos lugares como el tranvía y el tren. Un factor importante considerado por la aplicación es que, en el caso del mercado y el tranvía, ningún elemento físico actualmente indica su existencia. En el caso del tren, la antigua estación de tren y una réplica de la locomotora que llegó a la estación todavía se pueden ver en el lugar. Esta información es importante para ayudar a determinar qué tipo de tecnología que será considerada para desarrollar la aplicación.

A partir de los requisitos básicos definidos, se determinó la categoría de aplicación y tecnología a utilizar. Debido a que hay varios elementos históricos que forman un camino al aire libre, el tipo de aplicación que mejor se adapta a nuestro estudio de caso es el móvil al aire libre. Además, uno de los

objetivos más importantes de la aplicación es mostrar al usuario las características arquitectónicas del mercado de Cisneros, por lo que la tecnología más adecuada es AR. La aplicación AR se implementará en un dispositivo móvil y permitirá la implementación no solo de modelos 3D, sino también de información textual y de audio.

3.1.3 Definiendo y construyendo los elementos del patrimonio cultural

Los contenidos de la aplicación se organizaron en etapas y sus períodos representativos de tiempo en la historia del mercado de Cisneros, por lo que se propuso un cronograma como un método de organización. La línea de tiempo es la herramienta gráfica para la representación óptima de los datos porque se pueden adoptar varios métodos (lineal, espiral, cíclico, etc.). La distribución de contenido puede mostrar una relación entre eventos. En sí, las líneas de tiempo son una forma de contar una historia. Las líneas de tiempo nos permiten superponer información e imágenes de manera creativa, configurando una visión general de la representación gráfica de eventos históricos (Ministerio de Educación, 2010). Definida por las categorías utilizadas para diseñar la línea de tiempo, se utilizó una tabla para organizar la información que se encuentra en los archivos históricos visitados. El uso de una línea de tiempo en nuestro estudio de caso nos permitió definir los eventos más relevantes relacionados con el edificio u objeto del patrimonio cultural.

Para desarrollar el modelo 3D de cada uno de los elementos relacionados con el patrimonio cultural se realizó un exhaustivo proceso de recopilación de información antes de crear los modelos 3D utilizados para el despliegue de la aplicación AR porque no había disponibles planos del mercado de Cisneros, el tranvía y la locomotora de trenes. En cambio, utilizando fotografías históricas y entrevistas con personas que vivieron allí durante esos años, se hicieron borradores de los objetos y edificios del patrimonio cultural. A partir de esta recopilación de información, se determinaron los detalles arquitectónicos, materiales y texturas para crear el modelo 3D.

Teniendo en cuenta los requisitos de la aplicación y las historias de los usuarios, el siguiente paso es modelar la aplicación de *software* utilizando herramientas UML. Los diagramas considerados para modelar la aplicación son

diagramas de clase, diagramas arquitectónicos y un borrador de navegabilidad de la interfaz de usuario.

3.1.4 Desarrollo de la aplicación

Se utilizó una metodología ágil *scrum* para el desarrollo de cada uno de los componentes desplegados por la aplicación. La figura 10 muestra la aplicación AR que implementa el modelo 3D del mercado de Cisneros sobre la ubicación donde solía estar. Las imágenes que definían los marcadores se utilizaron para representar el contenido de AR como una superposición de la escena real. Estos marcadores de imagen se ubicaron en el suelo y se calibraron para que el contenido se ajustara al lugar real en el que, por ejemplo, debería ubicarse el mercado de Cisneros (consulte la figura 10).

En la figura 11 se muestran tres capturas de pantalla diferentes de la aplicación desarrollada. La captura de pantalla de la derecha muestra el mapa de Google donde se encuentra la plaza Cisneros. Los tres iconos naranjas indican tres años diferentes con eventos históricos para cada hito. En la captura de pantalla central se muestra una fotografía del antiguo mercado de Cisneros. Finalmente, un campesino (con un poco de color agregado a la fotografía) se ve en la captura de pantalla de la derecha. Para el desarrollo de la aplicación se utilizó como herramienta de realidad aumentada Vuforia y Unity como herramienta de desarrollo de la aplicación.



Figura 10. Usuario observando la plaza Cisneros superpuesta sobre el lugar geográfico donde debería estar



Figura 11. Tres pantallazos de la aplicación, en los cuales se le relata al usuario los conceptos históricos de la plaza Cisneros

3.2 Conclusiones

En este capítulo de libro se expone la problemática presente respecto a la desaparición del patrimonio cultural, debido a los cambios que sufren las grandes ciudades y cómo la tecnología puede servir para conservar ese patrimonio histórico cuando este ha desaparecido. En el caso particular la realidad aumentada es una tecnología que permite al usuario recrear elementos desaparecidos del patrimonio cultural en el sitio geográfico donde inicialmente estaban ubicados, utilizando el contexto de la zona, y la superposición de contenido digital para favorecer los procesos de aprendizaje.

También se presentó un proceso de diseño y desarrollo de una aplicación a partir de un caso de estudio evaluado como es de la plaza Cisneros. En la aplicación no solo se hace uso de la realidad aumentada para hacer visible el patrimonio histórico que desapareció, sino también de imágenes, audios y videos para relatar el contexto y los acontecimientos relacionados con cada uno de los puntos históricos.

Referencias

- Abate, A., Acampora, G. y Ricciardi, A. (2011). An interactive virtual guide for the AR based visit of archeological sites. *Journal of Visual Languages and Computing*, 22(6), 415–425.
- Azuma, R. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385.
- Bruno, F., Bruno, S., De Sensi, G., Luchi, M. L., Mancuso, S. y Muzzupappa, M. (2010). From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition. *Journal of Cultural Heritage* 11(1), 42–49.
- Bergamasco, M. (2010). Beyond virtual museums: Experiencing immersive virtual reality in real museums. *Journal of Cultural Heritage*, 11(4), 452–458.
- K. Claypool, K. y Claypool, M. (2007). On frame rate and player performance in first person shooter games. *Multimedia Systems*, 13(1), 317.
- Galindo, O. (2011). El papel del espacio público en la construcción de la imagen competitiva de la ciudad de Medellín 1998-2007: escalas, imágenes e interacciones. *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, 9(2), 8.
- Molina. F. (1993). Coriolano Amador, el burro de oro: un empresario del siglo XIX. Recuperado de <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/revistas/credencial/julio1993/julio3.htm>.

Capítulo 4

¿Y eso para qué me sirve? Cómo la física y la matemática ayudan a la solución de problemas. Ciencias básicas en contexto para la formación de ingenieros. Caso física

María Andrea Botero Grisales⁶; Karen Yarley Rivas Ruiz⁷; Juan Carlos Cardona Acosta⁸;
Víctor Manuel Caycedo Sánchez⁹; Oswaldo Alonso Álvarez Galvis¹⁰

Resumen

La aplicación de las ciencias básicas como la estadística, la química, la matemática y la física, en la rama profesional, resulta en la ingeniería. La facilidad en el acceso a las comunicaciones, la industria, la urbanización de ciudades, el transporte, la medicina, la tecnología y otras áreas del conocimiento, son posible por la intervención de las ciencias básicas, también llamadas, ciencias duras. Sin embargo, el panorama al interior de las universidades no es prometedor, en cuanto a número de estudiantes que estudian ingeniería. ¿La razón? En el imaginario popular se ha instalado la idea que la gran carga de cursos de ciencias básicas hacen que los estudiantes no ingresen a estudiar ingeniería o que deserten en el camino. Pero la razón va más allá. Carreras asociadas a las ciencias económicas no están exentas del contenido de ciencias básicas y allí superan en número a los estudiantes de ingeniería.

6 Licenciada en matemáticas y física, magíster en enseñanza de las ciencias exactas y naturales, magíster en periodismo. Docente de la Corporación Universitaria Americana, Colombia. Correo: mabotero@coruniamericana.edu.co

7 Administradora de empresas, magíster en administración de negocios área finanzas. Docente de la Corporación Universitaria Americana, Colombia. Correo: krivas@coruniamericana.edu.co

8 Ingeniero en informática, Máster MBA Internacional en administración y dirección de empresas, doctorante en Gerencia y Políticas Educativas. Docente de la Corporación Universitaria Americana, Colombia. Correo: jcardona@americana.edu.co

9 Negociador internacional, magíster en Liderazgo Estratégico, doctorante en Administración Gerencial. Docente de la Corporación Universitaria Americana, Colombia. Correo: vcaicedo@coruniamericana.edu.co

10 Economista, especialista en Gerencia Financiera, magíster en Administración de Empresas en el área Financiera. Docente de la Corporación Universitaria Americana, Colombia. Correo: oalvarez@coruniamericana.edu.co

Esta propuesta pone de manifiesto cómo las ciencias básicas apoyan el desarrollo ingenieril, respondiendo a la pregunta recurrente de estudiantes de ingeniería, en el contexto de ciencias básicas: profe, ¿y eso para qué me sirve? Cuando esta pregunta queda sin responder, se allana el camino para que el estudiante manifieste animadversión a las ciencias básicas a lo largo de su carrera, como hasta ahora ocurre en muchas instituciones de educación superior. La propuesta se desarrolla con estudiantes de ingeniería de sistemas e ingeniería industrial de la Corporación Universitaria Americana de tercero, cuarto y quinto semestre de los cursos de Física I y Física II. La experiencia se basa en el desarrollo de proyectos de aula, donde se pone un concepto de física a moverse en un contexto para ser explicado desde las ciencias. Es una investigación descriptiva que utiliza como instrumento de información el aprendizaje basado en problemas.

Palabras clave: ciencias básicas, física, ingeniería.

Abstract

The application of basic sciences such as statistics, chemistry, mathematics and physics, in the professional branch results in engineering. The ease of access to communications, industry, urbanization of cities, transportation, medicine, technology and other areas of knowledge is possible through the intervention of basic sciences, also called hard sciences. However, the outlook within universities is not promising, in terms of the number of students studying engineering. Why? In the popular imaginary has settled the idea that, the great load of courses of basic sciences cause that the students do not enter to study engineering or that they desert in the way. But the reason goes further. Careers associated with economic sciences are not exempt from the content of basic sciences and there they outnumber engineering students.

This proposal shows how basic sciences support the development of engineering, responding to the recurring question of engineering students, in the context of basic sciences: ¿teacher, and what is that for? When this question is left unanswered, the way is paved for the student to manifest animosity to the basic sciences throughout his career, as is the case so far in many institutions of higher education. The proposal is developed with students of systems engi-

neering and industrial engineering of the American University Corporation of third, fourth and fifth semester of the Physics I and Physics II courses.

The experience is based on the development of classroom projects, where a concept of physics is put to move in a context to be explained from the sciences.

It is a descriptive research that uses problem-based learning as an information tool.

Keywords: basic sciences, physical, engineering.

Introducción

El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) en el año 2015 realizó un informe de caracterización sobre el panorama de los programas relacionados con las tecnologías de la información (TI) en Colombia. El informe referencia un estudio de la Asociación Colombiana de Ingeniería, en el que se estima un déficit de 15.000 profesionales para el sector de las TIC y proyectaban que el déficit alcanzaría los 93.000 para el 2018 (ACOFI, 2015). El panorama no es más alentador por parte del sector industrial para las carreras de ingeniería.

El déficit de profesionales en estas áreas puede tener varias explicaciones, acá destacaremos la que más se refleja en las aulas, cuando los estudiantes manifiestan intención de abandonar la carrera de ingeniería, y nos referimos al estudio de las ciencias básicas. Pero también se mostrará cómo se puede dar la vuelta a esta apatía del estudiante que, en esencia, se debe a una mala fama de la física y las matemáticas como contribución al hacer profesional del futuro ingeniero. La mayoría de las personas llegan a una carrera de ingeniería convencidos de que todo se trata de números, y que si se mostró fortaleza durante la etapa escolar en esta área conviene estudiar ingeniería, y si los números no son su principal habilidad, entonces hay que descartarla.

Ser ingeniero, más que saber matemáticas o física, requiere de ingenio, de estar en la capacidad de aplicar el conocimiento específico a la solución de problemas del país, de tipo económico, político, social, industrial y tecnológico-

co. En este punto cabe hacer la pregunta ¿quién orienta a los estudiantes hacia ese puerto?

El trabajo en las aulas es el faro que puede conducir a los estudiantes a ser contribuyentes desde su disciplina de formación, a la solución de problemas en el contexto. Y es el docente quien enciende ese faro, en la medida que entiende que los ingenieros tienen una alta responsabilidad con aportar para resolver problemas en el contexto cambiante de Colombia y el mundo. Hacer ingeniería tiene que ver con entender cómo funciona el mundo y los problemas derivados de esto. Leer, indagar, cuestionarse, aplicar, entender el contexto y posterior a ello entender la intervención de la ingeniería, es lo que ayuda a responder la pregunta ¿Y eso para qué me sirve?

El objetivo de la propuesta se basa en entregar a los estudiantes de los cursos de Física I y II un problema del contexto del país o mundial. Situaciones como: la crisis de Hidroituango, la falla estructural de edificios y puentes, las contingencias ambientales por contaminación del aire, la exploración de extracción de petróleo vía *fracking*, la industria 4.0, el secreto del éxito de deportistas de alto rendimiento, entre otras, son situaciones donde entran a moverse múltiples conceptos desde la física. Los estudiantes, en un proceso de rastreo de información e investigación, deben ponerse en contexto con la situación y dirimir en ella, los elementos de la ciencia que intervienen y cómo desde su disciplina de ingenieros podrían generar una propuesta que ayude a la solución. El proceso se convierte en algo cíclico, en la medida que no hay solución absoluta y que la ingeniería está en constante proceso de creación.

4.1 Metodología

La propuesta se desarrolla en el marco de proyectos de aula. El propósito es llevar el saber científico del programa curricular de un curso de ingeniería a la aplicación de hecho de un problema. Esta metodología contribuye, además, al desarrollo de competencias no solo en el saber sino del ser de un profesional. La autonomía, responsabilidad, investigación, rigurosidad, sentido crítico y apertura global deben ser características en la formación del ingeniero. A su vez reconoce las competencias del pensamiento complejo que son propuestas por la Unesco (Perilla).

4.2 Proyectos de aula

Los proyectos de aula pueden parecer para el estudiante una carga académica adicional, dentro del cronograma de actividades curriculares que exige la universidad, sin embargo, cuando un proyecto es presentado como la estrategia para poner en movimiento la esencia de un concepto de la rama de las ciencias exactas, el asunto puede pasar de carga a ser potencialmente atrayente para los estudiantes. Los proyectos de aula son planes que pretenden responder a la realidad social, económica y cultural de la población que integra la comunidad (Carillo, 2001). Se configuran como el instrumento para enseñar con un enfoque global y que resuelva necesidades.

Colombia y el mundo exigen ingenieros con capacidad para enfrentarse a retos como el aumento de la población, el desarrollo de nuevas tecnologías de comunicación e internet de las cosas, producción limpia y el cuidado del medio ambiente.

Por ejemplo, hoy en día se requieren nuevas fuentes de energía y que la degradación medioambiental se detenga. Cada vez son más los procesos y servicios que requieren un aporte energético y cada vez es mayor la demanda, por lo que es muy difícil cubrir dichos requerimientos de forma sostenible (Coiaoc, 2015).

La propuesta se trabaja como proyecto de aula porque la interacción constante con el docente favorece no solo la enseñanza sino la investigación, la innovación (Penagos, 2014) y la transposición didáctica del conocimiento para posterior aplicación. Y es justo en este punto donde se puede responder al interrogante de ¿y eso para qué me sirve? Un proyecto de aula puede resolver las preguntas planteadas por el estudiante, pero también entender el contexto donde posteriormente los profesionales de ingeniería tendrán acción. Dentro y fuera del aula hay prácticas colaborativas que les permite a los estudiantes ganar confianza, dominio de los conceptos y moviliza su pensamiento.

4.3 Física en contexto

El proyecto de aula busca acercar conceptos de la física, al contexto del país y el mundo. Las acciones emprendidas son a través de la enseñanza entendié-

dola como la capacidad de entrenar a la mente y dotarla de una potente gama de aptitudes para la vida real (Claxton, 1994).

Y acá vale la pena que los docentes de ciencias básicas de educación superior se cuestionen sobre el hecho de: ¿Qué es un problema de la vida real? El asunto no es menor, los *problemas* a los que recurrentemente enfrentamos a los estudiantes están en el contexto de guerras antiguas con balas de cañón, situaciones en escenarios muy específicos como autos a velocidades impenables, además de considerar la solución de ejercicios con situaciones que llamamos *ideales* donde despreciamos elementos con rozamiento, aire, inclinaciones. A esto le llamamos problemas de la vida real, pero un verdadero problema para el estudiante y que la física le debe ayudar a resolver o por lo menos entender es ¿por qué no arranca la moto?, ¿cómo sería la receta si en vez de agua le añado cerveza?, ¿es más costoso hervir un vaso de agua en la estufa o en el microondas?, ¿cuál es la verdad sobre los costos y riesgos de la energía nuclear?, ¿cómo aliviar los problemas de contaminación del aire sin afectar el transporte? (Claxton 1994). Dar solución a estos problemas de la vida real, va más allá de dominar las ecuaciones y hacer sustituciones adecuadas de valores en incógnitas. Es necesario entender el contexto en el que nos estamos moviendo, las intervenciones económicas, políticas, de Estado y las necesidades de cada sector social. En este sentido estamos poniendo a los estudiantes de frente a las situaciones reales, que puede ser confusas y poco definidas (Claxton, 1994), pero es justo en este contexto donde el acervo ingenieril entra en función. Para ser ingeniero es necesario tener un contexto sobre el cual trabajar, que ese contexto arroje todo el tiempo problemas de ingeniería y que la ingeniería puede ayudar a mejorar. Esa creencia de que los ingenieros no se meten en esos asuntos y que “eso no es para ingenieros”, es la que ha llevado a una crisis de identidad, donde ser ingeniero es más importante que hacer ingeniería (Victorino, 2016).

Basados en el contexto anterior es preciso ser conscientes de que, para que exista un aprendizaje y la mínima aversión a cursos de ciencias exactas como física, no basta como sucede actualmente, tan solo con explicar y enseñar solo las teorías y el conocimiento científico puro, si este no se acompaña de la visualización de su posible aplicación empírica en el mundo que rodea al estudiante, lo cual no se lograra si el docente, no vincula lo estrictamente teórico con el mundo real.

4.4 Ciencias básicas en la ingeniería

La formación de ingenieros tiene un alto componente de formación en ciencias como la física, la matemática, la estadística y la química. La cual se da durante los primeros semestres de la carrera, posteriormente tiene lugar la formación disciplinar. Esta situación hace recurrente la pregunta y exacerba las dudas de los estudiantes sobre ¿y eso para qué sirve?

La ingeniería aplica las leyes de la naturaleza para resolver problemas, pero con el requisito de que estas leyes tienen que estar modeladas con teorías matemáticas (Parra, 2010). En este sentido es necesario que los futuros ingenieros conozcan el contexto y dominen la rama de saber a la que desean dedicarse. Se pueden citar algunas situaciones donde la aplicación de las ciencias básicas, en especial la física para esta propuesta es evidente y necesaria para hacer desarrollos ingenieriles. El electromagnetismo hace posible el desarrollo de las telecomunicaciones modernas (Parra, 2010). El estudio de propagación de las ondas electromagnéticas, el espectro electromagnético, la frecuencia de las ondas unido al análisis de modelos matemáticos hace posible tales desarrollos en tecnología. Aunque en esto de ciencias básicas e ingeniería, hay que aclarar que cada rama de la ingeniería hace énfasis según su interés científico en ramas específicas, no en todo el conjunto general de las matemáticas y las ciencias (Parra, 2010).

En la ingeniería industrial, hay una alta aplicación de la estática y dinámica, así como la química y la resistencia de materiales. En la ingeniería de sistemas por su lado, las matemáticas discretas, la lógica, la teoría de conjuntos, el análisis numérico, la estadística, la teoría de la probabilidad y el modelamiento lineal, son esenciales para el análisis de sistemas de información (Para, 2010).

Todo lo anterior entra en un debate con otros argumentos, que defienden la idea que un ingeniero industrial, a lo sumo utilizará en el campo laboral algunos elementos de química si se trata de producción de nuevas materias primas o si se dedica a la industria de alimentos. O utilizará vagamente el concepto de fuerza para saber cómo funcionan las máquinas de línea de producción.

La física en la ingeniería industrial tiene una amplia consideración de las aplicaciones: transferencia de calor en calderas, aire acondicionado, sistemas de refrigeración, procesos de manufactura, corte y fuerza de corte, presiones

para troquelado y estampado, presiones hidráulicas, electricidad, instalaciones eléctricas, resistencia de materiales. La física se instala como la base científica para el diseño y mejora de equipos, es la base científica para el diseño de equipos.

Por parte de los ingenieros de sistemas, gran parte del gremio considera que lo único necesario es la aplicación de algunos conceptos de lógica booleana para hacer *software*, lo cual no es falso, pero su reducción de la matemática a su desarrollo ingenieril resulta irrisorio.

El conocimiento de los fundamentos abre las posibilidades para entender el tratamiento científico de los problemas, lo que a su vez conduce a una mayor comprensión de las tecnologías que deban adaptarse. Sin el conocimiento de estos fundamentos y el contexto, no es posible desarrollar nuevas tecnologías (Parra, 2010) y Colombia continuará sumida en importar tecnología para adaptarla.

Basados en lo anterior y con el propósito que los estudiantes de ingeniería entiendan y aprecien el aporte de las ciencias básicas a su haber profesional, se desarrollan durante el semestre algunas intervenciones en el contexto de Colombia y el mundo donde se busca la aplicación y explicación de la física. Estas intervenciones son guiadas por el docente, pero investigadas y estudiadas por los estudiantes.

4.5 Resultados

A partir de la apropiación y explicación de las situaciones que representan un problema para el contexto del país y el mundo, a los estudiantes se les entregó una valoración de su desempeño en el curso. Esta propuesta de intervención de proyectos de aula en su primera versión, no considera el desarrollo matemático sino el dominio conceptual de un tema específico de la física, para posteriormente, comprender y disertar sobre un problema, necesidad o hecho que haya tenido lugar. No se les exige el manejo estricto de ecuaciones. Es claro que no estamos formando físicos ni matemáticos, sino ingenieros que deben tener una fuerte formación en ciencias básicas que les abonará en un desempeño de excelencia. La sola idea de tener ingenieros sin formación

en ciencias básicas, reduce el campo profesional a tener egresados formados como técnicos. A continuación, se citan algunas situaciones de relevancia:

La clave del campeón olímpico Óscar Figueroa: el deportista profesional en la disciplina de alterofilia, se hizo con la medalla de oro en los juegos olímpicos de Río 2016. ¿Y la física para que le sirvió? El campeón levantó 142 kilogramos en la modalidad de arranque y 176 kilogramos en la modalidad de envión. Figueroa tuvo que desarrollar un manejo excepcional de su centro de gravedad y del equilibrio rotacional, que le permitiera sostener la barra el tiempo justo por encima de sus hombros, a pesar de ser el competidor de menor estatura. Otra de sus claves fueron los zapatos de tacón de 1,5 cm. Ingenieros industriales le crearon las zapatillas específicas que pudiera soportar su peso con los puntos de apoyo que maneja el deportista. El equilibrio rotacional, desplazamiento del centro de gravedad, masa muscular, entrenamiento. A todo esto, le llama técnica, en el fondo es física.

Desplome del edificio *Space* en Medellín: más allá de las situaciones éticas, económicas y políticas que rodearon esta tragedia, la caída de una de las torres del edificio *Space* de Medellín, encuentra explicación en la física. Los materiales usados para la construcción de las columnas fueron imprecisos en su mezcla, lo que llevó a que el esfuerzo de cortadura y compresión entrará a hacer de las suyas. En las construcciones civiles, es necesario el modelado en un *software* especializado que mida con precisión las fuerzas que intervienen en el proyecto, lo mismo que los cálculos y cantidades necesarias de materiales. El desarrollo de una ecuación diferencial de avanzada permitió encontrar cuales habían sido los errores de los cálculos y las variables que intervinieron para el desastre.

Panama Papers: el escándalo de corte político, económico y social que se destapó en 2016 por parte de la agencia internacional de periodistas liderada por la periodista argentina Marina Walker, develó que la empresa de asesorías jurídicas y contables Mossack Fonseca, era la asesora de cientos de personas que desviaban sus arcas financieras a paraísos fiscales, evadiendo el pago de impuestos y ocultando el origen de su dinero. La decantación y trazabilidad de esta información, puesta en bases de datos, Excel, millones de movimientos bancarios en entidades financieras alrededor del mundo y otros documentos, sumaban un total de 2,6 terabytes. Eso se traduce en 661 millones de pági-

nas de información. Para esto fue necesaria la intervención de un ingeniero especialista en bases de datos, que pudiera estructurar la información que permitiera luego ser visualizada y explorada por un grupo de periodistas. La plataforma tenía que ser lo suficientemente segura y ordenada, porque sería alimentada todos los días por periodistas de todo el mundo y de ello dependía los datos reveladores. Rigoberto Carvajal fue el ingeniero costarricense encargado de esta tarea. En sus códigos de base de datos, usó álgebra de matrices, matemáticas booleana y procesos estocásticos que permitieran visualizar y organizar la información.

Caída del puente Chirajara en Villavicencio: varias hipótesis se lanzaron alrededor de este desastre nacional, que puso en la mirilla pública a los ingenieros civiles del país y con ellos, a otros profesionales que intervienen en el suceso. Hipótesis como falla del suelo debido a su ubicación sobre la cordillera de los Andes, alta de capacidad de los tirantes para sostener el puente lo que generaría una sobrecarga, errores en el diseño calculando mal elementos como la fuerza elástica, la estática, los materiales de la losa entre otros. Tras varios estudios se concluyó que, no hay evidencia de que la falla del suelo haya sido la causa del desplome, dado que la cimentación se mantuvo en su posición aun después del colapso. No hay evidencia de desprendimiento de los tirantes previo a la falla de la torre. El diseño supuso incorrectamente que las fuerzas se podían distribuir a lo largo del diafragma y en consecuencia un factor invencible como la fuerza de gravedad hizo de las suyas.

Otras situaciones fueron también llevadas como proyectos de aula por parte de los estudiantes: *fracking*, contingencia ambiental en Medellín, vuelo del cohete Falcon Heavy y más.

4.6 Conclusiones

Tipificar una situación del contexto de país o mundial donde se pone a mover un concepto de la física para dar explicación a un hecho y encontrar las posibles fallas o las razones de su éxito, es establecer productos de las funciones del método científico. Los estudiantes analizan variables, recogen datos, hacen múltiples lecturas críticas y usan herramientas tecnológicas para dar explicación a sus hallazgos.

A veces abordar el análisis de una necesidad o problema desde el método científico, no es el camino. La ciencia también puede fallar. Se pretende que los estudiantes al estudiar tanta física y matemática en su carrera puedan usar esto para entender su contexto, incluso el más cercano en su casa o trabajo.

El proyecto de aula desde la física en contexto derrumba los muros que se han levantado por años sobre las ciencias exactas, donde las ideas célebres son: estudiar física es estudiar situaciones ideales o improbables, hacer prácticas de laboratorio es peligroso por el manejo de materiales, hay elementos invisibles, el lenguaje es demasiado técnica y elevado.

Los estudiantes pasan a hacer ciencia desde lo común y lo cercano. Lo que se ve a diario en las noticias y se convierte en necesidad social. Se saca del contexto de los libros al contexto de país y del mundo.

Los estudiantes aprenden a servirse de la ciencia para saber en qué situaciones pueden beneficiarse o no de los conocimientos de la matemática y la física. Se abre el espectro de aplicación de su perfil profesional y encuentran sentido a la carga de ciencias básicas que reciben durante su formación.

En el futuro se pretende que el proyecto de aula, se desarrolle a nivel no solo de comprender desde la física el contexto de la situación, sino que los estudiantes puedan hacer el desarrollo físico y matemático que implica su investigación. Para esto es necesario dar continuidad durante varios semestres entre un curso y otro. Este alcance no se podría lograr en cuatro meses que es lo que dura un semestre académico en Colombia.

