



IDEA

Construcción y Madera

Volumen 2
Año: 2020
ISSN: 2590-4612



• Diseño y mobiliario • Innovación en topografía • Energía • Desarrollo Gráfico • Alternativa de reciclaje (aplicación a la construcción) • Evaluación formación por Competencias • Sociedad y Economía de la Construcción • Construcción Sostenible • Simulación Sísmica.



Centro de Tecnologías Para la Construcción y la Madera

Carlos Mario Estrada Molina
Director General SENA

Jaime Eduardo Valencia Escandón
Subdirector (E) Centro de Tecnologías para la
Construcción y la Madera

Leidy Jhoanna Sierra Bernal
Coordinadora Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación
SENNOVA

Myriam Buitrago González
Coordinadora Formación Profesional:
Coordinadora Misional del Centro

Luis Guillermo Páez Cardozo
Coordinación Desarrollo Gráfico de Proyectos
de Arquitectura e Ingeniería

Luis Orlando Cortes Vega
Coordinación Especialidad Construcción

Martha Lucia Cardozo Pavas
Coordinación Instalaciones en Construcción

Alba Lucia Olmos Trujillo
Coordinadora de Propiedad Horizontal

Edgar Parra
Coordinación Especialidad en Maderas

Jorge Mario Paternina Martínez
Líder SENNOVA CTCM

Oscar Fabian Martínez Guerrero
Líder de Investigación CTCM



Comité Científico

Oscar Fabian Martínez Guerrero
Juan Francisco Guzmán Zabala
Jorge Mario Paternina Martínez

Comité Editorial

Leonardo Enrique Esguerra Hoyos
Óscar Fernando Rosas Crespo
Andrés Felipe Sussmann Tobito

Equipo SENNOVA

Adriana Marcela Talero Vargas
Ana Zoraya Morales Aponte
Andrés Felipe Sussmann Tobito
Carlos Hernando Vivas León
Evelyn Avellaneda Quiroga
Fabian Cuevas Rubio
Hernando Buitrago Barreto
Johan Sebastian Garcia Coral
Jorge Enrique Leiva Pabón
Juan Francisco Guzmán Zabala
Julián Alonso Barragán Porras
Kelly Johanna Escudero Eguis
Leonardo Enrique Esguerra Hoyos
Lyz Faryde Rojas
Luis Enrique Yate Calvo
Nevarado Hernández Babativa
Oscar Fabian Martínez Guerrero
Óscar Fernando Rosas Crespo
Rosendo Zambrano Bustacara
Sandra Rubiela Feo Arias
William Montaña Contreras

Diseño y fotografía

Julián Barragán Porras

Corrección de estilo

Evelyn Avellaneda Quiroga
Adriana Marcela Talero Vargas

La revista IDEA Construcción y Madera es una publicación basada en los procesos y experiencias de investigación, innovación y desarrollo tecnológico realizado en los proyectos y procesos de investigación del Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera del SENA, región distrito capital, con el fin de fortalecer las actividades de divulgación y visibilizar la investigación realizada en el SENA.

Misión: Publicar artículos de investigación e innovación con altos estándares de calidad, para promover la divulgación de resultados y productos de las investigaciones, innovaciones y desarrollos tecnológicos al servicio de la comunidad formativa, académica y productiva del país.

Visión: ser instrumento permanente de divulgación científica, generando la indexación de la revista a través de la calidad de los autores y artículos.

Evaluación de artículos: La revista IDEA Construcción y Madera, se basa en la aplicación de la evaluación por método simple ciego, acorde a la pertinencia del par evaluador y su concepto y la debida aprobación del equipo editorial.

Se autoriza la reproducción de artículos para fines académicos y los contenidos de la revista SENNOVA con el cumplimiento de las normas de citación vigentes.

Contenido

Editorial	3
 Comprobación Técnica, Social y Ambiental de Sistemas de Construcción Sostenible	4
 Comparación de Tecnología CAD vs BIM para proyectos de construcción, arquitectura e ingeniería	14
 Análisis del Software Fotogramétrico Agisoft Metashape En la Solución a Problemas de Ingeniería e Infraestructura	26
 Reparar, Adaptar y Personalizar: Posibilidades de la Impresión 3D en la Cotidianidad.	34
 Análisis del software Quantum Gis y su implementación en el sector productivo	50
 Implementación de Sistemas de Aeronaves no Tripuladas (UAS) como estrategia en la gestión de Bosques Urbanos en Bogotá, Colombia	56
 Construcción de un modelo pedagógico para la identificación de maderas comerciales en territorios con Pos-Conflicto, el caso Colombiano	66
 Localización óptima de viveros ornamentales con Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la ciudad de Bogotá, Colombia	78

Editorial



Jaime Eduardo Valencia Escandón
Subdirector (e) Centro de Tecnologías
para la Construcción y la Madera

En Colombia una persona de escasos recursos que quiera acceder a la educación superior tiene distintas posibilidades, entre ellas el ingreso a las universidades públicas, los centros públicos tecnológicos de enseñanza, créditos, becas amplias y variadas, así como la posibilidad de alianzas patrocinadas por el sector privado. Sin embargo, la cobertura bruta para la población de menores ingresos es del 7%, mientras que la cobertura bruta para la población de mayores ingresos es del 72%. Valdría la pena hacerse la siguiente pregunta ¿Puede una institución de formación técnica y tecnológica de carácter público aportar estrategias para reducir la brecha social en torno a la educación superior, entendiendo la educación como una herramienta para mejorar la equidad de un país?

El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) fue creado mediante el Decreto Ley 118 del 21 de junio de 1957 y su función es definida en el Decreto 164 del 6 de agosto de 1957, entidad que brinda formación profesional integral técnica, tecnológica, especializaciones técnicas y tecnológicas, así como formación complementaria. La cual año tras año forma a miles de personas en Colombia; para el cuatrienio 2019 - 2022 la meta del SENA es formar 5,2 millones de aprendices acreditados y certificados en formación titulada.

Aun así, algunos críticos del sistema de educación en Colombia, ven la formación del SENA como esa opción última, de una persona que no logra pasar a una universidad pública, ganarse una beca u otro mecanismo para acceder a la universidad privada. Critican la formación profesional que brinda el SENA con

tanta vehemencia que incluso sugieren aires de cambio, supresión y privatización.

Sin embargo, para entender las múltiples posibilidades que le puede brindar el SENA, hay que estar inmerso en el ecosistema de formación para conocer la magnitud del impacto que puede generar y el aporte a la construcción del tejido social que brinda formarse en el SENA. Una vez la persona ingresa a la institución, a formación técnica o tecnológica, se le abren muchas posibilidades como el acceso a la educación gratuita, así como los apoyos económicos de sostenimiento para solventar algunos gastos durante el proceso de formación. Asimismo, poder participar en competencias de World Skills a nivel nacional e internacional, el acceso a fondos de capital semilla como Fondo Emprender y semilleros de investigación.

Toda la planeación y estructura organizacional del SENA gira en torno a los aprendices, es un gran mérito cuando aquellos estudiantes de escasos recursos, logran ingresar a las distintas universidades. Sin embargo, si se asume con responsabilidad la formación de educación superior (técnica y tecnológica) que brinda el SENA, puede generarse una gran oportunidad para obtener formación que les permita vincularse al sector productivo tanto a nivel nacional como internacional. De igual forma, se facilitan convenios y alianzas con otras instituciones para que el aprendiz pueda seguir caminando por los senderos del conocimiento y así, alcanzar los niveles más altos de la educación superior.

El SENA también cuenta con el Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación SENNOVA, este ecosistema de creación incentiva la investigación aplicada, el mejoramiento de las herramientas del sector productivo y procesos de innovación que permitan generar valor económico en el mercado. SENNOVA es un sistema incluyente, se invita a la creación conjunta, democratiza la investigación, permite acceder a equipos, ambientes, bases de conocimiento especializadas y laboratorios de última tecnología.

Como parte de esa misionalidad de SENNOVA presentamos esta nueva edición de la revista IDEA Construcción y Madera, como herramienta de divulgación y gestión del conocimiento. Este compendio de artículos refleja resultados de diferentes investigaciones que se vienen realizando en el Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera del SENA, en temas de construcción sostenible, geomática, prototipado de mobiliario modular, *building information modeling* (BIM), entre otros temas de interés que realizan un aporte a la economía naranja, la transformación digital, la revolución industrial 4.0 del sector de ingeniería, arquitectura, infraestructura y construcción.

Especiales agradecimientos a todos los que contribuyeron a la creación de esta nueva edición de la revista IDEA Construcción y Madera, invitamos a toda la comunidad SENA, al sector productivo, a la academia y la sociedad en general a conocer los valiosos esfuerzos que viene haciendo el SENA en proyectos de Investigación aplicada, Desarrollo tecnológico e Innovación (I+D+i) como aporte al desarrollo social y productivo del país. ●

Comprobación Técnica, Social y Ambiental de Sistemas de Construcción Sostenible

Óscar Fabián Martínez¹, Luis Enrique Yate Calvo², Adriana Marcela Talero Vargas³
ofmartinez@sena.edu.co¹, Lyatec@sena.edu.co², amtalero6@misena.edu.co³
Grupo de investigación SENNOVA CTCM SENA Bogotá
Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera, Bogotá, Cundinamarca
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA



Figura 1: Fotografía archivos SENNOVA CTCM.

Resumen

El presente es un artículo de investigación tecnológica de un proyecto en proceso, el cual informa sobre los usos y caracterización de las estructuras, materiales y construcciones sostenibles usados en el SENA Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera.

La investigación contempla la fabricación de un prototipo a escala real de una estructura en la que se evidencien las cualidades primordiales que una construcción muy básica y sencilla debe contemplar para que sea usada en una ciudad, esta construcción debe disponer de características tales como espacios que resulten agradables, amplios, cómodos y seguros. La investigación busca probar la creación de un sistema de construcción sostenible que se enfoque primordialmente en las personas que habitarán en la construcción.

Conforme la sociedad progresa este sistema constructivo debe ser un sistema adaptable y que acepte fácilmente las nuevas y mejores formas de construir, que dicte la dinámica del mercado.

El crecer de manera sostenible y vivir en comunión con la naturaleza implica dejar de ser indiferentes ante la actual problemática ambiental y proponer alternativas al elevado consumo de energía en la construcción. El impacto que generan los actuales sistemas constructivos no se ha diagnosticado debidamente; por ello es importante determinar las causales de este impacto y generar así mismo soluciones desde la investigación aplicada como la que se viene desarrollando en el ámbito de SENNOVA-CTCM, donde se busca que la comunidad académica del centro, integrada principalmente por aprendices de las carreras técnicas y tecnológicas de Construcciones Civiles, Diseño mobiliario, Desarrollo gráfico de proyectos de arquitectura e ingeniería, Procesos productivos de la madera y Estructuras de guadua se integren en la creación de conocimiento y generen la sinergia necesaria para emprender un cambio social, a través de la implementación de nuevas y mejores técnicas constructivas; haciendo a su vez un uso responsable de los materiales disponibles.

Es así como se ha de lograr desarrollar un sentido de conciencia ambiental en los aprendices, quienes a través de las prácticas y estrategias implementadas en este proyecto contribuirán a la disminución del impacto ambiental, al poder contemplar el uso de materiales ancestrales y sostenibles en sus proyectos constructivos, convirtiéndose en referentes de aplicación de técnicas y tecnologías de construcción sostenible.

Palabras clave— Guadua, sostenible, construcción, ciudad, espacio.

Abstract

This is an article of technological research of a project in process, the information on the uses and characterization of the structures, materials and sustainable constructions used in the SENA Center of Technologies for Construction and Wood. The research contemplates the manufacture of a real-scale prototype of a structure that shows the essential qualities that a very basic and simple construction must contemplate for the sea used in a city, this construction must have features such as spaces that are pleasant, spacious, comfortable and safe. The research seeks to test the creation of a sustainable construction system that focuses primarily on people living in construction. As society progresses, this construction system must be an adaptable system that easily accepts new and better ways of building, that dictates the dynamics of the market.

Growth in a sustainable way and living in communion with nature implies ceasing to be indifferent to the current environmental problems and proposing alternatives to high energy consumption in construction.

The impact of current construction systems has not been correctly diagnosed; For this reason, it is important to determine the causes of this impact and also generate solutions from applied research such as the one that comes from the SENNOVA-CTCM field, where the academic community of the center seeks, mainly made up of apprentices from technical and technological careers. of Civil Constructions, Furniture design, Graphic development of architectural and engineering projects, Wood production processes and Guadua structures are integrated in the creation of knowledge and generate the necessary synergy to undertake social change, through the implementation of new and better construction techniques; making in turn a responsible use of the available materials. This is how it is necessary to develop a sense of environmental awareness in the apprentices, who through the practices and strategies implemented in this project will contribute to reducing the environmental impact, by being able to contemplate the use of ancestral and sustainable materials in their projects. constructive, becoming references for the application of sustainable construction techniques and technologies.

Keywords— Guadua, sustainable, construction, city, space.

Introducción

La sociedad requiere de nuevas y mejores alternativas para construir espacios habitables cuyo proceso de edificación sea más amigable con el ambiente, y debido al paulatino aumento en la densidad de la población en las ciudades, estos espacios cobran una vital importancia en el día a día de los individuos y en el correcto desarrollo social de las personas.

Construir edificios requiere gestionar aquellos elementos que conforman una ciudad, ejemplos básicos son los parques, estaciones públicas y especialmente viviendas, por lo cual comprobar técnica, social y ambientalmente estructuras fabricadas con materiales sostenibles debe ser abordado como un aspecto de desarrollo social, en la presente investigación se pretende realizar un prototipo de estructura en guadua que permita evaluar aspectos técnicos constructivos, ambientales y sociales que determinen si este tipo de estructuras pueden ser usadas como soluciones de vivienda.

Una de las razones primordiales por la cual la construcción urbana sostenible debe ser un componente imprescindible en la evolución de una ciudad es el hecho de la existencia de la conexión interior entre las personas y la naturaleza; por tanto, generar espacios donde las personas pasaran una importante parte de su tiempo, que

conjuntamente permita un adecuado desarrollo personal y social, así como un desplazamiento libre, fluido, y con una adecuada comunicación visual mediante el uso de materiales sostenibles como la guadua y técnicas modernas es una necesidad que debe ser abordada desde lo académico y práctico.

Antecedentes

Si entendemos como prioritario el deber gubernamental de erradicar la pobreza y propender por el progreso económico, social y cultural del país, es menester aceptar que desde diferentes entes de gobierno se han venido estableciendo políticas y leyes para promover el desarrollo del área inmobiliaria para atender el tema del déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda que sufre el país, todo a través de programas que incentivan la construcción y compra de modelos habitacionales como la vivienda de interés social (VIS) y vivienda de Interés Prioritario (VIP), pero de acuerdo a los resultados del censo nacional de población y vivienda 2018, el 36,6% de los hogares del país presentó necesidades habitacionales y el 26,8% de los hogares habitan en viviendas con problemas cualitativos según. conminándonos a pensar que las políticas de vivienda o su implementación no son adecuadas a los recursos de los que dispone el país o las necesidades que tiene.

Tabla 1. Déficit Habitacional en Colombia, (CNPV-2018).

Déficit Habitacional CNPV 2018 - Resultados	Porcentaje		
	Cuantitativo	Cualitativo	Habitacional
Total*	9,8	26,8	36,6
Cabeceras	6,1	18,7	24,8
Centros poblados y rural disperso	23,7	57,2	81,0

Fuente: DANE, CNPV 2018

* Nota: los porcentajes están calculados sobre un total de **14.060.645** en el total nacional, excluyendo los hogares que habitan en viviendas indígenas y étnicas. En las cabeceras el total de hogares es de **11.118.577** y en centros poblados y rural disperso son **2.942.068** hogares.

Establecer la ruta crítica de la que se alimenta el déficit de vivienda a nivel nacional (Tabla 1), se percibe complejo debido al descontrolado crecimiento de las ciudades principales del país, fenómeno causado principalmente por el desplazamiento de la población rural hacia los grandes centros urbanos, esta población que se ha visto obligada a abandonar sus hogares en busca de las oportunidades perdidas, como consecuencia de la violencia de grupos armados ilegales y a la falta de inversión y gestión del campo por parte del gobierno central.

Una consecuencia visible de este fenómeno es la poca reacción de las entidades públicas para brindar oportunidades hacia la población desplazada, que se ve relegada a subsistir por medio de la economía informal, dentro de este contexto la construcción se erige como uno de los pilares sobre los que se sustenta el desarrollo económico de un país como Colombia, donde este sector genera alrededor 1.397.000 empleos (DANE, 2019), las principales actividades que se generan en este sector están relacionadas con mano de obra, actividad que genera el mayor volumen laboral de la construcción, es importante aclarar que anteriormente no existían requisitos previos para el personal operativo que desarrollaba actividades de edificación, por lo cual este gremio absorbía en gran medida a aquellas personas que en situaciones de desigualdad y sin preparación previa, buscaban generar ingresos para subsistir, máxime cuando este sector históricamente ha brindado oportunidades laborales a personas con baja escolaridad, principalmente en labores operativas, lo que propiciaba la informalidad, aspecto que ha venido mejorando en los últimos años, debido al fortalecimiento de lo relacionado con los temas de seguridad y salud en el trabajo por lo que es entendible que los grandes grupos económicos quieran convertirse en partícipes de las reformas que se establezcan para solucionar las necesidades de la población Colombiana, incluida la más vulnerable, pobre y desposeída del país.

En Colombia es fácil permear las instituciones públicas, lo que da pie a la participación e injerencia de diferentes gremios, esta participación, que puede no ser tan diáfana como se requiere, hace que las soluciones finalmente no lleguen a quienes más las necesitan.

Para cambiar esto no solo es necesario concretar nuevos criterios normativos en la legislación existente, o priorizar los incentivos para la vivienda rural y urbano- marginal, sino que se debe incentivar la creación de modelos habitacionales que contemplen el uso de materiales sostenibles y de adquisición local, que puedan responder

así de una manera efectiva a la real situación económica de los habitantes en condición de vulnerabilidad del país. Asimismo, se debe promover entre los diferentes actores del sector constructor el uso adecuado de productos y sistemas constructivos amigables con el medio ambiente, así como la actualización de conocimientos en la normatividad vigente.

Estudios como "El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente", (Suárez Tamayo & Molina Esquivel, 2014) y "Contaminación Industrial en Colombia" (ONeil, Maurer, & Polania, 1992) demuestran cómo el crecimiento industrial y económico que tanto preocupa a los gobiernos va en directa contraposición de los indicadores ambientales, crisis que se profundiza debido a que en las últimas décadas. el desplazamiento y migraciones de diferente índole han venido contribuyendo aceleradamente al diario crecimiento de las ciudades, principalmente en los países en vías de desarrollo; esta visión de corto plazo, liderada por los gobiernos de turno, no permite entrever una posibilidad de crecimiento continuo y sostenible, más allá de ahondar la profunda brecha social entre los migrantes y los residentes.

La industria de la construcción, como actividad vital para el desarrollo económico y social de nuestro país está enmarcada dentro de un modelo que hace uso de materiales no renovables como la arcilla, agregados pétreos, hierro, cobre, diversas clases de polímeros, entre otros, esta actividad aporta cerca del 60% de la contaminación en Colombia y genero más de 22 millones de residuos en 2011, según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

El Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera (Regional D.C.) a través de la política SENNOVA, ha enfocado esfuerzos desde el año 2014 para la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de construcción sostenible, que permitan satisfacer necesidades constructivas a través de sistemas y materiales que reduzcan significativamente el impacto ambiental y la explotación de los recursos naturales, que de alguna forma sean más eficientes energéticamente y que reduzcan ostensiblemente el uso de las materias primas no renovables.

Algunos de los experimentos y alternativas que se han desarrollado, como la construcción de estructuras livianas para laboratorios eco-sostenibles en Saldaña (Tolima), dentro del marco del proyecto "El campo una empresa sostenible", y el proyecto de fabricación de tableros laminados a partir de esterilla de guadua, han zanjado las bases para el inicio y gestión de la presente investigación,

la cual permitirá incorporar estos sistemas en condiciones reales de construcción, para comprobar y mejorar todo lo que se ha concluido en procesos anteriores. (fig. 1) a través del diseño y construcción de una edificación sostenible mediante la participación de aprendices, instructores e investigadores de la formación profesional, especialmente de los programas de Tecnólogo en desarrollo gráfico de proyectos de arquitectura e ingeniería, Técnico en construcciones livianas en seco, Tecnólogo en diseño mobiliario, Tecnólogo en procesos productivos de la madera y Tecnólogo en obras civiles.



Figura 1 Laboratorio Eco-sostenible (Fuente propia)

Para el correcto desarrollo de una construcción sostenible se requiere la comprobación de la favorabilidad ambiental, la aceptación social, la viabilidad económica, la cuantificación de la eficiencia energética y la eficiencia técnica de los sistemas constructivos; partiendo de estas premisas los sistemas constructivos sostenibles desarrollados por el Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera (Regional Distrito Capital.), se pondrán a prueba a través del diseño y construcción de una edificación real en la cual se implementen, validen y mejoren dichos sistemas y los materiales propuestos.