Referencias

Beltrán, H. (2017). Los proyectos de aula y la renovación de las prácticas escolares: claves para la formulación de una pedagogía integral. Recuperado de <https://www.magisterio.com.co/articulo/los-proyectos-de-aula-y-la-renovacion-de-las-practicas-escolares-claves-para-la-formulacion>

Carrillo, T. (2001). El proyecto pedagógico de aula. *Educere la revista Venezolana de Educación*, 5(15), 335-344.

- Coiac. (2015) El perfil del ingeniero en la actualidad. Recuperado de: <http://www.revistaingenieriaindustrial.com/2015/10/08/el-perfil-de-ingeniero-en-la-actualidad/>
- Parra, E. (2010). Las ciencias básicas en ingeniería de sistemas: justificaciones gnoseológicas desde los objetos de estudio y de conocimiento. *Revista Educación en Ingeniería*, (10), 75-84.
- Penagos, R. (2015). Desde los proyectos de aula hacia la investigación formativa: un reto de la docencia en la educación superior. *Rastros rostros* 17. pp 105-109.
- Perilla, L. Proyectos de Aula: Una estrategia didáctica hacia el desarrollo de competencias investigativas. Recuperado de <https://educrea.cl/proyectos-de-aula-una-estrategia-didactica-hacia-el-desarrollo-de-competencias-investigativas/>
- Periódico hecho por estudiantes. Julio 2016
- Serna, E. (2015). Crisis de la ingeniería en Colombia: estado de la cuestión. *Ingeniería y Competitividad*, 17(1), 63-74.
- Serna, E. y Serna, A. (2015). La formación en ingeniería en Colombia: una situación que preocupa. *Ingeniería y Competitividad*, 17(1), 63 – 74.
- Victorino, A. (2016). Alerta: crisis en la ingeniería. *Revista El Ingenioso*, 1.

Capítulo 5

Evolución y tendencias investigativas en tecnologías orientadas a la sostenibilidad energética¹

Andrés Felipe Rúa-Ortiz², Luis Fernando Garcés Giraldo³, Jovanny Sepúlveda⁴,
Lucía Palacios-Moya⁵, Jonathan Bermúdez Hernández⁶

Resumen

La evolución del uso de energías ha tenido cambios significativos desde tiempos remotos, donde se observa gran crecimiento en los procesos que permiten generar energía en pro de la humanidad para usos residenciales e industriales. Por lo que se hace necesario identificar la evolución y tendencias investigativas en tecnología orientadas a la sostenibilidad energética, a través de un análisis bibliométrico. El método utilizado para hacerlo es la bibliometría, la cual se desarrolla en varias fases: i) un contexto general que permite la visualización de la sostenibilidad energética a nivel mundial, la evolución de las tecnologías y sus usos, ii) formulación de la ecuación de búsqueda, iii) resultados de la ecuación analizando publicaciones, autores, universidades y revistas de manera cuantitativa, iv) se presentará un mapa topológico de red de autores entre los periodos 2008 y 2019 y v) una discusión del tema sobre temáticas emergentes para fortalecer el tema y que sea adoptado por regiones y países. Entre los resultados se observa que el análisis bibliométrico en sostenibilidad energética ha dado como referente la ecuación (TITLE (energ* W/1 sustaina-

1 Capítulo de libro de investigación resultado del proyecto titulado *Alternativas tecnológicas para la sostenibilidad energética en las entidades públicas y privadas*.

2 Candidato a magíster en Gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Instituto Tecnológico Metropolitano. Correo electrónico: andresrua14318@correo.itm.edu.co

3 Doctor en Science de la Atlantic International University. Vicerrector de Investigaciones de la Corporación Universitaria Americana. Correo electrónico: lgarcés@americana.edu.co

4 Magíster en Gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional. Coordinador del Sello Editorial de la Corporación Universitaria Americana. Correo electrónico: jasepulveda@americana.edu.co

5 Magíster en Salud Pública. Coordinadora de Investigaciones de la Institución Universitaria Escolme. Correo electrónico: cies@escolme.edu.co

6 Magíster en Administración. Coordinador del Grupo de Investigación en Ciencias Administrativas (Categoría A en Colciencias). Correo electrónico: jonathanbermudez@itm.edu.co

bilit*) OR KEY (energ* W/1 sustainabilit*) AND TITLE-ABS-KEY (technolog*) AND PUBYEAR > 2007 en SCOPUS; entre los resultados se puede observar que el año de mayor publicación fue 2017 con 37 artículos científicos, el autor que más publica es B. Ruggeri, el país con mayor publicación es Estados Unidos con un total de 87 documentos científicos seguido de Italia con 28 publicaciones, China con 23, España con 16 y México con 10 publicaciones. La universidad con mayor investigación es el Politécnico di Torino seguido del Tecnológico de Monterrey. Se concluye que las temáticas con mayor auge en sostenibilidad energética son: desarrollo sostenible, eficiencia energética, uso de la energía, políticas para el uso de energías, cambio climático, energía solar y eólica.

Palabras clave: sostenibilidad energética, adopción tecnológica, análisis bibliométrico, tendencias investigativas.

Abstract

The evolution of the use of energy has had significant changes since remote times, where great growth is observed in the processes that allow generating energy for the benefit of humanity for residential and industrial uses. Therefore it is necessary to identify the evolution and research trends in technology oriented to energy sustainability, through a bibliometric analysis. The method used to do this is bibliometrics, which is developed in several phases: (I) a general context that allows the visualization of global energy sustainability, the evolution of technologies and their uses, (II) formulation of the search equation, (III) results of the equation analyzing publications, authors, universities and journals in a quantitative way, (IV) a topological network map of authors will be presented periods 2008 and 2019, and (V) a discussion of the topic on emerging issues to strengthen the issue and that is adopted by regions and countries.

Among the results it is observed that the bibliometric analysis in energy sustainability has given as reference the equation (TITLE (energy * W / 1 sustainabilit *) OR KEY (energy * W / 1 sustainabilit *) AND TITLE-ABS-KEY (technolog *)) AND PUBYEAR > 2007 in SCOPUS; among the results it can be seen that the year of greatest publication was 2017 with 37 scientific articles, the author that publishes the most is Ruggeri, B, the country with the lar-

gest publication is the United States with a total of 87 scientific documents followed by Italy with 28 publications, China with 23, Spain with 16 and Mexico with 10 publications. The university with the most research is Politécnico di Torino followed by Tecnológico de Monterrey. It is concluded that the topics with the highest growth in energy sustainability are: sustainable development, energy efficiency, energy use, policies for the use of energy, climate change, solar and wind energy.

Key words: Energy sustainability, technology adoption, bibliometric analysis, research trends.

Introducción

El sector energético se ha vuelto importante en las últimas décadas, las tendencias tecnológicas apuntan a mejorar la sostenibilidad en las actividades industriales relacionadas con el alto consumo de fuentes fósiles encaminadas al desgaste económico, social y ambiental que se tiene en todo el mundo (Aznar-Sánchez, Velasco-Muñoz, Belmonte-Ureña y Manzano-Agugliaro, 2019). Aznar-Sánchez (2019) plantea que la evolución del uso de energías ha tenido cambios significativos desde tiempo remotos, donde se observa gran crecimiento en los procesos que permiten generar energía en pro de la humanidad para usos residenciales e industriales.

Por otro lado, el uso de energías convencionales ha llevado al planeta a estados críticos a nivel ambiental, al punto de cambiar drásticamente ecosistemas y la degeneración del mismo, es por ello que las energías renovables son alternativas viables y tienen la facilidad de producirse de manera constante y su naturaleza es de estado inagotable (Merino, 2012). Lo anterior explica el contexto global del cambio climático en la actualidad, la importancia del desarrollo de energías limpias en el mundo y la disminución de fuentes energéticas convencionales (Fu, Liu, Liu y Liu, 2019).

Por consiguiente, se ha generado cada vez más interés investigativo y se ha ampliado el número de publicaciones que da paso a la construcción de una bibliometría a través de una ecuación de búsqueda que permita la revisión sistemática de 325 artículos que exploran áreas del conocimiento tales como energías renovables, ingenierías, matemáticas, estadística, economía y finan-

zas, ciencias computacionales y ciencias naturales tomando como referente la eficiencia energética, el desarrollo sostenible, la eficiencia, los cambios climáticos, la energía solar y eólica, la gestión e innovación y la adopción tecnológica para analizar cuantitativamente el crecimiento de las alternativas tecnológicas en sostenibilidad energética que reduzcan el ritmo de contaminación que se tiene en todo el mundo (Aznar-Sánchez, *et al.*, 2019).

La bibliometría se desarrollará en varias fases: i) un contexto general que permite la visualización de la sostenibilidad energética a nivel mundial, la evolución de las tecnologías y sus usos, ii) la metodología, que aborda indicadores y ecuaciones de búsqueda, iii) los resultados de esa ecuación analizando publicaciones, autores, universidades y revistas de manera cuantitativa, iv) se presentará un mapa topológico de red de autores entre los periodos 2008 y 2019, v) y una discusión del tema sobre temáticas emergentes para fortalecer el tema y que sea adoptado por regiones y países.

5.1 Contexto general

Desde el siglo XIX, las industrias emplean servicios que relacionan directamente el uso de la energía, y es de notar que este aspecto impacta de manera negativa el medio ambiente presentado como consecuencias cambios climáticos que afectan productos y servicios en ciertas regiones del mundo (Otter, 2003). Zhou (2019) explora la difusión de las energías renovables de las naciones conformadas por la unión Europea, comparando modelos alternativos para comprender la competencia y el aprendizaje del sector energético durante más de veinte años, que respondan en la línea del tiempo en adopción de políticas que impulsen la competitividad y beneficie los sectores económicos de las regiones que las adopten. Existe un interés sustancial en el uso de energías renovables, pero cabe señalar que las energías empleadas a partir de fuentes fósiles continuarán su desempeño durante largo tiempo, y se prevé que para el año 2030 la electricidad se duplicará en una tasa anual del 2,4 % y es muy probable que países como China y Estados Unidos, de alto desarrollo tecnológico, la dupliquen en un 4 %, esto conlleva a altas demandas de gas y carbón para cubrir las necesidades de los países que lo requieren (Otter, 2003). Los desarrollos científicos deben apuntar a los desarrollos futuros que ayuden a la construcción de sociedades moderadoras de adopción tecnológica, donde se planteen nuevos retos innovadores, uno de ellos, es el desarrollo de energías

limpias para la conservación del mundo (Li, Zhu y Guo, 2011). Las energías limpias a simple vista se ven prometedoras, el viento que produce energía eólica y también genera olas en los mares, el agua que se emplea en hidroeléctricas, mareal y geotérmicas (rocas calientes en el interior de la tierra) y el sol que brinda energía a los paneles solares (fotovoltaica y centrales de energía solar) (Jacobson y Delucchi, 2010).

André (2012) presenta una estructura por los tipos de fuentes de energías entre los años 1973 y 2009 con información detallada a nivel mundial y países conformados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Energía primaria

Combustible	Mundo (1973)	Mundo (2009)	OCDE (1973)	OCDE (2009)
Petróleo	46 %	32,8 %	52,6 %	36,3 %
Carbón	24,6 %	27,2 %	22,6 %	20,2 %
Gas natural	16 %	20,9 %	18,9 %	24,5 %
Biomasa y residuos	10,6 %	10,2 %	2,3 %	4,7 %
Nuclear	0,9 %	5,8 %	1,3 %	11 %
Hidroeléctrica	1,8 %	2,3 %	2,1 %	2,1 %
Geotérmica/solar/eólica	0,1 %	0,8 %	0,2 %	1,2 %
Total	100 %	100 %	100 %	100 %
En Mtep	6,111 %	12,150 %	3,741 %	5,413 %

Fuente: tomado de André *et al.*, 2012.

El petróleo es el único que presenta una depreciación en su uso entre los años comparados, los demás presentan aumentos, aproximación en estabilidad y disminución en sus usos, por ejemplo, la energía nuclear paso del 0,9 % al 5,8 %, las hidroeléctricas para los países de la OCDE muestran un 2,1 % en 36 años y el grupo de geotérmica/solar/eólico paso del 0,1 % al 0,8 % lo que representa gran uso en aplicaciones industriales para el año 2009 (André *et al.*, 2012).

La figura 12 representa los consumos energéticos a nivel mundial entre los años 1973 y 2009.

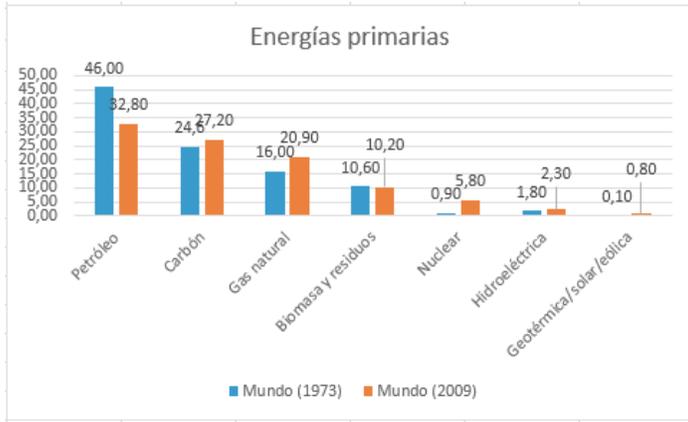


Figura 12. Energías primarias

Fuente: elaboración propia apoyado en André *et al.*, 2012.

De acuerdo con la figura 12, el petróleo paso del 46 % al 32,8 % entre los años 1973 y 2009, en 36 años disminuyó un 13,2 %, lo que representa una cantidad significativa en el uso de energías convencionales. Por otro lado, aumenta significativamente el uso de energía nuclear, hidroeléctricas y energías limpias. El carbón, gas natural y biomasa conserva una estadística similar entre los años analizados.

La figura 13 representa los consumos energéticos entre los años 1973 y 2009 de los países conformados por la OCDE.

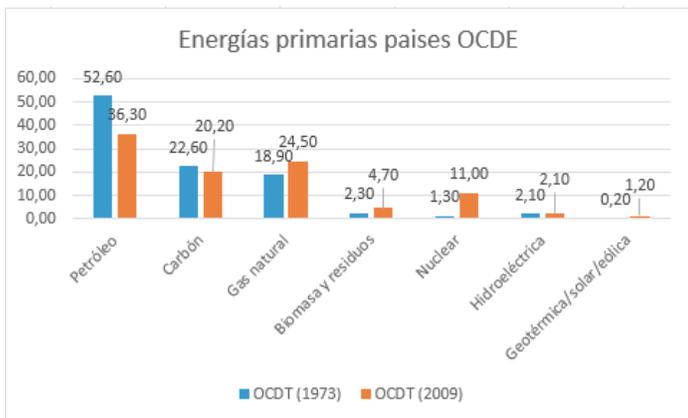


Figura 13. Energías primarias países OCDE

Fuente: elaboración propia apoyado en André *et al.*, 2012.

Por otra parte, para los países de OCDE el panorama es un tanto diferente, el uso del petróleo pasó de 36,3 % a 52,6 %, lo que equivale a un aumento del 16,3 % en 36 años. El carbón, el gas natural, la biomasa y la hidroeléctrica conservan una estadística similar y la energía nuclear y geotérmica/solar/eólica aumentan considerablemente.

Cabe destacar la importancia de las alternativas energéticas en el uso convencional de acuerdo con la adopción de tecnologías que se tengan en un territorio, Mararakanye (2019) plantea la creciente participación de sistemas energéticos prácticos que se pueden instalar en muchas regiones del mundo, de acuerdo, con las características geográficas que se tienen y medir el nivel de impacto en una comunidad, por ende, la revisión literaria de múltiples proyectos permite ampliar el panorama para implementar nuevas tecnologías de sostenibilidad energética y compensar los impactos que se tienen con el uso de las energías convencionales.

5.2 Evolución de la sostenibilidad energética en el mundo

A mayor población, mayor consumo de energía, la demanda energética en el mundo ha llevado un ritmo vertiginoso con un aumento exponencial en la capacidad de instalación de servicios básicos (agua, electricidad, gas) en todo el planeta (Ahmed, Hashaikah y Hilal, 2019). Ahmed (2019) plantea el intento por reducir la huella de carbono en los procesos industriales a nivel global, donde se formulan estrategias de adopción para satisfacer las necesidades en regiones que cuentan con pocos recursos (petróleo, carbón y gas) pero son ricos en fuentes renovables, tales como largos periodos expuestos a la luz solar y altas velocidades en el viento. Por último, Ahmed (2019) destaca los importantes avances tecnológicos que se tienen en la actualidad, dispositivos capaces de generar eficiencia energética de tipo térmica y eléctrica, destacando la perspectiva tecnológica en los procesos híbridos que ayuden a la sostenibilidad y uso de energías limpias en pro de la conservación del planeta.

China representa un 19 % de la población mundial (Population City, 2019), muestra un gran avance en el comercio y la economía, además, la fuerte eficiencia ambiental industrial que se tiene desde el 2007 a 2016 en más de treinta provincias del país, los desarrollos territoriales de esta nación trabajan para mejorar los estándares ambientales y reducir el impacto a gran escala de factores

altamente contaminantes, por lo que, el estado alienta a las entidades promover el uso de las tecnologías energéticas para mejorar eficiencias y contribuir con el desarrollo del país (Yang y Li, 2019). Por otro lado, Chayutthanabun (2019) destaca que el medio ambiente en todo el mundo está amenazado por las actividades que se realizan a diario incrementando desmesuradamente el uso y la explotación de recursos naturales; países como Tailandia adoptaron modelos que relacionaron más de treinta estudios en el sectores de alta prioridad para el desarrollo de la economía en el país; el estudio arrojó resultados con factores que impactan el capital, la responsabilidad social y el ahorro de energía para la disminución de dióxido de carbono.

Los desarrollos tecnológicos en el sector energético comprometen el cuidado medio ambiente, sujetos a los constantes crecimientos económicos, sociales y demográficos. La reducción de emisiones debe lograrse inicialmente mediante políticas internas de cada país, deben estar bien orientadas, tener estándares e incentivos realistas, flexibles y sujetos a los planes de desarrollo territoriales donde el público de interés respondan activamente a la prevención del desgaste ambiental, ya sea por incumplimiento a las normas o la no adopción a las nuevas tendencias y alternativas tecnológicas del sector energético (Yuksel, Arman y Demirel, 2018).

5.3 Metodología

La metodología utilizada para el presente estudio en sostenibilidad energética se basó en un mapeo tecnológico a través de una ecuación de búsqueda construida en la base de datos Scopus, que permitió identificar aspectos como indicadores de calidad, de cantidad en relación con autores, revistas, universidades y centros de investigación para abordar problemáticas y llegar a conclusiones del estudio en entidades públicas y privadas de Colombia.

5.3.1 *Análisis bibliométrico*

Los procesos matemáticos han permitido durante siglos una importante contribución a los procesos y desarrollos que se tienen en la actualidad (Lv y Ji, 2019). Archibald (2018) plantea que los patrones climáticos y los desastres naturales centran la atención en los recursos hídricos, por lo que emplear un

análisis bibliométrico facilita la investigación en las metodologías para abordar problemáticas recientes en el área de interés. Los métodos matemáticos para el estudio de la literatura científica han permitido desarrollar tres disciplinas en el campo de las ciencias de la información: la infometría, la ciencia de la información y la bibliometría (Araújo y Arancibia, 2012). La metodología empleada para el presente estudio en alternativas tecnológicas de sostenibilidad energética en entidades públicas y privadas de Colombia se basa en un análisis bibliométrico evaluando la base de datos Scopus como fuente de información en relación con la temática y la ecuación de búsqueda construida a partir de información relevante en el contexto del área.

5.3.2 Indicadores bibliométricos

Los análisis bibliométricos tiene como objetivo la interpretación, el análisis de datos e indicadores cuantitativos de un estudio de acuerdo con el número de publicaciones que se tengan en bases de datos reconocidas a nivel mundial, además, es lo que comúnmente se conoce como el área de estudios sociales de la ciencia abarcando todas las temáticas de gestión e innovación que se desarrollen en universidades, centros de investigación y organizaciones industriales (Bordons y Zulueta, 2000). Esos análisis de datos e indicadores complementan de manera eficaz la perspectiva y la opinión de expertos en temas relacionados con innovación y desarrollo científico, por otra parte, es de mucha importancia para el progreso de un país y el beneficio de una población que las investigaciones realizadas den como resultado productos de gran impacto a nivel de ciencia y avances para el desarrollo global de las organizaciones en pro de comunidades y situaciones muy particulares (Gómez, 2010). Por otra parte, Zanjirchi (2019) plantea que la bibliometría es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas empleadas para explorar, organizar y analizar de manera cuantitativa grandes grupos de literatura científica, además, proporciona una visión global completa de una temática y saber las tendencias de una problemática permitiendo determinar qué tipo de metodologías se abordan para implementar técnicas, tecnologías o productos innovadores en las regiones o territorios de cualquier país.

La información más relevante del estudio presente se basa en una ecuación de búsqueda construida en Scopus donde las palabras más importantes para su formulación son: *energy sustainability*, *sustainability development*, *energy*

efficiency, energy policy, climate change, solar energy, energy systems, geothermal energy, energy use, wind energy, emission, critical challenges, biodiesel.

La ecuación formulada en la base de datos Scopus es:

(TITLE (energ* W/1 sustainabilit*) OR KEY (energ* W/1 sustainabilit*) AND TITLE-ABS-KEY (technolog*)) AND PUBYEAR > 2007

5.3.3 Resultados de la ecuación

Scopus (2019) es una base de datos que cuenta con contenido de calidad científica en muchas ramas del conocimiento. Para el presente capítulo, se mostrarán los resultados de la ecuación de búsqueda respecto a la temática en sostenibilidad energética en el mundo con los indicadores más notables en investigación, las universidades más interesadas en la temática, los autores más recientes, las revistas con mayor auge y las tendencias más importantes de uso en la temática expuesta.

La figura 14, representa el número de publicaciones que se han abordado acerca de la sostenibilidad energética en el mundo a partir del año 2008 hasta la actualidad.

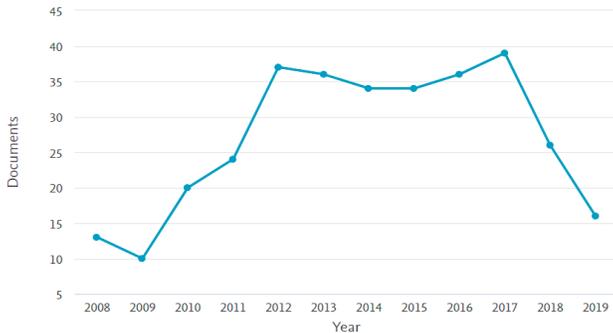


Figura 14. Documentos por años

Fuente: tomado de Elsevier, 2019.

La figura ilustra un contenido prometedor en este campo del conocimiento, sin embargo, para el año 2018 aún no se puede consolidar la base de datos

ya que internamente se tiene un proceso de tiempo el límite de publicación de dicho año, además, para el año 2019 se ve una tendencia decreciente, pero es porque el año se encuentra en curso. En año 2017 se tiene un buen número de publicación con respecto a la temática, con un total de 39 artículos de calidad científica. Se observa que el tema aún es joven y hay mucho campo investigativo por explorar.

En la figura 15, se observan los primeros cinco de los diez documentos más populares publicados por fuentes en sostenibilidad energética.

La línea azul oscura, representa la fuente literaria de Renewable and Sustainable Energy Reviews. La línea gris, representa la fuente literaria de Energy Policy. La línea azul clara representa la fuente literaria de ACM International Conference Proceeding Series. La línea naranja representa la fuente literaria de Sustainability Switzerland y la línea amarilla representa la Energy Procedia. Se puede concluir que las revistas que más publican se encuentran en la línea de energías renovables, así, como de políticas energéticas. Aunque vale la pena resaltar que conferencias multidisciplinarias internacionales y revistas en energía y sostenibilidad también muestran interés por la temática.

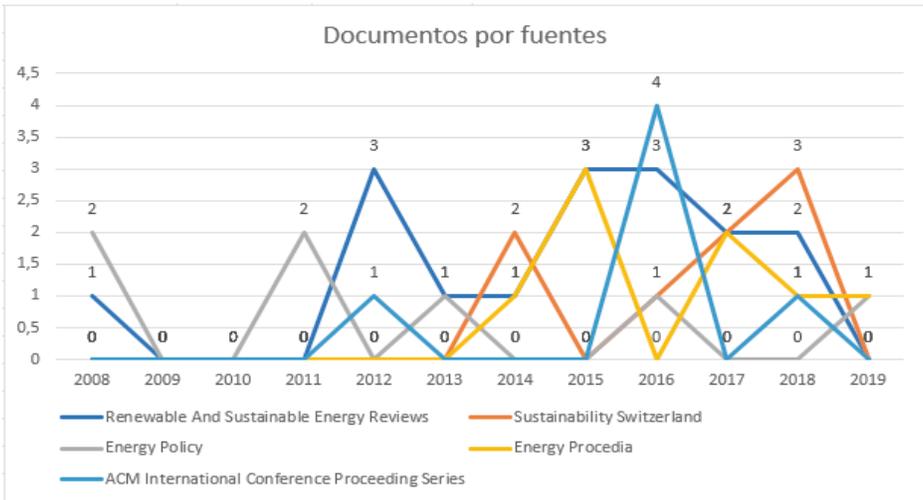


Figura 15. Documentos por fuentes

Fuente: elaboración propia a partir de Elsevier, 2019.

La figura 16, nos representa el listado de los diez autores que tienen mayor publicación en el tema de sostenibilidad energética.

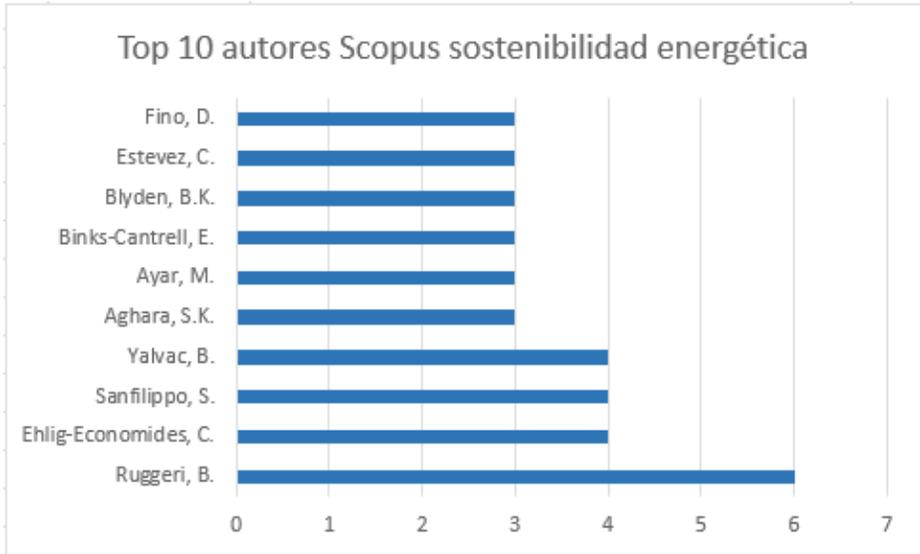


Figura 16. Diez autores con más producción en Scopus en sostenibilidad energética
Fuente: elaboración propia a partir de Elsevier, 2019.

Se observa que Ruggeri (2016) es el autor con mayores publicaciones en la temática de sostenibilidad energética, el artículo con más citas es *Citrus waste as feedstock for bio-based products recovery: Review on limonene case study and energy valorization* y plantea que las cáscaras de cítricos y los residuos de frutas son fuentes naturales de energía y pueden tener múltiples usos, especialmente en el área de cosméticos, farmacéuticos, y productos para el procesamiento de alimentos donde relacionan criterios de sostenibilidad energética en el área de la salud, además, el artículo tiene un total de 35 citas a la fecha.