Es también necesario a través de este proyecto, hacer visible al mercado, la sociedad y la industria de la construcción, nuevas posibilidades de satisfacer las necesidades constructivas con sistemas alternativos, generando asimismo cambios culturales en el consumo de materiales contaminantes. (POVEDA BURGOS, 2017).

El proyecto de Comprobación Técnica, Social y Ambiental de Sistemas de Construcción Sostenible, no pretende ser una solución, sino brindar una opción para la reducción de

la contaminación ambiental a través de un sistema funcional, económico, sostenible, eficiente y escalable.

La eficiencia técnica de los sistemas de construcción sostenible desarrollados por el Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera en los procesos de investigación de años anteriores será puesta a prueba a través del diseño y construcción de una edificación sostenible mediante la participación de aprendices, instructores e investigadores de la formación profesional, buscando así mejorar el acceso a información de calidad sobre técnicas de construcción de bajo impacto a través de la plataforma de investigación SENNOVA, para luego mediante la participación activa de la comunidad de aprendices se extienda este conocimiento a sus respectivas localidades.

Se tendrá como fin último documentar nuestro trabajo y proporcionar documentos de acceso abierto a través del sitio web <https://sennovactcm.wixsite.com/sennovactcm>, y toda la red de conocimiento del SENA a nivel nacional, contribuyendo a aumentar las habilidades de los trabajadores de la construcción, migrantes, estudiantes, profesionales y demás personas interesadas en temas sobre técnicas de construcción sostenible y de bajo impacto a través de talleres, que propicien el desarrollo de estrategias para maximizar la participación de la comunidad, esta iniciativa busca también generar comunidades inclusivas, que por medio del montaje de una estructura arquitectónica, mejore el vínculo entre los sistemas de aprendizaje formales e informales.

Debido al carácter interdisciplinar del proyecto lo primero fue aclarar el significado de construcción sostenible: desde el punto de vista semántico "es una obra construida o edificación que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente". (RAE, 2019).

Desde un punto de vista práctico son "aquellas que, siendo respetuosas con el medio ambiente, aprovechan todos los recursos disponibles para reducir el consumo energético, por tanto, ayudan a ahorrar en las facturas domésticas, algo que siempre se agradece". (Vivienda Saludable, 2019)

Según el Ministerio de Vivienda de Colombia es "aquella que está en sincronía con el sitio, hace uso de energía, agua y materiales de un modo eficiente y provee confort y salud a sus usuarios. Todo esto es alcanzado gracias a un proceso de diseño consciente del clima y la ecología del entorno donde se construye la edificación". (Ministerio de Vivienda de Colombia, 2015).

Con este marco se definieron los aspectos principales para tener en cuenta en el diseño, los cuales se enmarcaron en las siguientes premisas:

- Tipos de materiales
- Ubicación
- Ventilación
- Uso de energías renovables
- Habitabilidad

Para el correcto desarrollo del proyecto se tiene en cuenta como factor primordial la capacidad de adaptación al entorno y su disposición final; para poder así recabar el mayor provecho de la iluminación natural y los recursos disponibles.

El sistema se diseñó para tener la capacidad de integrarse con la naturaleza, ser modular, escalable y fácilmente replicable, para ello se hizo necesario contemplar los estudios de impactos futuros en la zona en la que se va a implementar dicho proyecto, haciendo uso de los recursos disponibles sin que este aprovechamiento afecte las fuentes naturales y la sostenibilidad del entorno.

De la misma forma se le da jerarquía al uso de las TIC, conectando los electrodomésticos y otros elementos instalados en la construcción a dispositivos móviles por medio de sistemas domóticos, permitiendo de esta forma un mayor control y eficiencia de estos.

Se contempló el uso de fuentes de energía renovables como placas fotovoltaicas o sistemas de calefacción eficientes como el suelo radiante infrarrojo, pero debido al alto costo y baja eficiencia de las baterías actuales se aplazó su implementación, lo que si se estableció como aspecto básico es que el sistema permita una eficiente ventilación natural, que evite la estanqueidad del aire. La habitabilidad de la construcción se evaluará en cuanto al confort térmico, distribución y amplitud de espacios, así como el impacto generado en la calidad de vida de los usuarios.

Los resultados del proyecto pueden ayudar a contemplar la construcción con materiales sostenibles, como una alternativa de desarrollo social a mediano y largo plazo.

Sin embargo, el proyecto es solo el inicio de una investigación más amplia que busca responder a inquietudes como ¿Será posible construir espacios completamente autónomos y auto sustentables y con materiales altamente sostenibles a un precio asequible?

Este proyecto en conjunto con iniciativas similares, que paulatinamente se están implementando, pueden ayudar a una mayor concienciación sobre sostenibilidad.

Metodología

Se realiza una caracterización previa para determinar el alcance de la ciencia de estudio con relación a la construcción sostenible y bajo la modelación a escala real se generarán pruebas que caractericen esfuerzos básicos.

En conjunto con los semilleros de investigación del Tecnólogo en Diseño de Mobiliario y Tecnólogo en Desarrollo de Proyectos de Arquitectura se realizará el diseño Cad pertinente, teniendo en cuenta la metodología Ulrich (fig. 2) luego se analizará cuales diseños CAD cumplen con los requerimientos mínimos y son los que se ajustan a las propiedades de los materiales propuestos, conforme a lo que proponen (Ashby, Shercliff, & Cebon, 2013) en *"Materiales: Ingeniería, Ciencia, Procesamiento y Diseño."* (fig. 3), se fabricará una maqueta escala 1:15, para verificar las uniones y finalmente un prototipo escala 1:1 para realizar pruebas de esfuerzos gravitacionales y horizontales.

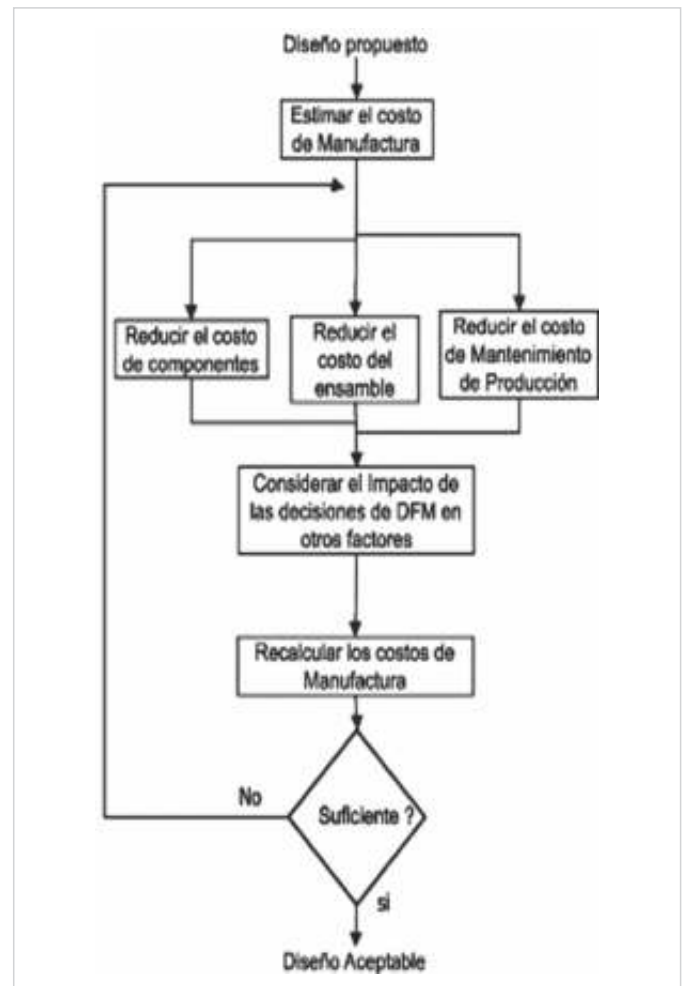


Figura 2, Metodología ulrich

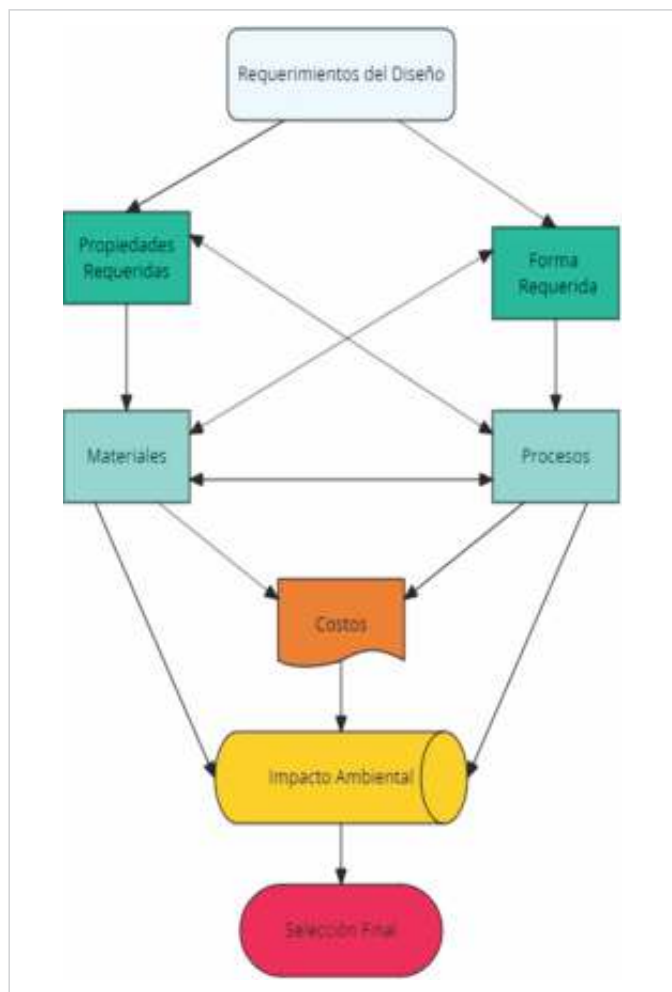


Figura 3, Fuente Ashby, Shercliff Cebon (2013).

Para este proyecto se usaron 25 guaduas de la especie *angustifolia kunth* cultivadas en la región del eje cafetero y comercializadas por la empresa Arme Ideas en Guadua, con una edad media de 5 años, a las cuales se les realizó el mapeado físico (Ver Tabla 2, fig. 4,5,6), la fórmula usada para el cálculo del área es la siguiente: $A = \pi/4 [D^2e - (De - 2t)^2]$; donde De es el diámetro exterior, y t el espesor medio de la guadua.

Tabla 2. Dimensiones de elementos en guadua.

Guadua	Longitud	Diámetro exterior	Espesor	Área Neta cm ²
G1	450.00	11.50	1.3	16257.7
G2	450.00	11.73	1.25	16582.9
G3	450.00	12.12	1.20	17134.2
G4	450.00	11.80	1.15	16681.9

G5	450.00	11.56	1.26	16342.6
G6	450.00	11.81	1.05	16696.0
G7	450.00	11.62	1.12	16427.4
G8	450.00	12.31	1.25	17402.9
G9	450.00	11.89	1.86	16809.1
G10	450.00	11.67	1.15	16498.1
G11	450.00	11.84	1.62	16738.4
G12	450.00	11.24	1.45	15890.2
G13	450.00	11.95	1.84	16893.9
G14	450.00	11.93	1.01	16865.6
G15	450.00	11.68	1.30	16512.2
G16	450.00	11.74	1.12	16597.0
G17	450.00	11.56	1.14	16342.6
G18	450.00	12.15	1.23	17176.7
G19	450.00	11.83	1.12	16724.3
G20	450.00	11.97	1.08	16922.2
G21	450.00	12.10	1.22	17106.0
G22	450.00	11.89	1.18	16809.1
G23	450.00	11.95	1.23	16893.9
G24	450.00	12.05	1.19	17035.3
G25	450.00	12.30	1.23	17388.7

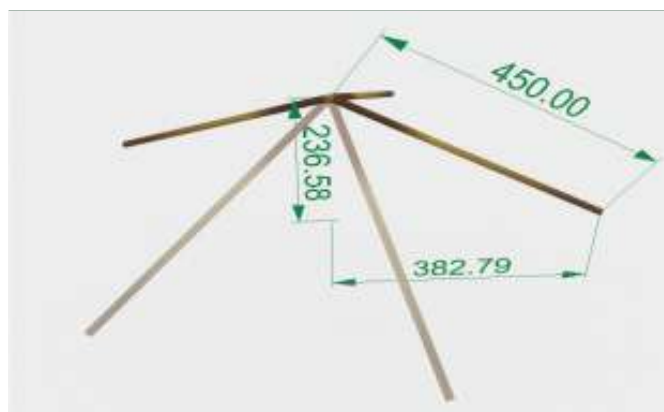


Figura 4: Fuente propia.

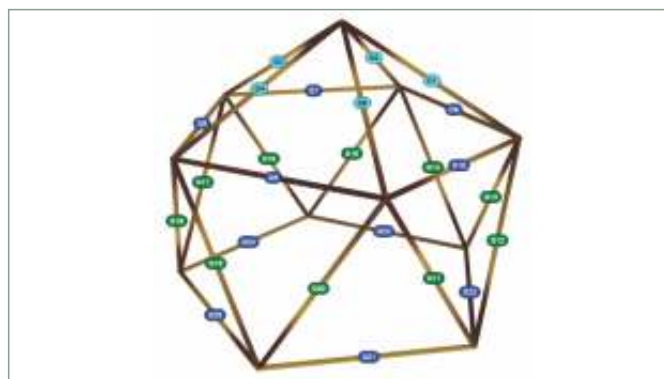


Figura 5: Fuente propia.

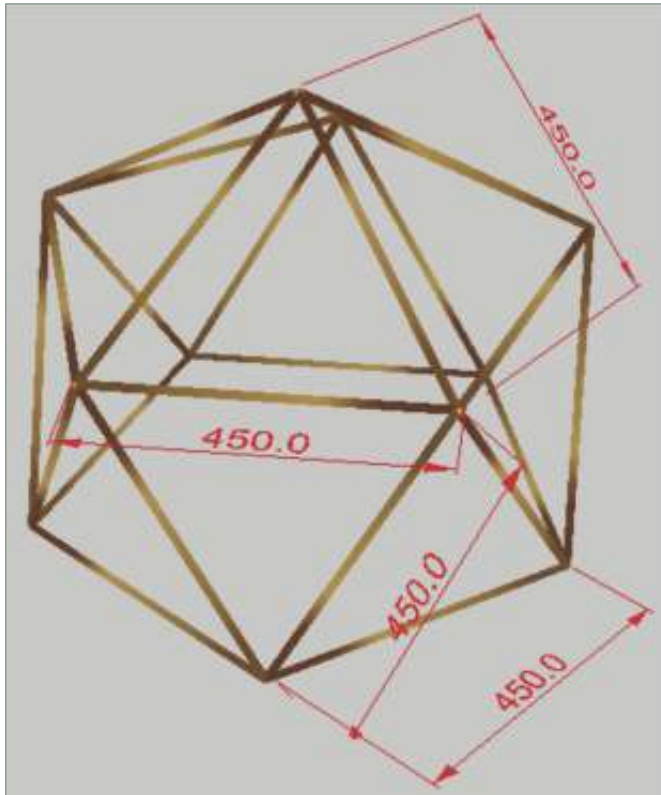


Figura 6: Fuente propia.

Acorde con la legislación vigente y estipulada en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente "Todas las uniones de la estructura se consideran articuladas y no habrá transmisión de momentos entre los diferentes elementos que conformen la unión" ("NSR-10, G.12.7.2", 2019), se realiza una prueba de esfuerzo gravitacional con un peso central de 1200 kg, equivalente a 11760 Kn (11.76 Mpa), que permitirá determinar la capacidad de carga de la estructura, así como su estabilidad, se determinan los esfuerzos máximos admisibles y los módulos de elasticidad con respecto a lo consignado en la norma de sismo resistencia, que son estimados para guaduas con contenido de humedad de 12%, en la tabla 3 se presentan los valores recomendados en la NSR-10

Tabla 3, Esfuerzos admisibles y módulo de elasticidad promedio para Guadua con humedad de 12% según la NSR-10.

Guadua	Longitud (cm)	Diámetro exterior(cm)	Espesor (cm)	Área Neta (cm²)
G1	450.00	11.50	1.3	16257.7

Tabla 4, Momentos Acumulativos del módulo comparativo

Momentos de primer orden	
x:	3.84153502e+09 (+/- 1)
y:	1.95811325e+09 (+/- 1)
z:	134120438 (+/- 0.1)
Momentos de segundo orden	
xx:	2.11986534e+13 (+/- 1e+04)
yy:	5.52229271e+12 (+/- 1e+03)
zz:	5.13411684e+10 (+/- 10)
Momentos de producto	
xy:	1.07953968e+13 (+/- 1e+04)
yz:	3.76902289e+11 (+/- 1e+02)
zx:	7.39427785e+11 (+/- 1e+02)
Momentos de Inercia del Área alrededor de los Ejes de Coordenadas Universales	
Ix:	5.57363388e+12 (+/- 1e+03)
Iy:	2.12499946e+13 (+/- 1e+04)
Iz:	2.67209461e+13 (+/- 1e+04)
Radios de Giro del Área alrededor de los Ejes de Coordenadas Universales	
Rx:	2828.24626 (+/- 1e-06)
Ry:	5522.39432 (+/- 1e-06)
Rz:	6192.61268 (+/- 1e-06)
Momentos de Inercia del Área alrededor de los Ejes de Coordenadas del Centro de Gravedad	
Ix:	4.51715019e+10 (+/- 10)
Iy:	4.51715019e+10 (+/- 10)
Iz:	3.9292308e+10 (+/- 10)
Momentos de área principales de inercia de alrededor de los ejes principales y de centroide	
I1:	1.9646e+10 Dirección (0.96629, 0.25744, 1.5078e-15)
I2:	1.9646e+10 Dirección (-0.25744, 0.96629, 5.0992e-15)
I3:	2.5525e+10 Dirección (-1.4428e-16, -5.315e-15, 1)
Radios de Giro del Área alrededor de los Ejes de Coordenadas del Centro de Gravedad	
Rx:	254.61282 (+/- 1e-07)
Ry:	254.61282 (+/- 1e-07)
Rz:	237.466183 (+/- 1e-07)

La normatividad contempla que se debe utilizar la guadua en sistemas estructurales donde solo se vea sometida a esfuerzos axiales (tensión o compresión); "ya que son inestables a esfuerzos laterales", estos sistemas estructurales deben ser del tipo tridimensionales de vector activo cuyas características principales son:

- Elementos lineales (sometidos a tensión o compresión).
- La transmisión de las fuerzas se realiza por descomposición vectorial.
- Uniones articuladas.
- La estabilidad se debe basar en una correcta triangulación.

Se realiza una verificación de los esfuerzos actuantes, (Tabla 4) para evaluar las fuerzas internas en los elementos calculadas a partir de la simulación en un sistema CAD, este esfuerzo fue calculado para una vara de guadua con diámetro externo aproximado de 12 cm y espesor de pared de 12 mm, por ser un producto fácilmente encontrado en el mercado y ampliamente usado en construcción.

Se utiliza el diseño de conexión barcom, desarrollado por el Dr. Ing. Andry Widyowijatnoko en su tesis de doctorado "Aplicación de juntas de compresión radial de bambú para Tensión y estructuras derribadas". (Widyowijatnoko & Fitranto Aditra, 2018) afirman que la adaptación de esta unión es apta en estructuras con esfuerzos axiales, como se realizó en el Edificio de las Tres Montañas en la isla Serangan, Bali, así como el domo de guadua que construyeron docentes y estudiantes de la Facultad de Arquitectura de la Universidad la Gran Colombia en la plazoleta de la Universidad, (fig. 7); cuyo trabajo consistió en armar las aristas del domo con varas de guadua, en conjunto con una unión que permite hacer un desplazamiento de las cargas a nivel de una compresión radial, este sistema hace parte de la tesis doctoral del arquitecto Widyowijatnoko, donde demuestra la fiabilidad del sistema de construcción con bambú o guadua.

Este diseño permite conectar el bambú con una pieza de acero, (fig. 8) la cual puede ser reutilizada muchas veces y llegando a soportar hasta 21.64 kN, probando así su eficiencia ante la fuerza a tensión axial a la que se verán sometidos los culmos; el sistema lo componen, además:

- Varillas roscadas de acero zincado, de 3/8 de pulgada.
- Tuercas y arandelas de acero zincado.
- Platina de 3 mm de espesor.
- Alma de madera para cada extremo del culmo de guadua.
- Zuncho metálico doble de 3/8 de pulgada para cada extremo del culmo de guadua.



Figura 7: (Universidad la Gran Colombia, 2016).



Figura 8: (Universidad la Gran Colombia, 2016).