La figura 17, representa las diez universidades que trabajan el tema de sostenibilidad energética.

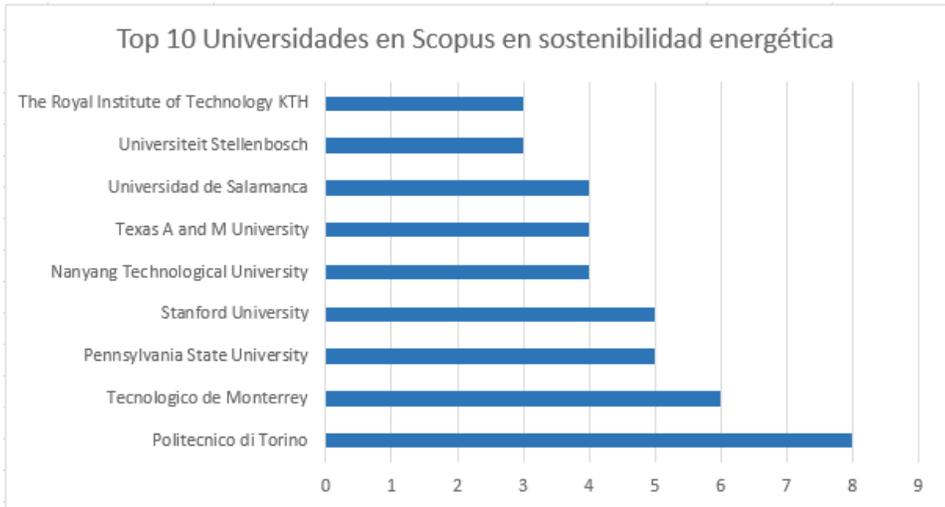


Figura 17. Diez universidades en Scopus con más producción en sostenibilidad energética
Fuente: elaboración propia a partir de Elsevier, 2019.

El Politécnico di Torino tiene el mayor número de artículos publicados en el contexto de sostenibilidad energética con un total de ocho, como se observa en la figura 17, y el artículo más citado en esta universidad es *Citrus waste as feedstock for bio-based products recovery: Review on limonene case study and energy valorization* y tiene un total de 35 citas a la fecha, le sigue *Reduction of primary energy needs in urban areas trough optimal planning of district heating and heat pump installations* con un total de 31 citaciones y, por último, *Energy valorisation of residues of dark anaerobic production of Hydrogen* con un total de 18 citaciones.

La figura 18, representa el tipo de documento que aborda la temática de sostenibilidad energética.

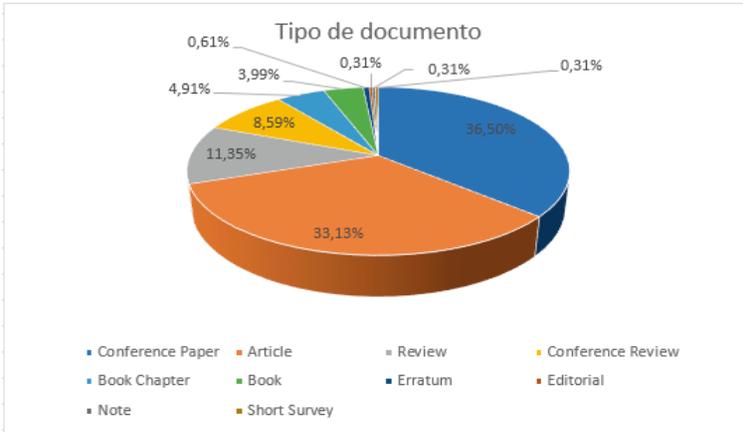


Figura 18. Tipo de documento
Fuente: elaboración propia a partir de Elsevier, 2019.

El 36,3 % representa documentos de conferencia, seguido por el 33,2 % que representa artículos científicos del tema. Los demás, no representan más de 15 %, sin embargo, son de gran utilidad a la hora de investigar para proponer proyectos que incluyan alternativas tecnológicas en energías de acuerdo al enfoque y necesidad. La figura 19, representa el área de estudio en el tema de sostenibilidad energética.

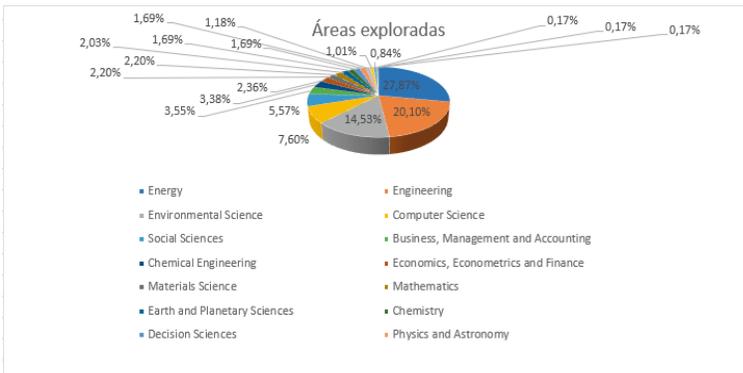


Figura 19. Tipo de área
Fuente: elaboración propia a partir de Elsevier, 2019.

El 27,8 7% se encarga de estudiar el tema de energía, el 20,1 % le apunta a estudios relacionados con ingeniería, el 14,53 % se encarga de la ciencia del

medio ambiente los demás no representan más del 10 % pero tienen gran participación en la temática que se aborda, además, estos resultados muestran que es una temática multidisciplinaria. La figura 20, muestra los patrocinadores (*Sponsors*) en sostenibilidad energética.

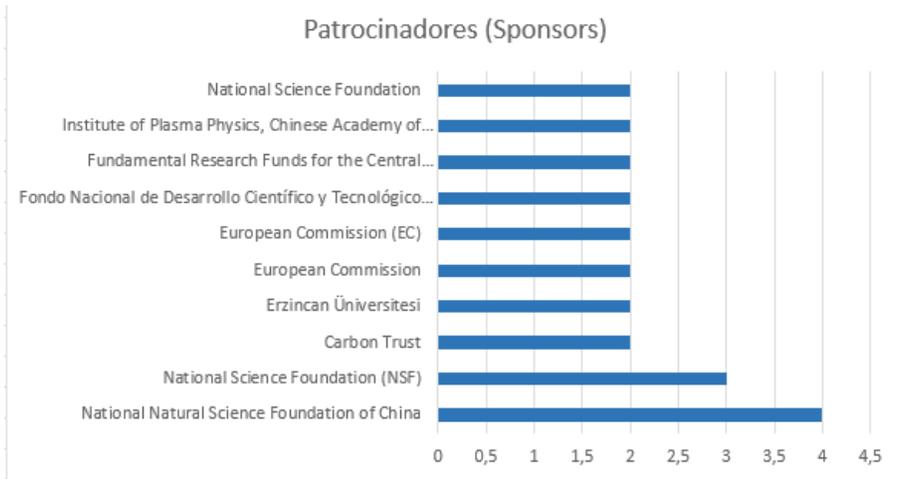


Figura 20. Patrocinadores (Sponsors)

Fuente: elaboración propia a partir de Elsevier, 2019.

La *National Natural Science Foundation of China* tiene la mayor cantidad de patrocinios en el tema, de acuerdo con la información, ayudó en estas tres publicaciones. *Integrated energy and economic evaluation of a case tidal power plant in China* con seis citas y publicado en el 2018, *The energy rebound effects across China's industrial sectors: An output distance function approach* con diecinueve citas y publicado en el 2016 y *Exploring the role of IT for environmental sustainability in China: An empirical analysis* con 62 citas y publicado en el 2013.

5.3.4 Mapa topológico de autores

La innovación, el desarrollo y los nuevos enfoques tecnológicos representan grandes desafíos para la actual sociedad, Pineda-Ospina (2018) afirma que realizar un análisis bibliométrico permite identificar redes entre los múltiples

autores que vinculan áreas del conocimiento y trazar una línea sobre el estado de las investigaciones y sus tendencias investigativas, además, es posible identificar una clara relación entre la gestión del conocimiento, gestión de la innovación para enriquecer nuevos conceptos y elementos que se enlazan a la sostenibilidad industrial.

A continuación, se presenta una serie de imágenes elaboradas en el *software* CytoScape que relaciona un mapa topológico entre autores que colaboran en el tema de sostenibilidad energética y están directamente relacionados con los 325 artículos científicos de la base de datos de Scopus.

La figura 21, muestra la red global de los autores directamente relacionados con los 325 artículos científicos de la base de datos Scopus entre los años 2008 y 2019 como se indica en la ecuación de búsqueda.

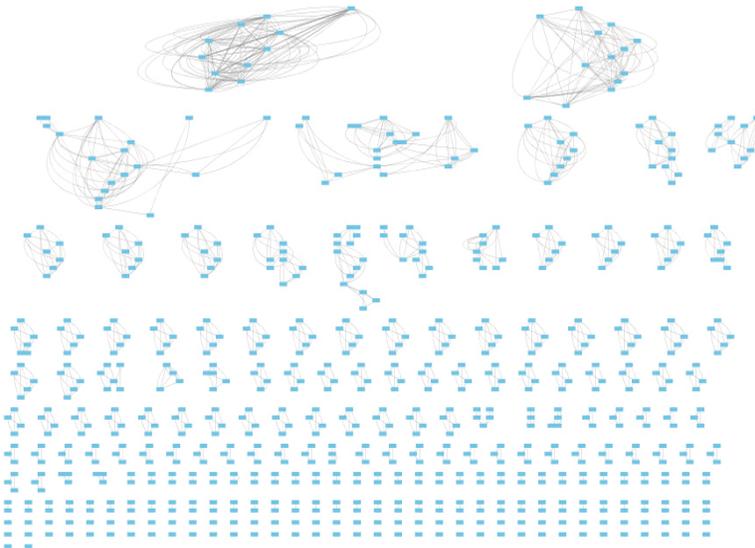


Figura 21. Red global de autores sostenibilidad energética 2008-2019
Fuente: elaboración propia.

La figura 22, representa la red topológica de los autores entre los años 2008 y 2013

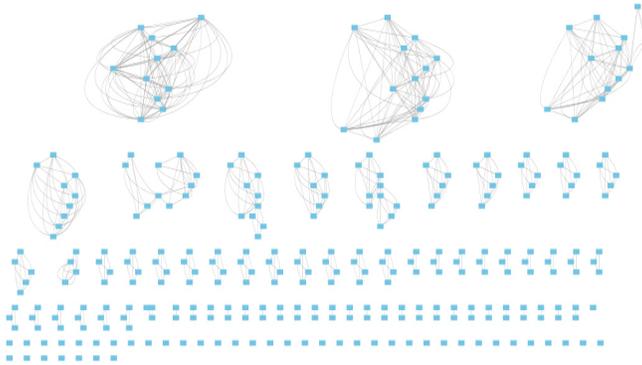


Figura 22. Red global de autores sostenibilidad energética 2008-2013
Fuente: elaboración propia.

En la tabla 5, se observa con más detalle algunas de las porciones de la red neuronal de autores en sostenibilidad energética entre los años 2008 y 2019.

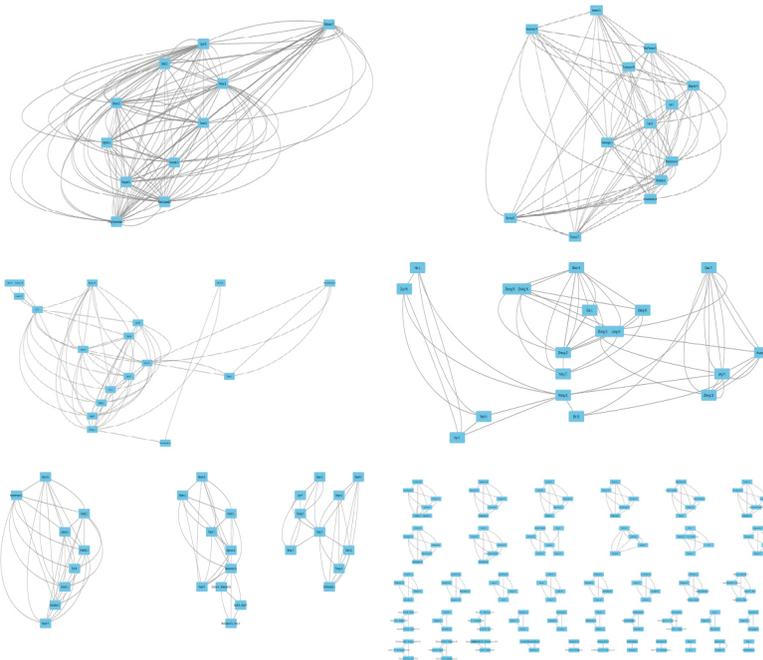


Tabla 5. Red neuronal autores
Fuente: elaboración propia en Cytoscape

5.3.4 Indicadores bibliométricos de estructura

Los indicadores de estructura miden la conexión entre diferentes autores, publicaciones, años, áreas de conocimiento. A continuación, se realiza un análisis de la ecuación entre los años 2008-2013 y 2003-2019 obteniendo los siguientes resultados (ver tabla 6).

Tabla 6. Resultados Red neuronal autores

Indicador	2008-2013	2008-2019
Número de nodos	303	716
Densidad red	0,012	0,004
Diámetro de red	3	5
Distancia característica esperada	1	1
Número de componentes conectados	109	242
Número promedio de vecinos	3,551	3,061
Grado de agrupamiento de la red (clusterización)	0,681	0,687
Centralización de la red	0,028	0,014
Heterogeneidad de la red	0,923	0,829
Número de nodos aislados	43	72
Componentes conectados por nodos	109	242

Fuente: elaboración propia.

Entre los resultados se observa que el número de nodos ha aumentado, lo cual es coherente con el creciente interés en las investigaciones alrededor de la temática. Ligado a esta dinámica se observa una reducción en la densidad de las redes, lo que muestra que se han creado nuevos nodos interesados en el tema que inician investigaciones por fuera de las redes tradicionales iniciales. Adicionalmente, la centralidad de la red se reduce a la mitad, lo cual es proporcional al nuevo número de investigadores que surgen en el proceso (esto también se relaciona con el posicionamiento de más nodos aislados).

5.4 Conclusiones

Los análisis bibliométricos permiten formular, identificar y trazar una línea de amplia investigación para comprender el comportamiento de un producto, un servicio o una tendencia tecnológica de acuerdo a su actividad científica en las regiones que estén en un proceso de maduración con respecto al desarrollo

y sostenibilidad, además, dan un soporte metodológico de tipo cuantitativo para el análisis de factores tales como calidad y cantidad medidos en universidades, centros de investigación, países y regiones del mundo.

El campo de las ciencias administrativas ha mostrado un gran interés en el desarrollo y la creación de modelos de innovación que permitan visualizar de manera global aspectos técnicos, productivos, investigativos y novedosos dentro de las organizaciones, que permitan, además, ampliar el panorama en alternativas sostenibles, extienden el campo del conocimiento a través de nuevos y novedosos productos de acuerdo a las tecnologías de la información que se tengan a la mano.

La sostenibilidad energética es un tema muy joven y debe ser explorado desde diferentes perspectivas, el uso de nuevas alternativas tecnológicas de esta temática está directamente relacionado con el territorio donde se implemente, por ejemplo, Brasil es un país que genera un 25 % de su energía a través de biomásas, lo que implica un gran aporte al cuidado del medio ambiente y la biodiversidad en temas tecnológicos que impactan el territorio y permiten incorporar nuevas estrategias para adoptar tecnologías en pro de la población.

Referencias

- Ahmed, F. E., Hashaikeh, R. y Hilal, N. (2019). Solar powered desalination – Technology, energy and future outlook. *Desalination*, 453, 54–76. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2018.12.002>
- André, F. J., De Castro, L. M. y Cerdá, E. (2012). Las energías renovables en el ámbito internacional. *Revista CiCe*, 100, 25. <https://doi.org/10.1007/s11920-013-0397-9>
- Araújo, J. y Arancibia, R. (2012). Informetría, bibliometría y cienciometría: aspectos teórico-prácticos. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352002000400004
- Archibald, T. W. y Marshall, S. E. (2018). Review of Mathematical Programming Applications in Water Resource Management Under Uncertainty. *Environmental Modeling and Assessment*, 23(6), 753–777.

- Aznar-Sánchez, J. A., Velasco-Muñoz, J. F., Belmonte-Ureña, L. J. y Manzano-Agugliaro, F. (2019). Innovation and technology for sustainable mining activity: A worldwide research assessment. *Journal of Cleaner Production*, 221, 38–54.
- Bordons, M. y Zulueta, M. (2000). Evaluación de la actividad científica a través de indicadores bibliométricos. Recuperado de <http://www.revespcardiol.org/es/evaluacion-actividad-cientifica-travesindicadores/articulo/190/>
- Chayutthanabun y Chinda. (2019). Factors Affecting Green Production of the Automotive Industry in Thailand: Frequency Analysis. *TIMES-ICON 2018 - 3rd Technology Innovation Management and Engineering Science International Conference*, (May), 2019. <https://doi.org/10.1109/TIMES-ICON.2018.8621661>
- Elsevier. (2019). Scopus. Recuperado de <https://www-scopus-com.itm.elogim.com:2443/search/form.uri?zone=TopNavBar&origin=searchadvanced&display=advanced>
- Fu, G., Liu, J., Liu, J. y Liu, R. (2019). Quantitative Analysis of the Feasibility of Realizing the Transformation to Clean Energy for China's Energy Increment by 2035. *2018 International Conference on Power System Technology (POWERCON)*, (201805280000092), 510–515. <https://doi.org/10.1109/powercon.2018.8601950>
- Gómez, C. R.-C. (2010). Indicadores bibliométricos: origen, aplicación, contradicción y nuevas propuestas. *Med UNAB*, 8(1), 29–36.
- Jacobson, M. Z. y Delucchi, y M. A. (2010). Energía sostenible: Objetivo 2030. *Version-1a1*, 1–8.
- Lap, T., Van der Hilst, F., Szklo, A., Schaeffer, R., Koberle, A., Nogueira, L. P., ... Faaij, A. (2018). Pathways for a Brazilian biobased economy: towards optimal utilization of biomass. (*Under Review*), 1–17. <https://doi.org/10.1002/bbb.1978>

- Li, X., Zhu, N. y Guo, R. D. (2011). Study of clean energy application and strategy. *2011 International Conference on Electric Technology and Civil Engineering, ICETCE 2011 - Proceedings*, 5483–5485. <https://doi.org/10.1109/ICETCE.2011.5776370>
- Mararakanye y Bekker. (2019). Renewable energy integration impacts within the context of generator type, penetration level and grid characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 108, 441–451. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.03.045>
- Merino, L. (2012). Las energías renovables. Retrieved from <http://media1.webgarden.es/files/media1:4befe784280d2.pdf.upl/E.renovables.pdf>
- Negro, V., Mancini, G., Ruggeri, B. y Fino, D. (2016). Citrus waste as feedstock for bio-based products recovery: Review on limonene case study and energy valorization. *Bioresource Technology*, 214, 806–815. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.05.006>
- Pineda-Ospina. D. (2018). Tendencias en la producción de artículos científicos en innovación en el campo de las ciencias administrativas. *Innovar* 29(72), 117–130. <https://doi.org/10.15446/innovar.v29n72.77935.EN-LACE>
- Yang, X. y Li, C. (2019). Industrial environmental efficiency, foreign direct investment and export-Evidence from 30 provinces in China. *Journal of Cleaner Production*, 212, 1490–1498.
- Yuksel, I., Arman, H. y Demirel, I. H. (2018). Clean energy for future energy policy in Turkey. *5th International Conference on Renewable Energy: Generation and Application, ICREGA 2018, 2018-Janua*, 260–263. <https://doi.org/10.1109/ICREGA.2018.8337590>
- Zanjirchi, S., Rezaeian, M. y Jalilian, N.. (2019). Four decades of fuzzy sets theory in operations management: application of life-cycle, bibliometrics and content analysis. *Scientometrics* 119, 1289–1309.
- Zhou, S., Matisoff, D. C., Kingsley, G. A. y Brown, M. A. (2019). Understanding renewable energy policy adoption and evolution in Europe: The

impact of coercion, normative emulation, competition, and learning.
Energy Research & Social Science, 51.

Capítulo 6

Aproximación a las tendencias de ecoinnovación en el sector constructor a partir de una vigilancia tecnológica¹

Juan Camilo Patiño Vanegas²; Melissa Palacio Mazo³;
León Alejandro López Barrera⁴; Jackeline Valencia⁵

Resumen

La ecoinnovación es un concepto que abarca todas las formas de innovación y que guarda una estrecha relación con la manera en que se utilizan los recursos naturales puesto que relaciona los dos pilares de la sostenibilidad: la calidad ambiental y el bienestar económico. El presente estudio presenta un análisis científico y tecnológico de la ecoinnovación para el sector constructor aplicando un análisis bibliométrico a través de fuentes de información de tipo científica como Scopus para analizar y describir el desarrollo científico, como cantidad de publicaciones y referentes investigativos. A nivel tecnológico se utiliza la base de datos de patentes Orbit para describir los principales líderes tecnológicos, temáticas y tendencias.

Entre los resultados encontrados se evidencia que los enfoques de estudio están determinados por entender el impacto ambiental causado por el uso de recursos como la energía y uso de nuevos materiales naturales como el corcho cuyas propiedades son una excelente oportunidad para la innovación ecológica aplicado a la construcción. Así como también se evidencia que tanto la

1 Capítulo de libro de investigación resultado del proyecto titulado *Ecoinnovación en el sector constructor: análisis a través de la vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva para un aporte al desarrollo sostenible* y realizado en el Instituto Tecnológico Metropolitano.

2 Ph D. (c) en Pensamiento Complejo, magíster en gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional, ingeniero en Telecomunicaciones. Instituto Tecnológico Metropolitano. Correo: juanpatino@itm.edu.co

3 Tecnóloga en Gestión Administrativa, Instituto Tecnológico Metropolitano. Correo: melipalacio_28@hotmail.com

4 Tecnólogo en Gestión Administrativa, Instituto Tecnológico v Metropolitano. Correo: llopebar@outlook.com

5 Artista Visual e integrante del grupo de investigación en Artes y Humanidades del Instituto Tecnológico Metropolitano. Correo electrónico: lauragaviria@itm.edu.co

producción científica y tecnológica de patentes tienen un comportamiento incremental desde el 2009 y hoy se evidencia diferentes entidades y países enfocados en continuar con su desarrollo.

Palabras clave: ecoinnovación, vigilancia tecnológica, sostenibilidad.

Abstract

Eco-innovation is a concept that encompasses all forms of innovation and is closely related to the way in which natural resources are used. since it relates the two pillars of sustainability: environmental quality and economic well-being. Therefore, the present study presents a scientific and technological analysis of Eco-Innovation for the construction sector applying a bibliometric analysis through scientific information sources such as SCOPUS to analyze and describe the scientific development, as number of publications and investigative referents. At the technological level, the ORBIT patent database is used to describe the main technological, thematic, leaders and trends.

Among the results found, it is evident that the study approaches are determined by understanding the environmental impact caused by the use of resources such as energy and the use of new natural materials such as cork whose properties are an excellent opportunity for ecological innovation applied to construction. As well as it is evident that both the scientific and technological production of patents have an incremental behavior since 2009 and today there are different entities and countries focused on continuing with their development.

Key words: Eco-innovation, Technology watch, sustainability

Introducción

El desconocimiento temático, el analfabetismo científico-tecnológico o la apatía frente a temas referidos a la ciencia y la tecnología, han limitado a Colombia sobre una amplia participación ciudadana frente a los cambios científicos-tecnológicos (Chingate Hernández, 2009). De allí, se deriva que esta investigación aportará información relevante de las tendencias, cambios,

oportunidades, retos y evolución de la ecoinnovación para el sector constructor como una temática que está en crecimiento desde el componente científico y tecnológico. Por tanto, realizar una vigilancia tecnológica (VT) permite a las empresas del sector constructor conocer la evolución que ha dado el cambio tecnológico en función de la sostenibilidad, y cómo la ecoinnovación se constituye como una temática nueva que se puede aprovechar para mejorar procesos, cambiar técnicas, modelos de aplicación, y reconocer cómo las empresas y líderes tecnológicos del sector la aprovechan al máximo.

Frente a esto, el sector constructor constituye un aporte importante al crecimiento de las economías de los países desarrollados o en vía de desarrollo. No solo por la gran cantidad de empresas que se han constituido en el tiempo, sino por la fuerza trabajadora que involucra de forma directa e indirecta. Siendo, además, un factor clave para la definición de políticas que permitan asegurar altos niveles de empleo (Ruggirello, 2011). Además, es un sector que enfrenta retos tecnológicos importantes para lograr nuevas líneas de negocio, mecanismos de construcción, grandes innovaciones y oportunidades de negocio. En especial, a la contribución del desarrollo sostenible para aportar a la solución de los desafíos sociales, ambientales.

Basado en lo anterior, para lograr el país próspero y justo que soñamos, las políticas se han ido transformando desde hace 28 años en que la Ley 29 de 1990 destacó la necesidad de incorporar la ciencia y la tecnología en las políticas de desarrollo económico y social. Posterior a esto, cuatro años después, la misión de Ciencia, Educación y Desarrollo propuso “una nueva visión del mundo liderada por los avances de la ciencia. Más adelante, en 2008 el país apuntó a generar productividad y competitividad vinculadas a los objetivos de desarrollo del milenio (ODM) adoptada por la ONU. En los últimos años los retos son mayores y los gobiernos se enfrentan a la necesidad de buscar un crecimiento que sea sostenible no solo en términos económicos, sino ambientales. Por tanto, se constituye la agenda para el 2030 en los objetivos de desarrollo sostenible invitando a cambiar nuestra forma de desarrollo por una más responsable con el medio ambiente (Colciencias, 2018).

Del mismo modo, Lützkendorf (2010) manifiesta que el debate del desarrollo sostenible en el sector inmobiliario debe tomar acciones ecoinnovadoras frente a la inalcanzable cifra de la construcción de edificios y casas. Lo que

significa que la sostenibilidad consiste en la capacidad de adaptar las actividades del ser humano al entorno y de este asumir la presión de manera que sus recursos naturales no se degraden irreversiblemente (Cáceres,1996).

Adicionalmente, es importante entonces resaltar que construir sosteniblemente requiere del aporte de soluciones en las actividades de I+D+i que lleven a cabo las empresas constructoras. Dichas actividades de investigación, desarrollo e innovación consisten en ejecutar tareas y estandarizar procesos que permitan la mejora continua a nivel técnico y organizacional (Correa *et al.*, 1997) usando, además, herramientas que faciliten la ejecución de dichas actividades. Es así entonces como hoy en día se escucha mencionar el término de construcción sostenible, que se define en síntesis como el uso responsable de recursos naturales como el agua, energía, suelos, entre otros (Alavedra *et al.*, 1997) y surge igualmente la necesidad de innovar ambientalmente y enfocar esfuerzos a la sostenibilidad, por lo que las empresas constructoras deben generar estrategias que minimicen en gran medida su impacto en el medio ambiente (Alavedra *et al.*, 1997).

Basándose en lo anterior, se identifica entonces que la ecoinnovación como un concepto que ha sido definido ampliamente como el proceso de desarrollar nuevas ideas, comportamientos, productos y procesos que contribuyen a una reducción en las cargas ambientales (Renning, citado en Hellström, 2007), adicionalmente, se vuelve un factor determinante de estudio en relación al desarrollo sostenible, en este caso, la industria constructora cuyo impacto en el medio ambiente es alto. Donde además se ha observado durante los últimos años, una tendencia creciente hacia el desarrollo de iniciativas para mejorar el funcionamiento de las empresas del sector y evidenciar así las buenas prácticas de las mismas; sin embargo, dichas iniciativas han tenido un escaso impacto y los cambios derivados de las mismas han sido modestos (Segarra-Oña, Peiró-Signes y Cervelló-Royo, 2015).