Resultados esperados

- Comprobar la reducción de la huella ecológica de los materiales propuestos por el CTCM.
- Deducir la aceptación social del sistema constructivo y sus materiales ecológicos.
- Comprobar la viabilidad económica por metro cuadrado construido, versus los indicadores de construcción convencional.
- Demostrar la practicidad para el transporte y utilización de los materiales ecológicos propuestos por el CTCM.
- Se plantea que los aprendices e instructores de los programas Técnicos y Tecnológicos vinculados, puedan incorporar en sus competencias profesionales el conocimiento de nuevos sistemas de construcción sostenible como resultado de la experiencia de participación en un proyecto de implementación de técnicas ancestrales y nuevas tecnologías (ver fig. 9 y 10)



Figura 9 y 10: Prototipo 1:1, para ensayos de resistencia Fuente propia

Conclusiones

La comprobación de tecnologías de construcción sostenible nos ha permitido demostrar la utilidad de materiales alternativos que preserven el medio ambiente, y que benefician a la población de bajos recursos económicos, asimismo permitió demostrar que la guadua por ser de carácter ancestral, de fácil acceso y manipulación, puede dignificarse como elemento constructivo de gran valor, permitiendo que las poblaciones vulnerables la utilicen como recurso primordial para edificar sus viviendas. La implementación de técnicas y materiales modernos como los que se plantearon, ayudan a que la guadua se comporte como un elemento estructural y compositivo de una sociedad que vea en la sostenibilidad un pilar de progreso.

Estos sistemas constructivos brindan herramientas y técnicas apropiadas para la población vulnerable que construye o reforma sus viviendas con materiales y técnicas no adecuadas, permitiendo así la posibilidad de contar con estructuras viables y económicas. La implementación de este proyecto ha demostrado la preocupación y empeño del SENA en desarrollar tecnologías que preserven el medio ambiente, y que a futuro puedan ser incorporadas en las competencias técnicas de los programas de formación en las disciplinas de la construcción.

A partir de la apropiación de conocimientos y experiencias de estudiantes e instructores, se podrá dar testimonio y divulgar a la comunidad académica, el aprendizaje logrado mediante escritos científicos y conferencias.

La investigación respondió al objetivo propuesto de construir una estructura ambientalmente sostenible, sobre la cual realizar pruebas estructurales y de costos, lo que arrojó resultados interesantes como:

- El uso de guadua es altamente sostenible para construcciones de vivienda no rural.
- El aprendizaje experiencial de las prácticas personales de los aprendices y semilleros vinculados al proyecto, permitieron reflejar y evidenciar las competencias requeridas dentro de un entorno laboral, estas competencias se enmarcaron dentro del saber actuar (conocimiento teórico, ejecución de procedimiento, conocimiento experiencial), habilidades de desempeño (motivación y habilidades sociales) y capacidad para trabajar en equipo con diversos materiales y contextos (medio ambiente, gestión de recursos).
- El desarrollo del proyecto permitió que diferentes técnicas de trabajo pudieran entrecruzarse.
- El uso de diversidad de elementos de carácter tradicional y contemporáneo, logró mostrar un uso responsable y adecuado de técnicas y materiales de construcción más allá de lo convencional.

Agradecimientos

El presente proyecto no hubiera sido posible sin el apoyo del SENA CTCM y SENNOVA CTCM, igualmente se destaca la importante y continua colaboración del Arq. Fabian Martínez y el Ing. Jorge Mario Paternina, quienes aportaron su experiencia y orientación en la ejecución del proyecto, los aportes técnicos y personales de Marcela Talero (Diseñadora de Mobiliario), Evelyn Avellaneda (Técnica), Julián Barragán (Fotografía) y Juan Carlos Palacio (Semillero) permitieron llevar a feliz término la presente investigación, a mi familia, esposa e hijos quienes me dieron su apoyo constante e ilimitado.

Bibliografía

- Ashby, M. F., Shercliff, H., & Cebon, D. (2013). *Materiales: Ingeniería, Ciencia, Procesamiento y Diseño* (Tercera ed.). Oxford, Reino Unido: Butterworth-Heinemann. Recuperado el 16 de Septiembre de 2019.
- DANE. (8 de octubre de 2019). *Boletín técnico Indicadores económicos alrededor de la construcción (IEAC) I trimestre de 2019*. Obtenido de www.dane.gov.co: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/Bol_ieac_ltrim19.pdf.
- Ministerio de Vivienda de Colombia. (2015). www.minvivienda.gov.co. Recuperado el 21 de Agosto de 2019, de <http://www.minvivienda.gov.co/cambioclima-tico/mitigacion/construccion-sostenible>.
- O'Neil, W., Maurer, M., & Polania, D. (Diciembre de 1992). Contaminación Industrial en Colombia. *Coyuntura Económica*, XXII(4), 151-175. Recuperado el 4 de octubre de 2019, de <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/2319>.
- Poveda burgos, G. F. (2017). www.docplayer.es. Recuperado el 28 de Agosto de 2019, de <https://docplayer.es/41189945-Construccion-de-viviendas-con-cana-guadua-en-el-ecuador-una-realidad-amigable-y-sustentable.html>.
- RAE. (14 de septiembre de 2019). <https://www.rae.es/>. Obtenido de <https://dle.rae.es/?id=AS1j177>.
- Suárez Tamayo, S. &. (2014). El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 357-363. Recuperado el 10 de julio de 2020, de https://scielo.org/es/http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300008&lng=es&tlng=es.
- Vivienda Saludable. (2019). <https://www.viviendasaludable.es/>. Recuperado el 20 de septiembre de 2019.
- Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente- Título G estructuras de madera y estructuras de Guadua. (1997). [Ebook] (pp. G103-G110). Bogotá. Retrieved from <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/7titulo-g-nsr-100.pdf>.
- Widyowijatnoko, A. & Aditra, Rakhmat. (2018). Application of bamboo radial compression joint for tension and knock-down structures. *Indonesian Journal of Science and Technology*. 3. 40-46. 10.17509/ijost.v3i1.10807.

Comparación de implementación CAD vs BIM para proyectos de construcción, arquitectura e ingeniería.

Jorge M. Paternina M¹, Sebastián García², Jacobo León³, Jonathan Monroy⁴, Giovanni Mendoza⁵, Ana María Hincapié C⁶.
jmpaternina@sena.edu.co¹, sebastiangarcia1216@gmail.com², leonjacobol1@gmail.com³, jonathan_perdomo456@hotmail.com⁴,
jose4494320@gmail.com⁵, anahincapie13@gmail.com⁶.

Grupo de investigación SENNOVA CTCM SENA Bogotá, Semillero de Investigación
Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera, Bogotá, Cundinamarca
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA



Figura 1: Imagen archivos SENNOVA CTCM.

Resumen

El presente artículo tuvo como objetivo realizar una comparación entre dos alternativas para la conceptualización de proyectos de ingeniería, arquitectura y construcción; un primer análisis usando Building Information Modeling (BIM), llevando a cabo el modelado de un proyecto multifamiliar de 5 pisos denominado Suite 30, estableciendo una metodología general utilizando herramientas como software de Autodesk Revit, Navisworks y herramientas de trabajo colaborativo que permiten obtener el cronograma y presupuesto de obra. Dicha edificación se modeló en Revit, donde se compararon las cantidades de materiales, colisiones y el presupuesto para este caso; además del tiempo empleado para su diseño en las 5 etapas donde se desarrolló (investigación, diseño, cálculo de cantidades, tiempo y presupuesto), frente al análisis de revisión bibliográfica de proyectos que han empleado el método tradicional de Diseño Asistido por Computadora (CAD) a través del software AutoCad. Como resultado de la modelación en BIM, se valora aproximadamente el proyecto en tres mil millones de pesos (COP), obteniendo un total de 296 colisiones, estimándose un ahorro del 1% de colisiones (\$31.222.679) sobre el costo total, para un tiempo de modelado de 5 m2/h, concluyendo que la tecnología BIM es más sencilla y eficaz de gestionar, agilizando todos los procesos de diseño.

Palabras clave - BIM, CAD, Construcción, arquitectura, gerencia de obra.

Abstract

This article aimed compare two alternatives for the conceptualization of engineering, architectural and construction projects, the first analysis was carried out using Building Information Modeling (BIM), modeling a 5-story multifamily project called Suite 30, establishing a general methodology using tools as Autodesk Revit software, Navisworks and collaborative work tools that allow obtaining the work schedule and budget, this building was modeled in Revit, where the quantities of materials, collisions and the budget for this case were compared; in addition to the time used for its design in the 5 stages where it was developed (research, design, calculation of quantities, time and budget), compared to the review of the bibliographic review of projects that have used the traditional method of Computer Aided Design (CAD) through AutoCad software. As a result of BIM modeling, the project is valued at approximately three billion pesos (COP), obtaining a total of 296 collisions, estimating a saving of 1% of collisions (\$ 31.222.679) on the total cost, for a modeling time of 5 m2/h, concluding that BIM technology is easier and more efficient to manage, streamlining all design processes.

Keywords - BIM, CAD, building, architecture, construction management.



Comparación de implementación CAD vs BIM para proyectos de construcción, arquitectura e ingeniería.

Introducción

Bulding Information Modeling (BIM) es un proceso usado en la industria de la construcción que permite a todos los involucrados trabajar sobre un único modelo digital del proyecto de forma colaborativa y concurrente. Permite gestionar la información necesaria para diseñar, construir y operar el proyecto en todo su ciclo de vida. (IAC, 2018).

BIM, afirma Borja (2015), centraliza toda la información de un proyecto (3D o geométrica, 4D o tiempos, 5D o costes, 6D o ambiental, y 7D o mantenimiento) en un modelo digital desarrollado por todos sus agentes, permitiendo ahorros de tiempo y costos en un proyecto constructivo.

Así, entre las herramientas que permiten desarrollar este modelo digital, se destaca Autodesk Revit. Autodesk plantea tres variantes del programa, Revit Architecture, Revit Structure y Revit MEP, con los que trata de asistir a desarrollar trabajos tanto para un arquitecto, modelador o ingeniero; permite desarrollar el proyecto en un equipo multidisciplinar.

Revit es un programa de diseño, con el cual se puede obtener de un modo ágil y en un entorno coordinado la documentación del proyecto: planimetría, detalles constructivos, medición a través de un software complementario, diseño de la estructura, trazado de las distintas instalaciones, e incluso imágenes finales y renders de gran calidad.

En la industria de la construcción han apostado por Bulding Information Modeling (BIM) y se han logrado realizar proyectos de gran magnitud en países de primer mundo como lo es China, en donde el primer proyecto realizado con BIM fue la torre Shanghái, con 128 pisos y 632 metros de altura. Este es el edificio más alto en el país asiático (es el segundo edificio más alto en el mundo) y representa la joya del centro financiero. La firma de arquitectura estadounidense Gensler dirigió el grupo de diseño y trabajó en entorno BIM desde el principio. (Biblus, 2019).

La situación según ASIDEK (2016) del BIM en el mundo ha ido evolucionando exponencialmente, con un crecimiento de la participación económica de países como EUA, Canadá, Reino Unido, Alemania o Francia, que ya apuestan



Figura 1: Crecimiento de BIM en el mundo.
Fuente: Adaptado de (ASIDEK, s. f.).

por integrar BIM en su estrategia dentro del sector de arquitectura, ingeniería, construcción y operación (AECO). Se estima que para 2020, el mercado BIM crecerá hasta un 12% en Norte América, 13% en Europa y Asia, y 11% en el resto del mundo.

De acuerdo al estudio del Dublin Institute of Technology elaborado por McAuley et al. (2017), más del 50% de los veintisiete países de todo el mundo revisados en el informe tenían un requisito regulatorio para BIM o planeaban implementar uno en un futuro cercano, y más del 60% de los países revisados habían producido una guía o manual BIM para ayudar en la promoción de BIM localmente.

En Norteamérica, aumentó drásticamente el uso de BIM del 28% al 71% entre 2007 y 2012. En Australia y Nueva Zelanda, el 74% de las empresas encuestadas preveían el uso de BIM en más del 30% de sus proyectos en 2016. En cuanto a China, pronosticaba un aumento del 200% de arquitectos en un nivel de implementación BIM mayor en los dos años siguientes. (Araújo-Rey & Sebastián, 2019).

En Colombia en el 2018 se lanzó el BIM Fórum Colombia: una apuesta por la digitalización y la productividad del sector de la construcción, una estrategia para articular diversos actores de la cadena de valor de la construcción en torno a la digitalización del sector, y promover la adopción tecnológica y el desarrollo productivo del sector. Como un pilar para la transformación digital de la industria de la construcción. (CAMACOL, 2018).

El reto de incorporar BIM a un país tradicionalista en donde existe ese temor de las medianas y pequeñas empresas de trabajar con una herramienta distinta a CAD

que ha funcionado, pero hay desconocimiento sobre la implementación de BIM y sus programas asociados.

En Colombia los pioneros en implementación BIM de gran magnitud han sido empresas como Amarilo, Construcciones Colpatria, Constructora Bolívar y otras (Ramírez, S., 2019) así como la ambición de la alcaldía de Bogotá plantea Pantoja (2019) que el metro se ejecutará incorporando BIM en todo el proceso de diseño y constructivo. Esto demuestra que Colombia entró en la fase de incorporar estas nuevas tecnologías a los proyectos futuros, así como en Chile postula Ramírez (2019) tuvo la potestad de tener un mandato de incorporación gradual (I. 2020 / II. 2025) actualmente se está implementando esta metodología y se espera que en los próximos 5 años sea obligatorio en Colombia para que ayude a la productividad del sector e incluso en la reducción del impacto ambiental.

El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) ha venido realizando esfuerzos por traer profesionales internacionales conocedores de BIM, como lo fue en el 2018 la conferencia magistral por el Arquitecto español experto en BIM, José Luis Rodríguez Antúnez quien fue el encargado de realizar transferencia de conocimiento a 300 aprendices e instructores en el complejo de Cazucá del SENA. De igual manera el SENA hace parte de BIM Forum que viene siendo lidera por CAMACOL, es de destacar que se tiene planeado para los años 2020 y 2021 un ambicioso despliegue de nueve (9) aulas BIM en los diferentes centros de formación del SENA en todo el territorio de Colombia con equipos tecnológicos y software especializado de última tecnología, que permitiría capacitar a un importante número de aprendices para darle un fuerte impulso a la industria de la construcción en nuestro país.

En el año 2019 se realizaron diferentes seminarios con el representante Armando Riquelme de la empresa CYPE simulando en un entorno colaborativo BIM para un proyecto constructivo la integración del diseño arquitectónico, de redes hidrosanitarias, gas y redes contra incendio con el apoyo de instituciones como la Universidad de los Andes, Universidad Piloto, UniAgraria, la Universidad Distrital, y la participación decidida del SENA – Centro de Tecnologías de la Construcción y la Madera.

En el Grupo de Investigación CTCM SENA Bogotá y sus semilleros asociados se han elaborado proyectos como el Estudio Metodológico BIM para el Desarrollo de Proyectos Urbanísticos (Esguerra, et al., 2018), así como también el proyecto de Eficiencia Energética Eco Sostenible en el Diseño Arquitectónico a través de BIM (Paternina et al., 2018).

El proyecto objeto de este estudio se elaboró bajo unos conocimientos de ingeniería y arquitectura coordinados con programas como Navisworks y Revit, se modeló el proyecto multifamiliar Suite 30 de 5 pisos de altura aplicando todas las disciplinas estandarizadas y según la norma.

La metodología está establecida bajo unos parámetros de diseño por disciplinas donde se ejecutó el proyecto, en ese orden podemos exponer los resultados y conclusiones.

Metodología

Localización del Proyecto

Para la selección del sitio se tuvieron en cuenta tres criterios de selección: 1. Un lote de mínimo 100m², 2. Situado en zona comercial, 3. Zona residencial.

Reconocimiento

Se realizará medición para la representación de aceras, vías, adoquines, rampas, caja de inspección y se identificarán las diferentes zonas aledañas y vecinos colindantes.

Planimetría Arquitectura

Con base en el replanteo se ejecutará un bosquejo para determinar y delimitar la zona del proyecto; teniendo en cuenta estos aspectos, se iniciará el modelado BIM con la herramienta Revit de Autodesk, cabe destacar que se diseñarán 5 propuestas con el fin de elegir una, que incorporará 12 ámbitos de ocupación, dentro de los cuales se destacan: apartaestudios, apartamentos, gimnasio, administración, oficinas, baños, recepción, ascensor, local comercial, parqueadero de autos, parqueadero de motos y parqueadero de bicicletas.

Estructura Metálica.

Se usará estructura metálica para aminorar los tiempos de obra, así como para reducir significativamente el peso final de la edificación en comparación con el uso de materiales

Comparación de implementación CAD vs BIM para proyectos de construcción, arquitectura e ingeniería.

tradicionales comúnmente utilizados, para este caso se manejarán perfiles tipo HEA para columnas, tipo IPE para vigas y tipo rectangulares para viguetas, dicho esto, se modelará la estructura y las áreas determinadas en la planimetría dando lugar a los ejes, donde estarán ubicadas las columnas, vigas, viguetas y escaleras.

Replanteo arquitectónico

Se ajustará el modelo arquitectónico a la estructura metálica, dando lugar a correcciones requeridas, para que esta quede acoplada al modelo.

Diseño de fachada

Se exploran cinco (5) tipos de fachadas arquitectónicas, con el fin de evaluar y seleccionar la mejor, bajo criterios de funcionalidad y estética.

Instalaciones.

En este apartado se definirán las instalaciones técnicas que se incorporarán en los diseños, en desarrollo del proyecto multifamiliar y que se describen a continuación:

Red de gas.

Se tendrá en cuenta la normativa Colombiana (NTC-3728, gasoducto, líneas de transporte y redes de distribución de gas) para realizar el diseño de las redes de gas, teniendo en cuenta los estándares de la norma.

Redes hidrosanitarias.

Se tendrá en cuenta la normativa Colombiana (NTC-1500 código colombiano de fontanería) para realizar el diseño de las redes hidrosanitarias, teniendo en cuenta los estándares de la norma.

Redes eléctricas.

Se tendrá en cuenta la normativa Colombiana (NTC-2050 código eléctrico colombiano) para realizar el diseño de las redes eléctricas, teniendo en cuenta los estándares de la norma.

Red contra incendio.

Se tendrá en cuenta la normativa Colombiana (NSR-10 Título J-Requisitos de protección contra incendios en edificaciones y NFPA) para realizar el diseño de las redes contra incendio, teniendo en cuenta los estándares de la norma.

Pruebas de integración de diseño

En esta etapa, se implementará la herramienta Navisworks

(Software de revisión de modelos 3D para arquitectura, ingeniería y construcción.) el cual permitirá identificar las diferentes colisiones entre disciplinas.

Corrección de disciplinas

Dentro de este marco, se encontrarán interferencias de todo tipo entre las disciplinas, de acuerdo a lo expuesto, se dará comienzo a resolver dichas interferencias, se utilizará Navisworks y en conjunto con Revit, para realizar un trabajo eficiente con cero (0) colisiones.

Presupuesto de obra

El presupuesto en construcción es una herramienta que tiene por objeto determinar anticipadamente el costo de la ejecución material de un proyecto, por ende, se hará una valorización de obra con análisis de precios unitarios tomando precios reales del sector constructivo.

Programación de obra

Para la programación de obra se utilizará la herramienta de diagrama de Gantt, que permite enlazar las actividades definidas para el proceso constructivo con el modelo BIM, dando la posibilidad de generar simulaciones de cómo se ejecutaría el proyecto en una materialización real.

Resultados y discusión

Como resultados se identificó un lote de 350 m², localizado en la Autopista Sur con calle 17ª Bis Sur en la ciudad de Bogotá (Colombia) al lado de la estación de Transmilenio SENA.

Se realizó un reconocimiento del lote, elaborando un levantamiento dimensional a las aceras, vías, adoquines, rampas, cajas de inspección, identificando zonas aledañas.

Planimetría Arquitectónica

Se conceptualizó una edificación moderna de vivienda multifamiliar, que se adaptará a los nuevos hábitos de una ciudad cosmopolita, el cual contiene cinco (5) aparta estudios tipo y cuatro (4) apartamentos con acceso a balcones, áreas sociales en cada piso ubicados en la curva de la estructura de forma que acoge la luz natural creando un ambiente pacífico y despejado por sus grandes ventanales con acceso a balcón que sigue la curva de la edificación. El multifamiliar Suite 30 también cuenta con gimnasio, ascensor y dos puntos de escaleras para un fácil

acceso al salón comunal en el último piso con vista panorámica gracias a sus muros cortina, compartiendo el espacio en una zona social no cubierta para dar lugar al BBQ con zonas de permanencia y circulación. (figura 4).



Figura 2: Vista General Isométrica.
Nota: Representación del modelo en 3D vista general isométrica.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3: Diseño interior. Vista Isométrica Apartamento tipo.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 4: Diseño de zonas sociales.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.
Distribución de áreas multifamiliar Suite 30

Distribución áreas Suite 30		
	Cantidad	Unidad
Área del lote	331,6	m2
Área privada	1.189,9	m2
Áreas comunes	602,4	m2
Área total construida	1.792,3	m2

Tabla 2.
Distribución de espacios multifamiliar Suite 30.

Distribución espacios Suite 30		
	Cantidad	Unidad
Aparta estudios	19	Un
Apartamentos	6	Un
Locales	1	Un
Parqueadero Autos	6	Un
Parqueadero de motos	10	Un
Parqueadero de bicicletas	20	Un
Gimnasio	1	Un
Zona BBQ	1	Un

Comparación de implementación CAD vs BIM para proyectos de construcción, arquitectura e ingeniería.

Una de las grandes cualidades de Revit ratifica (Borja, 2015) en comparación a AutoCAD, es que deja generar simples líneas para realizar un modelo tridimensional y constructivo.

Estructura Metálica.

Posteriormente se asignó la estructura metálica que aumenta entre un 20% a un 25% el costo con respecto a la estructura en concreto, pero reduce significativamente el tiempo en la ejecución de la obra y los volúmenes en los espacios por ser más ligera a materiales comunes, utilizando perfiles tipo HEA (perfil de alas anchas y caras paralelas) para columnas, tipo IPE (Se denomina perfil IPE por su forma en I.) para vigas y tipo rectangulares para viguetas. Esto representa el 12,27% de incidencia sobre el costo total, debido a esta consideración se realizó una conceptualización arquitectónica teniendo en cuenta la importancia de la estructura metálica.

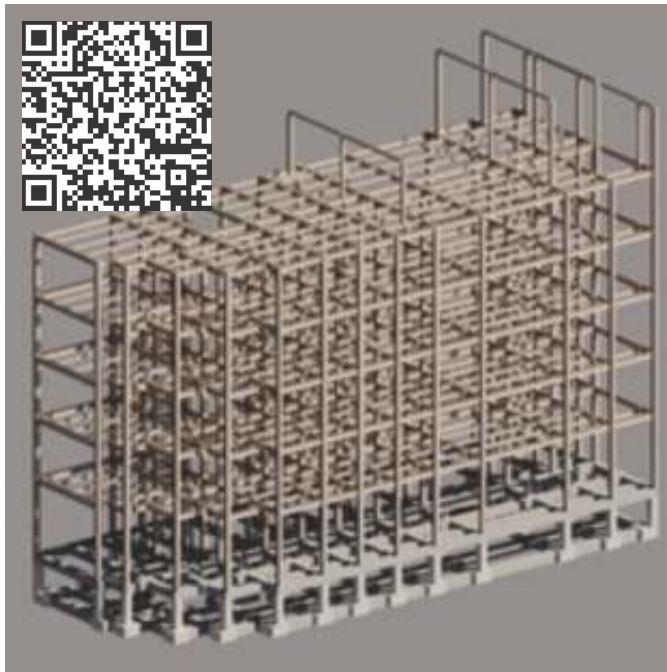


Figura 5: Estructura de la edificación.
Fuente: Elaboración propia.

Instalaciones

Las instalaciones del multifamiliar Suite 30 se realizaron bajo las normativas colombianas según su disciplina representando una incidencia, en las instalaciones hidráulicas del 3,21%, instalaciones de gas del 18,61%, instalaciones eléctricas del 4,09%, red contra incendios de 1,51% sobre el costo total del multifamiliar.



Figura 6: Vista panorámica de todas las redes de tubería del edificio.
Fuente: Elaboración propia.

licas del 3,21%, instalaciones de gas del 18,61%, instalaciones eléctricas del 4,09%, red contra incendios de 1,51% sobre el costo total del multifamiliar.

Pruebas de Integración de Diseño.

Se realizaron pruebas de colisiones entre disciplinas mediante el uso de Navisworks, esto permitió identificar el número de colisiones que cuantificaron en 296, representado esto un 1% equivalente a \$31.222.679 respecto al costo total del multifamiliar con un valor de \$3.111.096.769, esto de acuerdo al presupuesto de obra desarrollado, basado en análisis de precios unitarios. Esto de forma más técnica indica la cantidad de colisiones dentro del proyecto; por lo tanto, permite la coordinación digital del diseño con la ejecución de obra, de tal forma que nos da una vista previa para poder gestionar de manera eficaz y anticipada su construcción, evitando alteraciones de tiempo y sobrecostos.

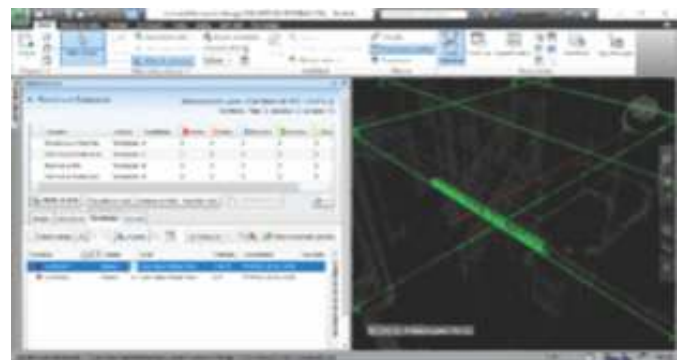


Figura 7: Prueba de integración de Diseño.
Notas: Pruebas de colisiones desde Navisworks, vista grafica representación de colisión de tubería con estructura.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 8: Costo de colisiones.
Fuente: Elaboración propia.

Dentro del proyecto se considera el costo de colisiones separándolas en dos tipos de categorías: colisiones simples y colisiones críticas, siendo esta última realmente significativa debido a que poseían colisiones con la estructura.

Este hallazgo es importante dado que solo teniendo en cuenta un ahorro en optimización de diseños evitando colisiones en diseños del uno (1%) del total del costo del proyecto, permitiría adquirir la infraestructura tecnológica que se requiere como computadores, software y capacitación básica para el montaje de la tecnología BIM en un proyecto de esta magnitud. Permitiendo tener una relación Beneficio/Costo (B/C) viable para el proyecto, generando una capacidad instalada en la empresa constructora para los próximos proyectos.

Además de esto, otro resultado representado en el proyecto fue examinar la diferencia entre implementaciones BIM y CAD. Para lo cual se realizó una investigación bibliográfica de los proyectos que han utilizado BIM y CAD respecto al tiempo de modelado ver tabla 3.

Tabla 3.
Tiempos de ejecución metodología tradicional vs metodología BIM
Fuente: (J. L. Ramírez, 2018)

Metodología	Valor por hora	Rendimiento estimado por hora	Rendimiento estimado por día
Tradicional 2D	\$ 12.750.000	2,07 M ² /H	16,58 M ² /Día
BIM 3D	\$ 16.575.000	2,76 M ² /H	22,1 M ² /Día

Se valoró que para el proyecto multifamiliar Suite 30 de 1.792 m² de área a construir, existe una eficiencia de trabajo aproximada de 5 m²/h para su modelado BIM, en comparación con lo estimado por (J. L. Ramírez, 2018) que halló un valor de 2,76 m²/h para trabajo de modelado BIM, estas diferencias obedecen principalmente a la curva de aprendizaje y experticia del equipo encargado de modelar en BIM el proyecto constructivo. Sin embargo, para empresas que vayan a iniciar implementaciones de BIM en proyectos constructivos para presupuestar el costo de modelado BIM puede utilizar como referencia un rendimiento de modelado BIM de 5 m²/h.

En el multifamiliar Suite 30 se trabajó en un modelo único de información, por lo que la coordinación de cambios es total y las herramientas BIM ofrecen algunas facilidades a la hora de trabajar. Por ejemplo, si una vista de planta es modificada, automáticamente se actualiza en alzado. Esto permite minimizar errores de proyecto y ejecución, así como, ahorrar tiempo y costos.

Otro de los hallazgos y recomendaciones es el siguiente: para que el modelo BIM sea aprovechado en la etapa de ejecución y no quede en una simple maqueta virtual 3D del proyecto, conviene ser muy organizado en cada una de las etapas del modelado 3D e integración del cronograma (4D) y el costo (5D). Esta organización va a permitir un modelo dinámico que permita monitorear los flujos de trabajo en la etapa de ejecución.

Estas ventajas pueden ser aprovechadas por empresas del sector construcción para aumentar la productividad, los beneficios y rentabilidad en sus empresas.

Comparación de implementación CAD vs BIM para proyectos de construcción, arquitectura e ingeniería.



El número de colisiones entre diseños analizadas fueron 296, representado esto el 1% equivalente a \$31.222.679 respecto al costo total del multifamiliar con un valor estimado de \$3.111.096.769, esto de acuerdo al presupuesto de obra desarrollado basados en análisis de precios unitarios actualizados.



PANORAMICOS QR



Distribución espacio Suite 30		
	Cantidad	Unidad
Apartmentos	18	Ud
Apartmentos	8	Ud
Locales	1	Ud
Parqueadero Público	1	Ud
Parqueadero de acceso	10	Ud
Parqueadero de bicicletas	20	Ud
Garaje	1	Ud
Area BBQ	1	Ud

Distribución área Suite 30		
	Cantidad	Unidad
Area del lote	201.8	m²
Area privada	1.188.9	m²
Area Comunes	852.4	m²
Area total construida	1.762.3	m²

SENNOVA

Para mas información del proyecto escanea el QR para acceder a la información del artículo.



BIM SENNOVA

En el Grupo de Investigación CTCM SENA Bogotá y sus miembros asociados del SENA Centro de Tecnologías de la Construcción y la Madera (CTCM) se han elaborado proyectos (SENA, 2018) como el "Estudio Metodológico BIM para el Desarrollo de Proyectos Urbanísticos" así como también el proyecto de "Eficiencia Energética Eco Sostenible en el Diseño Arquitectónico A Través de BIM" (SENA, 2018).

El proyecto objeto de este estudio busca indagar si en un proyecto constructivo mediano de vivienda vertical es viable económicamente implementar toda la infraestructura tecnológica que se requiere como computadores, software y capacitación para el modelamiento BIM. De tal forma que se cuantificaron los beneficios obtenidos y los costos requeridos en la implementación BIM para determinar si hay una relación Beneficio/Costo (B/C) viable para el proyecto.

ARQUITECTURA

Se conceptualizó una edificación moderna de vivienda multifamiliar que se adaptará a los nuevos hábitos de una ciudad cosmopolita, el cual contiene 5 aparta estudios tipo y 4 apartamentos con acceso a balcones, áreas sociales en cada piso ubicados en la curva de la estructura de forma que recoge la luz natural creando un ambiente pacífico y despejado por sus grandes ventanales con acceso a balcón que sigue la curva del edificio. El multifamiliar Suite 30 también cuenta con gimnasio, ascensor y dos puntos de escaleras para un fácil acceso al salón comunal en el último piso con vista panorámica gracias a sus muros cortina, compartiendo el espacio en una zona social no cubierta para dar lugar al BBQ con zonas de permanencia y circulación.



Conclusiones

De acuerdo a las diferentes referencias consultadas en la elaboración del artículo y la modelación del proyecto multifamiliar Suite 30, la implementación de BIM significa una superior capacidad de eficacia y tiempo de modelado en proyectos constructivos, así como una mejor gestión de los diseños requeridos en un proyecto.

En lo relacionado con los ahorros obtenidos en la optimización evitando colisiones en los diseños del uno (1%) del costo total del proyecto, permitiría adquirir infraestructura tecnológica que se requiere como computadoras, software y capacitación para el montaje de BIM en un proyecto de la magnitud analizada en esta investigación.

En la investigación se brinda información para que el constructor evalúe la opción de seguir usando herramientas CAD o realice una migración al uso de herramientas BIM, dando datos de referencia de tiempos de modelamiento, ahorros obtenidos, y recomendaciones para una adecuada implementación en proyectos reales.

Visualizar el modelamiento BIM

Para apreciar algunos apartes del modelamiento BIM se emplearon códigos QR, para visualizarlos el lector debe descargar una APP en su smartphone que permita lectura de códigos QR, una vez instalada la aplicación debe hacer la lectura de los códigos QR que aparecen a lo largo del texto.

Agradecimientos

Agradecemos al SENA – Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera por ser un entorno que incentiva la investigación.

De igual forma al Ing. Juan Francisco Guzmán Zabala quien como líder de semilleros estuvo acompañando el desarrollo de la investigación.

Al Arquitecto Leonardo Esguerra y los Auxiliares de Investigación Alejandra Julieth Prieto Gómez y Juan Carlos Palacio del Río, por participar en la conceptualización inicial del diseño arquitectónico.

Para consultar mayor información del proyecto lo invitamos a ingresar al link <https://sennovactcm.wixsite.com/sennovactcm/bim-eficiencia>



Te invitamos a consultar el canal de YouTube del Profe Sebas para conocer el equipo del proyecto.



Bibliografía

Araújo-Rey, C., & Sebastián, M. (2019, julio 11). *Analysis of the main contributions and trends in the implementation of BIM technologies in industrial projects.*

ASIDEK. (2016, diciembre 12). La situación del BIM en el mundo evoluciona. ASIDEK. Obtenido de <https://www.asidek.es/la-situacion-del-bim-mundo/>

Biblus. (2019). *BIM en el mundo: 3 proyectos realizados con el BIM en China.* BibLus. Obtenido de <http://biblus.accasoftware.com/es/bim-en-el-mundo-3-proyectos-realizados-con-el-bim-en-china/>

Borja, S. A. (2015, noviembre 18). *Qué es Revit o mejor, qué es BIM.* Espacio BIM. Obtenido de <https://www.espaciobim.com/que-es-revit/>

CAMACOL. (2018). *BIM Fórum Colombia: una apuesta por la digitalización y la productividad del sector de la construcción.* Bogotá. Obtenido de <https://camacol.co/comunicados/se-lanza-bim-f%C3%B3rum-colombia-una-apuesta-por-la-digitalizaci%C3%B3n-y-la-productividad-del>

Esguerra, et al. (2018). *Estudio metodológico BIM para el desarrollo de proyectos urbanísticos con criterios de sostenibilidad y sustentabilidad.* INVITEC - Simposio de Investigación, Innovación y Tecnología ISSN: 2619-2594, Vol II, Pag 16. Obtenido de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/5268/1/memorias_simposio_invitec.pdf

Giraldo, D. (2019). *Presentación BIM y CIM - EDU. Empresa de Desarrollo Urbano (EDU).* Simposio BIM y la transparencia en la gestión de proyectos de construcción e infraestructura.

IAC. (2018). *¿Qué es BIM?* Obtenido de, <https://www.iac.com.co/que-es-bim/>

Pantoja, J. C. (2019). *BIM Metro de Bogotá.* Simposio BIM y la transparencia en la gestión de proyectos de construcción e infraestructura.

Paternina, et al. (2018). *Eficiencia energética eco sostenible en el diseño arquitectónico a través de BIM (Building Information Modeling).* INVITEC - Simposio de Investigación, Innovación y Tecnología ISSN: 2619-2594, Vol II, Pag 24. Obtenido de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/5268/1/memorias_simposio_invitec.pdf

Ramírez, J. L. (2018). *Comparación entre metodologías Building Information Modeling (BIM) y metodologías tradicionales en el cálculo de cantidades de obra y elaboración de presupuestos. caso de estudio: edificación educativa en Colombia.*

Ramírez, M. (2019). *Transformación digital en el sector de la construcción y el rol del sector público.* Ministerio de Vivienda. Simposio BIM y la transparencia en la gestión de proyectos de construcción e infraestructura.

Ramírez, S. F. (2019). *Transformación digital del sector de la construcción.* CAMACOL. Simposio BIM y la transparencia en la gestión de proyectos de construcción e infraestructura.

SENA. (2018). *Segundo Simposio de Investigación, Innovación y Tecnología INVITEC 2018.* SENA. Obtenido de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/5268/1/memorias_simposio_invitec.pdf

Autores



¹ Jorge Mario Paternina Martínez

BIM Manager del proyecto
Ing. Civil de la Universidad Nacional
de Colombia
Especialista de Desarrollo y Gerencia
Integral de Proyectos de la Escuela
Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
Experiencia: Catorce (14) años
de experiencia en proyectos en diferentes
sectores y áreas como construcción,
tecnología, oil and gas, investigación
e innovación.
e-mail: jorgempaternina@gmail.com



² Johan Sebastián García Coral

Coordinador BIM del proyecto
Instructor SENA.
Experto en metodología BIM
Experiencia: Diez (10) años de trabajo
en el Sector de la construcción,
estudiante de Ingeniería Civil,
emprendedor y Edutuber.
Correo: sebastiangarcia1216@gmail.com
Canal Youtube.com: Profe Sebas



³ Jacobo León Ávila

Tecnólogo en Desarrollo Grafico de
Proyectos de Arquitectura e Ingeniería.
Auxiliar de Investigación del Semillero
CTCM SENA Bogotá.
Modelador BIM.
Correo: leonjacobol1@gmail.com
Linkedin:
<https://www.linkedin.com/in/jacobo-leon-arq/>



⁴ Jonathan Monroy Perdomo

Tecnólogo en Desarrollo Grafico de
Proyectos de Arquitectura e Ingeniería.
Auxiliar de Investigación del Semillero
CTCM SENA Bogotá.
Modelador BIM
Correo:
jonathan_perdomo456@hotmail.com



⁵ José Giovanni Mendoza Garzón

Tecnólogo en Desarrollo Grafico de
Proyectos de Arquitectura e Ingeniería.
Auxiliar de Investigación del Semillero
CTCM SENA Bogotá.
Modelador BIM
Correo: jgiovannymg01@gmail.com



⁶ Ana María Hincapié Cubillos

Tecnóloga en Desarrollo Grafico de
Proyectos de Arquitectura e Ingeniería.
Auxiliar de Investigación del Semillero
CTCM SENA Bogotá.
Modelador BIM
Correo: anahincapie13@gmail.com

Análisis del Software Fotogramétrico Agisoft Metashape En la Solución a Problemas de Ingeniería e Infraestructura.

Caren Julieth Suarez Aguilar¹, Nancy Cifuentes Ospina², Juan Francisco Guzmán Zabala³
carensuarez21@gmail.com¹, ncifuentes@misena.edu.co², jfguzmanz@sena.edu.co³,
Grupo de investigación SENNOVA CTCM SENA Bogotá, Semillero de Investigación
Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera, Bogotá, Cundinamarca
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA



Fuente (pexels.com)

Resumen

El presente artículo, hace parte de la fundamentación teórica a partir de la cual se desarrollarán los procesos formativos que serán impartidos en la sala de geomática del Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera (CTCM), el cual tendrá como objetivo identificar y analizar las funciones y herramientas principales del software Agisoft MetaShape y su contextualización en diferentes ámbitos de aplicación a nivel mundial. Lo anterior con el propósito de impartir conocimiento acerca de esta nueva tecnología en programas tecnológicos de Topografía, Construcción, Obras Civiles y Desarrollo Gráfico. Dichos procesos formativos, se enfocarán en el post proceso de imágenes aéreas y terrestres para la construcción de modelos digitales 3D a través de Agisoft; adoptando este software como una alternativa que enriquece los métodos de la topografía convencional, con miras a incidir en la solución de problemas relacionados con la ingeniería y la infraestructura. Para poder alcanzar el objetivo y propósito planteado se estructuró el siguiente flujo de trabajo: primero, se identificaron las funciones básicas y avanzadas del software; segundo, se investigó el estado del arte, por medio de diferentes plataformas digitales y bases de datos disponibles en la institución; tercero, se validó la información a través de reuniones técnicas con empresas del sector productivo, con lo cual se compilaron los aspectos técnicos aquí abordados (en dos grandes áreas de aplicación que fueron Control Histórico y Documentación) y poder de esta manera, construir un análisis comparativo de los datos.

Palabras Clave - Fotogrametría, geomática, levantamiento fotogramétrico, reconstrucción fotogramétrica, topografía.

Abstract

This article is part of the theoretical basis from which the training processes to be taught in the geomatics room of the Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera (CTCM) will be developed, the aim will be to analyze and identify the main functions and tools of Agisoft MetaShape software and its contextualization in different areas of worldwide application. The above mentioned with the purpose of imparting knowledge about this new technology in technological programs of Topography, Construction, Civil Works and Graphic Development. Such training processes will focus on the post-process of aerial and terrestrial images for the construction of 3D digital models through Agisoft; adopting this software as an alternative that enriches the



methods of conventional topography, with a view to positively incurring solutions related to engineering and infra-structure. In order to achieve the objective and purpose posed, the following workflow was structured: first, the basic and advanced functions of the software were identified; second, the state of the art was investigated, through different digital platforms and databases available at the institution; third, information was validated through technical meetings with companies in the production sector, which compiled the technical aspects discussed here and power in this way, to build a comparative analysis of the data.

Keywords: *Photogrammetry, Geomatics, photogrammetric Survey, photogrammetric reconstruction, Topography.*

Introducción

“En el siglo XIX la fotogrametría se empleaba como la técnica para obtener información detallada acerca de la superficie de un lugar, a partir de fotografías tomadas desde aviones tripulados” (DocPlayer, 2019). Esta técnica se utilizó en un principio, para realizar levantamientos cartográficos debido a su amplio recubrimiento terrestre; sin embargo con el auge de los drones en el ámbito civil, la fotogrametría dejó de ser netamente cartográfica y empezó a tener aplicaciones en topografía de menor extensión y otras áreas del conocimiento. El objetivo de este estudio es identificar y analizar las funciones y herramientas principales del software Agisoft MetaShape, aplicables a los métodos fotogramétricos, a la topografía convencional y otras disciplinas; a partir de lo cual, una vez contextualizadas, servirán de apoyo a la formación tecnológica de los aprendices, pertenecientes a los programas tecnológicos de Topografía, Obras Civiles, Construcción y Desarrollo Gráfico del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), quienes se verán beneficiados con la implementación del aula de geomática y Sistemas de Información Geográfica (SIG), en el Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera (CTCM), con el fin de brindar a sus aprendices egresados, atención oportuna a las necesidades actuales del sector productivo.