Por otro lado, la ecoinnovación en el sector constructor ha sido un tema poco explorado, y los esfuerzos investigativos se han centrado en otros sectores empresariales, por lo que no se evidencia profundización alguna en Colombia que demuestre cómo el sector constructor puede sacar provecho de esta tendencia. En la tabla 7, se describen algunas investigaciones del tema.

Tabla 7. Investigaciones hechas por distintos autores sobre eco-innovación en diferentes sectores industriales

Autor	Sector	País
M. Segarra-Oña, A. Peiró-Signes, L. Miret-Pastor, J. Albors-Garrigós.	Ecoinnovación aplicada a la industria cerámica	España
Jorge Armando Juárez González, María Angélica Cruz Reyes, Rebeca Meléndez Flores	Ecoinnovación aplicada a la agroindustria	México
Avellaneda Rivera, Laura Mercedes	Ecoinnovación aplicada al turístico y agroalimentario	España
Acosta, Julián	Ecoinnovación aplicado a la industria de abrasivos	Colombia
Lluís Miret-Pastor, Paloma Herrera-Racionero, Carmen Muñoz-Zamora, Ángel Peiró-Signes	Ecoinnovación aplicada a la pesca.	España

Fuente: elaboración propia.

En este sentido, la necesidad de información científico-técnica adecuada, oportuna y exacta, es pieza clave para la industria del sector constructor. Por tanto, esta propuesta de investigación va encaminada a obtener información del entorno tecnológico a través de la VT, herramienta que se fundamenta en un proceso organizado, selectivo y sistemático para captar información, analizarla y convertirla en conocimiento para tomar decisiones acertadas.

6.1 Desarrollo

Para realizar el análisis de la ecoinnovación en el sector constructor se realizó un análisis bibliométrico a través de fuentes de información de tipo científica como Scopus para analizar y describir el desarrollo científico, como cantidad de publicaciones y referentes investigativos. Adicionalmente, se tomó como referencia la estrategia definida por la Norma UNE 166006, donde plantea que el proceso de vigilancia tecnológica es un proceso sistemático para capturar, analizar información y difundirla. Proponiendo seguir unas etapas para garantizar la rigurosidad de un estudio de VT, como se muestra en la figura 23.

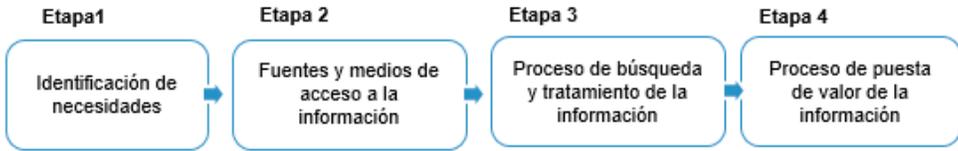


Figura 23. Metodología según la norma UNE 166006

Fuente: García, 2006.

Por tanto, se establecieron actividades en cada una de las etapas. En la etapa 1 se planteó la necesidad de profundizar en el tema y su importancia para el sector. En la etapa 2 se definió la fuente de información Scopus teniendo en cuenta que es la base de datos que ofrece información de los resultados de la investigación mundial en los campos de la ciencia, la tecnología, la medicina, las ciencias sociales y las artes y humanidades (Elsevier, 2018). Luego en la etapa 3 se realizó el proceso de búsqueda y tratamiento de la información que permitiera abarcar la temática ecoinnovación en el sector constructor a partir de la siguiente ecuación de búsqueda que arrojó 124 resultados:

TITLE-ABS-KEY (eco-innovation OR eco W/1 innovation OR green W/1 innovation OR environmental W/1 innovation) AND (construction OR build* OR edification) AND (material* OR component*) AND NOT marketing

Finalmente, en la etapa 4, se realizó el proceso de puesta de valor de la información en el que se buscó valorar los puntos fuertes de la temática, el desarrollo científico, enfoques investigativos para describir las recomendaciones que pudiesen dar entorno a la ecoinnovación.

6.2 Resultados

Con base a los resultados obtenidos se realizó un análisis de la información para presentar y analizar de forma gráfica el estado actual de la producción científica relacionada a la ecoinnovación enfocada al sector constructor, especialmente al campo de los materiales. Se identificó, por ejemplo, la cantidad de publicaciones por año, autores, área de estudio, afiliación, países, entre otros.

Resaltando las producciones más relevantes y que generan un mayor aporte al tema de investigación.

Desde el año 2003 se evidencian investigaciones sobre el tema, entre este año (2003) y el año 2010 los estudios sobre ecoinnovación fueron pocos, la cantidad de publicaciones máximas alcanzadas en este rango de tiempo fueron tres para los años 2007 y 2009.

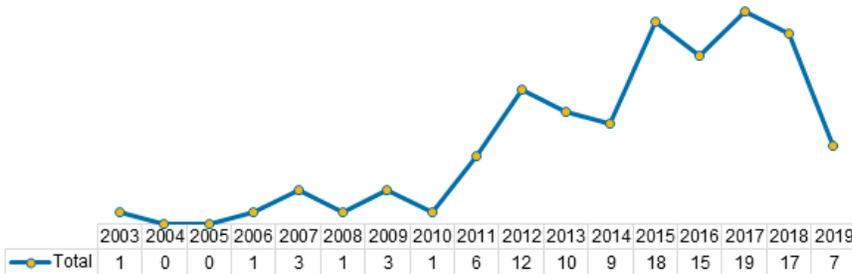


Figura 24. Cantidad de publicaciones por año
Fuente: elaboración propia a partir de Scopus, 2019.

Del año 2011 hacia adelante aumentan hasta 19 publicaciones sobre ecoinnovación, dicha cantidad la realizaron en el año 2017, cuando se encontraron investigaciones que aportan información relevante para este trabajo, de las cuales cabe resaltar el tema *Factores que influyen en las pequeñas y medianas empresas letonas hacia la innovación ecológica* en el cual los autores define la ecoinnovación como “cualquier innovación que reduzca el uso de los recursos naturales y disminuye la liberación de sustancias nocivas a lo largo de todo el ciclo de vida” (Melece y Hazners, 2017).

En lo transcurrido de este año 2019 han realizado siete publicaciones, destacando a los autores Colombo, Pansera y Owen (2019) quienes en la investigación *El discurso de la ecoinnovación en la Unión Europea: un análisis de la Ecoinnovación Plan de Acción y Horizonte 2020* enfatizan que, en los últimos años, la búsqueda de caminos innovadores hacia la sostenibilidad se ha puesto a la vanguardia de la configuración de la agenda internacional. Si bien las organizaciones e instituciones internacionales, como las Naciones Unidas y la Unión Europea (UE), se movilizaron en todo el gran reto de la sostenibilidad,

tanto en un local y una escala global, ecoinnovación como un concepto clave comenzaron a aparecer y consolidación en documentos de políticas y esquemas de financiación.

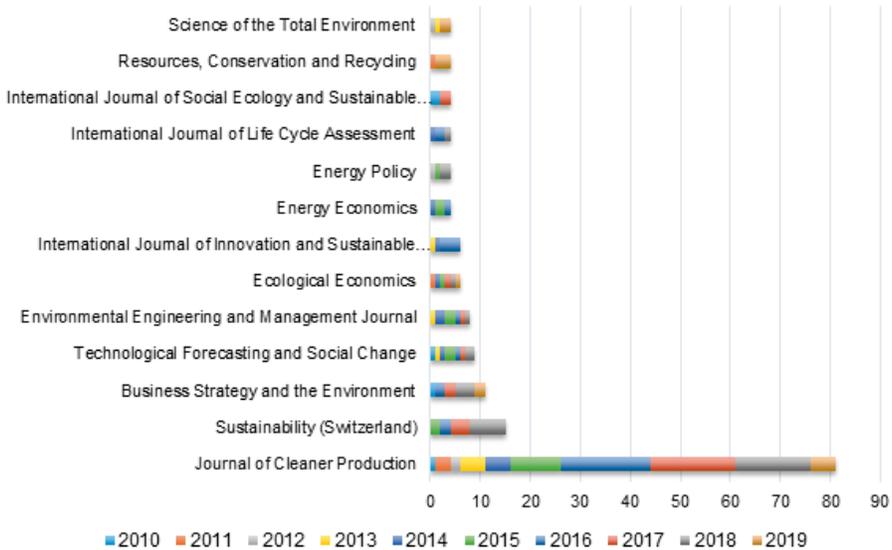


Figura 25. Cantidad de publicaciones por revista
Fuente: elaboración propia a partir de Scopus, 2019.

Se encontró una gran variedad de revistas con artículos sobre el tema, sin embargo, en la gráfica se evidencian las diez revistas con mayor cantidad de publicaciones desde el 2010 hasta el 2019. Un claro ejemplo de esto es la revista *Journal of Cleaner Production* con un total de 81 publicaciones en este rango de años; el año donde más publicaciones se dieron, por ejemplo, fue en el 2016 con un total de dieciocho artículos. Esta es una revista internacional y transdisciplinaria que se centra en la investigación y la práctica de producción más limpia, medio ambiente y sostenibilidad que a través de sus artículos publicados tiene como objetivo ayudar a las sociedades a ser más sostenibles.

La siguiente revista con alto número de artículos es *Sustainability (Switzerland)* la cual, en total para el rango de años analizado, tuvo quince publicaciones; el año donde más publicó fue en el 2018 con siete artículos, es una revista de publicaciones internacionales, interdisciplinarias y académicas, revisada

por pares y de acceso abierto de sustentabilidad ambiental, cultural, económica y social de los seres humanos.

Así, y con base en lo anterior, se evidencia interés por diferentes revistas del mundo en concientizar a las sociedades y empresas de la importancia de la innovación enfocada al desarrollo sostenible, es decir, ecoinnovación

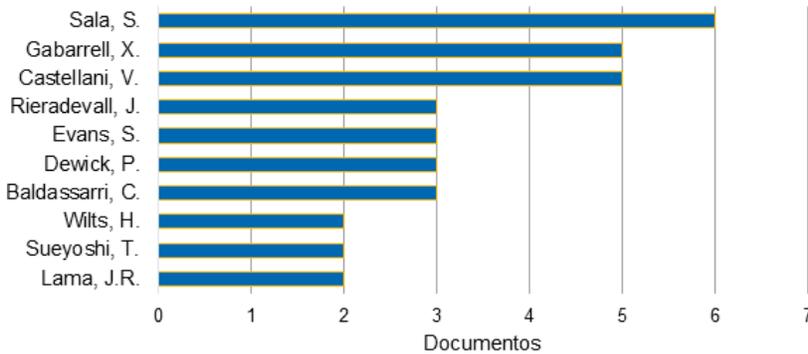


Figura 26. Publicaciones por autor
Fuente: elaboración propia a partir de Scopus, 2019.

En esta búsqueda se encontraron gran cantidad de autores, pero es conveniente destacar los diez autores con mayor cantidad de investigaciones sobre el tema. Los autores S. Sala, del Centro Común de Investigación de la Comisión Europea con seis publicaciones y V. Castellani, del mismo Centro Común de Investigación de la Comisión Europea, con cinco publicaciones, han realizado estudios juntos sobre ecoinnovación enfocados en la evaluación del ciclo de vida. En la investigación *Simulación de energía y ACV para el análisis a gran escala de ecoinnovaciones en el stock de viviendas* nos indican que la evaluación del ciclo de vida puede respaldar la evaluación de las cargas y los beneficios asociados a las innovaciones ecológicas que apuntan a reducir los impactos ambientales causados por el consumo de energía de los edificios, el sector de la construcción causa importantes impactos ambientales en términos de consumo de recursos, emisiones nocivas y generación de residuos (Allacker, Castellani, Baldinelli, Bianchi, Baldassarri y Sala, 2018).

El autor X. Gabarrell, cuenta con cinco investigaciones sobre ecoinnovación, resaltando el estudio *Introducción de técnicas de ecoideación y creatividad para aumentar y diversificar las aplicaciones de eomateriales: el caso del corcho en el sector de la construcción* donde, con otros autores, enfatiza en que el corcho es un material ecológico que recientemente ha atraído un creciente interés debido a la estrategia en expansión del diseño de productos sostenibles, cuyo objetivo es reemplazar los materiales no renovables en el mercado de la construcción. Hasta ahora, el sector del corcho no ha aprovechado las propiedades de este material y se ha orientado completamente hacia aplicaciones tradicionales como tapones para vinos y otras bebidas. La diversificación del mercado del corcho, a través del desarrollo de nuevos productos con mayor valor agregado, es la razón por la cual la ecoideación (utilizando diferentes técnicas de creatividad) puede ser útil para crear nuevos productos y soluciones (Sierra, López, Boschmonart y Gabarrell, 2016).

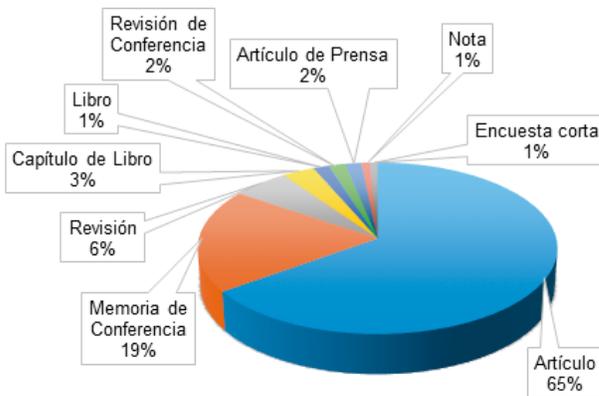


Figura 27. Publicaciones por tipo de publicaciones
Fuente: elaboración propia a partir de Scopus, 2019.

Con respecto a los tipos de publicaciones, la mayor cantidad de publicaciones científicas corresponde a artículos con un 64,5 % orientados en su gran mayoría en el área de la ciencia medioambiental con 57 escritos, siguiendo con artículos sobre energía con 41 publicaciones que, como lo han mencionado diferentes autores, es un causante de impactos negativos al medio ambiente.

Adicionalmente, hay enfoques sobre procesos de innovación que brinda apoyo a las pequeñas y medianas empresas para la implementación de la ecoinnovación debido a que para estas empresas ponerla en práctica puede convertirse en un reto (Kanda, Hjelm, Clausen y Bienkowska, 2018).

El siguiente tipo de publicación con porcentaje alto en cantidades son las conferencias (19,4 %), de las cuales la mayoría se enfocan al área de ingenierías con dieciséis artículos, destacando el estudio *La refabricación ayudó a la creación de valor agregado, una reunión de innovaciones para ofrecer una fabricación sostenible* en el cual los autores destacan el modelo de negocio de remanufactura sostenible que se puede aplicar en base a la infraestructura de instituciones educativas, como los institutos de tecnología, para adoptar desarrollos ambientales, económicos y sociales. Tal innovación, la creación de valor es impulsado por ecodiseño y ecoinnovación permitiendo que la reunión entregue desarrollo humano, empleo y ambiente consciente de la educación y comparta las recomendaciones de las direcciones de desarrollo para la actualización a fin de aplicar negocios que permitan el surgimiento de ecosociedades, a través del procesamiento cooperativo de chatarra de acero (Abullah, Guo y Yun, 2015).

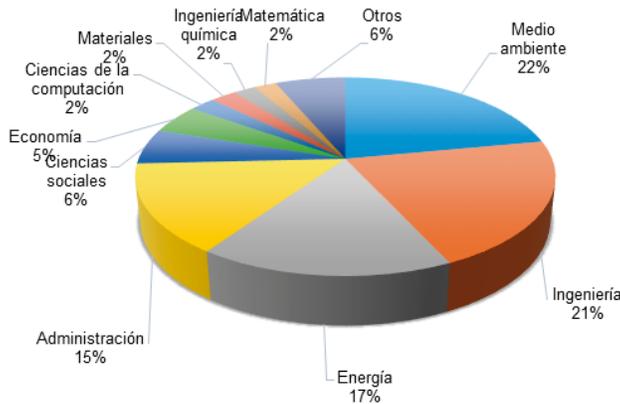


Figura 28. Documentos por área temática
Fuente: elaboración propia a partir de Scopus, 2019.

Se evidencia que, en su mayoría, las investigaciones relacionadas a ecoinnovación se concentran en áreas relevantes siendo estas: las ciencias ambientales (22 %), ingenierías (17 %) y energía (17 %) teniendo este último un gran impacto en la construcción ya que es un recurso bastante utilizado y que al

ser no renovable genera un mayor impacto en el medio ambiente (Ghisellini *et al.*, 2018b).

Por otro lado, solo un 2 % de los estudios tienen un enfoque relacionado al campo de los materiales, así, autores como Estrada, López-Mesa, Vidal y Mulet (2006) resaltan en su escrito *Avoidance of design errors in eco-innovation with recycled materials* cómo ha aumentado la importancia y el interés en aplicar materiales reciclados a la hora de construir, en respuesta a la conciencia social de la degradación ambiental y donde se requiere de asistencia para aplicar este tipo de materiales, debido a que en muchas ocasiones no hay diseñadores o personal que tengan experiencia en el uso de dichos materiales.

También se evidencia que un 15 % de las principales áreas de estudio sobre eco-innovación corresponde al campo de la administración o negocios donde se exponen casos de éxito o prácticas, investigaciones o demás de empresas del sector de la construcción o relacionadas al mismo; tal como es el caso de un estudio realizado por Ishak, Hashim y Ting (2016) donde exponen estrategias de producción de cemento en esta industria de manera más limpia y eficiente en costos dado que un 8 % de las emisiones globales de CO2 provienen de la producción de clínker de cemento.

Dicho lo anterior, se evidencia entonces que la ecoinnovación ha sido aplicada a diferentes campos de estudio en los años recientes y que con relación al sector constructor ha venido desarrollando una conexión más fuerte que se puede evidenciar en las investigaciones encontradas, aunque aun así hace falta un mayor enfoque hacia el mismo.

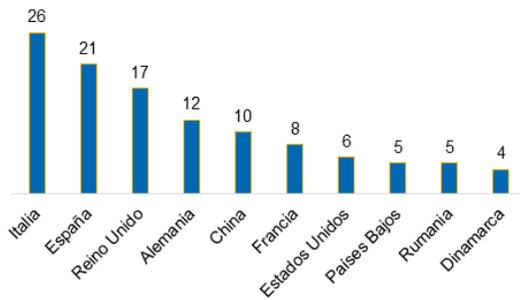


Figura 29. Publicaciones por país

Fuente: elaboración propia a partir de Scopus, 2019.

De acuerdo a la información encontrada y plasmada en la figura 29, Italia es el país que tiene ventaja respecto a investigaciones sobre ecoinnovación con enfoque al sector de la construcción comparado con nueve países (España, Reino Unido, Alemania, China, Francia, Estados Unidos, Países Bajos, Rumania y Dinamarca) con los cuales se realizó el filtro. Así pues, basándose en investigaciones como la realizada por Allacker *et al.*, (2018), donde enfatizan en el impacto ambiental causado por el uso de recursos como la energía y se hace necesario conocer los beneficios de la ecoinnovación; se evidencia que en su mayoría estas se enfocan al análisis del ciclo de vida de los materiales y edificaciones como tal. Esto se puede evidenciar igualmente en la investigación realizada por Lavagna *et al.* (2018b), donde basados en los resultados de la evaluación del ciclo de vida aplicada a veinticuatro arquetipos de viviendas de base estadística, representativos del *stock* de viviendas de la UE en 2010 buscaron cuantificar los impactos ambientales promedio relacionados con la vivienda en Europa y definir valores de referencia para el desarrollo de políticas referentes al medio ambiente respecto al sector constructor.

Por otro lado, España y Reino Unido son los siguientes países con mayor número de producción científica sobre ecoinnovación en el sector constructor, encontrando aportes como el de Sierra-Pérez *et al.*, (2018), que sugieren nuevas iniciativas y uso de nuevos materiales naturales que están siendo estudiados como posibles soluciones sostenibles para el sector de la construcción con el fin de reducir el impacto ambiental y el uso de energía de las ciudades, como lo es el corcho, cuyas propiedades son una excelente oportunidad para la innovación ecológica. En otro sentido, Dewick y Foster (2018), exponen el rol de las organizaciones focales en la estimulación de la ecoinnovación en el lugar de mayor impacto ambiental dentro de un sistema de consumo y producción debido al alto poder que estas tienen en estos ecosistemas.

Con base a lo anterior, se evidencia entonces que los países europeos son los que llevan la ventaja en la producción científica de ecoinnovación con enfoques a la construcción o edificación ya que basados en la lista, el único país de América es Estados Unidos, en donde las investigaciones se han enfocado más en el beneficio económico que tendrán las empresas al implementar estrategias que disminuyan el impacto ambiental (Singh, Park, Tolmie y Bartikowski, 2014).

6.3 Conclusiones

Aunque el mundo lleva millones de años transformándose, la naturaleza dejó de ser una noción meramente ignorada y se ha vuelto el foco ideal de las naciones. Reconociendo que la barbarie humana permanece en el planeta y se agravará con el tiempo. Por lo cual la ecoinnovación se plantea como un camino hacia una economía y una sociedad sostenible que permita poner fin a la pobreza y proteger el planeta en los aspectos ambientales.

Por tanto, en el presente documento se pudo confirmar, a través del uso de la bibliometría que la ecoinnovación en el sector constructor se ha constituido como una estrategia para que las empresas innoven en pro de reducir los impactos ambientales. Con este enfoque, se mostró el desarrollo de la temática a través de los indicadores que el crecimiento en los últimos años ha ido en aumento y en mayor medida desde el año 2011.

Además, se encontró que los enfoques investigativos se han interesado en producir tecnologías limpias, la evaluación del ciclo de vida de los productos, la utilización de la energía para la producción de materiales y la disminución de las emisiones nocivas. Así como también el aprovechamiento de los residuos.

Entre otras cosas, la expansión del corcho es un material ecológico que recientemente atrae el interés mundial en la expansión del diseño de productos sostenibles. Tema que pudo ser identificado en las publicaciones por autor. Además, estos autores tienen una dispersión geográfica como Italia país líder en desarrollo científico del tema, España Reino Unido, Alemania, China Francia y Estados Unidos. Lo que permite ver a nivel general que se ha puesto una agenda internacional articulada con los objetivos del desarrollo sostenible como lo plantea la ONU para mejorar el planeta

Referencias

Abullah, Z. T., Guo, S. S. y Yun, S. B. (2015). Remanufacturing aided added-value creation innovations meeting to deliver sustainable manufacturing. 3.^a Conferencia internacional sobre manufactura, optimización, ingeniería industrial y de materiales.

- Alavedra, P., Domínguez, J., Gonzalo, E. y Serra, J. (1997). La construcción sostenible: el estado de la cuestión. *Informes de la Construcción*, 49(451), 42–46.
- Allacker, K., Castellani, V., Baldinelli, G., Bianchi, F., Baldassarri, C. y Sala, S. (2018). Energy simulation and LCA for macro-scale analysis of eco-innovations in the housing stock. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 24.
- Cáceres, J. (1996). Desarrollament Sostenible. *Revista Tracte*, 66.
- Colombo, L. A., Pansera, M. y Owen, R. (2019). El discurso de la ecoinnovación en la Unión Europea: un análisis de la Ecoinnovación Plan de Acción y Horizonte 2020. *Journal of Cleaner Production*, 214, 653–665
- Dewick, P. y Foster, C. (2018). Focal Organisations and Eco-innovation in Consumption and Production Systems. *Ecological Economics*, 143, 161–169. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.07.012>
- Estrada, G., López-Mesa, B., Vidal, R. y Mulet, E. (2006). Avoidance of design errors in ecoinnovation with recycled materials. *9th International Design Conference, DESIGN 2006*, Dubrovnik, Croacia.
- Ghisellini, P., Ji, X., Liu, G. y Ulgiati, S. (2018). Evaluating the transition towards cleaner production in the construction and demolition sector of China: A review. *Journal of Cleaner Production*, 195, 418–434.
- Ishak, S. A., Hashim, H. y Ting, T. S. (2016). Eco innovation strategies for promoting cleaner cement manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 136, 133–149.
- Hellström, T. (2007). Dimensions of environmentally sustainable innovation: the structure of eco-innovation concepts. *Sustainable Development*, 15(3), 148–159.
- Chingate Hernández, I. N. (2009). Democratización del conocimiento científico tecnológico en Colombia. *Papel Político*, 14(2), 393–408.

- Colciencias. (2018). Libro verde 2030: política de ciencia e innovación para el desarrollo sostenible. Recuperado de <https://www.colciencias.gov.co/content/libro-verde-2030-politica-ciencia-e-innovacion-para-el-desarrollo-sostenible-en-colombia>
- Elseiver. (2018). Scopus. Recuperado de <https://www.elsevier.com/solutions/scopus>
- Kanda, K., Hjelm, O., Clausen, J. y Bienkowska, D. (2018). Funciones de los intermediarios en el apoyo a la ecoinnovación. *Diario de producción más limpia*, 205(1), 262-275.
- Lavagna, M., Baldassarri, C., Campioli, A., Giorgi, S., Dalla Valle, A., Castellani, V. y Sala, S. (2018). Benchmarks for environmental impact of housing in Europe: Definition of archetypes and LCA of the residential building stock. *Building and Environment*, 145, 260–275.
- Lutzkendorf, T. (2010). Inmuebles sostenibles: ¿Sueño o tendencia? *Informes de la Construcción*, 62(517), 5–22.
- Melece, L. y Hazners, J. (2017). Factores que influyen en las pequeñas y medianas empresas letonas hacia la innovación ecológica. *Ingeniería para el Desarrollo Rural*, 16(1), 1466–1473.
- Ruggirello, h. (2011). *El sector de la construcción en perspectiva internacionalización e impacto en el mercado de trabajo*. Buenos Aires: Aulas y Andamios.
- Segarra-Oña, M., Peiró-Signes, A. y Cervelló-Royo, R. (2015). Determinantes de la ecoinnovación en la actividad de construcción en España. *Informes de la Construcción*, 67(537), 68.
- Sierra-Pérez, J., García-Pérez, S., Blanc, S., Boschmonart-Rives, J. y Gabarrell, X. (2018). The use of forest-based materials for the efficient energy of cities: Environmental and economic implications of cork as insulation material. *Sustainable Cities and Society*, 37, 628–636.

Singh, N., Park, Y., Tolmie, C. R. y Bartikowski, B. (2014). Green Firm-Specific Advantages for Enhancing Environmental and Economic Performance. *Global Business and Organizational Excellence*, 34(1), 6–17

Capítulo 7

Diseño metodológico para estudios de pertinencia en programas de especialización: caso aplicado para Especialización en Desarrollo Ágil de *Software*

César Felipe Henao Villa¹; David Alberto García Arango²;
Marco Aurelio Mejía Cardona³; Christian Hernán Obando Ibarra⁴

Resumen

La interdependencia de sociedades y el crecimiento exponencial de la información en el marco de la globalización, genera un aumento en las necesidades del contexto ante el cual las organizaciones deben responder. Por esto, cuando las instituciones de educación superior (IES) crean un nuevo programa adquieren una responsabilidad que trasciende los límites de lo institucional y se sitúa en el marco la responsabilidad social. El presente escrito tiene como aporte a esta responsabilidad, el objetivo de mostrar el diseño e implementación de una metodología para estudios de pertinencia en programas de especialización. Como método, se propone el estudio de la aplicación de la metodología al estudio de pertinencia del programa de Especialización en Desarrollo Ágil de *Software* de la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Americana. La metodología de enfoque mixto, retoma aspectos de aplicación de la cibernética de tercer orden para la concepción del marco de trabajo. Los resultados establecen la correlación entre el diseño metodológico y su implementación mediante un diagrama de articulación, igualmente se presentan los resultados obtenidos para el caso y las estrategias de evaluación del modelo curricular. Como conclusión se presentan aportes de la aplicación

1 Magíster en Entornos Virtuales de Aprendizaje, ingenieros de Sistemas. Corporación Universitaria Americana. Correo: chenao@coruniamericana.edu.c

2 Magíster en Matemáticas Aplicadas. Corporación Universitaria Americana. Correo: dagarcia@coruniamericana.edu.co

3 Magíster en Administración. Corporación Universitaria Americana. Correo: decanaturaingenierias@coruniamericana.edu.co

4 Ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, especialista en Seguridad Informática, magíster en Tecnologías de la Información y de la Comunicación. Corporación Universitaria Americana. Correo: cobando@americana.edu.co

de la metodología al estudio de pertinencia y sus respectivas implicaciones prácticas.