Metodología

El presente estudio fue desarrollado bajo los lineamientos de una investigación exploratoria con el propósito de indagar lo concerniente a las características más

importantes del “software Agisoft Metashape, con respecto a sus antecedentes, tendencias y aplicaciones en el sector productivo” (Duarte, 2015). Para cumplir con el objetivo señalado se desarrollaron las siguientes fases:

FASE I Investigación documental (Contextualización del software): Por medio de la página oficial, se identificaron las funciones básicas y avanzadas del programa aplicadas sobre todo en ciencias de la tierra.

FASE II Investigación documental (Identificación del estado del arte): A través de bases de datos como ProQuest, ScieneDirect, Virtual PRO y Google Académico, se indagó acerca de las aplicaciones alrededor del mundo del software, en diferentes contextos y áreas de conocimiento.

FASE III Investigación de campo (Validación): Se estableció contacto directo con empresas del sector productivo que actualmente incorporan el software en sus servicios.

FASE IV Investigación comparativa (Comparación de productos fotogramétricos vs topografía convencional): Con la asesoría de empresas, desde el sector productivo, se establecieron diferencias entre levantamientos fotogramétricos procesados con Agisoft y levantamientos del mismo orden, realizados con topografía convencional; además se tuvo en cuenta, para la comparación, diferentes factores relacionados con el levantamiento topográfico: tales como equipos, requerimientos técnicos, recurso humano y normatividad.

Resultados

Para estructurar el análisis del software fotogramétrico Agisoft Metashape, primero es necesario entender la relación del Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas (en adelante RPAS) y el software en los levantamientos topográficos convencionales, que en conjunto dan paso a las aplicaciones en las geociencias e ingeniería.

Al hacer uso de RPAS en la topografía se incursiona en el campo de la geomática y como consecuencia se modernizan algunas operaciones en el sector productivo de la topografía, construcción, obras civiles y el desarrollo gráfico.

Así mismo, realizar levantamientos fotogramétricos con RPAS en condiciones atmosféricas favorables y buena

visibilidad, permite obtener mejores resultados en la densidad de puntos por metro cuadrado, los detalles naturales y artificiales. Como consecuencia de unir esta información con las funciones del software, es decir:

- Triangulación fotogramétrica
- Texturizado
- Generación de nube densa de puntos
- Creación de malla
- Fotocontrol (Ver figura 1)



Figura 1: Foto control
Fuente: Mapa Media, 2019

Se obtiene que hay “una mejora en la interpolación para las curvas de nivel y las texturas en el producto final a través de Agisoft, en comparación si este mismo levantamiento se llevara a cabo con topografía convencional” (Agisoft LLC, 2019).

Adicionalmente, como resultado de la investigación en cuanto al estado del arte, se identificaron funciones específicas del software y dos (2) grandes áreas de aplicación e implementación para el software: Control Histórico y Documentación, las cuáles serán descritas a continuación:

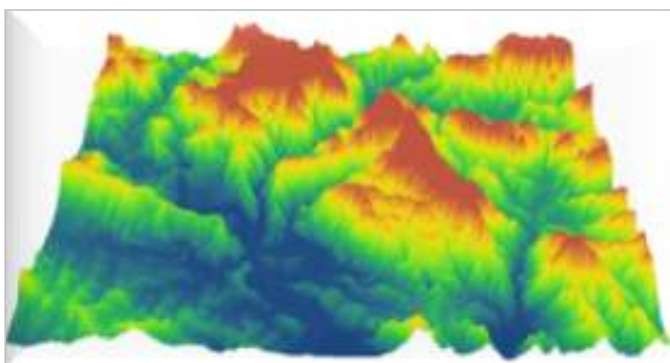


Figura 2: Modelo digital de elevaciones
Fuente: gisandbeers, 2016.

El Control Histórico (Ver figura 3) a través de Agisoft es posible gracias a la posibilidad de contrastar varios modelos 3D (Ver figura 2) y visualizar el producto, de esta forma se puede monitorear dirección y velocidad de grandes volúmenes de tierra debido a desplazamientos generados por fenómenos naturales o por afectaciones en el ecosistema (Warrick, Ritchie, Adelman & Limber, 2017), principalmente en proyectos viales, para evaluar y controlar la estabilidad de taludes, (Instituto Geológico y Minero de España, 2013) y delimitación de zonas no aptas para el desarrollo urbanístico.



Figura 3: Control histórico
Fuente: Todo Es Ciencia, 2018.

Igualmente es aplicable al seguimiento histórico de variables específicas como, índices de vegetación (NDVI) en diferentes ecosistemas, estado de salud de arrecifes de coral (Kurniawan r et al., 2019), detección de biomásas (Marcos-Robles, J., et al., 2016), actividad volcánica (Zaragoza. A, 2019), descongelamiento en los polos, nevados y cambios en los océanos; en el mismo espacio físico a través del tiempo, estas últimas variables son sobre todo en modelos multispectrales o térmicos (como se muestra en la figura 4). De igual forma, permite controles menos complejos como variaciones en el paisaje, extracción en canteras, cañones, obras, minas y acantilados de difícil acceso y alto riesgo; (Vrublová, D., et al., 2015).

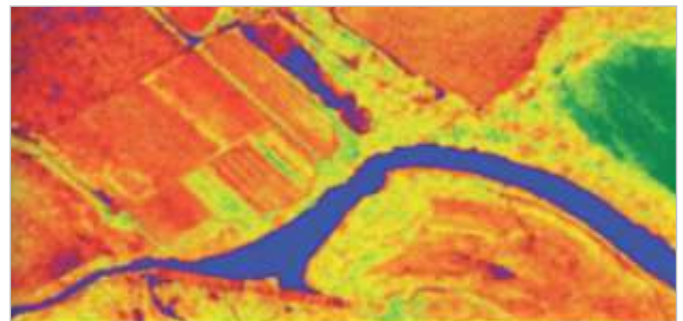


Figura 4: Mapas multispectrales . Fuente: Albedo Media, 2019.

Seguido del control histórico, se identifica la documentación como segunda gran área de aplicación, puesto que a través de las fotografías se captura mucha más información aparte de aquella que corresponde al proyecto, como demuestra el estudio realizado por (Sánchez Martínez T., 2018), donde comparan tres (3) métodos para determinar el Índice de Regularidad Internacional (en adelante IRI) cuyo objetivo es valorar la calidad del estado de los pavimentos y ser referente para otros factores como seguridad y mantenimiento vial; siendo de gran importancia para estudios de conservación y restauración de vía, concluyendo que el método más efectivo para determinar el IRI fue el levantamiento fotogramétrico, puesto que además de ser el recurso para el cálculo principal, es la base para investigaciones futuras debido a la gran cantidad de información y detalle producto del post proceso; y partiendo de esta cualidad, (Gonzales, G. Muñoz, L. 2018), incluyen los levantamientos fotogramétricos en catastro multipropósito, con el objetivo de entender la importancia en la precisión y detalle de dichos productos que al final figuran como documentos legales, como también es el caso de los levantamientos forenses (TECNITOP S.A., 2019), igualmente se resalta su versatilidad en el registro digital de los hallazgos arqueológicos, (protegidos en Colombia por la ley 1185 de 2008), cuando dichos descubrimientos se encuentran al interior de los límites del proyecto.

Siguiendo el flujo de trabajo, se logró establecer contacto

con empresas del sector productivo y una entidad gubernamental, con el fin de transmitir su conocimiento y experiencia en el tema, de lo cual es posible resumir que:

Implementar Agisoft en levantamientos topográficos, optimiza tiempo mientras se da el post proceso gracias a la configuración en lenguaje Python, lo que permite realizar actividades paralelas mientras se construye el modelo u ortomosaico; este último, se utiliza en la identificación y cuantificación de diferentes especímenes de fauna y flora, en grandes extensiones de terreno, también para modelar fachadas a partir de fotografías y calcular cantidades de obra para labores de restauración. Al utilizar fotografías aéreas se disminuye el costo del talento humano, al igual que se optimiza la seguridad laboral de quienes participan en el proyecto. También que los levantamientos topográficos con fotogrametría aérea no son del todo aptos para diseño.

Y en la tabla 1 se establece un comparativo de productos fotogramétricos con levantamientos topográficos, donde se muestra que en la topografía convencional existe la posibilidad de minimizar errores, humanos, procedimentales y ser ampliamente aceptada mientras que la fotogrametría independientemente de los avances tecnológicos, sigue ligada a técnicas de posicionamiento convencionales, lo que conlleva a entender que los avances en RPAS y post proceso fotogramétrico enriquecen dichas técnicas, mas no las reemplaza.

Tabla 1: Comparativo entre topografía convencional y topografía a partir de fotografía aérea con RPAS.
Fuente: Propia

TOPOGRAFÍA CONVENCIONAL	TOPOGRAFÍA A PARTIR DE FOTOGRAFÍA AÉREA
Precisión	
Posibilidad de precisión geodésica	Dependiente de puntos de control, modelo del UAV y resolución de cámara
Poca accesibilidad y riesgo para el recurso humano	
Recorre a métodos tradicionales (teodolito-cinta)	recorre a UAV's
Levantamientos especiales	
Ampliamente aceptado	Tiene limitante por normatividad, o siempre y cuando estos sean de tipo investigativo o gubernamental (CAR, junio 2019)
Nivel de detalle	
El nivel de detalle es de acuerdo a las especificaciones del cliente y proporcional al costo	Independientemente de las especificaciones de los clientes, se obtienen mayor densidad de puntos por metro cuadrado.
Fenómenos atmosféricos	

Resistente	Dependiendo del modelo de UAV puede ser muy susceptible
Aceptación en entidades	
No tienen limitantes en sus proyectos	Ciertas entidades contratantes aceptan trabajos con fotografía aérea desde que estas hayan sido tomadas con UAV's que cuenten con cámaras de alta tecnología e incorporaciones tipo LIDAR.
Grandes extensiones de terreno (documentación)	
Es factible, sin embargo, la mayor complicación en grandes proyectos reside en manejo, recolección y estandarización de los datos	Cubre más terreno en poco tiempo, sin necesidad de contar con mucho personal.

Discusión

Generalmente cuando se trata de avances tecnológicos sobre algún tema que tiene gran recorrido experimental y convencional, la primera impresión es que este avance busca desechar toda técnica que le antecede debido a sus numerosas imperfecciones; así pasa con la fotogrametría aérea y la topografía convencional respectivamente. Lo cierto es que como menciona Valle, J.M., et Al. (2017) y se demuestra en este estudio, no debe ser así, debe adoptarse un trabajo en conjunto, desafortunadamente esta relación se complica especialmente cuando de costos de operación y especificaciones técnicas se refiere, como por ejemplo en algunos proyectos de como el de Warrick, J. A., et Al. (2017), o el de Kurniawan r, et Al. (2019), fue posible implementar fotogrametría de alta precisión y levantamientos multiespectrales. Pero para algunas organizaciones la adopción de esta tecnología en sus proyectos, sobrepasa su capacidad económica y se ve limitada su modernización, poniéndola en desventaja frente a los pocos competidores que logran hacerse con las nuevas tecnologías.

Sin embargo "Facto SAS y Gexco SAS" organizaciones que aún no tienen a su disposición estas nuevas tecnologías, manifiestan que a su favor, está el hecho de que para participar en licitaciones públicas o grandes proyectos, sigue prevaleciendo la credibilidad en la topografía convencional desde las entidades contratantes (P. Sosa, W. Gómez, junio de 2019), también Santiago Varela miembro encargado de AirWorks Colombia del post proceso de fotografías aéreas, manifestó que, es necesario hacer uso de estas nuevas tecnologías no solamente en grandes proyectos, sino también en las labores más básicas de la topografía, para empezar a crear gremio y comunidad, y como consecuencia, sea posible incrementar la implementación de estas tecnologías en la industria nacional.

Conclusiones

- La información aquí contenida, brinda conceptos y enfoques suficientes, para que el aprendiz capte de manera adecuada las capacidades y limitaciones del software, y así mismo lo enfoque a sus necesidades y proyectos.
- Expandir la búsqueda de información, a profesionales de las geociencias, entidades del estado y otras plataformas digitales de investigación como Google Académico, además de aquellas que se plantearon en un principio, permitió un acercamiento a las aplicaciones del software en el gremio de la topografía Colombiana; se evidenció la poca implementación del mismo y las limitaciones especiales que tiene en nuestro contexto nacional.
- Con la implementación del aula de geomática, el SENA da la posibilidad que mediante este ambiente de formación, los aprendices egresados participen activamente en la solución de problemas de ingeniería e infraestructura en el sector productivo.

Agradecimientos

Agradecimientos al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), al Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera (CTCM) por permitir la ejecución de este proyecto, a todos los instructores y funcionarios por sus opiniones críticas y observaciones objetivas a lo largo de esta actividad; igualmente agradecemos a Airworks Colombia, Facto SAS, Gexco SAS, CAR Cundinamarca e IGAC por su disposición e invaluables aportes a esta investigación.



Figura 5: Fuente (pexeles.com).

Referencias

- Duarte, M. (2015). Prezi. Recuperado de: <https://prezi.com/hzefeqp9e6yk/investigacion-exploratoria-y-descriptiva/>.
- Agisoft LLC. (2019). Agisoft. Recuperado de: <https://www.agisoft.com/about/>.
- Warrick, J. A., Ritchie, A. C., Adelman, G., Adelman, K., & Limber, P. W. (Jan 2017). New techniques to measure cliff change from historical oblique aerial photographs and structure- from-motion photogrammetry. *Journal of Coastal Research*, 33, 39-55. DOI: 10.2112/JCOASTRES-D-16-00095.1.
- Kurniawan r, Ariestasari a, Sunarwan silalahi r, Karlina I, Febrianto t, Kurniawan d, Amrifo v, abrar m, Dhamar syakti a. (2019). Identification acroporidae and favidae by a newly approach called reef identification knowhow application-reconstructed by 3d imagery (rika-r3di) method, methodsX. *Science Direct*. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.05.002>.
- Zaragoza, A. (2019). (2018-06-19). Vulcanología desde el Espacio. *Hacia el espacio*. Recuperado de: <https://haciaespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=839>.
- Marcos-Robles, J., Sastre, L. F. S., Docampo, María de la luz Gil, Sanz, J. O., & Rodríguez, S. M. (2016). Empleo de la

- fotogrametría de rango cercano y RPAs para la determinación de biomasa en parcelas agrícolas/Use of close range photogrammetry and RPAs for determining biomass in agricultural areas. *Revista Ibérica De Sistemas e Tecnologías De Informação*, (19), 118-130.
doi:<http://dx.doi.org.bdigital.sena.edu.co/10.17013/risti.19.118-130>.
- Vrublová, D., Kapica, R., Jiránková, E., & Strus, A. (2015). Documentation of landslides and inaccessible parts of a mine using an unmanned UAV system and methods of digital terrestrial photogrammetry. *GeoScience Engineering*, 61(3), 8-19. DOI: 10.1515/gse-2015-0018.
- Instituto Geológico y Minero de España, 2013. *Patrimonio geológico: un recurso para el desarrollo*, edited by J. Vegas, et alProQuest Ebook Central, Recuperado de: <https://ebookcentral-proquest-com.bdigital.sena.edu.co/lib/senavirtualsp/detail.action?docID=3218728>.
- Instituto Geológico y Minero de España, 2013. *Patrimonio geológico: un recurso para el desarrollo*, edited by J. Vegas, et alProQuest Ebook Central, Recuperado de: <https://ebookcentral-proquest-com.bdigital.sena.edu.co/lib/senavirtualsp/detail.action?docID=3218728>.
- Air Works Colombia. (2019). Comunicación personal, mayo 2019.
- Valle, J.M., Rodríguez, Á., Martínez, R., Pérez, P., Uceda, S., Lopetegi, A. 2017. New metric products, movies and 3D models from old stereopairs and their application to the in situ palaeontological site of Ambrona. *Spanish Journal of Palaeontology*, 32 (2): 279-290.
- Hernández, S. (2017). *Generación De Ortoimágenes Usando Vehículos Aéreos No Tripulados Aplicado A La Agricultura* (Tesis de pregrado). Universidad EAFIT. Medellín, Colombia.
- Mapa Media. (2019). Mapa Media. Recuperado de: <https://www.mapamedia.com/levantamientos-aereos/>.
- AlbedoMedia. (2019). AlbedoMedia. Recuperado: <https://www.albedomedia.com/tecnologia/ortofotografia-de-drones-y-camaras/>.
- Gis and Beers. (2016). Gis and Beers. Recuperado de: <http://www.gisandbeers.com/hillshade-mapas-de-laderas-mde-y-ortofotos-en-3d/>.
- Todo Es Ciencia. (2018). Todo Es Ciencia. Recuperado de: <http://www.todoesciencia.gov.co/cambio-climatico-en-colombia>.
- DocPlayer, 2019. DocPlayer, Recuperado de: <https://docplayer.es/25398623-Historia-de-la-fotogrametria-historia-de-la-fotogrametria.html>.
- Corporación Autónoma Regional CAR de Cundinamarca, comunicación personal, 27 de junio de 2019.
- Facto SAS, Gexco SAS, (2019). (Comunicación personal, 05 de junio).
- Sánchez, M Martínez, T. 2018, DETERMINACIÓN DEL IRI EN PAVIMENTOS A PARTIR DE PROCEDIMIENTOS FOTOGRAMÉTRICOS. J. Perdomo (Presidencia), *XVII Convención Y Feria Internacional Informática 2018*. La Habana-Cuba.
- TECNITOP S.A. (2019). Topografía & Cartografía. Recuperado 4 de junio de 2019, de Tecnitop website: <https://tecnitop.com/es/topografia-cartografia-2/>.
- Gonzales, G. Muñoz, L. 2018. *Investigación catastro multipropósito municipio Chipaque, Cundinamarca. Vehículos aéreos no tripulados -uav para la elaboración de productos fotogramétricos*. (Proyecto de Grado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.

Reparar, Adaptar y Personalizar: Posibilidades de la Impresión 3D en la Cotidianidad.

Andrés Felipe Sussmann Tobito¹, Noemi Cardona peña², Laura Daniela Pinzon Ramirez³
asusmannt@misena.edu.co¹, noemicardona316@gmail.com², laurapin535@gmail.com³
Grupo de investigación SENNOVA CTCM SENA Bogotá, Semillero de Investigación
Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera, Bogotá, Cundinamarca
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA



Imagen: "Replication of a sculpture by Scott Selkirk using 3D scanning and printing" by uomudc is licensed under CC BY-NC-SA 2.0.

Resumen

Los retos que trae consigo la Revolución Industrial 4.0, que se enmarcan en una relación de conceptos en los que nuevos modelos de producción y comercialización, la inmediatez desde lo global y el acceso a internet pueden tener relaciones jerárquicas en aspectos del día a día. Es un discurso ideal, que no contempla un panorama que parece estar fragmentado, definido por problemáticas surgidas por una sociedad de consumo desaforado, falta de identidad y producción local, que genera ausencia de reconocimiento y valor de conceptos distintivos. Alarma desde esa perspectiva, que la posibilidad de dominancia sigue estando presente, si no se propone el “fomento de la autonomía creativa de las personas, la equidad social y el bienestar, incluyendo el control colectivo sobre la energía y el trabajo” (Escobar, 2016), el poder de decidir sobre nosotros mismos, como comunidad.

Es por esto que, desde las distintas perspectivas desde las cuales se puede asumir la manufactura aditiva, la de la apropiación por parte de los usuarios, desde el acto creativo y político, puede ser la que más se acerca al concepto de la democratización de la tecnología, a su vez que puede dar respuesta a situaciones cotidianas. En esta búsqueda los conceptos de Reparar, Adaptar y Personalizar, permiten direccionar la posibilidad de aplicar la manufactura aditiva en otros contextos, no industriales. Visto desde el mobiliario, es notorio que los elementos de composición de los entornos domésticos, reciben reparaciones, adaptaciones y personalizaciones por parte de los usuarios. En ocasiones, se repara como un intento de prolongar su vida útil y significativa, en otras se reforman como una alternativa de adaptarlo a sus propias necesidades, se apropian también mediante aplicaciones de detalles, para salir de lo homogeneidad de los elementos y así diferenciarlos; estas prácticas son de interés ya que vislumbran maneras en las que los usuarios, asumen los objetos, a la vez que brindan la posibilidad de entender su dinámica e interpretarlas hacia los procesos de manufactura aditiva.

Asimilar la manufactura aditiva desde los entornos cotidianos, puede ser un aporte a las problemáticas de consumo, falta de apropiación y desecho, es una exploración que merece ser profundizada, junto a conceptos como el código abierto y la creación comunal, en los que entornos de acceso libre y colaborativo, abren las fronteras del diseño, “la capacidad de diseñar como una forma de pensar y de hacer que suponga reflexión y sentido estratégico, que obligue a fijarnos en nosotros mismos y en nuestro entorno, y a decidir qué podemos hacer para mejorar el estado actual de las cosas” (Manzini, 2015). Este panorama, puede permitir que el concepto cultural desde lo local, se fortalezca, por lo que tener posibilidades de acceso a tecnologías de manufactura podría significar una verdadera revolución, si se piensa desde la autonomía.



Reparar, Adaptar y Personalizar: Posibilidades de la Impresión 3D en la Cotidianidad.

Abstract

The Industrial Revolution 4.0 implies diverse challenges, framed by relationships between concepts where new production and commercialization models, global immediacy and internet access, can have a hierarchical associations in aspects of everyday life. It is an ideal speech, that doesn't consider a fragmentation in the big picture, problems emerging from an unbridled consumption society, lack of identity and local production, generating an absence of acknowledgment and significance of distinctive concepts. Is alarming from this point of view, that a domination possibility is still present, if there isn't a proposal to 'promote people's creative autonomy, social equity and wellness, including collective control over energy and work' (Escobar, 2016), the power to decide over ourselves, as a community.

This is the reason why, from all diverse perspectives to assume additive manufacturing, the appropriation from users as a creative and political act, can be a step closer to achieve the concept of technology democratization, giving answer to everyday life situations. In this quest three concepts, Repair, Adapt and Customize, can act as guidelines to apply additive manufacturing in different contexts, to the industrial one. Seen from furniture, the elements that compose domestic environments, are repaired, adapted and customize, from users perspective. Sometimes furniture is repaired as an attempt to extend its useful and significative lifetime, on other occasions furniture is reformed as an alternative to adapt it to specific necessities, it is also appropriated by detail applications, to step out from product homogeneity and differentiate them; this are interesting practices because enlighten some ways about how users assume objects, giving also the possibility to understand their dynamics and construe them to additive manufacturing processes.

Additive manufacturing assimilation from day to day environments, cab be a contribution to consumerism, lack of appropriation and disposal problems. It is an exploration, that deserves to be deepen, next to concepts as open design and communal creation, where free access and collaborative environments can widen the design frontiers, "the capacity to design as a way of thinking and making, involving reflection and strategic sense, forcing to look at us and our environment, and to decide what can we do to improve the current state of things" (Manzini, 2015). This panorama, allows the empowerment of local cultural concept, making a real revolution with access to manufacturing technologies, assumed by autonomy.

Introducción

El Servicio Nacional de Aprendizaje, pretende desde hace unos años construir espacios de investigación, que permitan desde la reflexión y la innovación aplicada, fortalecer la pertinencia de su quehacer, a partir del aporte de soluciones a problemáticas presentes en territorios de su dominio del saber hacer y el saber ser. Mediante una concepción de generación de conocimiento y aspectos tecnológicos, el llamado es a responder a los cambios que se aproximan en sectores industriales y de servicios desde perspectivas sustentables, basadas en el ser humano y los seres vivos, a partir de la cultura, la concepción de lo local y la tecnología.

Desde el Área de Maderas, con un enfoque en el desarrollo de productos, el Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera, en la vigencia del año 2019, ha propuesto pensar la significación de la Industria 4.0 en el contexto del país, los retos que trae y las posibilidades de asimilar los principios bajo los cuales se estructura. La detección de problemáticas u oportunidades en el campo específico de aplicación de esta área, ha definido que el mobiliario como objeto industrial y doméstico, puede permitir un acercamiento a una interpretación inicial de la manufactura aditiva, que proponga alternativas de aplicación en diversos contextos.

"El concepto "Industria 4.0" surge en Alemania a comienzos de la década de 2010, acuñado por un grupo multidisciplinario de especialistas convocados por el gobierno alemán para diseñar un programa de mejora de la productividad de la industria manufacturera" (Basco, Beliz, Coatz, & Garnero, 2018), con la intención de relacionar y aprovechar los desarrollos digitales de conectividad, definidos por el Internet de las Cosas (IoT), el Internet de los Servicios (IoS), Computación en la Nube (CC) y Automatización Industrial, digitalizando así el sector manufacturero. Ya en 2013, empezó a vincularse a la política estratégica del Gobierno alemán, decantándose en uno de los ejes de su Plan Estratégico de Alta Tecnología, propuesto en 2020. En Latinoamérica, México, ha sido el país que ha liderado esta transformación.

En este crecimiento exponencial del término, la Cuarta Revolución Industrial no da espera, desde que el término fue definido, ha sido motivo de exploraciones y aplicaciones. En un acercamiento inicial mediante *Google Scholar*¹, la ecuación de búsqueda '*Fourth Industrial Revolution*'² retorna más de veintiún mil (21.000) artículos académicos en 2019, propuestos desde diversas disciplinas. Durante este tiempo, se han desarrollado además,

¹Revisión actualizada el 02/12/2019

²Cuarta Revolución Industrial en inglés

foros, congresos, seminarios y conversaciones al respecto, en intentos por definir estos conceptos y su influencia en otros temas. Con certeza en Colombia, es necesaria la preparación para afrontar los desafíos que la Cuarta Revolución Industrial trae consigo.

Los temas de la Industria 4.0, son tan amplios y diversos, que se requiere que la investigación se enfoque sobre aspectos puntuales, que a partir de metodologías participativas y de creación, potencien la articulación de tecnologías en contextos locales. También es pertinente mencionar, que no se trata únicamente de la aplicación técnica de las nuevas tecnologías, sino de los conocimientos y habilidades que trae consigo; es por esto que, junto a propuestas conceptuales, definiciones aplicadas empiezan a surgir como posibles respuestas a preguntas que surgen en entornos industriales y cotidianos, orientadas en adaptar los diversos conceptos de esta 'nueva revolución', a situaciones reales de problemáticas locales. Es por esto que, el enfoque de esta investigación está dirigido hacia una comprensión inicial de lo que puede significar la Manufactura Aditiva en la creación de productos, sus relaciones con nociones del Diseño Abierto, la Nube, el Pensamiento Creativo y la Resolución de Problemas.

MANUFACTURA ADITIVA

Las tecnologías de manufactura aditiva, más conocidas por el término global de Impresión 3D, son principales en la 'Industria 4.0', bajo el eje de la Fabricación Digital. Estos procesos de fabricación se han extendido desde algunos años, gracias al vencimiento de patentes, la liberación de software y hardware a través del código abierto, y el desarrollo de equipos por parte de entusiastas, académicos y profesionales, haciendo que estos desarrollos sean veloces, como dice Jorquera (2016) "siendo testigos del avance de este campo en los últimos años y, sobre todo, percibiendo el efecto catalizador que está produciendo en la sociedad, creo que es justo afirmar que la fabricación digital será el eje principal y protagonista de la siguiente gran revolución industrial que dará lugar a la sociedad del futuro", no solo es la tecnología, sino la posibilidad de transformación social.

El modelo de desarrollo de código abierto, ha tenido que ver también en este proceso, la liberación de software, hardware y código de programación, ha determinado que más allá de grandes corporaciones, entusiastas y emprendedores logren desarrollar propuestas propias de equipos de manufactura aditiva. Ese intento de abrir fronteras y democratizar la tecnología, es el que podría permitir que la Impresión 3D, no sea únicamente el motor del desarrollo industrial, sino una 'verdadera revolución'

que conlleve cambios, que resuelvan problemas reales en entornos cotidianos. Es un esfuerzo, por darle la vuelta aquellos desarrollos de secreto industrial, cuyas primeras patentes surgen alrededor de 1984, hacia otros entornos como laboratorios de fabricación, lugares de estudio y entornos domésticos. Los costos de la tecnología de manufactura aditiva se han ido reduciendo cada vez más, con lo que se ha propuesto que en un futuro cercano la mayoría de usuarios podrían tener una impresora 3D en casa.

Sin embargo, más allá de disponer del equipo, aprender el procedimiento requerirá la adquisición de diversas habilidades, por lo que no solo implica la existencia de la tecnología sino un desarrollo conceptual, en donde una de las cuestiones fundamentales se enmarca en la pregunta, '¿qué voy imprimir?', pregunta que requerirá también, respuestas desde el pensamiento crítico y consciente, que sobrepase los deseos de poder fabricar cualquier cosa, a fabricar aquello que es necesario, objetos que pueden dar respuesta a situaciones cotidianas, que aporten a desarrollos locales, que promuevan un grado de autonomía, que va más allá de imprimir una pieza. Así que las implicaciones van más allá de tener el equipo de Impresión 3D.

Enfrentarse los procesos de manufactura aditiva, es una apertura a nuevas lógicas de pensar y concebir un objeto, en el proceso de exploración y de investigación, pero sobre todo, un acercamiento al 'cómo hacer' y 'cómo pensar', desde la Impresión 3D. Se detecta allí, una posibilidad de acción, en la que la potestad de generar un elemento físico, puede estar otra vez del lado del usuario final, es un poder de decisión. Así que finalmente, tras pasar la documentación, el enfoque exploratorio se centra en las capacidades de creación, de resolución en la cotidianidad, de retomar conceptos del hacer; un posible espacio para lo que menciona Ezio Mazini (2015), en su libro Cuando Todos Diseñan, una sociedad de activa de redes de colaboración e individuos innovadores.

MANUFACTURA ADITIVA Y MOBILIARIO

De acuerdo a lo anterior y teniendo en cuenta que el objeto de estudio para la presente investigación es el mobiliario, la decisión inicial se ha centrado en la documentación, a manera de estado del arte, para conocer los desarrollos industriales, académicos y exploratorios, que surgen de la relación entre Manufactura Aditiva y Mobiliario. Esta documentación generó como resultado inicial, una categorización en dos grupos, como se puede ver en la Figura 1 - Mapa de Categorización:

Reparar, Adaptar y Personalizar: Posibilidades de la Impresión 3D en la Cotidianidad.

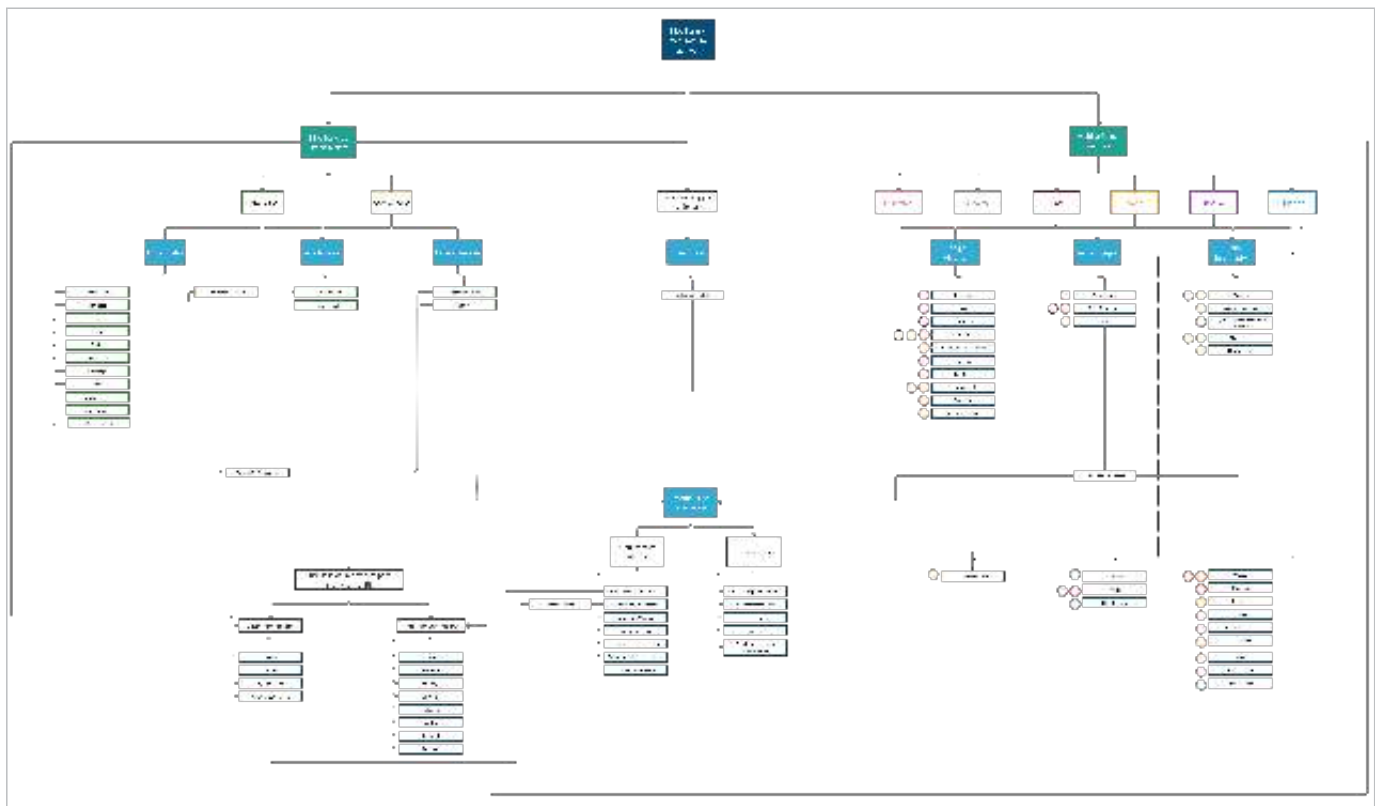


Figura 1 - Mapa de Categorización (Fuente Propia)

A. OBJETOS COMPLETOS

Objetos de escala real, que requieren equipos de gran dimensión.

- A1. Productos en los que el tipo de tecnología utilizada para fabricar es únicamente la Impresión 3D.
- A2. Proyectos que proponen la fabricación de un objeto por partes, que son ensambladas posteriormente.

B. ELEMENTOS DE UNIÓN

B. Elementos que pueden ser producidos en equipos de menor capacidad de volumen, obteniendo allí, la generación de elementos de unión entre piezas, para construir estructuras. Esta categoría, permitió definir una caracterización tipológica, a partir del desarrollo de una ficha de análisis y la creación de cinco tipos de elementos de unión:

- i. Ensamble
- ii. Empalme
- iii. Junta
- iv. Nodo
- v. Rótula
- vi. Sujeción

Algunos de las uniones investigadas, se comprobaron a

través del modelado y fabricación mediante la tecnología de Estereolitografía, en un equipo de impresión de referencia FormLabs 2.

MANUFACTURA ADITIVA: OBJETOS COMPLETOS

De acuerdo a las categorías mencionadas, inicialmente se investigaron proyectos de mobiliario impreso en 3D, en los que el producto se obtuvo únicamente por manufactura aditiva, bajo dos procesos, fabricación del objeto completo o fabricación de varias piezas que son ensambladas. Esta categoría permite comprender las dimensiones y condiciones que son necesarias, para poder obtener a partir de la Impresión 3D una pieza funcional de gran tamaño.

De la mano con el método de fabricación, en el diseño y desarrollo de una pieza de mobiliario requiere que se contemplen otros aspectos como tiempos de armado, usos particulares, sostenibilidad, reparación, entre otros, que son parte de las discusiones en equipos de desarrollo de producto, en los que se pretende dar respuesta acorde a situaciones de la vida diaria.

Sin apartarse de requerimientos ergonómicos y funcionales, las condiciones técnico-productivas, determinan en gran medida el producto resultante, la técnica, la

tecnología y el material, son la base de este proceso. Una dualidad constante se ha presentado en el contexto colombiano, entre la diversidad de maderas existentes y las posibilidades de usarlas de manera responsable con criterios sustentables, entre la permanencia de técnicas que se reflejan en la experticia de artesanos y las nuevas tecnologías, entre el desarrollo de productos con conceptos locales y la comercialización de modelos globales, entre una producción artesanal y una semi-industrial; bajo este panorama, la fabricación digital y la manufactura aditiva, se presentan como un nuevo actor.

Esta categoría, nos lleva a situarnos en el entorno industrial, ya que los requerimientos de inversión, espacio y tiempo, son de alta inversión. Este acercamiento, permite determinar las decisiones que serán tomadas por una organización, si la pretensión es contar con un equipo de manufactura aditiva, como base del proceso productivo.

Los siguientes proyectos, han sido seleccionados como referencias para evidenciar las características que permiten catalogarlos en las tipologías mencionadas en la Figura 1 - Mapa de Categorización.

PRINT YOUR CITY³

Este proyecto es una sumatoria de varios esfuerzos liderados por el estudio de diseño holandés The New Raw y la compañía de impresión 3D a gran escala Aectual, junto al apoyo de la Universidad de Delft, la empresa AEB Ámsterdam, la Municipalidad de Ámsterdam y el Instituto para Soluciones Avanzadas Metropolitanas de Ámsterdam. Un caso de estudio, en el que la manufactura aditiva, no es solo un aporte a la búsqueda de elementos diferenciados y personalizados, sino una solución a problemáticas medioambientales, que tienen como resultado un alto impacto en la ciudad.

Print Your City propone, a partir del concepto de la economía circular, el reciclaje de desechos plásticos, generando una alternativa de solución a los 23 kilogramos de residuos de este tipo, que cada habitante de Ámsterdam, genera al año. Estos desperdicios se procesan, para obtener la materia prima que será utilizada en la fabricación de mobiliario a través de la tecnología FFF⁴ de Impresión 3D. Menciona The New Raw (2016) en su sitio web que este "es un llamado a la acción de los habitantes de la ciudad, para que se aprovechen los desperdicios plásticos



Ilustración 1 - Print Your City / XXX Bench

³Información obtenida de <https://printyour.city/> - <https://thenewraw.org/Print-Your-City-Amsterdam>

⁴Fabricación por Filamento Fundido (Fused Filament Fabrication)

Reparar, Adaptar y Personalizar: Posibilidades de la Impresión 3D en la Cotidianidad.

generados en casa, en el desarrollo de elementos de equipamiento urbano”.

La tecnología utilizada, es aquella en la que un material en forma de filamento, alimenta un extrusor, que es controlado a través de los ejes X - Y - Z, como se puede evidenciar en la Ilustración 2 - Fabricación FFF - XXX Bench. El proceso de reciclaje del material es corto, sin desperdicio alguno. Con lo que la reparación modular y la personalización son factibles. La manufactura aditiva permite que las formas generadas, den como resultado geometrías tridimensionales que permiten posturas ergonómicas para los usuarios, promoviendo también estilos de vida saludables y amigables con el medio ambiente.

Este proyecto demuestra además, que el mobiliario tiene gran influencia en la manera en la que asumimos la ciudad, como ciudadanos, formas en las que podemos apropiarnos los espacios públicos y participar en lo que en esos lugares pueden proponer en vecindarios o espacios comunales. Es una muestra importante del proceso de diseño colaborativo, integrando a los ciudadanos para que participen en la transformación de su ciudad.

Es también, la evidencia que proyectos de gran magnitud, requieren la articulación de diversos actores en una red de relaciones, en la que cada uno de ellos aporta para que el proceso sea llevado con éxito. Print Your City vincula además de organizaciones privadas, entidades públicas con el fin de generar un beneficio a la comunidad y dar una respuesta a problemas medioambientales. Así que este proyecto nos permite reconocer la dimensión del equipo de impresión 3D que se requiere para producir un objeto de tamaño grande, al igual que las características interdisciplinarias de las personas que están vinculadas al proyecto.

RETRO SEAT⁵

BigRep, una de las empresas líder en el desarrollo, fabricación y comercialización de equipos de Impresión 3D de gran escala, ha demostrado las posibles aplicaciones de un equipo de estas características. De igual manera que el proyecto referenciado anteriormente, Retro Seat es una muestra de las posibilidades de Fabricación por Filamento Fundido, a una escala mayor. Es un desarrollo multidisciplinar diseñado por NOWlab y fabricado por BigRep, que da apertura a las posibilidades de la manufactura aditiva en diversas industrias.



Ilustración 2 - Fabricación FFF - XXX Bench



Ilustración 3 - Print your City - XXX Bench



Ilustración 4 - Detalle del Proyecto RetroSeat

⁵ Información obtenida de: <https://bigrep.com/posts/fully-3d-printed-high-tech-airline-seats-premiered-aircraft-interiors-expo-hamburg/> - <https://youtu.be/ckK0dSB6H8I>



Ilustración 5 - Asiento RetroSeat



Ilustración 6 - Impresora BigRep / Impresión en pequeños Lotes

Uno de los aciertos de utilizar la impresión 3D a escala industrial, es la reducción del peso de los elementos fabricados. Un beneficio evidente para la industria aeronáutica, en la que las exploraciones se han direccionado a tener el menor peso posible en cada una de las partes que configuran una aeronave, tanto el exterior como en el interior, ya que su influencia es directa en la eficiencia y seguridad del transporte aéreo. Según BigRep, el proyecto Retro Seat, logra optimizar el peso de un asiento tradicional de avión, mediante una reducción del 50% de su peso original, cumpliendo con las características y requerimientos de un asiento en la industria aeronáutica.