Palabras clave: estudio de pertinencia, especialización, currículo, desarrollo de *software*, diseño metodológico.

Abstract

The interdependence of societies and the exponential growth of information in the framework of globalization, generates an increase in the needs of the context before which organizations must respond. Therefore, when Higher Education Institutions create a new program they acquire a responsibility that transcends the limits of the institutional and is placed within the framework of social responsibility. The present writing has as contribution to this responsibility, the objective of showing the design and implementation of a methodology for studies of relevance in specialization programs. As a method, we propose the study of the application of the methodology to the relevance study of the Specialization Program in Agile Software Development of the Engineering faculty of the American University Corporation. The methodology of mixed approach, retakes aspects of application of third-order cybernetics for the design of the framework. The results establish the correlation between the methodological design and its implementation through an articulation diagram, the results obtained for the case and strategies for evaluating the curricular model are also presented. In conclusion, contributions of the application of the methodology to the study of relevance and their respective practical implications are presented.

Key words: Study of relevance, specialization, curriculum, software development, methodological design.

Introducción

La concepción, diseño, implementación y evaluación de un programa académico, involucra una cantidad de procesos, metodologías y actores que comprometen significativamente los aspectos misionales y las respectivas políticas de la institución universitaria que lo promueve. Es por este motivo que este

macroproceso debe cimentarse en principios claros y metodologías habilitantes para tal fin que se ven encarnadas en los documentos de pertinencia de programa.

Para el caso de las especializaciones, es menester considerar que la forma en que se desarrollan los estudios de pertinencia es significativamente distinta a lo adelantado en otros programas de pregrado en tanto que las implicaciones de la tipología *especialización* en los marcos regulatorios proponen marcos de trabajo en los cuales:

El aspecto de investigación no está necesariamente presente en estos programas, sino que basta el cultivo de la capacidad de entender y emplear los resultados de investigaciones y creaciones científicas, tecnológicas, artísticas o humanísticas y el desarrollo del espíritu de investigación y creación mediante proyectos aplicados o estudios y revisiones monográficas, no exigiéndose tesis o trabajo final para la opción a grado, si es que este se otorga. Los programas de especialización son de duración relativamente corta, dependiendo de la modalidad de realización, en comparación con los programas de maestría (Sánchez Maríñez, 2008, p. 334).

Es así como el desarrollo de estudios de pertinencia en esta línea deben responder a aspectos de reflexión en la práctica que permitan identificar mecanismos facilitadores de intervenciones significativas en el *habitus* (Bourdieu, 1991) profesional del futuro egresado en tanto que “la articulación sistemática del *habitus* con las nociones de espacio social, campo y capital, vincula relaciones y disposiciones, e invita a pensar de nuevo modo la relación social” (Martínez, 2007, citado en Capdevielle, 2011).

Con la motivación anterior, el presente documento propone una metodología para el análisis de pertinencia de programas de especialización basada en la cibernética de tercer orden entendida como la aproximación transdisciplinar en la cual “el control es gradualmente transformado en un amplio espectro de procesos que soportan el autodesarrollo del sistema” (Lepsky, 2014). Para tal efecto se llevó a cabo la identificación de los elementos propuestos por el Ministerio de Educación Nacional que luego fueron enmarcados en los desarrollos teóricos propuestos por la cibernética de tercer orden.

Mediante la aplicación de la metodología fue posible comprobar que el programa de Especialización en Desarrollo Ágil de *Software* es pertinente y responde a las necesidades de la región. Que su implementación tendrá una respuesta positiva por parte de la población estudiantil, además de mostrar las capacidades institucionales para responder ante las exigencias del mismo y lograr ofrecer a la comunidad un programa bajo las condiciones de calidad esperadas.

Este texto presenta, en primer lugar, la metodología del desarrollo de la investigación, en segundo lugar, presenta la aplicación de la metodología al caso de estudio para, en tercer lugar, presentar resultados de la aplicación de la metodología y sus respectivas conclusiones en el marco de la cibernética de tercer orden.

7.1 Desarrollo

El marco metodológico del desarrollo de la investigación y su posterior informe están sustentados desde una lógica abductiva la cual según Peirce (1903), citado en Pía Martín (2015) “un número de hechos son conocidos. Suponiendo un determinado estado de cosas (que hasta el momento no ha sido probado ni percibido), los hechos conocidos se seguirían de aquél. Luego hay una buena razón para suponer que el susodicho estado de cosas es real”. Es así como el marco lógico abductivo propone extraer el caso de la confluencia entre los resultados y la teoría. Los resultados obtenidos del análisis de propuestas metodológicas como las planteadas por Villanueva Magaña (2003) o García Galarza, Bastidas Jiménez, Pacheco Olea y Andrade Laborde (2014), articulados a la teoría de la cibernética de tercer orden y los diferentes documentos propuestos por el Ministerio de Educación Nacional, permiten abducir un caso que al ser analizado con enfoque mixto aclaran relaciones que desde una perspectiva deductiva no son fáciles de identificar. Para el desarrollo del caso, se estructura en un primer momento, el marco de la pertinencia social desde la óptica de la empleabilidad y la responsabilidad social universitaria (RSU).

En un segundo momento, se identifican aspectos definitorios de la factibilidad del programa a tenor de las condiciones de infraestructura, planta académica y perspectivas propuestas en documentos rectores en la legislación, tanto a nivel nacional como internacional.

En un tercer momento, se presenta el estado del arte respecto a los retos, tendencias y conceptos hegemónicos que se relacionan con el programa, así como los enfoques teóricos y metodológicos que implican desde su saber disciplinar.

En un cuarto momento, se presentan los resultados obtenidos de un estudio mixto orientado a identificar intereses de formación en programas de postgrado de tal suerte que se caracteriza la población objetivo de la especialización identificando también su mercado potencial.

Finalmente, se establecen conclusiones del estudio, teniendo en cuenta los cuatro momentos anteriormente mencionados, teniendo en cuenta consideraciones de eficiencia, eficacia, equidad, sostenibilidad y sustentabilidad propuestas por los objetivos de desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2016) y el marco regulatorio de la responsabilidad social universitaria de la institución. Los cinco momentos anteriores articulados a los referentes conceptuales permiten identificar las relaciones conceptuales y sus diferentes implicaciones prácticas en la implementación del nuevo programa.

7.2 Aplicación de la metodología al caso de estudio

A continuación, se presentará el caso de estudio y lo obtenido al aplicar la metodología. En este caso se desarrolló un estudio de pertinencia para un nuevo programa de Especialización en Desarrollo Ágil de *Software* en la sede Medellín de la Corporación Universitaria Americana. Las secciones de este apartado presentan la descripción del contexto, la pertinencia social, la factibilidad, el estado del arte y el estudio de medición de preferencias en temas similares para programas de especialización.

7.2.1 Descripción del contexto

La Corporación Universitaria Americana, es una institución universitaria de carácter privado, de utilidad común, sin ánimo de lucro y reconocida por el Ministerio de Educación Nacional. Sus campos de acción en la educación superior en que la institución desarrollará sus programas académicos son los

establecidos en la Ley 30 de 1992, y en todas aquellas normas que la complementan, modifican o sustituyen.

Las actividades desarrolladas por la institución en cumplimiento de sus propósitos, son inspirados por su Misión y Visión.

Misión. La Corporación Universitaria Americana, está comprometida con la formación de seres humanos integrales, competentes y emprendedores, mediante procesos de docencia, investigación y proyección social, manifiestos a nivel nacional e internacional, a través de propuestas académicas de alta calidad, sostenibles en diferentes niveles y modalidades de la Educación Superior, para contribuir a la construcción de una sociedad más justa, equitativa e incluyente.

Visión. En el 2025, la Corporación Universitaria Americana, será una institución con reconocimiento nacional e internacional, distinguido por la acreditación de alta calidad de sus programas e institucional y el aporte de egresados con excelente formación académica e investigativa que contribuyen al desarrollo sostenible del país.

El Plan de Desarrollo Institucional 2016-2025 muestra un firme compromiso con la ampliación de la oferta académica de programas de pregrado y postgrado.

Dentro de las líneas del direccionamiento estratégico, se plantea la política de educación y formación, estableciendo que:

La Corporación Universitaria Americana, ampliará y actualizará permanentemente su oferta de programas académicos de acuerdo a la dinámica del desarrollo económico y social, local, regional y nacional, considerando la pertinencia, la calidad, la demanda y los recursos y capacidades de la Institución, bajo los criterios de los diferentes niveles (Técnico, Tecnológico, Profesional y posgraduada, a través de las modalidades presencial, distancia y virtual) (20015).

7.2.2 *Pertinencia social*

Respecto a la pertinencia social de una universidad, García (2000), la define como:

El grado de contribución o intervención de las universidades en la solución de las necesidades o demandas de la sociedad, en sus dimensiones técnica y sociales, actuales y a futuro, los aportes y la manera como aquella es sentida y percibida por ésta, en una interacción que toma el entorno como su objeto de estudio a fin de identificar problemas, proponer soluciones y participar en ellas, desde una posición reflexiva que permite mantener vigentes los principios inherentes a su condición de universidad.

Es así como se presenta, para el caso de estudio, el nivel de potencial del programa de Especialización en Desarrollo Ágil de *Software* para formar egresados que contribuyan a las necesidades y demandas sociales actuales y reales en la esfera mundial y nacional.

Referente a la oferta educativa de programas que hacen parte del sector TI, el estudio de caracterización del sector realizado en 2015 dispone de alguna información y cifras suministradas por el Ministerio de Educación de Colombia. En el ámbito universitario de pregrado se identifican 93 programas de educación distribuidos en 125 instituciones a nivel nacional. Según los datos del Sistema Nacional de Información de Educación Superior (SNIES) (2006-2013) la mayoría de los programas se ofrecen en la ciudad de Bogotá. En relación con el carácter de la institución, el 56,9 % está clasificada como universidad, el 36,9 % se identifica como institución universitaria o escuela tecnológica, finalmente, se registran 2,4 % de instituciones tecnológicas y técnica profesional, cada una. La modalidad modal es la presencial con el 94 %. Predominan las instituciones de tipo privado con el 72,3 % con respecto al 27,6 % de las instituciones públicas.

En los programas de ingeniería de sistemas y telecomunicaciones que se constituyen en la principal población objetivo de la especialización que se propone, de acuerdo con el mismo estudio, se encuentran tres componentes similares, a saber, los componentes de ciencias básicas, ingeniería básica e in-

geniería aplicada. En este aspecto, las diferencias radican en los componentes adicionales, por ejemplo, en algunas universidades, especialmente privadas se incluyen componentes específicos de formación en humanidades (teología, ética, filosofía), administración y economía (gestión de proyectos empresariales, finanzas, economía), valores institucionales, entre otras. De igual manera, se encuentran contrastes en las líneas de investigación o áreas de énfasis de la formación de cada programa.

La línea con mayor presencia en las mallas curriculares con distintas denominaciones, se asocian con el desarrollo de *software*: arquitecturas y desarrollo de *software*, métodos y tecnologías de *software*, ingeniería de *software*, desarrollo de *software*, entre otros. Otra de las líneas presentes en varios programas es la relacionada con los sistemas de información: sistemas de información y gestión del conocimiento, sistemas de información y organizaciones, sistemas de información, entre otras formas de abordar esta área.

Teniendo en cuenta que esta especialización tiene el propósito de mejorar las competencias de los estudiantes en temas afines a los desarrollados por los egresados de estos programas, se considera que es un punto a favor para la institución en su afán de dar respuesta a las necesidades del medio, pero también a las preferencias de aquellos que desean mejorar su formación como ingenieros con programas pertinentes de posgrado.

Es bien importante el aporte realizado por este estudio al referirse de los egresados de programas de las TIC, en la tabla siguiente se presentan las cifras del total de egresados como profesionales, tecnólogos, técnicos profesionales y especializaciones entre los años 2010 y 2013.

Adicional a esto, se presentan rasgos identitarios de programas de formación similares al presentado y que, mediante el método comparativo, retoman elementos comunes que a partir de un enfoque mixto presentan un panorama relacional de variables que influyen en las probabilidades de éxito del programa. Para el desarrollo de este análisis a la luz del método comparativo, se trabaja con “una muestra representativa en la que los casos incluidos reflejen las posibles combinaciones de los valores de las variables en juego, y la relativa frecuencia de estas combinaciones en la población real” (Pérez Liñán, 2007).

En este sentido, la lógica metodológica de este análisis propone el reconocimiento de preguntas e hipótesis, la selección de los casos mediante estrategias de similitud y diferencia, nivel de causalidad y, por último, un análisis causal configurativo, que se traduce como producto en los aspectos propios de esta subsección.

Es importante, para soportar una Especialización en Desarrollo Ágil de *Software*, que exista un mercado y dentro de este mercado una necesidad. Por ejemplo, el Censo Mintic 2014, muestra varios resultados, en primer lugar, se establece que en total existían en el momento del estudio 4.016 empresas del sector registradas en total, de estas, 1.218 se dedicaban al desarrollo o fabricación de *software*, al *testing* de *software* o al *software* como servicio. Esto significa que el 30 % de las empresas del sector, hacen parte de la industria de *software*.

Es importante conocer que el 77 % de las empresas tienen menos de diez empleados, el 19 % son empresas con 11 a 50 empleados, el 3 % son empresas con entre 51 y 200 empleados y apenas el 1 % tiene más de 200 empleados. Se puede concluir que la gran mayoría de las empresas (99 %) que conforman la industria de *software* en Colombia pertenecen al sector de las micro, pequeña y mediana empresa (mipymes).

En cuanto a los niveles de empleabilidad reportados por el Observatorio Laboral para la Educación en el mes de febrero de 2018, se muestra un alto nivel de empleabilidad de los programas de especialización afines a la propuesta, particularmente en el de la Especialización en Desarrollo Ágil de *Software* cuyo ingreso promedio está por encima de las otras ofertas y con uno de los mejores indicadores de empleabilidad ya que el 96,9 % de sus egresados están cotizando al sistema de seguridad social.

7.3 Factibilidad

De acuerdo con De Alba (1991), referido en Ángeles Guevara, Silva Carmona y Aquino López (2017), el término factibilidad aplicado a los programas de educación superior se refiere a la consistencia interna, es decir, si se cuenta con los componentes educativos necesarios para operar el plan de estudios. Estos componentes son condiciones de infraestructura, personal académico,

financiamiento, entre otros. En ese orden de ideas, y para el caso de estudio, se presentaron los elementos clave que influyen en el desarrollo del plan de estudios considerando restricciones de operatividad bajo el supuesto de la existencia de un marco teleológico.

La Facultad de Ingeniería a la cual está adscrito el proyecto de Especialización en Desarrollo Ágil de *Software*, en especial el programa de Ingeniería de Sistemas en donde nace la iniciativa, como una necesidad entre otras, de prolongar la formación de los ingenieros de sistemas egresados del programa, cuyo perfil de egreso es exactamente el desarrollo de proyectos de desarrollo de *software*. En este sentido, el programa a través del tiempo se ha aprovisionado de un capital intelectual que aporta lo necesario para la formación de un ingeniero de sistemas con este perfil y que con ayuda de las alianzas realizadas con empresas del sector TI que han proporcionado los expertos que intervinieron en la construcción curricular y lo seguirán haciendo como docentes expertos en diferentes áreas, se completan los componente necesarios para formar al especialista en Desarrollo Ágil de *Software* práctico, pero a su vez, conocedor de la teoría, metodologías y técnicas que rodean el estudio de esta especialidad y con una gran creatividad para fabricar soluciones de *software* que llenen completamente las expectativas de la industria.

A continuación, se describen los diferentes espacios que tiene dispuesta la Corporación Universitaria Americana para el desarrollo de las funciones sustantivas y albergar a estudiantes, docentes y personal administrativo. Para posteriormente establecer la coherencia de los propósitos del nuevo programa con los propósitos teleológicos de la institución que puede verse en la tabla 8.

Tabla 8. Relación entre los principios teleológicos de la institución y los propósitos del nuevo programa

Propósitos de lo teleológico de la Americana	Propósitos del nuevo programa
Visión. En el 2025, la Corporación Universitaria Americana, será una institución con reconocimiento nacional e internacional, distinguido por la acreditación de alta calidad de sus programas e institucional y el aporte de egresados con excelente formación académica e investigativa que contribuyen al desarrollo sostenible del país.	El programa de Especialización en Desarrollo Ágil de <i>Software</i> , se propone mejorar las competencias de los ingenieros en materia de desarrollo de <i>software</i> y proporcionarle de esta manera al sector de la industria de <i>software</i> , profesionales que aporten al mejoramiento de la productividad y competitividad del sector TIC, logrando el reconocimiento nacional por la contribución a solucionar un problema tan importante como la falta de talento humano calificado y suficiente.

<p>Misión. La Corporación Universitaria Americana, está comprometida con la formación de seres humanos integrales, competentes y emprendedores, mediante procesos de docencia, investigación y proyección social, manifiestos a nivel nacional e internacional, a través de propuestas académicas de alta calidad, sostenibles en diferentes niveles y modalidades de la educación superior, para contribuir a la construcción de una sociedad más justa, equitativa e incluyente</p>	<p>La Especialización en Desarrollo Ágil de <i>Software</i> que ofrece la Corporación Universitaria Americana, se considera de alta calidad, en la medida que responde a una necesidad sentida del sector de las TIC, de mejorar sus productos y procesos, mediante de la participación de talento más capacitado y suficiente, que atienda las exigencias de calidad que se tiene para productos y servicios a nivel internacional.</p> <p>Es igual una propuesta de calidad, en la medida que en su construcción participaron miembros de la alta dirección técnica de la industria de <i>software</i> Ceiba, los cuales aportaron la información necesaria para que la construcción curricular se realizara teniendo en cuenta las necesidades del sector.</p>
<p>Modelo pedagógico. Enfoque constructivista, donde se privilegia lo inter y transdisciplinar en la formación de los estudiantes. Se trata de una formación por procesos autorregulativos, que posibilite la formación integral, la actualización permanente del currículo teniendo en cuenta la realidad de la sociedad actual, la internacionalización y una estrecha conexión con el medio, la empresa y la sociedad.</p>	<p>El diseño curricular del programa adopta los lineamientos del modelo pedagógico, en especial lo concerniente a la formación integral. Puntualmente, apunta al desarrollo de habilidades blandas, dando espacios para su desarrollo. Competencias en el saber a través de los cursos que se programan para perfeccionar el conocimiento del estudiante en métodos, herramientas y técnicas de desarrollo de <i>software</i> y un espacio muy importante para el desarrollo de competencias en el hacer, a través de los laboratorios de desarrollo de <i>software</i> en donde se materializará este conocimiento en productos tangibles de <i>software</i>.</p>

Fuente: elaboración propia.

En el campo de la factibilidad, también se consideran relaciones con la legislación institucional, legislación nacional y los planes de desarrollo que para el caso de estudio se relacionan en la siguiente tabla.

Tabla 9. Aspectos legales y sus respectivos documentos para la factibilidad legal del caso de estudio

Aspecto legal	Documento para el caso de estudio
Legislación institucional	Proyecto Educativo Institucional (PEI) Estatutos y reglamentos institucionales
Legislación nacional	Decreto 1075 de 2015 Ley 1740 de 2014 Decreto 2219 de 2014 Resolución 5290 de 2012 Decreto 1295 de 2010, que reglamenta la Ley 1188 de 2008 Ley 1188 de 2008 Ley 30 de Diciembre 28 de 1992
Planes de desarrollo local, regional y nacional	Plan de Desarrollo Medellín Cuenta con Vos. 2016-2019 Plan de Desarrollo Departamento de Antioquia. Línea Estratégica

Fuente: elaboración propia.

7.4 Estado del arte

En el estado del arte se incluyen disciplinas y áreas del conocimiento involucradas en el programa, caracterización de las disciplinas y áreas de conocimiento, la actualidad y tendencias en las disciplinas involucradas en el programa para finalmente definir los enfoques teóricos y metodológicos relevantes para la práctica actual de la disciplina.

Los elementos anteriores se integraron con lo planteado por IEEE para el caso de estudio en la figura 30.

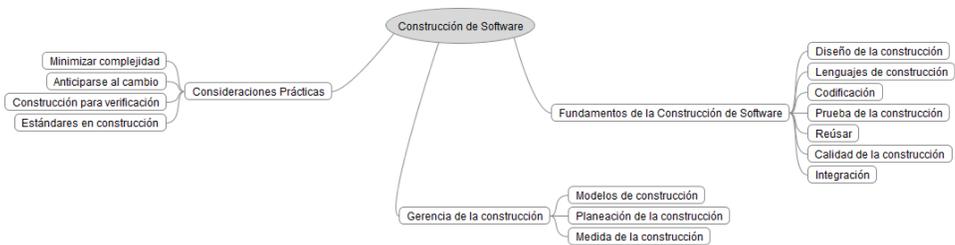


Figura 30. Elementos metodológicos de la construcción de software

Fuente: adaptado de IEEE Computer Society Professional Practices Committee, 2004.

7.4.1 Estudio de medición de preferencias en temas similares para programas de especialización

Adicional a los desarrollos hermenéuticos de los escritos anteriores y obedeciendo a la importancia de establecer un referente empírico (Samaja, 1999), a manera de investigación exploratoria para la validación de la importancia de considerar la implementación de la Especialización en Desarrollo Ágil de Software y el reconocimiento de *target* de mercado, se llevó a cabo una encuesta tipo Likert a 70 personas entre estudiantes que finalizan su ciclo formativo en el programa de Ingeniería de Sistemas y profesionales. Los análisis se realizaron con el *software* SPSS, se utilizaron análisis porcentuales y tipo Chi cuadrado para el establecimiento de inferencias y relaciones derivadas de los datos obtenidos. Se preguntó a los participantes respecto a la puntuación que le pondrían según su preferencia para programas de especialización, entre

los que estaba también la Especialización en Desarrollo Ágil de *Software*. Los siguientes fueron los resultados para el caso de estudio.

De la figura 31 puede observarse cómo el más alto porcentaje de la encuesta lo representan los hombres, lo cual ratifica lo presentado en el informe de la industria TI presentado por las Naciones Unidas, donde “la preocupación por la baja presencia de las mujeres en las carreras informáticas y su inserción y promoción en las empresas TIC continúa vigente” (Naciones Unidas, 2014, p. 9).



Figura 31. Proporción de hombres y mujeres en la encuesta
Fuente: elaboración propia.

Se obtuvo que el promedio de aceptabilidad por parte de hombres es superior que el obtenido para las mujeres. Vale la pena resaltar que la dinámica orientación del programa de la especialización favorecería un desempeño positivo tanto para hombres como para mujeres.

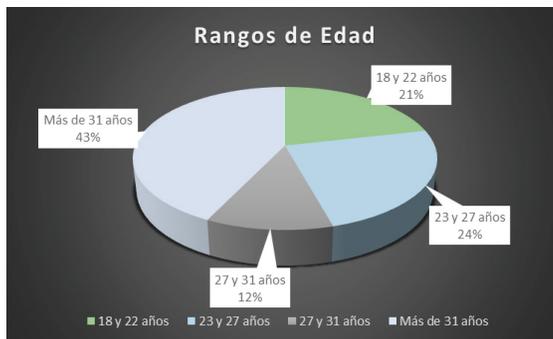


Figura 32. Proporción para rangos de edad en la encuesta
Fuente: elaboración propia.

La figura 32 presenta que los rangos de edad de los encuestados son superiores a los 31 años, lo cual implica que la gran mayoría de ellos se encuentran en su etapa productiva, le sigue en menor proporción, edades que oscilan entre 23 y 27 años, de estos, la gran mayoría están finalizando sus estudios de pregrado.

La figura 33 presenta que una gran mayoría de los encuestados estudia y trabaja, con lo cual, el programa de especialización desde su metodología y su orientación horaria debería estar alineado con estas condiciones.

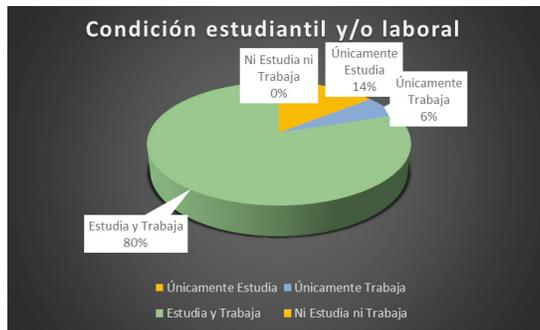


Figura 33. Proporción de la muestra según condición estudiantil o laboral

Se observa de la figura 34 que la mayoría de los encuestados son estudiantes de pregrado que están finalizando su ciclo formativo. Esta población es la que tiene mayor necesidad de mejorar su perfil de tal forma que logren un mejor trabajo puesto que puede verse según la figura 33 que la gran mayoría trabajan.



Figura 34. Porcentajes de muestra por nivel de formación
Fuente: elaboración propia.

Coherente con los gráficos anteriores, la figura 35 presenta una muestra interesada en horario nocturno, de tal forma que sea compatible con las condiciones socioeconómicas existentes. Además de la información porcentual, se hizo un análisis de dependencia de variables tipo Chi cuadrado donde, según los datos de la encuesta, para la Especialización en Desarrollo Ágil de *Software* se obtuvo lo siguiente.

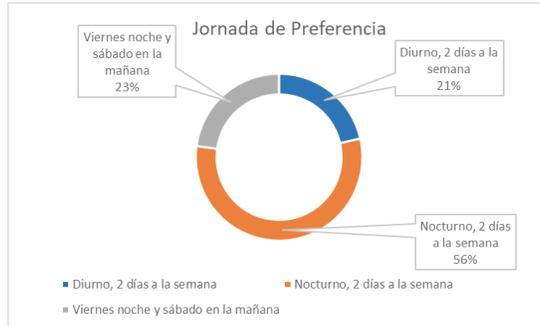


Figura 35. Distribución porcentual de la muestra por jornada de estudio de preferencia
Fuente: elaboración propia.



Figura 36. Nivel de preferencia para la Especialización en Desarrollo Ágil de *Software*.
Fuente: elaboración propia.

El nivel de aceptabilidad para la Especialización en Desarrollo Ágil de *Software* presenta varios valores en 5 y a la vez pocos valores en 1. En cuanto al valor Chi cuadrado obtenido se encuentra una existencia relación de dependencia entre el nivel de preferencia y las condiciones de estudio o trabajo de la muestra. Lo cual indica que el nivel de preferencia depende del tipo de población, al ser una preferencia positiva, estará relacionado con la tipología de

muestra más común, en este caso, estudiantes hombres trabajadores de último semestre.

Tabla 10. Prueba Chi cuadrado para la figura 36 generada con el software SPSS

	Valor	Gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi cuadrado de Pearson	14,823	8	,063
Razón de verosimilitud	18,616	8	,017
Asociación lineal por lineal	5,689	1	,017
N de casos válidos	70		

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en la tabla 10, el nivel de significancia (0,063) permite establecer que, efectivamente, existe una correlación significativa entre las variables de estudio, es decir, las variables son dependientes entre sí. De los resultados globales se obtuvo un promedio de puntuaciones que puede verse en la figura 37.