En esta alianza estratégica, también se articula con la plataforma 3DExperience de Dassault Systèmes, con un enfoque en el diseño y simulación de piezas optimizadas,

basadas en cargas, restricciones, procesos de manufactura y requerimientos de varios materiales. La aerolínea ETIHAD, entregó un asiento que había finalizado su ciclo de vida, para que NOWLab realizara el prototipo del RetroSeat, sobre un elemento real. Además de darle una nueva apariencia al asiento original, se le agregaron aspectos de conectividad e iluminación.

En este caso, el proceso de manufactura contempla la fabricación del producto por partes, que serán ensambladas. Esto facilita el proceso productivo ya que se pueden producir pequeños lotes de las piezas requeridas, como se puede ver en la Ilustración 6; con este método, la reparación o el intercambio de partes con fallas se puede hacer al instante, desde que se cuente con el archivo generado en software CAD.

El proyecto RetroSeat demuestra la aplicación de la manufactura aditiva a gran escala, para el cumplimiento de requerimientos con alto nivel de especificación funcional, sin dejar de lado aspectos ergonómicos y estéticos, a la vez que vislumbran que las acciones de personalización y reparación. Plantea también una alternativa a objetos que están al final de su ciclo de vida y se convertirán en desperdicio, para que sean útiles nuevamente.

GLACIER STOOL⁶

El estudio de diseño de producto y arquitectura NOWLabs, el laboratorio de Innovación y Consultoría aliado a BigRep, ha continuado la exploración de la manufactura aditiva y la fabricación digital en el desarrollo de propuestas, que contemplen la aplicación de conceptos de manufactura automatizada y el diseño generativo, como principio de exploración. Estas propuestas resultan en elementos con estéticas particulares, que responden también a determinantes sostenibles.

El taburete Glacier, está inspirado en las formas del glaciar Mendenhall, ubicado en Alaska. La investigación, centrada en la manera en que morfologías particulares se generan en procesos naturales, los cuales pueden ser inspiradores para el desarrollo de objetos del día a día. El relieve propio del glaciar, formado por las diferentes temperaturas que se encuentran entre el agua que fluye y el hielo que cubre la superficie. El ciclo natural de capas de nieve que se suman y se compactan, volviéndose hielo, derritién-

⁶Información obtenida de: <https://www.nowlab.de/GLACIER> - <https://www.ignant.com/2015/11/11/sustainable-3d-printed-furniture-by-nowlab/>

Reparar, Adaptar y Personalizar: Posibilidades de la Impresión 3D en la Cotidianidad.

dose a estado líquido y evaporándose para ser nubes. Este ciclo fue explorado por NOWLabs en el desarrollo de Glacier, como se puede ver en la Ilustración 7.



Ilustración 7 - Glacier Mendenhall / Taburete Glacier

La exploración en el desarrollo del taburete Glacier, permite la fabricación de una pieza en manufactura aditiva, que es completamente biodegradable y reciclable, ya que el filamento utilizado cumple con ambas características. El proceso de diseño determina la menor cantidad de material posible, para lograr el mayor desempeño estructural que puede lograrse, proporcionando una resistencia alta a la compresión, por lo que la pieza es decorativa, estructural y sustentable. Este elemento toma un tiempo total de 40 horas para ser impreso, en tecnología FFF, fabricado en la impresora ONE.2, el equipo gran formato de mayor tamaño desarrollado por BigRep, que posibilita la fabricación de elementos hasta de un metro cubico.

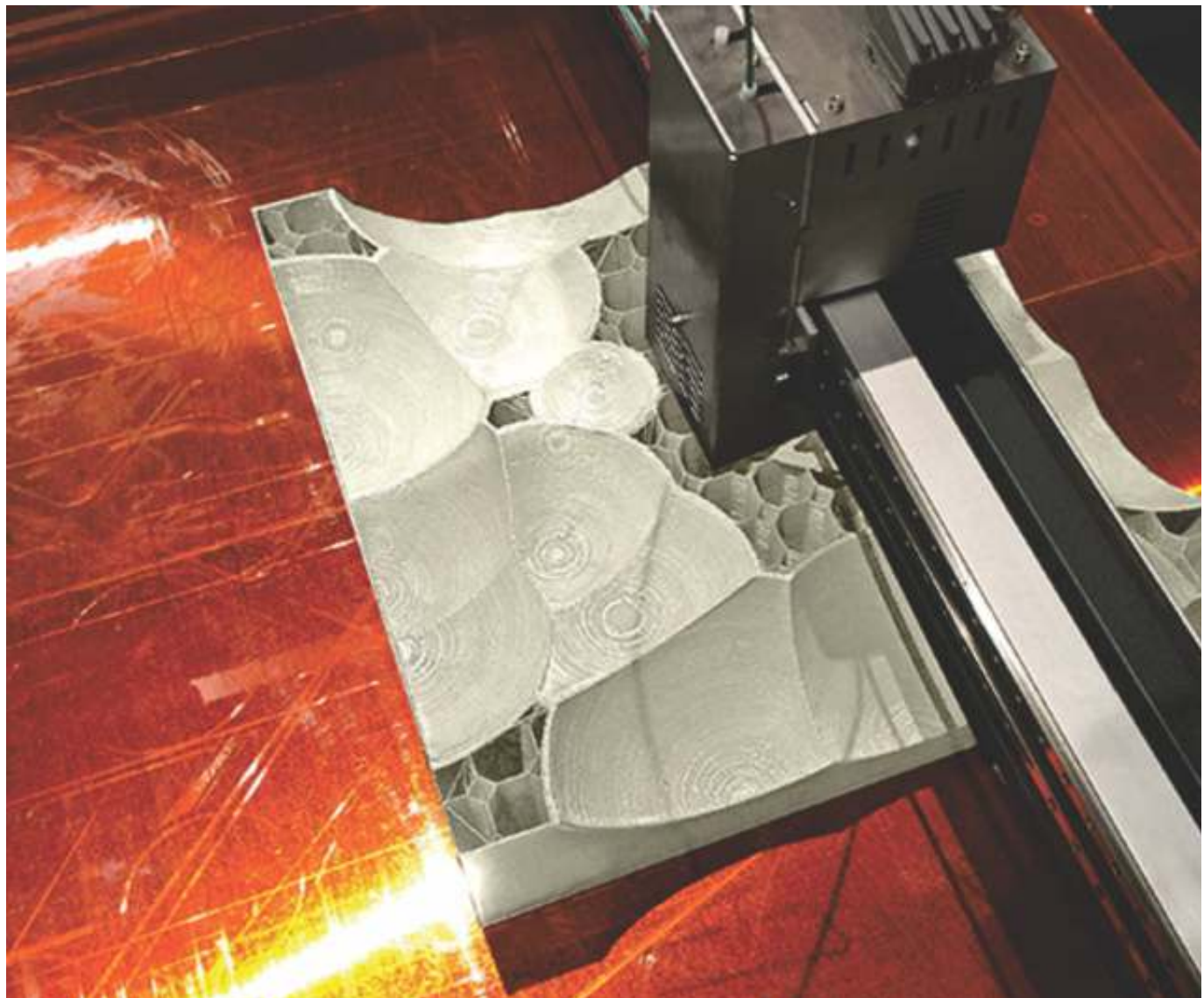


Ilustración 8 - Glacier / BigRep ONE.2

BITS AND PARTS⁷

Desarrollado por Joris Laarman Lab, estudio de diseño del diseñador holandés del mismo nombre, el proyecto Bits and Parts propone la utilización de impresoras 3D de pequeño tamaño, para fabricar mobiliario de tamaño real accesible para todos. Uno de los modelos reconocidos de este proyecto es *'Kids Maker Chair P39'*, el cual promete una silla tamaño real, cuya manera de ensamblar está inspirada en las piezas de un rompecabezas tridimensional, tal y como se puede apreciar en la Ilustración 9. La estructura de la silla es generada a partir de treinta y nueve (39) piezas, el nombre del producto se debe a estas dos referencias.

Este desarrollo, que inició con una propuesta de doscientas dos (202) piezas, que con alternativas iterativas, llegó a una versión de ochenta y cinco (85) piezas, mejorando la eficiencia y el costo del producto. En el momento, el proyecto Bits and Parts, cuenta con dos modelos más, *'Maker Puzzle'* y *'Kids Maker Chair 19'*, que pueden ser descargados de manera gratuita del sitio web, para ser fabricados en una impresora de escritorio. Es importante que las especificaciones del equipo de impresión, son responsabilidad de aquel que la vaya a fabricar, así que deberá asegurarse que las especificaciones hacen que el elemento sea funcional.

Es uno de los proyectos revisados que aplica el concepto de Diseño Abierto, ya que el acceso a la información del producto, planos y modelos, son de descarga libre, al igual que se permiten modificaciones al modelo original. La tecnología de impresión bajo la cual se propone la

fabricación de estas sillas es la de FFF, tecnología de manufactura aditiva de mayor aceptación y uso a nivel doméstico e industrial.



Ilustración - Kids Maker Chair P39



Ilustración 10 - Modelos de Bits and Parts

⁷Información obtenida de: <https://www.jorislaarman.com/work/bits-parts/> - <https://www.bitsandparts.org/>



Ilustración 11 - Proceso de Impresión Kids Maker Chair.

Los proyectos referenciados anteriormente, permiten establecer los requerimientos que se tomarán en cuenta para contar con un proceso de manufactura aditiva a gran escala. Su aplicación demuestra que la sumatoria de esfuerzos, en los que las alianzas estratégicas se consolidan, es la base de un desarrollo exitoso. Es importante ver esta consideración, ya que desvirtúa el concepto de una sola empresa o una sola persona, haciendo todo el proyecto, la participación de entidades de diversos sectores, públicas, privadas, gubernamentales, la academia y los usuarios, son de carácter interdisciplinar y diverso.

Las dimensiones de un equipo que permita hacer una impresión de gran tamaño, será por supuesto, de un tamaño mayor que el objeto a producir, por lo que contempla también, un área de tamaño considerable para su instalación. Por el momento la oferta de equipos de impresión a gran escala es reducida, ya que “el desarrollo de la manufactura aditiva y la impresión 3D se ha enfocado en su mayoría en máquinas de pequeña escala” (Shah, 2019), ya que las especificaciones cambian, generando mayor dificultad en la precisión de los movimientos, temperaturas de extrusión, lo que afecta directamente la estabilidad dimensional de la pieza, “una serie de retos deben superarse para que impresoras 3D de gran escala sean viables” (Shah, 2019)

MANUFACTURA ADITIVA: ELEMENTOS DE UNIÓN

De acuerdo a las categorías mencionadas, un camino posible para investigar posibles aplicaciones de la manufactura aditiva en el mobiliario, se define a partir de

la determinante del tamaño del elemento a fabricar, de acuerdo al volumen máximo de impresión que se pueda tener a disposición. Teniendo en cuenta que la utilización de impresoras 3D de pequeña escala, llamadas también de escritorio, es la de más rápido crecimiento, los términos de búsqueda se direccionaron a encontrar elementos de unión de piezas, que sean factibles de ser fabricados en una impresora de pequeño volumen. Se obtuvieron resultados en los que elementos desarrollados por manufactura aditiva, permiten la unión de uno o más elementos con el fin de obtener una estructura, que puede resultar en una pieza mobiliario funcional.

La aplicación de los procesos de manufactura aditiva, en el desarrollo de uniones demuestra que hay una alternativa a los sistemas tradicionales de unión que se trabajan en el diseño y fabricación de mobiliario, los cuales contemplan la experticia de un trabajador de la madera para unir piezas a partir del mecanizado del material, hasta la sujeción con elementos metálicos como tornillos auto perforantes y conectores Minifix. El hecho que un elemento pueda ser ensamblado mediante las uniones fabricadas en una impresora 3D de escritorio, posibilitaría que usuarios puedan diseñar y desarrollar el objeto final, decidiendo sobre aspectos como tamaño y forma deseada, para responder a sus expectativas.

La investigación sobre uniones impresas en 3D, retorna resultados diversos, en los que la exploración contempla la aplicación de conceptos tradicionales, artesanales, híbridos, orgánicos, generativos, entre muchos otros, evidenciando que no hay una sola lógica para asumir el

desarrollo de estos elementos. Definir el término de "uniones impresas en 3D", es definir también el proceso de armado de una estructura por medio de conexiones, que permiten modificar longitudes, áreas, direcciones, ángulos e inclinaciones, que determinan que materias primas genéricas, pueden dar diversos resultados.

Es por esto que se requiere caracterizar y categorizar los elementos encontrados. Para la presente investigación se definieron seis tipologías de clasificación que se denominaron: ENSAMBLE, EMPALME, JUNTA, NODO, RÓTULA y SUJECCIÓN, tal y como se puede evidenciar en la Figura 1 - Mapa de Categorización. Estas tipologías fueron desarrolladas por el grupo de investigación, para caracterizar los elementos encontrados desde la versatilidad y funcionalidad de cada unión resultado de la búsqueda. Una decisión inicial, fue tomar como referencia los términos Ensamble, Empalme y Junta, que surgen de uniones estructurales entre piezas de madera. Las características de cada tipología, están definidas de la siguiente manera:

i. Ensamble

Elemento de unión que permite la conexión de dos o tres piezas. Manteniéndolas en posición firme y generando un cambio de dirección entre las piezas a unir. Suelen generar figuras tipo "L" o "T". Los ángulos generados usualmente son a 90°, aunque la variación de los mismos es una exploración que definirá la estructura final.



Ilustración 12 - Ejemplo de Ensamble / Proyecto Print to Build (Ollé Gellért - 2015)⁸

ii. Empalme⁹

Conector que permite a través de la unión de dos piezas, prolongar la longitud del elemento final. Por lo general la dirección se mantiene, sin embargo puede cambiar la angulación. El empalme usualmente se utiliza en la construcción.



Ilustración 13 - Ejemplo de Empalme / Proyecto Arronde (Camille Ravanel - 2017)

iii. Junta¹⁰

Conector que se utiliza para ampliar un área de superficie, mediante la unión de varias piezas. Usualmente este elemento, junta piezas desde el canto, por lo que los resultados obtenidos pueden ser superficies de mayor dimensión. Puede tener angulaciones.



Ilustración - Ejemplo de Junta / Proyecto Link Furniture System (Tamás Boldizsár - 2014)

⁸Imágenes obtenidas de: <https://www.ducotedechezvous.com/article/tutoriel-lancez-vous-et-realisez-votre-version-d-arronde/>

⁹Imagen obtenida de: <https://www.behance.net/gallery/17674011/LINK-Furniture-system-the-playful-furniture>

¹⁰Imagen obtenida de: <https://www.behance.net/gallery/17674011/LINK-Furniture-system-the-playful-furniture>

Reparar, Adaptar y Personalizar: Posibilidades de la Impresión 3D en la Cotidianidad.

iv. Nodo¹¹

Elemento de unión que actúa como foco de composición central y conecta tres piezas o más. Por lo general cambiando las direcciones a partir de ángulos propuestos. Es elemento característico de los domos geodésicos.

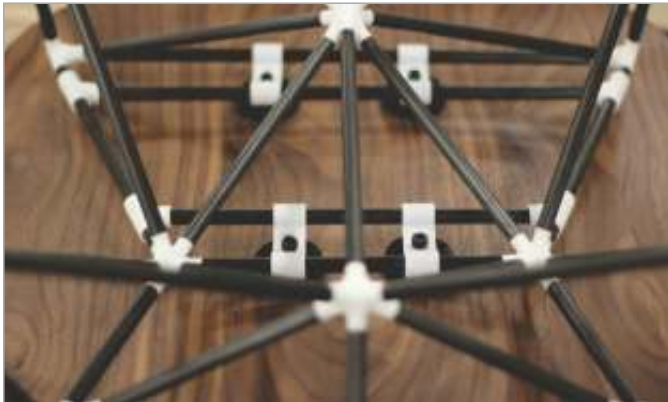


Ilustración 15 - Ejemplo de Nodo / Proyecto Node (Charles Fried - 2015).

v. Rótula¹²

Este tipo de unión, además de permitir el ensamble de dos piezas o más, genera la posibilidad de rotación en diferentes ángulos y direcciones. Suele ser un ensamble, junta o nodo, que tiene movimiento.



Ilustración 16 - Ejemplo Rótula + Nodo / Proyecto HUBS (Chris Jordan / Mike Paisley - 2016).

vi. Sujeción

Este conector, requiere un sistema de ajuste mecánico para las piezas a ensamblar. Por lo general, posterior al encaje de las piezas, se realiza una acción para asegurar. Suele ser un ensamble, junta o nodo.

Esta caracterización de tipologías, promovió el desarrollo de una ficha de análisis como se puede ver en la Figura 2, que permite inicialmente documentar las variables de



Ilustración 17- Ejemplo de Sujeción + Ensamble / Proyecto PlayWood 90° (PlayWood - 2016). Imagen obtenida de: <https://www.playwood.it/>

cada ensamble, desde una perspectiva funcional y morfológica, analizando aspectos propios de principios y relaciones de diseño, al igual que las consideraciones geométricas (figura, tamaño color y textura). Esta información de acceso abierto se puede consultar en: <https://bit.ly/3DSENA>.

El número de elementos retornados a partir de los parámetros de búsqueda, fue alto, lo que permite comprender que el desarrollo de estos elementos aplicados al mobiliario generan un ejercicio de desarrollo constante, en su mayoría por parte de diseñadores, entusiastas y académicos, que aún no se ha visto aplicado en los sectores de manufactura y comercio, por lo que tampoco ha llegado a vincularse a los espacios de la vida cotidiana. Se caracterizaron un total de treinta y tres (33) elementos, en los que la diversidad de uniones, hace parte de una experimentación propia por parte de cada desarrollador, bajo un esquema de libertad, sin los límites de requerimientos o determinantes. Algunos de estos elementos de unión se encuentran para descarga gratuita e impresión inmediata, bajo licencias de Creative Commons y conceptos de código abierto, mientras que otros, son desarrollos de carácter comercial, permitiendo su descarga y posterior impresión, pagando el costo que ha determinado el desarrollador.

¹¹Imagen obtenida de: <https://charlesfrieddesign.wordpress.com/2015/08/27/beauty-in-complexity-node/>

¹²Imagen obtenida de: <https://buildwithhubs.co.uk/>

[illegible]

Figura 2 - Ficha de Análisis (Fuente propia)

MANUFACTURA ADITIVA, ¿UNA TECNOLOGÍA APLICABLE EN SITUACIONES COTIDIANAS?

Retomando las referencias presentadas al inicio de este artículo, en la que se citan los textos de Arturo Escobar (2016) y Ezio Manzini (2015), para mencionar aspectos de autonomía creativa y la posibilidad que todos diseñen, las reflexiones en torno a la manufactura aditiva requieren salir del entorno industrial y comercial, para que su potencia como elemento revolucionario, pueda ser explorado desde el día a día, por parte de la comunidad en general. Una alternativa para democratizar el diseño, desde metodologías participativas, que permitan la decisión y no la imposición. El término se empieza a definir como Social Product Development¹³. Como es citado por Forbes y Schaefer (2017) el SPD¹⁴ es “un modelo que extiende las fronteras de la innovación abierta, más allá de los modelos de intervención del cliente (en el desarrollo de productos), hacia actores e individuos socialmente articulados, involucrados completamente en la ideación y desarrollo de un nuevo producto” (Abhari, Davidson, & Xiao, 2016).

El cuestionamiento sobre la aplicación de la manufactura aditiva, es la intención para que esta tecnología, tras-

cienda la esfera industrial y se inserte en los entornos cotidianos. Si hay una cuarta revolución, desde la conectividad y el acceso, si la democratización puede ser uno de los principios rectores del diseño de producto y servicios, desde lo social, si la decisión de enfrentar los modelos devastadores del consumismo, desde lo sostenible, si la posibilidad de un fortalecimiento local, desde la autonomía, hacen parte de una proyección de otras realidades y alternativas, de un giro a la tuerca de la manera en la que se ha impuesto las condiciones en lo social, lo cultural y lo ambiental.

Desde esta perspectiva y en relación al objeto denominado mobiliario, hay diversas acciones que se pueden realizar para tomar la rienda de la manufactura aditiva en la cotidianidad. Referenciando tres posibles situaciones a las que se podría enfrentar una persona en el entorno doméstico decantarían en prácticas de reparación, adaptación y personalización. Usualmente estas prácticas, se han llevado a cabo sin técnicos o teóricas de diseño y sin acceso a equipos de manufactura aditiva; estos gestos, desde el contexto local, tienen intenciones de prolongar la vida útil y significativa de los objetos, transformarlos para

¹³Desarrollo de Productos Sociales

¹⁴Social Product Development

Reparar, Adaptar y Personalizar:

Posibilidades de la Impresión 3D en la Cotidianidad.

que cumplan con condiciones específicas y darles detalles de apropiación. Cómo se podría resolver, desde la impresión 3D, actos de reparar, adaptar y personalizar, es una de las incertidumbres, que queda para siguientes exploraciones sobre este tema.