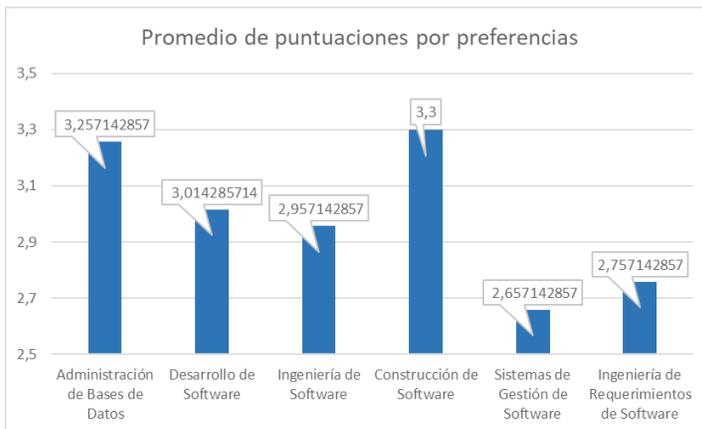


Figura 37. Promedio de puntuaciones por preferencias para las especializaciones estudiadas

Fuente: elaboración propia

Del gráfico anterior puede observarse que la Especialización en Desarrollo Ágil de *Software* fue la de mayor promedio en términos de aceptabilidad para iniciar estudios de postgrado, seguida de administración en bases de datos y después de desarrollo de *software*. La especialización con menor aceptabilidad fue la de Sistemas de Gestión de *Software*.

7.5 Resultados y análisis de resultados

Los tópicos anteriormente presentados en el caso de estudio, pueden observarse en la figura 38

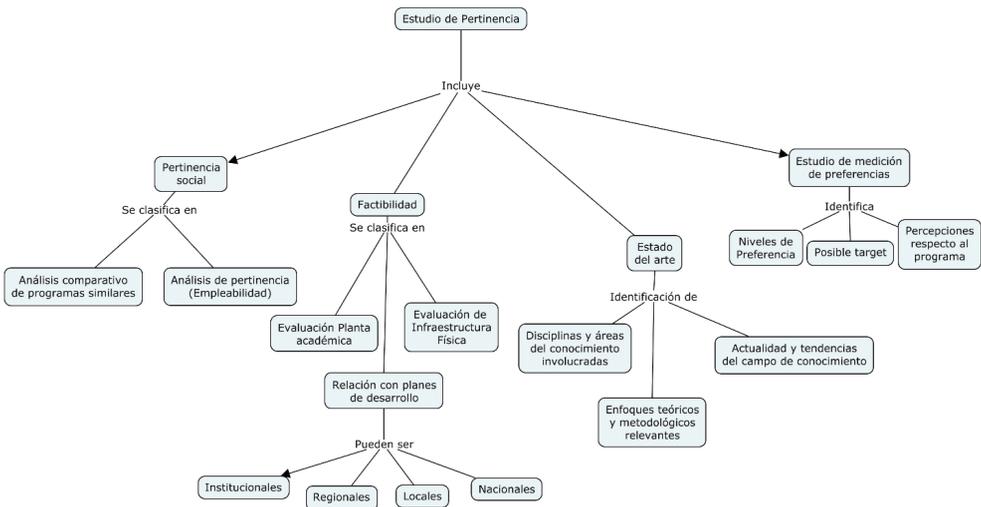


Figura 38. Mapa conceptual de elementos del estudio de pertinencia
Fuente: elaboración propia.

Del desarrollo de la metodología es menester resaltar que la definición del nombre de la especialización surgió de los talleres curriculares realizados en el marco de la alianza entre la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Americana y Ceiba Software con el fin de construir el diseño curricular del programa, definiendo objetivos de formación, perfiles y competencias. Esta serie de talleres en los que participaron docentes, estudiantes, egresados y, en especial, expertos de la industria del *software* de la región, permitieron conjugar el interés académico y las necesidades del entorno con el fin de darle vida a un programa con pertinencia no solo para los egresados de programas de pregrado que buscan mejorar sus competencias, sino para la industria de *software* regional y nacional, que de acuerdo a estudios realizados por autoridades nacionales e internacionales del sector, debe mejorar en términos de calidad de productos y mejoramiento de procesos.

Todos los asistentes a estos talleres recibieron previamente documentos que les permitieron familiarizarse con el estado actual de la industria del *software*, las tendencias y necesidades insatisfechas y la oferta educativa de las universidades en Colombia de programas similares al propuesto por la Corporación Universitaria Americana. Es importante anotar que en Colombia existe una tradición en la oferta de especializaciones con la misma denominación o similares. A continuación, se relacionan los nombres de especializaciones ofertadas que apuntan a objetivos similares.

Tabla 11. Programas similares al programa de Especialización en Desarrollo Ágil de *Software*

Nombre de la institución	Fecha de resolución	Nombre del programa
Universidad Francisco de Paula Santander	06/08/2010	Especialización en desarrollo de software
Universidad del Magdalena. UNIMAGDALENA	14/07/2015	Especialización en desarrollo de software
Universidad EAFIT	19/04/2013	Especialización en desarrollo de software
Universidad Cooperativa de Colombia	27/12/2012	Especialización en desarrollo de software
Universidad Católica de Pereira	31/12/2014	Especialización en desarrollo de software
Universidad Nacional de Colombia	14/05/2015	Especialización en ingeniería de software
Universidad de los Llanos	20/03/2014	Especialización en ingeniería de software
Universidad Distrital-Francisco José de Caldas	30/05/2014	Especialización en ingeniería de software
Pontificia Universidad Javeriana	31/03/2016	Especialización en ingeniería de software
Universidad Incca de Colombia	19/06/2014	Especialización en ingeniería de software
Universidad de Medellín	06/12/2013	Especialización en ingeniería de software
Universidad Autónoma de Manizales	20/11/2013	Especialización en ingeniería de software
Universidad Antonio Nariño	03/01/2014	Especialización en ingeniería de software
Universidad Simón Bolívar	22/08/2016	Especialización en ingeniería de software
Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco – Cartagena	16/07/2014	Especialización en ingeniería de software
Universidad de San Buenaventura	Activo	Especialización en procesos de desarrollo de software
Universidad de Nariño	08/07/2013	Especialización en construcción de software
Universidad de los Andes	05/06/2013	Especialización en construcción de software

Fuente: SNIES.

Analizando la denominación de los diferentes programas de especialización ofrecidos en el país, los objetivos que buscan en materia de profundización del conocimiento en temas de *software*, los asistentes a los talleres curriculares definieron que los intereses de la facultad se inclinaban hacia la

oferta de una especialización más técnica que sirviera para perfeccionar las competencias de los egresados del programa de ingeniería de sistemas de la institución, de otras instituciones y disciplinas en desarrollo de *software*. La correspondencia entre los objetivos de formación del programa, los perfiles y competencias buscados a través del desarrollo de contenidos y experiencia en el aula y fuera de ella, se describen en la tabla 12.

La aplicación de la metodología propuesta afinada con el caso de estudio, permitió la construcción de relaciones para el establecimiento de un modelo de diseños metodológicos para estudios de pertinencia en programas de especialización basados en los planteamientos de una metodología cibernética para el estudio y diseño de actividades humanas propuesto por Espejo (1988) que puede verse en la figura 39.

Tabla 12. Descripción del aporte de los cursos al desarrollo de los objetivos del programa de especialización

CURSO	Descripción de los aportes de los cursos al desarrollo de los objetivos del programa
PRIMER SEMESTRE	
Iniciación en <i>Software</i>	Entender las necesidades del usuario final para descubrir las mejores soluciones y satisfacer esas necesidades, se planifica la construcción de un modelo de diseños metodológicos para estudio en equipo con incrementos iterativos en los cuales se refina el producto mejorando en cada iteración en una forma evolutiva.
Arquitectura de <i>Software</i>	Guiar el desarrollo de <i>software</i> mediante el diseño del usuario final para descubrir las mejores <i>software</i> y su ensamblaje, que se define con el usuario final, donde se seleccionan <i>software</i> y herramientas, metodologías del usuario final para descubrir las mejores soluciones y satisfacer esas necesidades, se planifica la construcción de un modelo de diseños metodológicos del producto pensando en su evolución y disminuyendo los riesgos.
Gestión de productos pensando en crear nuevos productos y servicios, mejorar el producto, despliegue, mantenimiento y actualizaciones	
Laboratorio de construcción de servicios <i>software</i> 1	Construir <i>software</i> con metodologías ágiles y herramientas tecnológicas, integración continua.
Habilidades blandas	Desarrollar competencias de liderazgo, comunicación, integración continua, aprendizaje y actualización de necesidades de <i>coaching</i> y tutorar competencias de liderazgo, comunicación.
SEGUNDO SEMESTRE	
Innovación y competencias de liderazgo	Desarrollar habilidades, competencias necesarias para generar emprendimiento e innovación de actualizaciones de necesidades, se planifica la construcción de un modelo de diseños metodológicos para estudio en equipo con incrementos tecnológicos, fomentar la creación de empleo.
Desarrollar habilidades de arquitectura de <i>software</i>	Tomar decisiones estratégicas, competencias necesarias para generar emprendimiento e innovación de actualizaciones de necesidades, se planifican las estrategias de arquitectura, de los módulos y componentes en escenarios de calidad, satisfaciendo los atributos de calidad.

<p>Integrar estrategias de arquitectura, de los módulos y utilizar estrategias de arquitectura, de los módulos y componentes en escenarios implementación del producto de <i>software</i>, asegurando un buen desempeño de los módulos y componentes en escenarios implementación del producto de atributos de calidad construye un modelo de diseños metodológicos para estudio en equipo DEVOPS</p>	
<p>Programación distribuida</p>	<p>Identificar los componentes principales de un sistema distribuido y adquirir conocimientos necesarios para analizar, diseñar y construir un modelo de diseños metodológicos para estudio en equipo DEVOPS, fomentar la adopción de aplicaciones distribuidas.</p>
<p>Laboratorio de construcción de <i>software</i></p>	<p>Realizar evaluaciones de la calidad del <i>software</i>, pruebas de <i>software</i>, verificaciones de la calidad del de un sistema de <i>software</i>, mejora de procesos y productos, calidad en uso y calidad del producto, alcanzar una alta calidad del <i>software</i>.</p>

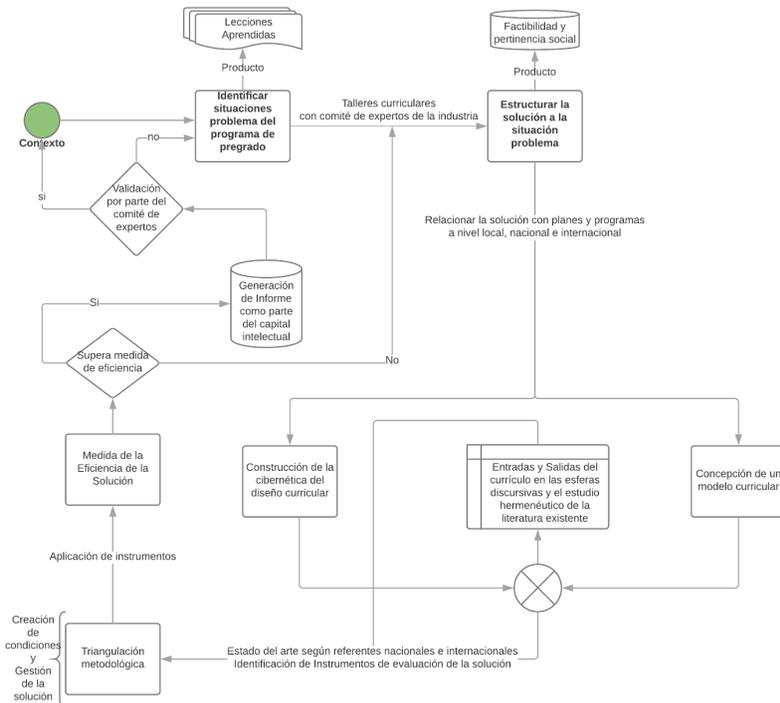


Figura 39. Modelo de diseños metodológicos para estudios de pertinencia en programas de especialización basados en la metodología cibernética propuesta por Espejo (1988)
Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos para el caso de estudio, se pudo concluir que el sector TI requiere la formación de profesionales especializados en soluciones ágiles y adecuadas a las necesidades de las organizaciones. La Especialización en Desarrollo Ágil de *Software* se enfoca en aspectos clave de proyectos de desarrollo en temas de vanguardia siguiendo estándares internacionales.

Igualmente, la Especialización en Desarrollo Ágil de *Software* fue la opción elegida con mayor favorabilidad por parte de la muestra encuestada, igualmente quienes eligieron mayores puntajes fueron en su mayoría estudiantes trabajadores hombres que prefieren estudiar en horario nocturno en semana con edades superiores a 23 años. Asimismo, la Corporación Universitaria Americana cuenta con el capital intelectual, los recursos físicos y económicos para llevar a cabo un proyecto tan relevante como es la Especialización en Construcción de *Software*.

La Especialización en Desarrollo Ágil de *Software* constituye un área cognitiva de la taxonomía de Bloom que se enmarca en aspectos de aplicación (Graduate Software Engineering, 2009) y su estructura curricular es compatible con la concepción del cuerpo de conocimiento de la Ingeniería de *Software* (IEEE Computer Society Professional Practices Committee, 2004). En este orden de ideas, las competencias a desarrollar en el transcurso de la especialización se enmarcan en las necesidades actuales del entorno tanto en Colombia como a nivel mundial.

Para la Corporación Universitaria Americana en Medellín y su Facultad de Ingenierías, es muy importante articularse efectivamente con su entorno, es por esto que se considera necesario la elaboración de un producto académico de posgrado que vincule al programa de Ingeniería de Sistemas de la institución con los problemas que tiene la Industria TI a nivel mundial. Hay una necesidad sentida de capacitar de la mejor manera a los profesionales que salen a prestar sus servicios a este sector de la industria, el cual adolece de la cantidad suficiente de profesionales que atiendan los requerimientos y lo que es más grave, que tengan los conocimientos apropiados para hacerlo. Este producto académico fue creado a partir de dichas necesidades y consolidado con

la participación de expertos de la industria asegurando su pertinencia tanto técnica como social.

A través del desarrollo del caso, pudo afinarse un modelo que plantea además de lo propuesto por el Ministerio de Educación Nacional para programas de especialización, el desarrollo articulado de mecanismos de control de las condiciones del sistema determinando el nivel de pertinencia con base en la evaluación y validación periódica de expertos en la industria, necesidades de los programas de pregrado, necesidades del contexto, referentes teóricos y medidas de eficiencia basadas en la triangulación metodológica del proceso.

A medida que se configuran más formas de conocer en el crecimiento exponencial de la información. Es de vital importancia aplicar herramientas y metodologías transdisciplinarias que provean un marco de trabajo adecuado para la curaduría de contenidos, mucho más cuando se tiene la responsabilidad de proveer las condiciones necesarias para el desarrollo de un nuevo programa como el presentado en este escrito. La aplicación de la cibernética a éste tipo de estudios puede considerarse como una opción.

El desarrollo de análisis e informes institucionales debe ser dinámico para adaptarse a las situaciones de la complejidad del contexto. Por este motivo, es necesaria la configuración de estrategias que consideren la triada universidad-empresa-Estado y que desde la realidad local constituyan soluciones enfocadas hacia el reconocimiento del mejoramiento continuo. Este tipo de análisis debe permitir no solo la concepción de un nuevo programa sino la evaluación y posterior direccionamiento de intervención de procesos y actores institucionales en pro de una estabilidad entre la institución y el medio en el cual interviene.

Referencias

Ángeles Guevara, S. Y., Silva Carmona, L. y Aquino López, O. (2017). Los estudios de pertinencia y factibilidad: elemento indispensable en el diseño de un plan de estudios. *XIV Congreso Nacional de Investigación Educativa* (págs. 1-7). San Luis Potosí: COMIE.

Bourdieu, P. (1991). *El sentido práctico*. Madrid: Taurus.

Capdevielle, J. (2011). El concepto de habitus: “con Bourdieu y contra Bourdieu”. *Anduli*, 31-45.

Corporación Universitaria Americana. (2015). *Marco General. Plan de desarrollo 2016-2025*. Medellín: Corporación Universitaria Americana. Recuperado el 17 de 05 de 2018, de http://www.americana.edu.co/barranquilla/archivos/Estatutos_y_Reglamentos/Marco-General-Plan-de-Desarrollo-2016-2025.pdf

De Alba, A. (1991). *Evaluación curricular: conformación conceptual del campo*. México: UNAM.

Espejo, R. (1988). *A cybernetic methodology to study and design human activities*. Birmingham: University of Aston.

García Galarza, G., Bastidas Jiménez, M., Pacheco Olea, F. y Andrade Laborde, M. (2014). Estudio de pertinencia de la carrera de Ingeniería Ambiental para la región 5. *Revista Ciencia UNEMI*, 69-80.

García, F. (2000). Una aproximación al concepto de Universidad Pertinente. *COMPENDIUM. Revista de Investigación Científica*.

Graduate Software Engineering. (2009). *Curriculum Guidelines for Graduate Degree Programs in Software Engineering*. Stevens Institute of Technology.

IEEE Computer Society Professional Practices Committee. (2004). *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge*. Los Alamitos: IEEE Computer Society. SWEBOK.

Lepsky, V. (2014). The Philosophy and Methodology of Control in the Context of Scientific Rationality Developmen. *XII All-Russian Meeting on Control Problems* (págs. 7785-7796). Moscow: Trapeznikov Institute of Control Sciences.

Martínez, A. T. (2007). *Pierre Bourdieu. Razones y lecciones de una práctica sociológica*. Buenos Aires: Manantial.

- Naciones Unidas. (2014). *La industria del software y los servicios informáticos. Un sector de oportunidad para la autonomía económica de las mujeres latinoamericanas*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Naciones Unidas. (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago: Naciones Unidas.
- Peirce, C. (1903). *Lecciones de Harvard sobre el pragmatismo. Lección VI: tres tipos de razonamiento*. Barcelona: Crítica.
- Pérez Liñán, A. (2007). *El método comparativo: fundamentos y desarrollos recientes*. Pittsburgh: Universidad de Pittsburgh.
- Samaja, J. (1999). *Epistemología y metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica*. Buenos Aires: Eudeba.
- Sánchez Maríñez, J. (2008). Una propuesta conceptual para diferenciar los programas de postgrado profesionalizantes y orientados a la investigación. Implicaciones para la regulación, el diseño y la implementación de los programas de postgrado. *Ciencia y Sociedad*, 327-341.
- Villanueva Magaña, R. M. (2003). *Propuesta metodológica para el diseño de documentos curriculares con base en estudios de pertinencia y factibilidad*. Colima: Universidad de Colima.

Capítulo 8

Viviendas modulares sostenibles: de la teoría a su implementación para superar el déficit de vivienda en las zonas rurales del municipio de Buriticá¹

Felix Daniel Rivera²; Jovany Sepúlveda Aguirre³

Resumen

Es necesario en todo contexto tener especial atención para atender las necesidades de las comunidades más vulnerables y sus problemáticas más urgentes, en este sentido, este texto, busca establecer las condiciones teóricas y desde la práctica para el déficit de vivienda en las zonas rurales del municipio de Buriticá, Antioquia, haciendo énfasis en las soluciones de vivienda rural, que ofrezcan mediante un prototipo un recurso que se ajuste al contexto social, geográfico y ambiental de dicho municipio. Se hace uso de una metodología mixta, mediante la cual se recolectan diferentes estadísticas nacionales para conocer y dimensionar el problema asociado al déficit de vivienda y se compila la información acerca de los atributos de sostenibilidad y modularidad para el desarrollo del prototipo modular.

Palabras clave: déficit de vivienda, sostenibilidad, sistemas modulares, Buriticá, Antioquia, ruralidad.

1 Capítulo de libro resultado del proyecto de investigación titulado *Diseño de un prototipo arquitectónico de una vivienda modular sostenible, para superar el déficit de vivienda en las zonas rurales del municipio de Buriticá, Antioquia* proyecto realizado en la Maestría en Ingeniería con énfasis Sostenibilidad del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Correo: felixdrivera@gmail.com

2 Arquitecto, estudiante de Maestría en Ingeniería con énfasis Sostenibilidad del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

3 Magister de Gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional del Instituto Tecnológico Metropolitano, asesor del trabajo de Maestría. Docente Investigador con categoría asociado de Colciencias. Correo: jovaeib@gmail.com

Abstract

It is necessary for all the context to have special attention to attend to the needs of the most vulnerable communities and their most urgent problems, in this sense, this text, what is sought is to establish the theoretical and practical conditions for the design of a prototype architecture of sustainable modular housing, to overcome the housing deficit in rural areas of the municipality of Buriticá - Antioquia, emphasizing rural housing solutions, which offers using a prototype a resource that adjusts to the social, geographic and environmental context of said municipality. Using a mixed methodology, through the quality, different national statistics are collected to know and dimension the problem associated with the housing deficit and information is collected about the attributes of sustainability and modularity for the development of the modular prototype.

Keywords: housing deficit, sustainability, modular systems, Buriticá - Antioquia, rurality.

Introducción

En todos los ámbitos, se tiene especial cuidado por atender todas aquellas necesidades de las comunidades y de los aspectos específicos que requieren para su desarrollo. En este sentido, es importante mencionar lo que se busca a través de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) los cuales conllevan un espíritu de colaboración y pragmatismo para elegir las mejores opciones con el fin de mejorar la vida, de manera sostenible, para las generaciones futuras. Proporcionan orientaciones y metas claras para su adopción por todos los países en conformidad con sus propias prioridades y los desafíos ambientales del mundo en genera (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2019).

En este sentido, y estableciendo la relación que existe entre los ODS y la sostenibilidad de las comunidades objeto de esta investigación, cabe resaltar lo descrito en el Objetivo 11 de los ODS - Ciudades y comunidades sostenibles, donde se evidencia que “no es posible lograr un desarrollo sostenible sin transformar radicalmente la forma en que construimos y administramos los espacios” (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2019). Por

otra parte, y de acuerdo a lo que se describe en el informe estadísticos del déficit de vivienda, en la mayoría de las regiones de Latinoamérica la proporción de hogares pobres es hoy más alta que en los años setenta. Según las estadísticas relacionadas por Salas (2002), el descontrolado incremento del déficit de vivienda ocasiona que alrededor de 130 millones de latinoamericanos habiten en alojamientos precarios. Para reforzar este argumento, Salas Serrano (2002) menciona que:

Un déficit habitacional, cuantitativo y cualitativo, afecta a más de la mitad de los hogares latinoamericanos. Para absorberlo sería necesario construir o mejorar 53,6 millones de unidades. Al iniciarse el milenio, 25 millones de viviendas carecen de agua potable, irrecuperable o precaria, que es un alojamiento cuya extremadamente mala condición impide mejorarlo y exige su reemplazo (ello lo convierte en fuente de déficit cuantitativo). Actualmente, el problema de la vivienda es provocado, una parte por la falta de recursos económicos que una gran sección de la población lamentablemente no tiene posibilidades de obtener una, ya sea por propiedad o arrendamientos; por otro lado, la otra gran parte de la población que vive en malas condiciones, inadecuadas, deterioradas y con pésimas condiciones de habitabilidad.

Para el caso de Colombia, es importante mencionar la medición que realiza el Departamento Nacional de Estadística para establecer desde indicadores cualitativos y cuantitativos el déficit de vivienda en el país (Builes Morales, Céspedes Restrepo, León Calderón y Jiménez García, 2013).

El déficit cualitativo de vivienda en Colombia, se evalúa de acuerdo a la estructura, disposición de espacio, disponibilidad de servicios públicos en las viviendas y cocina. Estructura entendida con referencia a los materiales en los pisos de la unidad habitacional, disposición de espacio entendida como el número de hogares por vivienda, disponibilidad de servicios públicos entendida como suministro eléctrico y disponibilidad de los servicios relacionados con el saneamiento básico y, por último, la cocina entendida como un lugar con la función exclusiva de permitir la manipulación de alimentos. Ahora, el déficit cuantitativo de vivienda estima la cantidad de viviendas que la sociedad debe construir o adicionar al stock para que exista una relación

uno a uno entre las viviendas adecuadas y los hogares que necesitan alojamiento. Las variables de este índice son: tipo de vivienda, estructura y hacinamiento no mitigable. Tipo de vivienda entendido de cara a los tipos carpa, tienda, vagón, embarcación, cueva, refugio natural y puente. Estructura entendida con referencia al material de las paredes y hacinamiento no mitigable entendido con referencia al número de personas de una vivienda por el número de cuartos de la misma (hasta 4 personas por habitación se considera hacinamiento mitigable) (Builes Morales *et al.*, 2013).

Lo anterior, proporciona información pertinente para conocer cuáles elementos se toman en cuenta en el país para definir y calcular el déficit de vivienda de acuerdo a los tipos de construcción, materiales y demás características de una vivienda digna y sostenible (Departamento Nacional de Planeación, 2018). En este caso, es necesario hacer una relación del déficit de vivienda con la realidad socioeconómica del municipio de Buriticá (Antioquia), donde, según el diagnóstico del Sisben y censo municipal, se evidencia una relación estrecha entre el número de habitantes, áreas de construcción e ingreso familiar (estos datos fueron solicitados al Sisben municipal de Buriticá). Por otro lado, garantizar o facilitar el acceso a una vivienda adecuada desde el punto de vista de las personas, es garantizar el acceso a una vivienda adecuada que constituye un derecho y una necesidad básica. Esta necesidad sería satisfecha con el acceso de las familias a unidades físicas de alojamiento con determinada calidad de atributos de materialidad, dotación de servicios, disponibilidad de espacio e inserción en el entorno (Departamento Nacional de Planeación, 2018).

En este sentido, existen algunos indicadores en tiempo real sobre la población y vivienda que tienen una variedad de datos que se encuentran en diferentes plataformas nacionales, los cuales se pueden ver en la tabla 13 (datos desde los niveles nacional, departamental y municipal). El DANE es la fuente más completa para revisar estadísticas en Colombia en este sentido, ya que entrega información actualizada para el objeto de estudio con enfoque en la problemática analizada. En la plataforma DANE, se realiza una caracterización de la población y vivienda cada diez años, el último realizado fue en el año 2018, estudio que consistió en contar y caracterizar las personas residentes en Colombia, así como las viviendas y los hogares del territorio nacional. A través del censo, el país obtiene datos de primera mano sobre el número de

habitantes, su distribución en el territorio y sus condiciones de vida (tablas 13, 14 y 15).

Tabla 13. Censo nacional, departamental y local

Cuántos somos					
Estadísticas de la población Nivel de cobertura	Habitantes zonas urbana	Habitantes zona rural	activamente censados	Hogares déficit	Estimación preliminar personas
Colombia	37.207.298	11.582.038	44.164.417	3.828.055,41	48.258.494
Antioquia	5.331.438	1.436.950	6.768.388	386.118,39	6.768.388
Buriticá	1.803	5.527	7.330	1.099	7.330

Fuente: departamento Nacional de Planeación, 2018; Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia, 2016.

Tabla 14. Censo nacional, departamental y local

Dónde estamos					
Estadísticas de la población Nivel de cobertura	Cabecera municipal	Centro poblados	Rural disperso	Hogares déficit	Total de habitantes
Colombia	71,1%	7,1%	15,8%	53,65%	48.258.494
Antioquia	64,50%	10%	25,50%	37,95%	6.768.388
Buriticá	18%	14%	42%	81,05%	7330

Fuente: departamento Nacional de Planeación, 2018; Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia, 2016.

Tabla 15. Censo nacional, departamental y local

Cómo vivimos					
Estadísticas de la población → Nivel de cobertura ↓	Promedio de hogares	Viviendas zona urbana.	Viviendas zona rural	Total de viviendas	Total de hogares
Colombia	1 – 3 personas	Número de hogares Urbano 5.374.990	Número de hogares rural 1.784.835	13.480.729	14.243.223
Antioquia	2 – 5 personas	Número de hogares urbano 733.636	Número de hogares rural 247.368		981.004
Buriticá	3 – 5 personas	Número de viviendas urbanas 466	Número de vivienda rural 1.244	1710	1761
		Número de hogares urbano 470	Número de hogares rural 1.291		

Fuente: departamento Nacional de Planeación, 2018; Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia, 2016.

Se puede deducir que el municipio de Buriticá, comparado con el ámbito nacional, cuenta con un 74 % de tipos de unidad de vivienda como apartamentos, un 25 % cuarto y un 1 % otro tipo de unidad de vivienda de un total de 1.581 viviendas. La importancia de esta investigación para aportar al déficit de vivienda en el municipio, es realizar un diseño arquitectónico de una vivienda modular sostenible, que aporte a la superación del déficit de vivienda en la zona rural de este municipio, permitiendo una solución de vivienda modular en cualquier condición.

8.1 Metodología

Se realizaría el seguimiento del proyecto de vivienda modular por medio del proceso BIM de arquitectura e ingeniería.

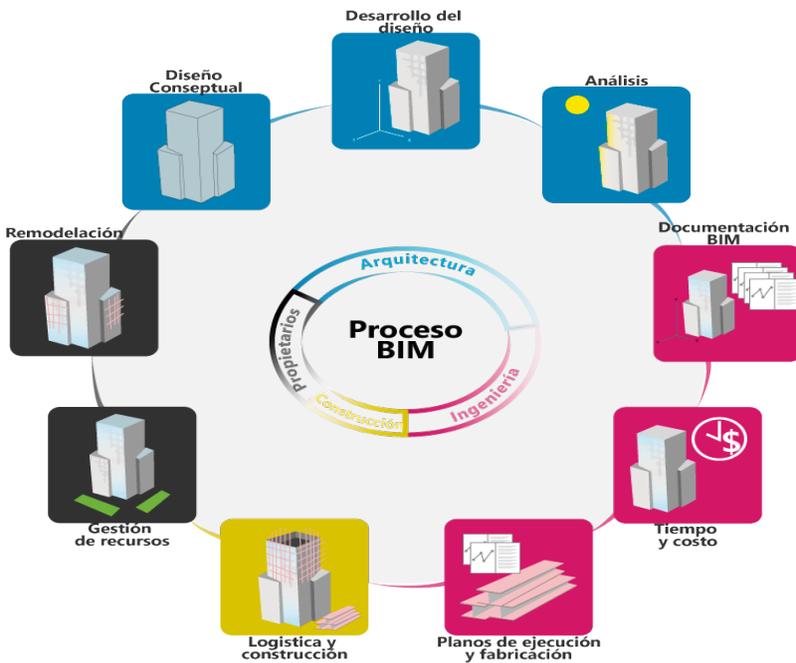


Figura 40. Proceso y seguimiento del diseño de una vivienda modular sostenible para superar el déficit de vivienda en las zonas rurales del municipio de Buriticá, Antioquia

8.1.1 Fases del proyecto de acuerdo a metodología BIM

La metodología propuesta para el desarrollo de la investigación, tendrá cinco fases, las cuales se podrán ir desarrollando de forma paralela.

Fase I. Diseño conceptual

Surgimiento de una idea: surge una idea factible y para desarrollarla es necesario hacerse varias preguntas acerca del qué, cómo, por qué, para quién, dónde y cuándo del proyecto creativo.

Bocetaje: después de establecer los conceptos y los porqués de un diseño sigue un proceso de abstracción en el que se bosquejan y desarrollan las formas y los elementos que conforman a la pieza creativa.

Integración y pruebas: apariencia y funcionalidad se integran para darle una forma justificable al diseño. En esta etapa también se realizan las pruebas pertinentes de uso y de imagen para saber si ha quedado bien el producto que se desarrolló.

Consolidación: si el producto adquiere la cualidad de integrarse a la vida del consumidor, el éxito está consumado. A partir de este momento el producto puede llegar a modificar hábitos o influenciar conductas. Pero no hay que perder de vista el producto, no te olvides que la competencia siempre va a innovar y los productos se pueden renovar siempre.

Fase II. Desarrollo del diseño

Levantamiento de topografía por medio de malla en la zona determinada de estudio.

Presentar proyecto final: diseños arquitectónicos y detalles constructivos luego realizar los siguientes diseños como son eléctricos, hidráulicos y estructurales.

Realizar modelación 3D.

Maqueta de detalles a escala 1.25.

Identifica la normatividad vigente respecto a la implementación colombiana NSR 10 modular, prefabricado.

Fase III. Análisis

Realizar estudios de campo de la zona de impacto del municipio de Buriticá, Antioquia.

Analizar el estudio de la forma de la vivienda modular e introducción asoleamiento y ventilación (Ovacen, 2017).

- Ventilación natural y cargas solares
- Cuadro ganancias solares
- Ubicar la edificación en parcela
- Asoleamiento
- Manuales asoleamiento
- Presentar procesos de normatividad del proyecto
- Entrega de tomo de diseños finalizados
- Estimar los costos
- Desarrollo de cronograma
- Determinar el presupuesto
- Cerrar proyecto de fase.

Fase IV. Documentación BIM

Realizar en una primera etapa un nivel de desarrollo de BIM 3D. En esta fase se deberá realizar una modelación del dibujo que se tiene en CAD, de todos los diseños como eléctrico, hidrosanitario, redes de gas, redes de conexiones de paneles solares, redes de RCI, diseños arquitectónicos y diseños estructurales y llevarlos al nivel 3D de BIM, utilizando *software* de acuerdo a las características investigadas en fases anteriores, y como esta investigación trata sobre la generación de un estándar de construcción, se resalta que es netamente educacional, por lo cual los *software* que se utilicen contarán con versiones educativa, o versiones pro, o de código abierto.

Etapas de modelación y entrega del producto por medio del *software* BIM (Building SMART Spanish Chapter, n.d.). En esta fase, se tiene en cuenta la programación que a continuación se describe:

- Proyectos de arquitectura BIM
- Cálculo estructural BIM

- Diseño mep
- Coordinación BIM
- Programación 4d BIM.

Fase V. Cálculo de tiempos y costos

Para el cálculo de los tiempos y costos para el desarrollo del proyecto se tiene en cuenta:

- Costos 5D BIM
- City Information Modeling (CIM)
- Visualización arquitectónica
- Remodelaciones
- Modelación en su construcción.

8.1.2 Geolocalización

Buriticá está situado a $6^{\circ}, 43', 12''$ de latitud Norte y a $75^{\circ}, 54', 27''$ de longitud Oeste de Greenwich. La cabecera urbana está ubicada a una altura de 1.625 metros sobre el nivel del mar y su temperatura media es de 21°C . Se encuentra a una distancia por carretera a Medellín de 93 kilómetros, se comunica a través de la conocida vía al mar Pacífico la cual se encuentra pavimentada y en buenas condiciones. Sus tierras ascienden entre los 1.000 y 1.800 m.s.n.m.



Figura 41. Localización del municipio de Buriticá, Antioquia

El municipio cuenta con cinco corregimientos: El Naranjo, Guarco, Tabacal, Llanos de Uarco y La Angelina, y posee también 32 veredas entre las cuales sobresalen Higabra, La Vega, Mogotes, La Cordillera, Carauquia, Las Brisas, El Guaimaro, Llano Grande, Untí, La Fragua, Sopetrancito, Palenque, Las Cuatro, Guadual, Buena Vista, Conejos, Santa Teresa, Llano Chiquito, El León, Pajarito, Costas, Chunchunco, Sincierco, Los Arados, Bubará, Los Asientos, Siará, Alto del Obispo, Murrupal y Uarco.

8.2 Conceptualización teórica

Para hacer una conceptualización y contextualización teórica de cada uno de los elementos necesarios a conocerse para el desarrollo del proyecto, a continuación, se dan a conocer cada una de las categorías a abordar.

8.2.1 Una vivienda modular sostenible

Los conceptos que se tendrán presente en esta investigación se correlacionan y contribuyen a una articulación desde el diseño arquitectónico como los diseños de ensamble del sistema constructivo (figura 42).

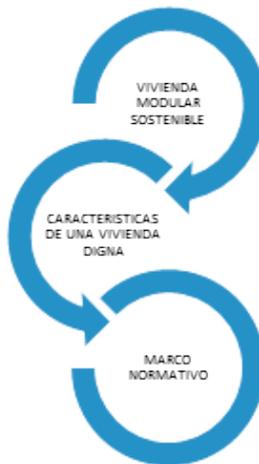


Figura 42. Caracterización de una vivienda modular sostenible digna
Fuente: elaboración propia

Las casas modulares cobran forma gracias a elementos constructivos que son generados por piezas y unidades estandarizadas, que al combinarse permiten completar la edificación de un espacio cubierto según requerimientos de: extensión (superficie), número de ambientes, baños, cochera, y cantidad de plantas o niveles. Los módulos contienen cuartos propios de una vivienda, y en una configuración básica un módulo puede abarcar toda una pequeña casa. El sistema modular permite pensar la realización completa de la casa sostenible, posibles ampliaciones rápidas y coherentes en caso de que las necesidades habitacionales necesiten condicionamiento para el habitad familiar. Se pretende que el diseño ofrezca confort, versatilidad en sus espacios (Mariano, 2013; Promateriales, 2018).

El objetivo fundamental del desarrollo de una vivienda sostenible, es, realizar una propuesta como un reto global en términos de habitabilidad, contaminación, energía, recursos, materiales y sostenibilidad. Así pues, todo proyecto de este tipo, pretende ser, no sólo eléctricamente autosuficiente, sino también bioclimático en su más amplia definición (Caamaño Martín *et al.*, 2004). Asimismo, vivienda “modular sostenible rural”, representa el espacio versátil y adaptable, que surge cuando se precisa, como un módulo mágico, que esconde en su interior posibilidades, siempre dispuestas a sorprender, multiplicándose y desarrollándose cada vez que sea necesario (Caamaño Martín *et al.*, 2004).

Tres son los principios básicos que conformaría la vivienda modular:

1. Suministrar la energía necesaria para llevar a cabo tareas cotidianas de alimentación, limpieza, ocio, trabajo, transporte, etc., con un nivel de confort aceptable y haciendo uso exclusivo de la energía solar captada por la vivienda durante los siete días la semana (Caamaño Martín *et al.*, 2004).
2. Demostrar a la sociedad, de una forma práctica, la existencia de principios de diseño arquitectónico que hacen uso de tecnologías solares y, a través de ellas, su beneficio de tipo estético y energético.
3. Estimular la investigación y el desarrollo relacionados con las energías renovables y la eficiencia energética, especialmente en el sector de la edificación.

8.2.2 Características de una vivienda digna en Colombia

Las características de una vivienda digna en Colombia, según el informe del DANE se evalúa de acuerdo a la estructura, disposición de espacio, disponibilidad de servicios públicos en las viviendas y cocina. Estructura entendida con referencia a los materiales en los pisos de la unidad habitacional, disposición de espacio entendida como el número de hogares por vivienda, disponibilidad de servicios públicos entendida como suministro eléctrico y disponibilidad de los servicios relacionados con el saneamiento básico y, por último, la cocina entendida como un lugar con la función exclusiva de permitir la manipulación de alimentos.

8.2.3 Déficit de vivienda

El déficit cuantitativo de vivienda estima la cantidad de viviendas que la sociedad debe construir o adicionar al stock para que exista una relación uno a uno entre las viviendas adecuadas y los hogares que necesitan alojamiento. Las variables de este índice son: tipo de vivienda, estructura y hacinamiento no mitigable. Tipo de vivienda entendido de cara a los tipos carpa, tienda, vagón, embarcación, cueva, refugio natural y puente. Estructura entendida con referencia al material de las paredes y hacinamiento no mitigable entendido con referencia al número de personas de una vivienda por el número de cuartos de la misma (hasta 4 personas por habitación se considera hacinamiento mitigable). (*censo nacional de población y vivienda 2018*, 2018)

En este sentido, este proyecto contempla el diseño de un prototipo de una vivienda modular sostenible mediante El método BIM (Building Information Modeling) que consiste en modelar y diseñar no solo en 2D sino que se realiza el proceso real de multidimensional que abarcaría todas las etapas de vida del edificio y la infraestructura, donde se aborda una metodología de trabajo colaborativo entre proyectistas, constructores y los demás agentes implicados en un proceso de diseño y constructivo para adaptarse a la zona de estudio y al confort de la vivienda.

Una vez ya terminado la formulación del proyecto por medio de los *software*, se llevarían a cabo análisis del laboratorio o modelación en *software* al módulo de vivienda a escala 1.25 a la subsiguiente al Marco normativo co-

lombiano (NSR-10) (Ministerio del Medio Ambiente Viviendo y Desarrollo Territorial, 1997).

8.3 Resultados preliminares

8.3.1 Modelo tridimensional (2D y 3D) de una vivienda modular

En la tabla 16 se muestra de manera detallada el proceso de construcción de los dos módulos obtenidos en los procesos de diseño en BIM y la maqueta de estudio en escala: 1.20 Además, las imágenes evidencian la facilidad de construir el tipo de vivienda modular propuesto. El primer módulo es construido en tapia, el segundo es estructura metálica y el envolvente es en madera RH, que a su vez se hace de manera ágil gracias al poco peso de este material. Asimismo, es seguro porque se vale de métodos de ensamble rápido y a presión de las placas. Dentro de los tipos de construcción del módulo 1, la propuesta se orienta hacia la construcción modular en el proceso de materia prima local, llamada tapial, donde a su vez reduce costos y tiempo de transporte al lugar de estudio.

El módulo 2: su construcción es en láminas de madera RH donde la reducción del peso de los componentes y la eficiencia material es un punto de partida. Esta operatividad, permite generar alojamientos desmontables, retirables, sin huella en el paisaje. La vivienda está conformada por dos módulos que a su vez se conecta a una estructura. Su punto fijo está unido a la estructura del módulo 1, la separación del módulo 2, sus columnas y vigas se distribuye a una misma medida; esto generando espacios iguales y repetitivos donde se incorporan unidades de vivienda adaptadas como módulos que encajan en dichos espacios. Los módulos pueden ser distribuidos de la mejor manera, permitiendo que se puedan relacionar los diferentes usos de una vivienda. La vivienda se conforma de un espacio amplio que sería el primer módulo en tapia (figura 43, modelo 3D).

El segundo módulo está conformado por paneles de madera y una estructura metálica que conforman espacios rectangulares o cuadrados (figura 43). El primer módulo de construcción es el de muros de tapia. Estos muros de carga y sistema constructivo son tradicionales, siempre ha sido de “muros portantes” o “paredes maestras” que además de sostener la cubierta, tiene la función

gular con una profundidad de 1,0 m y ancho hasta dos veces el espesor del muro (figura 44). Para su construcción, se emplearon piedras pegadas con una mezcla de barro y cal. El sobrecimiento, se realiza a una altura promedio de 0,30 a 0,40 cm. Para proteger el muro de la humedad del suelo, se recomienda implementar impermeabilizante a los cimientos y para cumbre del muro se recomienda: brea, betún, aislantes naturales o piedras planas (manto o textil para una mejor impermeabilización).

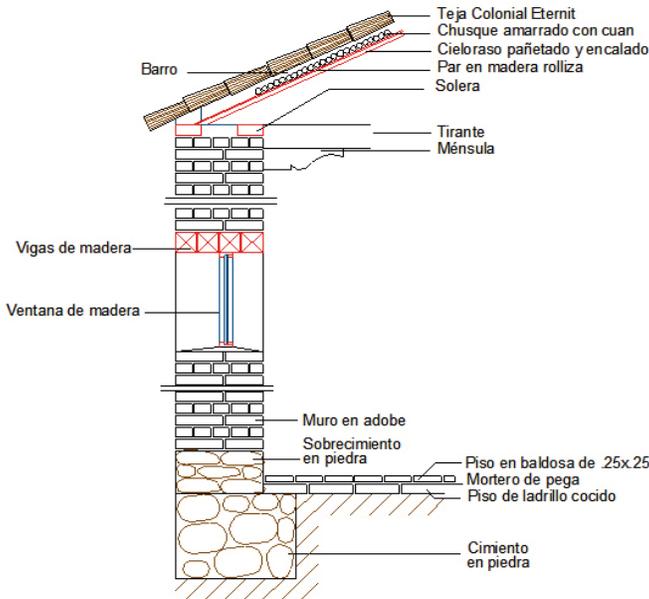


Figura 44. Proceso de construcción de cimientos de piedra

Se utiliza un modelo formado por dos tableros en disposición paralela, generalmente unidos o sujetos con agujas, se construye a base de barro apisonado, que se deja secar al sol.

8.3.3 Muros

Las medidas del muro son anchas 0,50 a 0,60 cm, alturas entre 2,50 m a 3,00 m (43). Esta técnica constructiva predominante en el proyecto es la tapia

pisada. Los vanos de puertas y ventanas se realizaban en concreto reforzado, adobe o madera y en la parte superior se coloca un dintel en madera con un rebase de aproximadamente 0,3 cm de cada lado del vano. Los pañetes se aplican como protección del muro empleando una mezcla de cal, productos aglutinantes y fibras naturales.

8.3.4 Vigas de coronación y estructura de cubierta

Las vigas de coronación se colocan en la parte superior del muro y reciben parte de la estructura de la cubierta para poder transportar las cargas al muro, las vigas metálicas y luego a los cimientos. Esta perfilería metálica cuadrada (entre 0,100 mm * 100 mm); y se cubren con pintura 3 en 1. El techo es de un agua con una inclinación entre 10 % y 15 % grados. La estructura de cubierta es una armadura triangular metálica que a su vez soporta el mezanine, alfaradas y tablilla en madera, zapán abarco apoyada sobre las vigas de coronación.

8.3.5 Refuerzo vertical y horizontal del muro de tapia

En las últimas décadas se han propuesto diferentes alternativas de rehabilitación sísmica de edificaciones en tierra. Las técnicas de rehabilitación evaluadas en el presente estudio son: malla metálica con mortero de cal prensada con maderas de confinamiento, ambas técnicas instaladas en ambas caras de los muros. Se verifican las grandes ventajas estructurales de implementar el refuerzo por ambas caras de los muros.

8.3.6 Reforzamiento con malla y mortero de cal

Consiste en instalar una malla de vena por franjas horizontales y verticales (simulando vigas y columnas de confinamiento) en las zonas críticas de la estructura. La malla, se une a la pared mediante alambres de 5 mm de diámetro espaciado cada 50 cm. Posteriormente se recubre con mortero en proporción 1:4. Este refuerzo evita la pérdida de rigidez lateral que se presenta en edificaciones no reforzadas cuando se agrietan. En la figura 44 se esquematizan los detalles de este tipo de rehabilitación que ha demostrado sus cualidades en eventos sísmicos. Esta técnica de rehabilitación permite incrementar la capacidad de disipación de energía de los muros ya que el sistema estructural alcanza mayores niveles de desplazamiento en el rango inelástico.

8.3.7 Inercia térmica del muro de tapia

La inercia es la propiedad de los materiales para almacenar calor, y como consecuencia, para variar su temperatura en un tiempo determinado. Un material de gran inercia térmica es aquel que necesita grandes cantidades de energía para elevar su temperatura en la misma cantidad del tiempo. La inercia térmica está relacionada con cantidad de masa, puesto que, a mayor masa, mayor inercia. Material que se usa en el diseño estructural del prototipo de la vivienda modular y sus materiales que lo componen según el estudio de zona y el difícil ingreso de los materiales y el sostenimiento de la misma estructura y su envolvente térmico, como fachadas, cubierta y suelos, este material natural tiende a regular el confort de la vivienda y retener el calor o el frío.

8.3.8 Vulnerabilidad sísmica

Los principales problemas estructurales de las construcciones en tapia pisada son: poca cohesión estructural, erosión y desintegración. Adicionalmente el agua puede generar problemas de humedad en los muros (pérdida de resistencia). Lo anterior trae como consecuencia una tendencia de las edificaciones en tierra a colapsar durante terremotos, como el sismo por eso se lleva a cabo el estudio y diseño constructivo para garantizar la construcción y el tiempo de vida de este material y sus características de refuerzos de construcción que se mencionan en los diseños y actividades siguientes.

Material	Conductividad térmica W/m K	Densidad Kg/m ³	Calor Especifico J/Kg K	Capacidad calorífica KJ/m ² K	
Madera de fror	0,18	660	1.600	1.056	
tablero de virut	0,13	600	1.700	1.020	
Madera de con	0,15	480	1.600	768	
Yeso	0,30	750	1.000	750	
Corcho	0,07	450	1.500	675	
Hormigón celul	0,14	500	1.000	500	
Madera de balk	0,06	180	1.600	288	
Lana	0,06	200	1.300	260	
Espuma de pol	0,05	70	1.500	105	
Poliestireno es	0,04	30	1.000	30	
Inercia térmica					

Figura 45. Materiales y sus características inercia térmica

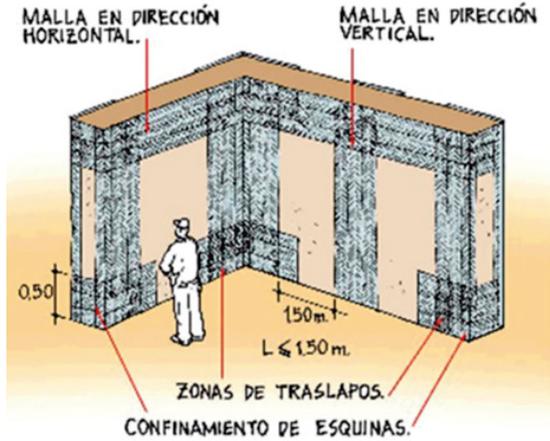


Figura 46. Proceso de instalación del refuerzo con malla metálica (8) Fuente: Lacouture, 2007.

8.3.9 Proceso de planos arquitectónicos, estructurales, eléctricos e hidro-sanitarios

Esta vivienda sostenible tiene en cuenta el impacto de la construcción sobre el medio ambiente e intentamos minimizarlo lo máximo posible. Sabemos que esto es una nueva era de construcción en que el principal objetivo es optimizar la eficiencia energética, aprovechando al máximo los recursos del entorno rural y fomentar el reciclaje de materiales prima y la vivienda está compuesta con materiales prima como arcilla, arena y agua se puede decir que el otro módulo dos está compuesto con materiales reciclables como el acero y madera aglomerada.

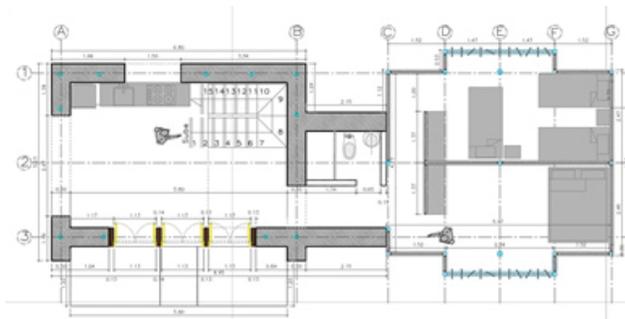


Figura 47. Planta arquitectónica 1er módulo y 2do, vivienda modular sostenible

Esta primera planta está compuesta en el eje A y B un salón amplio de 35 m² donde a su vez se aprovecha el punto fijo para el acceso al mezanine donde se utilizaría como espacios de habitualidad del ser humano. En el eje b y c está proyectado como zona de baño donde a su vez se aprovecha las cubiertas que finalizan en esa zona y pueden aprovechar la recolección de lluvias que a su vez se utilizarían en el riego o lavado domésticos del servicio de la vivienda. Por otro lado, en el eje c al eje g está proyectado el modulo dos, se diseña una zona de habitaciones y se aprovecha de la estructura metálica para proyectar la estructura de paneles solares.

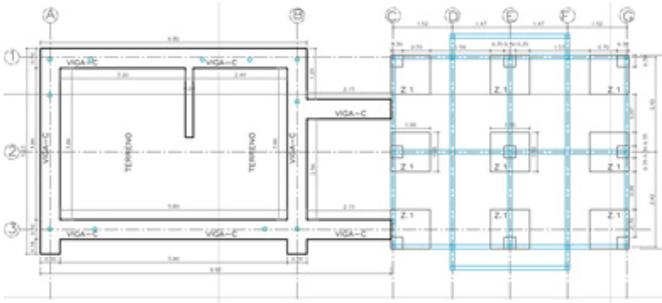


Figura 48. Planta estructural de vigas de cimentación de vivienda modular sostenible

La planta de estructura se proyecta en el módulo 1, vigas de cimentación del eje A al eje B que está compuesta con materia prima como piedras, tierra y cemento donde a su vez se hace una mezcla tipo ciclópeo y se va organizando escalonada en la zanja del terreno en forma piramidal. En el módulo dos se diseña, zapatas y dados de concreto reforzado donde permite la nivelación de los módulos en cualquier terreno pendiente.

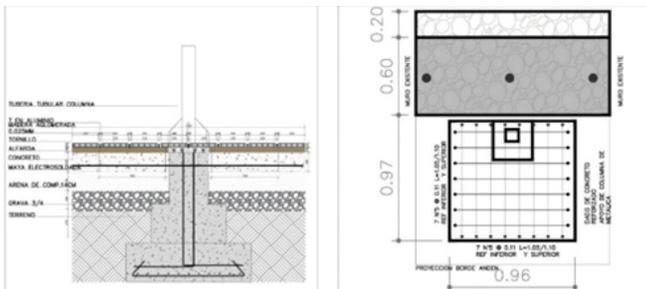


Figura 49. Planta y detalle de zapata y dado de concreto reforzado

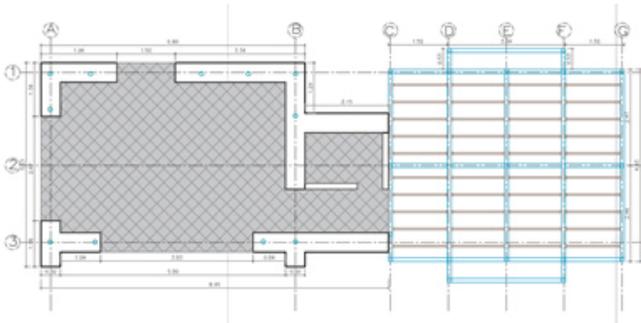


Figura 50. Planta estructural de piso de vivienda modular sostenible

En esta planta muestra el acabado de pisos en el módulo 1 del eje A al eje C (proceso concreto extendido). Una vez todo el material se encuentra extendido se debe iniciar con el proceso de compactación, el cual debe garantizar la máxima remoción de aire atrapado en la mezcla. El método más usado para la compactación es la vibración, que puede ser interna o superficial. La vibración interna emplea uno o más vibradores que se introducen en diferentes puntos de la mezcla, una parte muy importante del proceso constructivo de pisos de concreto es el enrasado. Esta actividad consiste en nivelar el concreto para obtener una rasante determinada y, es un proceso que puede realizarse de forma manual o mediante el uso de elementos mecánicos.

El siguiente proceso en el eje C al eje G su construcción es diferente su método consiste en ensambles de piezas mecánicas o a presión por medio de tornillería además de los elementos que conforman el módulo 2.

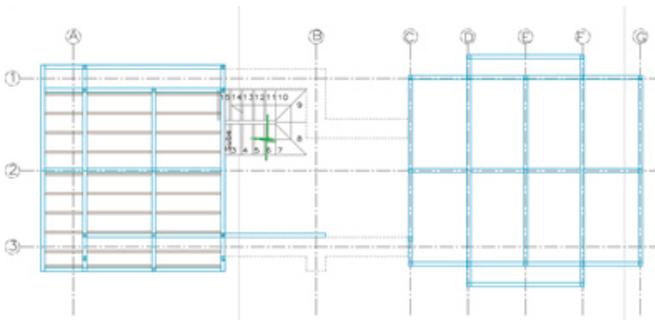


Figura 51. Planta estructural mezanine vivienda modular sostenible

Esta estructura metálica y uniones que es un conjunto de partes unidas entre sí que forman un cuerpo, una forma de piezas que a su vez forman espacios habitables de la vivienda, destinadas a soportar los efectos de las fuerzas que actúan sobre la estructura metálica de esta plataforma del mezanine del módulo 1 y el módulo 2 su cubierta. La estructura metálica. Es el segundo material para emplear en una construcción ligera y flexible de la vivienda.

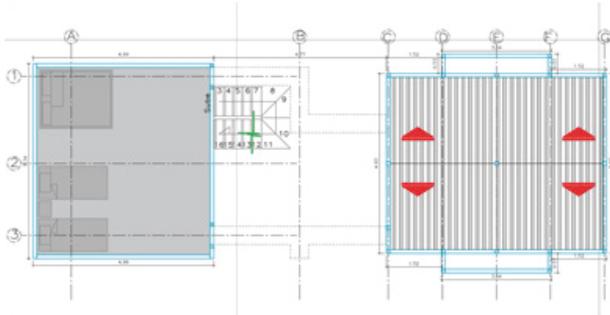


Figura 52. Planta arquitectónica de mezanine vivienda modular sostenible

En esta planta se observa la ubicación del mezanine y su distribución del espacio para una zona de anidar y descansar. En el módulo dos observamos la planta de cubierta donde se va a ubicar la estructuración las celdas fotovoltaicas para darle una mejor ubicación a los paneles solares, poder captar energía solar para el sustento de la vivienda sostenible.

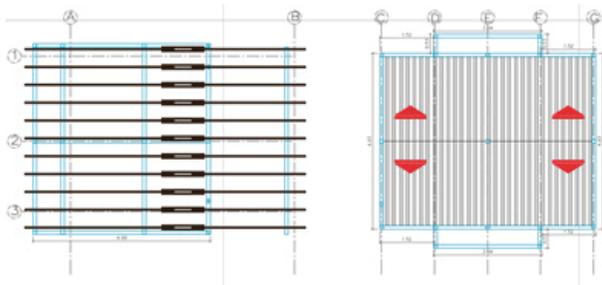


Figura 53. Planta estructural techo de vivienda modular sostenible

Cubierta de una vertiente: recoge sus aguas a un solo lado, su pendiente varía del estilo y región en la que se construye. se aplica a esta vivienda de

módulos rectangulares que a su vez la estructura está diseñada en cerchas y arriostramiento: como se observa en la modelación en 3D, las cerchas pueden resistir perfectamente las cargas verticales. Pero, frente a las acciones o esfuerzos laterales, ocasionada por el viento, se vuelven inestables, pierden estabilidad. Por ello, a fin de evitar el vuelco de la cubierta, y recurriendo al principio de triangulación, se disponen barras de arriostramiento en cada una de las cerchas.

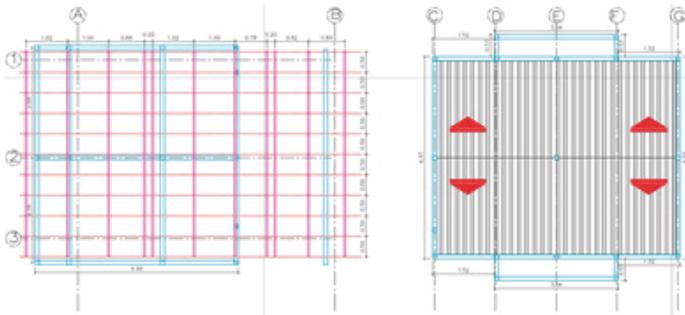


Figura 54. Planta estructural guías de tejas vivienda modular sostenible

En esta planta está diseñada la división de alfaridas, separadores de la teja y así se genera una estructura de aleros más fácil de instalar y menos compleja su instalación.

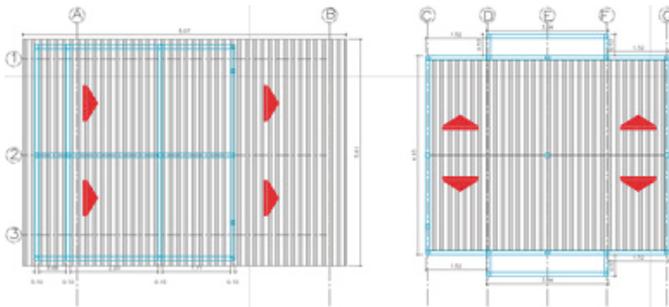


Figura 55. Planta de pendientes de techo vivienda modular sostenible (modelo 2D)

La cubierta se construye tipo mariposa a una sola pendiente o agua es un diseño muy moderno y estético en el que los faldones de la cubierta se inclinan hacia dentro. Este tipo de cubierta aporta mucha luz y ventilación.

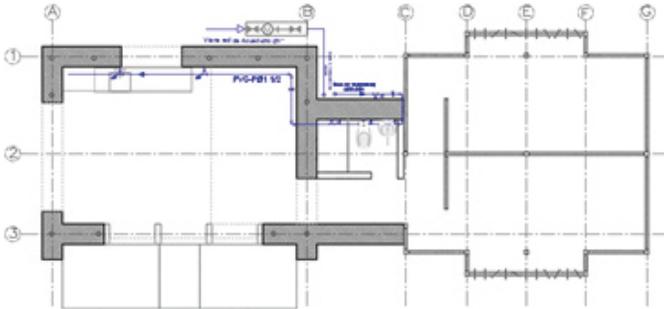


Figura 56. Planta de agua abastecimiento vivienda modular sostenible (modelo 2D)

Los sistemas de abastecimiento de agua potable se pueden clasificar por la fuente del agua, del que se obtienen:

- La captación de un manantial debe hacerse con todo cuidado, protegiendo el lugar de afloramiento de posibles contaminaciones, delimitando un área de protección cerrada. La captación de las aguas superficiales se hace mediante bocatomas, en algunos casos se utilizan galerías filtrantes, paralelas o perpendiculares al curso de agua para captar las aguas que resultan así con un filtrado preliminar.
- Sistema de agua de lluvias almacenamiento en tanques es un recurso arquitectónico para almacenar agua, por lo general potable. El agua acumulada suele proceder de la lluvia recogida de los tejados de las casas o de las acogidas del entorno canalizadas hasta él, a su vez serán distribuidas al punto de riego lavado de baño y limpieza de vivienda.

Ya realizado los dos procesos captación se realiza la distribución de las redes para generar los servicios de la vivienda que son vitales para el sustento del ser humano y el riego. Estas redes se instalarían en la cocina, baño y zona de riego. Esta distribución según el cálculo de abastecimiento de la vivienda. Las tuberías y accesorios que se emplearán en las instalaciones internas para el

sistema suministro de agua serán tuberías y accesorios PVC RDE 21 para mayores de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ", marca PAVCO o similar, con la debida aprobación técnica.

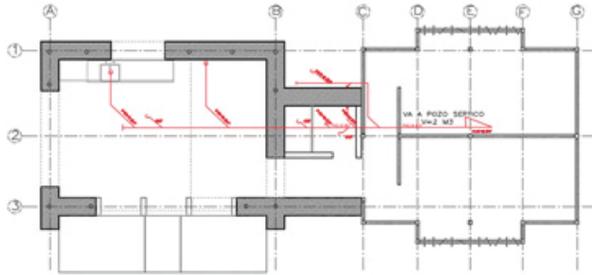


Figura 57. Planta aguas residuales vivienda modular sostenible (modelo 2D)

La instalación para desagües sanitarios, bajantes y ramales horizontales hasta las cajas de inspección se ejecutarán en tuberías y accesorios de cloruro de polivinilo PVC sanitaria, marca PAVCO o similar, de calidad debidamente aprobada; las tuberías entre cajas por fuera de los edificios podrán ejecutarse con tuberías de cloruro de polivinilo PVC corrugado tipo novafort o durafort, o similar. Las instalaciones para desagües de lluvias en cubierta, incluyendo bajantes y los colectores horizontales de las mismas, desde la entrega de los bajantes hasta las cajas de inspección o hasta el canal receptor, según el caso, se ejecutarán con tuberías de cloruro de polivinilo PVC marca PAVCO o similar con calidad aprobada; las tuberías entre cajas por fuera de la edificación se podrán ejecutar en tuberías de polivinilo PVC corrugado (tipo novafort o durafort o similar). Las pendientes mínimas para ramales horizontales hasta 4" serán del 1 %. Las bocas de los desagües tanto para los aparatos como en las prolongaciones de los bajantes deberán permanecer debidamente taponadas en el tiempo de su instalación, ya sea con tapones de prueba o con nipples aplanados en la parte superior. Luego se procede a realizar la conectividad al pozo séptico

Construcción de pozo séptico en pvc o concreto reforzado de acuerdo al diseño estructural del mismo, que se especifica en el detalle correspondiente. Las aguas recolectadas en el sistema de desagüe serán conducidas hasta el sistema de tratamiento compuesto de:

- Pozo digester o pozo séptico, que incluye dos cámaras donde se desarrollan los procesos de sedimentación y digestión de agua residual, entre otros.

- Luego pasaran a través de un filtro anaeróbico de lecho en grava y arena en donde se dan los procesos de digestión anaeróbica. Se pretende formar una película biológicamente activa degradando anaeróticamente la materia orgánica. Este filtro anaerobio contendrá material de grava según detalle correspondiente, sus divisiones interiores se construirán en bloque 0.10x0.20x0.40, se pañetarán con mortero 1:4 impermeabilizado, e incluye accesorios PVC sanitario.
- Finalmente, las aguas procedentes de los anteriores procesos biológicos, pasarán a una caja de inspección o caja de paso desde donde se distribuirán en el terreno. Dicho terreno debe ser preparado con una mezcla de gravillas bien gradada de acuerdo al detalle del ingeniero sanitario que presentan en los planos correspondientes. Se tendrán en cuenta las recomendaciones establecidas de acuerdo las normas, las pendientes indicadas en los detalles constructivos que se formulan en los diseños del ingeniero sanitario.

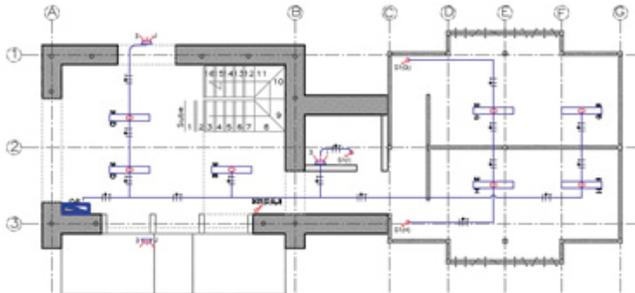


Figura 58. Planta de iluminación red eléctrica vivienda modular sostenible (modelo 2D)

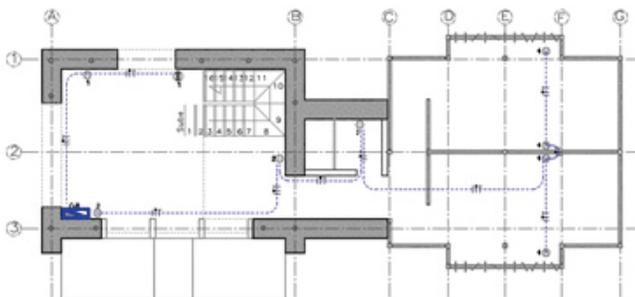


Figura 59. Plantas de circuitos eléctricos de la vivienda modular sostenible.

En la figura 58, muestra la distribución de suiches, lámparas y en la figura 59, muestra los circuitos de tomas (modelo 2D).

8.3.10 Tecnología solar paneles fotovoltaicos

En este proyecto se lleva a cabo la tecnología de energía renovable, inagotable y no contaminante, por lo que contribuye al desarrollo sostenible de la vivienda. Es un sistema particularmente adecuado para zonas rurales o aisladas donde el tendido eléctrico no llega o es dificultosa o costosa su instalación, o para zonas geográficas cuya climatología permite muchas horas de sol al año. Su instalación es fácil y modular y su transporte es manejable a lugares muy pendiente de la zona rural, por lo que se pueden construir en las plantas de los tejados de las viviendas modulares, esto permite mejorar sus condiciones de vida y productividad de la misma, ya que la generación de electricidad por un medio alternativo como lo es la energía solar, se mejora la productividad de la finca o las viviendas rurales, con el acceso a nuevas tecnologías y promoviendo el desarrollo económico se da la posibilidad de generar productos avícolas de excelente calidad, ya que las intermitencias del servicio eléctrico generan pérdidas y sobre costos en el proceso de refrigeración de los productos cárnicos. Se realizó una indagación con el fin de determinar cuál era el sitio óptimo para el mejor aprovechamiento del recurso solar para la generación eléctrica con el fin de alcanzar los objetivos del proyecto. Una vez se dimensionaron las necesidades del predio se realizó el estudio técnico para definir la solución de tecnología apropiada y el diseño del proceso de implementación en el lugar.

8.3.11 Componentes e instalación fotovoltaica para la vivienda modular sostenible

- Placas fotovoltaicas de células de silicio
- Soportes: sistemas fijos y seguidores solares
- Inversor u ondulator, que transforma la corriente continua generada por las placas y acumulada por las baterías en alterna de la red eléctrica y aparatos de consumo

- Acumulador
- Sistemas de protección para corriente alterna y continua
- Contadores: contabilizan la energía a facturar en el caso de venta a la red
- Baterías de almacenaje.

Tabla 16. Carga de consumo de energía fotovoltaica de la vivienda modular sostenible

Análisis de consumo de equipos que conforman el amueblamiento de la vivienda					
Potencia promedio (watts)	Porcentaje de sol día	Horas día sol	1000/kwh	kwh	Equipos
250	80 %	5,91	1000	1,18	panel solar
250	80 %	5,91	1000	1,18	tv
200	80 %	1	1000	0,16	licuadora
40	80 %	6	1000	0,19	radio
1000	80 %	5	1000	4,00	horno
1000	80%	1	1000	0,80	plancha
1000	80 %	5	1000	4,00	10 bombillas 100amp
375	80 %	24	1000	7,20	nevera
Total, equipos kwh				17,53	

Fuente: elaboración propia.

8.3.12 Proceso de modelación en 3D

En este proceso de diseño de la vivienda modular se lleva a cabo la modelación en 3D es una representación esquemática visible a través de un conjunto de objetos, elementos y propiedades que, una vez procesados (renderización), se convertirán en una imagen en 3D o una D que proyecta un sistema de coordenadas y formas, permite definir la posición y ubicación del lugar y tiempo real del inicio y fin del proyecto. Una vez realizado la modelación se realiza el proceso de construcción de la vivienda en sus etapas de las actividades en la siguiente grafica podemos observar las figuras 8 en 3D su proceso de construcción de la vivienda modular con los respectivos materiales.

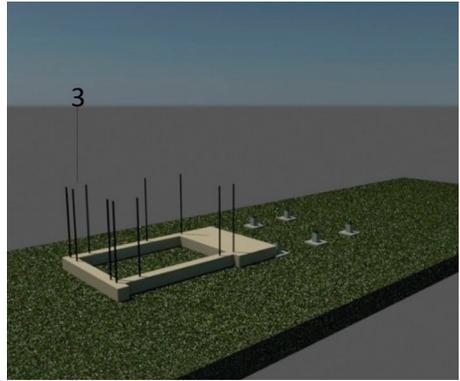
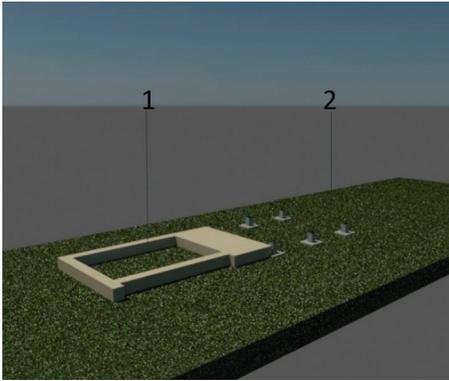


Figura. 59a. Proceso 1: construcción de vigas de cimentación con material ciclópeo y buena roca para la primera etapa de la construcción que se revaliza en tapia pisada. Proceso 2: construcción de dados de concreto para ajuste para módulos de madera RH.

Figura 59b. Proceso 3: construcción dovelas en madera redonda diámetro 0,5 cm para darle más estabilidad a los muros y a la viga superior de la cubierta.

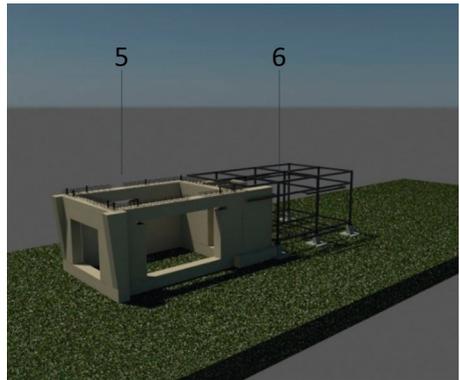


Figura 59c. Proceso 4: construcción muro de tapia y nivelación para instalación de viga superior de cubierta o mezanine.

Figura 59d. Proceso 5: construcción de canasta de acero y estribos, varilla de $\frac{1}{2}$ y estribos de $\frac{3}{8}$ para darle una mejor conformación a la parrilla y agarre de concreto. Proceso 6: construcción de columnas de acero módulo 1 y 2. Definición de piso en concreto y piso en madera RH.

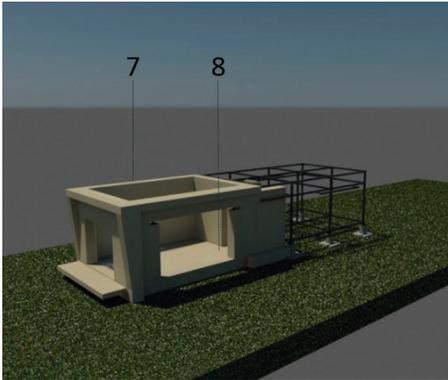


Figura 59f. Proceso 7: construcción de formaleta y baseado de concreto reforzado para viga de corona muro de tapia. Proceso 8: baseado de mortero de suelo y nivelación de piso acabado.

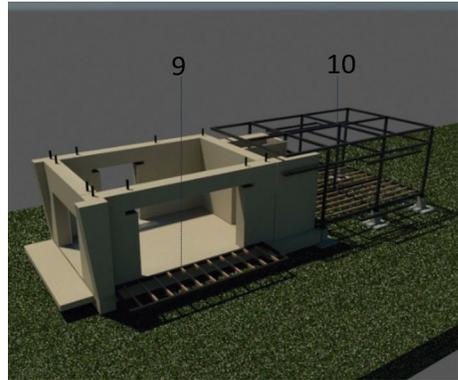


Figura 59f. Proceso 9: construcción marcos y alfardas de piso.



Figura 59f. Proceso 11: construcción de cerchas de cubierta y mezanines para luego proceder hacer vaciado del concreto en la corona de los muros.



Figura 59h. Proceso 12: construcción de entramados de pisos en madera cargueras y alfardas. Se reparten las alfardas nivelándolas por encima, separadas a centro cada 50 cm (o 48 cm como ya se dijo); teniendo en cuenta la distancia a cubrir y clavándolas a la cerchas metálicas y cumbrera y al listón de apoyo. Las secciones de las alfardas varían de acuerdo con la distancia horizontal entre la cumbrera y el listón de apoyo.

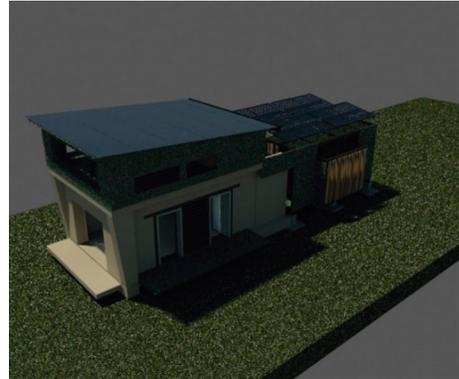
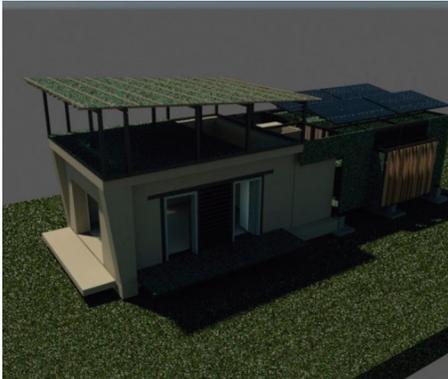
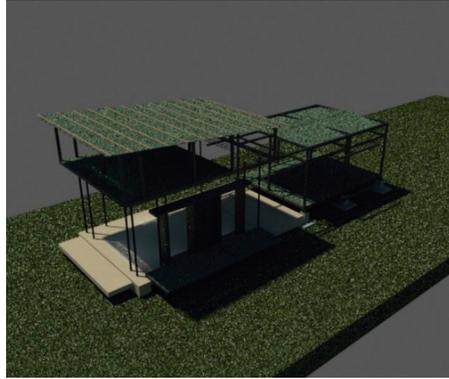


Figura 59h. Proceso de construcción de entramado de panel RH, filtro de impermeabilización y las correas para ajustes de la teja de zinc. La cubierta se realiza de una sola vertiente.

Figura 59i. Proceso de construcción de módulos 1 y 2. La cubierta es la estructura que forma el último diafragma de la construcción que se realiza en la parte superior y exterior de una vivienda y que tiene como misión, proteger la construcción.

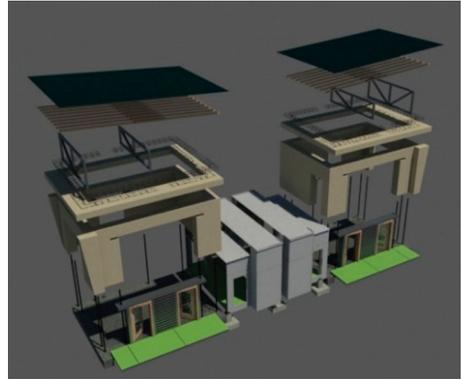
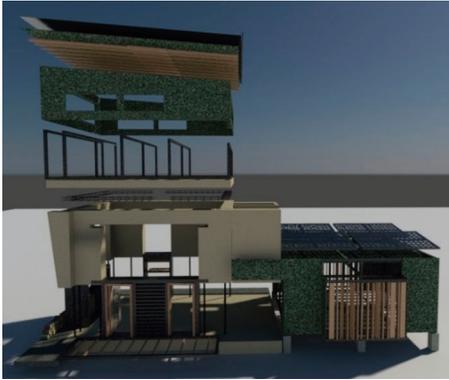


Figura 59j. Proceso de construcción de fachadas lateral izquierdo. Pendiente de la cubierta. Es la inclinación con la que se hacen los techos o vertientes para desalojar con facilidad las aguas; su magnitud depende del material que se utilice como cubierta. Las pendientes que más se utilizan en nuestro medio son las siguientes.

Figura 59k. Proceso de construcción de fachada lateral derecho. Pendiente que se realiza y se diseña la cubierta esta entre el 10 % y 15 % para cubierta de zinc.

Figura 59. Proceso de diseño 3D y estudio de la vivienda modular sostenible para superar el déficit de vivienda en las zonas rurales del municipio de Buriticá, Antioquia

Esta modelación permite tener una base sobre el diseño, los materiales, aspecto físico y demás elementos a tener en cuenta en el diseño arquitectónico propuesto. Estos diseños en 3D sirven como base para la construcción de la maqueta tipo prototipo. La maqueta arquitectónica será realizada en escala 1:25 física a escala reducida de la vivienda modular. La representación puede ser muy sencilla, de solo dos módulos, detallada para desarrollar el estudio de los materiales, forma de su construcción y del escenario del entorno de habitualidad. El uso varía desde un modelo rápido, para referencia, exploración o análisis. La maqueta arquitectónica, como la mayoría de las representaciones de escalas representativas a detalles y de estudio del modelo, se utilizan como una herramienta de comunicación y de proyección de su materialidad, formas y habita (Este componente, al igual que los diferentes elementos de sostenibilidad en el diseño harán parte del informe de trabajo de grado de la maestría y será publicado ya en su versión final.

8.4 Conclusiones

En el municipio de Buriticá, Antioquia, se necesita mejorar el número de viviendas dignas en la zona rural. De acuerdo a las estadísticas y estudios que se realizan cada cinco años (Plan de Desarrollo Municipal, Plataforma Vivanto, DANE, Sisbén municipal y organización de víctimas a nivel nacional y municipal) en el municipio, especialmente en la zona rural presenta un alto porcentaje de déficit de vivienda en los niveles cuantitativo y cualitativo. En estos estudios, se evidencia un número significativo de habitantes con necesidades de viviendas insatisfechas en el área rural, afectando directamente la calidad de vida de la comunidad, la productividad y quizás las condiciones de salud.

En el municipio de Buriticá, Antioquia, las viviendas existentes en la zona rural del municipio no cuenta con las condiciones mínimas de calidad de vida: piso, aguas potables y residuales, área, cocina, energía. Los programas de vivienda ofrecidos por los entes gubernamentales no han sido aptos e idóneos para esta población vulnerable. En el municipio, las viviendas construidas en la zona rural han sido construidas por sus propios dueños, sin especificaciones técnicas de construcción, ni aplicación de la normativa colombiana en la construcción como es el caso de la norma sismo resistente. Asimismo, en la mayoría de los casos, no se cuenta con servicios básicos como: agua, energía, alcantarillado, con construcciones en pequeñas áreas, lo que no las hace aptas para el número de habitantes de la vivienda, provocando hacinamiento.

Aunado a lo anterior, se pueden entrever fallas en la autogestión e implementación de políticas gubernamentales para la solución de esta problemática, buscando que los proyectos que se realicen contribuyan de manera importante para el desarrollo del municipio, en una de los componentes que tiene un gran impacto dentro de la población rural relacionado con la vivienda, no sólo en el número de ellas, sino en el tamaño para superar el hacinamiento.

Al realizar un modelo 3D de una vivienda modular sostenible, nos da una visión de 360° de la vivienda, para identificar todos los parámetros viables a tener en cuenta en el proceso de construcción y hacer un estudio de la programación del tiempo, sombra y radiación solar y proyección de sombras para el confort de la vivienda y nos permite corregir parámetros constructivos a tiempo real.

La maqueta, nos da un campo de visión del proceso terminado de detalle, más real para conocer su entorno el interior los espacios internos externos darnos una idea más clara nos da la facilidad de modificar su composición. Y hacer un estudio más profundo gracias a esta maqueta se puede apreciar de manera más real del proyecto.

Referencias

- Blaitt González, R. (2010). La estructura social de comunidad y su aporte en la búsqueda de sostenibilidad. el caso de las ecoaldeas. *Cuaderno de Investigación Urbanística*, (69), 14–32.
- Building SMART Spanish Chapter. (n.d.). Qué es BIM. Recuperado de <https://www.buildingsmart.es/bim/>
- Builes Morales, D. E., Céspedes Restrepo, J. D., León Calderón, M. C. y Jiménez García, W. G. (2013). Déficit cualitativo de la vivienda en Colombia, una reflexión desde el hábitat residencial urbano. estudio de caso: Municipios la dorada y Norcasia, Caldas, Colombia. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*.
- Caamaño Martín, E., Neila González, J., Jiménez Leube, F. J., Egidio Aguilera, M. Á., Uzquiano, M. J. J., Gómez Osuna, J. M., ... García Santos, A. (2004). Self-sufficient solar houses: participation of the Universidad Politécnica de Madrid in the design “Solar Decathlon.” *Informes de la Construcción*, 56(494), 35–46. <https://doi.org/10.3989/ic.2004.v56.i494.447>
- DANE. (2018). Censo nacional de población y vivienda 2018. Retrieved from <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). Resultados censo nacional de población y vivienda de 2018. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>

- Mariano, A. (2013). La versátil arquitectura modular. *Breathing Architecture*. Recuperado de <https://breathingarchitecture.wordpress.com/2013/04/07/la-versatil-arquitectura-modular/>
- Ministerio del Medio Ambiente Viviendo y Desarrollo Territorial. (1997). Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente. *Nsr-10, Título A*, 186.
- Ovacen. (2017). La forma de la arquitectura incentivada por el viento y sol. Recuperado de https://ovacen.com/forma-de-la-arquitectura-incentivada-por-la-eficiencia-energetica/#Ventilacion_natural_y_cargas_solares
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2019). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- Promateriales. (2018). Construcciones modulares una respuesta rápida, versátil y fiable. Recuperado de <http://www.modultec.es/uploads/files/1260889090-Publicacin-julio-2008-PROMATERIALES.pdf>
- Salas Serrano, J. (2002). Latinoamérica: hambre de vivienda. *Revista INVI*, 17(45), 58–69.