En un intento por entender la reparación, la adaptación y la personalización, se han definido como acciones, de la siguiente manera:

• REPARAR:

Las relaciones entre los seres humanos y los objetos, se dan en diferentes niveles, que abarcan aspectos funcionales, emocionales y significativos. Inicialmente, un objeto tiene como propósito suplir necesidades y cumplir expectativas, en su sentido pragmático, brinda una utilidad. El paso del tiempo las relaciones generadas, se fortalecen a través de significados que trascienden lo utilitario. La reparación es un acto de cuidado y protección, de mantener la utilidad del elemento y la carga significativa, es también, enfrentarse con lo efímero y negar la posibilidad del desecho inmediato, por lo que se considera de carácter sustentable.

Reparar, desde la impresión 3D, significa comprender y reconocer que hay otras maneras de asumir los objetos, para componerlos nuevamente, manteniendo las condiciones iniciales. Permite la generación de piezas que funcionarán como elementos adicionales, que serán precisos de acuerdo con las condiciones del objeto a reparar. Este arreglo, usualmente es visible, con lo que se sigue escribiendo la biografía del objeto.

ADAPTAR:

Uno de los principios de diseño, considera que los objetos deben adaptarse a los usuarios y no estos a los objetos, sin embargo, bajo el concepto de lo genérico y lo homogéneo, diversas transformaciones se aplican a los objetos, en un intento de hacer que cumplan con condiciones particulares de cada persona.

Adaptar mediante el proceso de manufactura aditiva, contempla el desarrollo de elementos que se ajustan a los objetos, para mejorar sus cualidades de uso o brindarle una posibilidad más que no está contemplada en la función inicial del objeto. De manera consciente o inconsciente, se extiende el tiempo de vida del objeto, al

ampliar su panorama de uso. Este elemento anexo, es funcional y puede desarrollarse con una estética propia.

PERSONALIZAR:

Los procesos de personalización, se contemplan en el desarrollo como una propuesta de valor, que suele traer un costo extra. La estandarización propone que los productos sean genéricos. Esto concibe una uniformidad, en los que la diversidad se ve disminuida.

La personalización de objetos, por medio de la impresión 3D, puede ser el intento por hacerle frente a las características de lo homogéneo, se puede entender como una aplicación de carácter estético, que refuerza la relación emocional con el objeto, a partir de la apropiación.

CONCLUSIONES:

La veloz dinámica en la que la sociedad se enmarca, desde los modelos económicos globales, jerárquicos e impuestos, que estructura una sociedad de consumo y desecho, vale la pena cuestionar las implicaciones de la impresión 3D, en aspectos de autonomía y decisión, como búsqueda de valores sostenibles y ecológicos, proponiendo la democratización de la tecnología; si bien, este puede ser el estado ideal, también es de cuestionar otra cara de la moneda, en la que la industria 4.0, continuará siendo un modelo de opresión y obligación, con formas de producción exagerada y mayor contaminación, es decir, si será parte de un modelo autocrático. Estos dos panoramas, que plantean dos conceptos opuestos, se describen en esta conclusión, como una provocación para generar nuevas conversaciones al respecto.

En cuanto a la industria del mobiliario y a los espacios domésticos, la manufactura aditiva empieza a abrir su campo de aplicación. Si bien, para la esfera industrial se requiere una inversión para la adquisición de estos equipos, también es cierto que el desarrollo de la impresión a gran escala, aún no alcanza un desarrollo que permita su accesibilidad. Por el contrario, los equipos de pequeña escala, tienen cada vez costos menores, con una amplia oferta y posibilidades mayores de acceso.

Es importante mencionar, el equipo de impresión 3D, es uno de los elementos del sistema que se requieren para

poder desarrollar una pieza, el conocimiento el software CAD, que conllevan en sí lógicas geométricas y espaciales, tendrán que ser parte de la divulgación libre, para que el proceso traspase las fronteras del consumo, hacia la producción, término que se define como el 'prosumidor', concepto anticipado por Marshall McLuhan y Barrington Nevitt, quienes en el libro *Take Today* (1972), afirmaron que la tecnología electrónica permitiría al consumidor asumir simultáneamente los roles de productor y consumidor de contenidos' (Islas-Carmona, 2009).

El panorama empieza a cambiar, el acceso libre a los recursos, la intención de lo comunal, la búsqueda del bienestar, propuestas desde una parte de la sociedad que desde el pensamiento crítico, propone alternativas de cambio a los modelos hegemónicos. La manufactura aditiva, puede tener un rol importante en este cambio, si sus posibilidades son exploradas, desde diversos entornos, con aplicación social.

REFERENCIAS

Abhari, K., Davidson, E., & Xiao, B. (2016). Measure the Perceived Functional Affordance of Collaborative Innovation Networks in Social Product Development. 49th Hawaii International Conference on System Sciences, (págs. 929-938). Hawaii.

Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018).

Industria 4.0: fabricando el futuro. Banco Interamericano de Desarrollo.

Escobar, A. (2016). *Autonomía y Diseño: La realización de lo Comunal*. Popayan: Universidad del Cauca.

Forbes, H., & Schaefer, D. (2017). Social Product Development: The Democratization of Design, Manufacture and Innovation. *Procedia CIRP* 60, 404-409.

Islas-Carmona, J. O. (2009). El prosumidor. El actor comunicativo de la sociedad de la ubicuidad. *Palabra Clave* 11, Recuperado de <https://palabraclave.unisabana.edu.co/index.php/palabraclave/article/view/1413/1723>.

Jorquera, A. (2016). *Fabricación Digital: Introducción al Modelado e Impresión 3D*. Madrid: Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

Manzini, E. (2015). *Cuando todos diseñan: Una introducción al diseño para la innovación social*. Madrid: Experimenta Theoria.

Shah, J. S. (2019). Large-scale 3D printers for additive manufacturing: design considerations and challenges. *Int J Adv Manuf Technol* 104, 3679-3693.

The New Raw. (2016). *The New Raw*.

Análisis del software Quantum Gis y su implementación en el sector productivo

Hanna Mitchell Nomelin Peña¹, Juan Francisco Guzmán Zabala²

hnomelin08@gmail.com¹, jfguzmanz@sena.edu.co²

Grupo de investigación SENNOVA CTCM SENA Bogotá, Semillero de Investigación

Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera, Bogotá, Cundinamarca

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

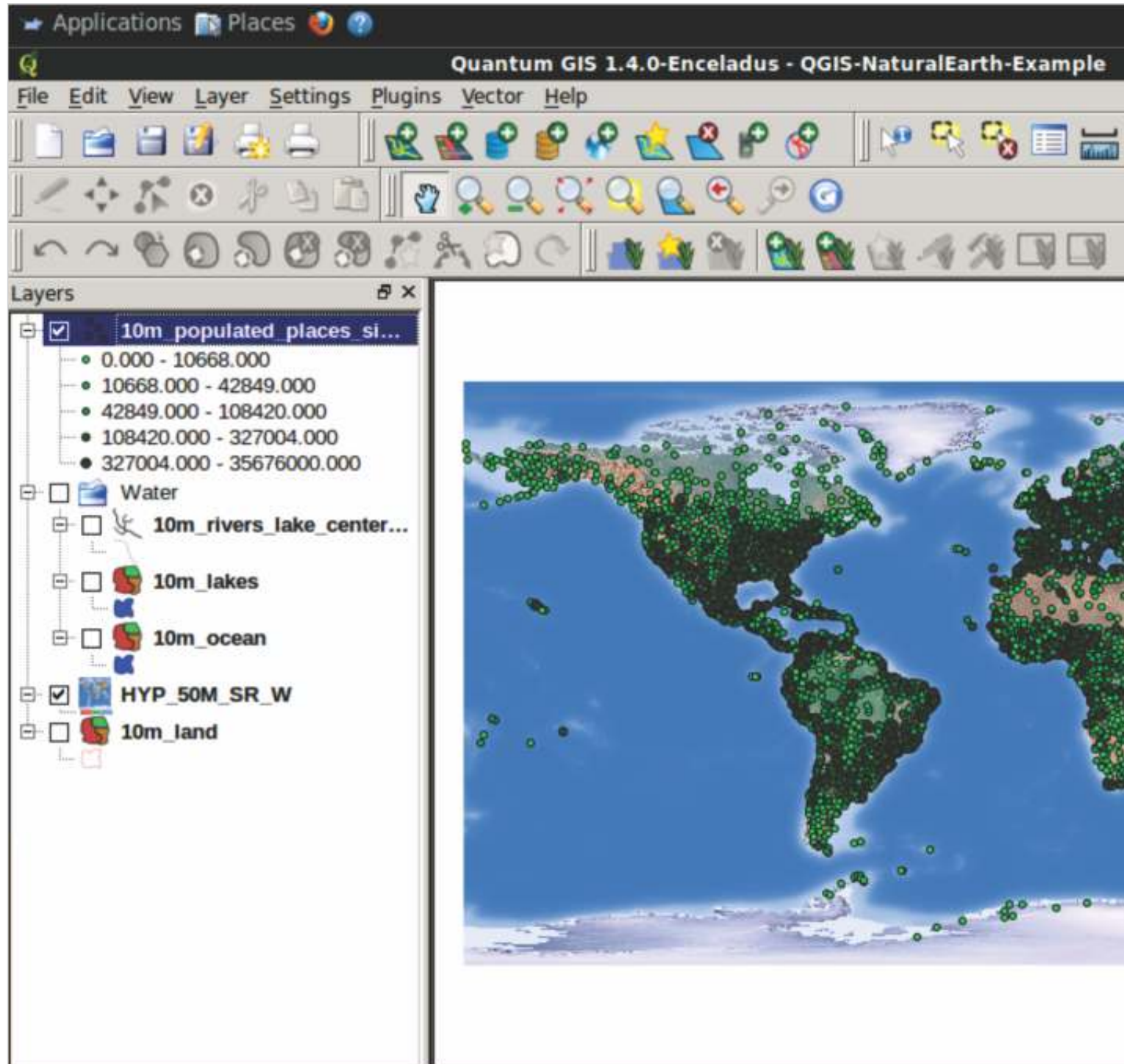


Figura 1: archivos SENNOVA CTCM.

Resumen

El presente artículo corresponde a una investigación descriptiva del programa Quantum Gis para los procesos de formación que se llevarán a cabo dentro del Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera (CTCM) en el aula de geomática a su vez que los aprendices puedan identificar las herramientas y características principales del programa con el objetivo de usar estos procesos formativos como una alternativa de innovación y potencial en la topografía convencional en obras civiles, construcción y sobre todo, brindar solución a problemas de ingeniería e infraestructura de esta manera se identificó las principales funciones así como se verificó la información con respecto a su uso dentro del sector productivo con el fin de observar los beneficios que el programa nos brinda comparados con la topografía convencional. Principalmente se halló que el programa cuenta con complementos que facilitan el procesamiento de datos para cualquier tipo de proyecto, de sistemas de información geográfico (SIG) como en la topografía, construcción y catastro multipropósito entre otros. Esta herramienta cuenta con una gran ventaja y es que puede desarrollarse para una necesidad de procesamiento con características específicas.

Palabras clave - QGIS, topografía, aplicaciones, sector productivo, SIG.

Abstract

This article corresponds to a descriptive investigation of the Quantum Gis program for the training processes carried out within the Scepter of Technologies for Construction and Wood (CTCM) in the geomatics classroom, in turn that the trainees can identify the tools and main features of the program with the objective of using these training processes as an alternative of innovation and potential in the conventional topography in civil works, construction and above all, provide solutions to engineering and infrastructure problems in this way the main functions were identified as well. How the information is verified regarding its use within the productive sector in order to observe the benefits that the program offers us compared to conventional topography. Mainly it was found that the program has add-ons that facilitate data processing for any type of project, geographic information systems (GIS) such as topography, construction and multi-purpose cadastre among others. This tool has a great advantage and it can be developed for a processing need with specific characteristics.

Keywords - QGIS, topography, applications, productive sector.



Introducción

El presente trabajo de investigación que hace parte de la creación del aula de Geomática, para el CTCM SENA, ubicado en el Distrito Capital de Bogotá. Tiene por objetivo describir las generalidades, características y herramientas que nos brinda el programa Quantum Gis (QGIS), como también de sus usos en el sector productivo y potenciales aplicaciones.

Lo anterior con la finalidad de evidenciar las ventajas y desventajas que tiene el programa, comparado con la topografía convencional.

El programa Quantum GIS tiene como uso principal, visualizar datos y metadatos tanto de archivos raster como vectoriales en la parte del sector productivo y la cartografía.

Adicionalmente el software aparte de realizar consultas, crear modelos digitales de elevación y subir mapas a la web también cuenta con plug-in (complementos) los cuales son aplicaciones que se relacionan con el software Qgis con el fin de adicionar una función específica.

Teniendo en cuenta lo anterior el programa Qgis aparte de que es un SIG libre encontramos algunos de muchos complementos llamado PostgreSQL el cual es un sistema de bases de datos orientado a objetos de código abierto con lenguaje de consulta estructurado por sus siglas en inglés (SQL). Además de ser gratuito es altamente extensible ya que viene con muchas características como crear aplicaciones también se asegura de cuidar la integridad de los datos por más grandes que sean.



Figura 1. logo PostgreSQL («How Postgres is taking the fight to the NoSQL pretenders | Computing», 2015)

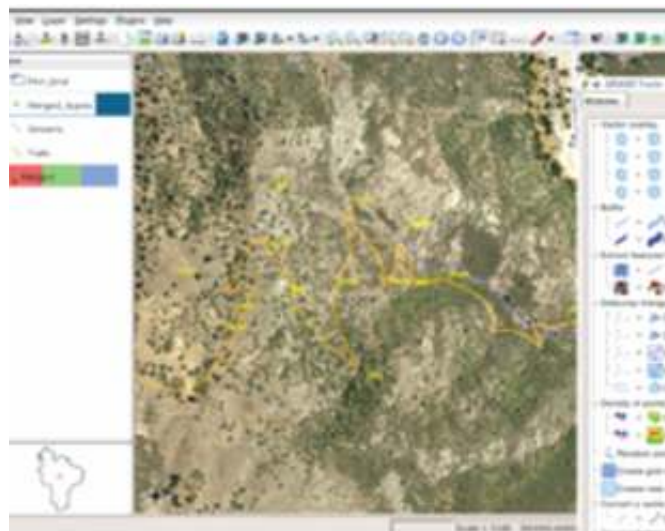


Figura 2. Captura de pantalla visualización de una ortófoto en QGIS
Fuente: (Pérez, 2018).

Según Pérez (2018), el programa nos permite realizar cálculos hidráulicos y generar un modelo hidrometeorológico con el que podemos obtener los hidrogramas de avenida de un punto, es desarrollado por el cuerpo de ingenieros del ejército de Estados Unidos.

En el contexto del SENA todos estos saberes y aplicaciones a nivel internacional pueden brindar a los aprendices conocimientos sobre el manejo de la información geoespacial mediante el uso de las nuevas tecnologías de los SIG. De esta manera se podrán generar nuevos programas de formación orientados a las necesidades del sector productivo (empresas), público en general y aprendices SENA de programas de topografía, construcción y obras civiles.



Figura 3. Logo GRASS GIS
Fuente: (MappingGIS, 2019)

PLUGIN GRASS EN QGIS

De acuerdo a la página Mapping GIS (2019), QGIS es usado para el tratamiento digital de imágenes, así como del análisis y edición de datos vectoriales, de esta manera proporciona libre acceso a las bases de datos y funcionalidades tales como: herramientas de geo proceso para datos vectoriales, conversión de formatos, herramienta de análisis y extracción, visualizador de datos en 3D entre otros.

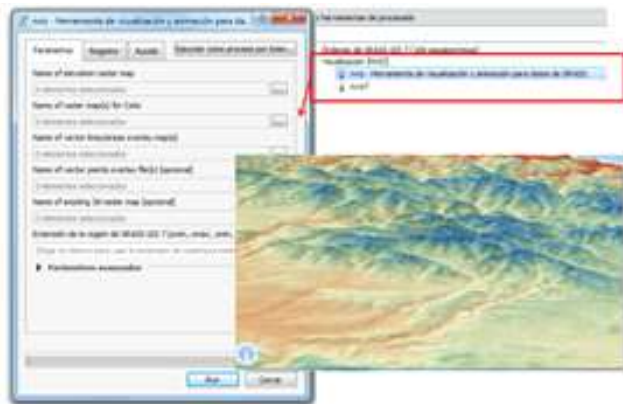


Figura 4. Plugin Qgis2threejs. Permite realizar modelado 3D
Fuente: (MappingGIS, 2019).

Metodología

El presente artículo corresponde a una investigación descriptiva.

Recuperación de datos

Para la recolección de información se emplearon las bases de datos especializadas como Proquest. Utilizando como palabras clave de búsqueda QGIS así mismo información primaria recolectada de visitas y entrevistas a empresas.

Análisis

Se realizó la lectura de los artículos para clasificar la información más relevante acerca de la aplicación del QGIS en la topografía, construcción y obras civiles, así como de los componentes asociados.

Crítica e interpretación de datos secundarios

Una vez recopilada de la información relevante, se valida el resultado obtenido con respecto al uso en el sector

productivo, realizando entrevistas a profesionales SIG en empresas que actualmente emplean QGIS.

Construcción de resultados

Con la información adquirida y entrevistas a empresas se construyó un cuadro comparativo para organizar la información, que permitió identificar las semejanzas y diferencias entre el QGIS y la topografía.

Resultados

Se encontró especialmente que el programa cuenta con una gran variedad de complementos y características que nos facilitan el trabajo en cualquier campo que se manejen (SIG) como en la topografía, hidrología, meteorología, etc.

El programa Quantum GIS aparte de realizar archivos raster y modelos vectoriales de elevación, cuenta con una herramienta para desarrollar trabajos específicos para cualquier proyecto de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Una herramienta a tomar en consideración es CLUZ, Está diseñada para que los usuarios puedan crear un sistema de planificación de conservación, permitiendo crear espacios de áreas protegidas como paisajes terrestres y marinos para su preservación. Este complemento se puede ejecutar en el paquete de software de priorización de conservación espacial de Marxan.

Por otro lado, se realizó una visita a la Corporación Autónoma Regional (CAR) para llevar a cabo una transferencia de conocimiento, esencialmente en el grupo de modelos digitales ambientales. El tema principal que se manejó fue la implementación de las nuevas tecnologías a la topografía en este caso a la fotogrametría el uso de drones y software de post proceso.

En cuanto al uso del programa Quantum Gis dentro de la CAR, es usado como visualizador de datos, en este caso para visualizar fotografías aéreas tomadas por medio de un dron.

Se construye la tabla comparativa (ver tabla 1) de la topografía convencional vs el programa, con base en la información obtenida.

Análisis del software Quantum Gis y su implementación en el sector productivo

Tabla 1. Cuadro comparativo, Fuente: Propia.

	QGIS	TOPOGRAFIA CONVENCIONAL
Diseño de mapas	Métodos más sencillos con el uso de herramientas como un computador que mejoran la estética al realizar los mapas.	Métodos antiguos que tardan la realización y estética de los mapas.
Trabajo de oficina	Facilita el trabajo de oficina gracias a las TIC ya que permite realizar cálculos de una manera más sencilla.	Se emplean métodos antiguos que afectan en mayor cantidad, gracias a los errores humanos.
Cálculos	Permite pasar de un sistema de coordenadas a otro con facilidad, sin realizar cálculos complejos. El sistema lo genera automáticamente	Se requiere realizar cálculos para poder convertir los sistemas de coordenadas.
WEB	Permite la creación de geo portales para la visualización de la información.	No permite la visualización de información online.
Layers	Permite separar el mapa por capas "layers" para pos proceso.	Debe generarse varios mapas físicos para poder visualizar un territorio en específico.
Modelaciones	Permite realizar modelación y análisis espacial de manera fácil y rápida.	No permite modelar datos visualmente.
Plugins	Permite crear procesos automatizados a partir de la experiencia del profesional.	Los procedimientos son cálculos extensos y tediosos y no sistematizados.
Exportar datos	Herramientas de digitalización compatibles con ORG para procesado de imágenes.	No se cuenta con las herramientas para procesado de imágenes.
Editar mapas gratuitamente	Contiene un apoyo para visualizar y editar contenido de stret map.	No permite visualizar ni editar ningún contenido en dispositivos GPS móviles a través del proyecto stret map.
Manejo de bases de datos	Permite el manejo de bases de datos espaciales a través de DB manager.	No cuenta con el material para el manejo de bases de datos.
Exportar datos de diseño	A través de DXF-Export podemos exportar estilos y complementos para realizar funciones similares a la de CAD (computer-aided design and drafting) que significan "bosquejo y asistido por computadora.	No proporciona los instrumentos para generar la exportación de complementos similares al CAD.

Discusión

En el pasado, para el campo de la topografía existían métodos más antiguos que causaban mayor valor y tiempo en cuanto a la realización de mapas, trabajo de oficina, cálculos entre otros; como dice el artículo de la Universidad San Marcos, Historia y Evolución de la

Topografía, "Los métodos topográficos son diversos sistemas de proceder para en función de los trabajos de campo y gabinete tener una toma de datos correctos". (UNMSM, 2019).

Gracias a los avances tecnológicos que ha habido en el transcurso del tiempo han ayudado bastante en todos los

campos existentes entre ellos la topografía, construcción vías etc. Según lo manifiesta el artículo "los SIG facilitan la revisión de la brecha entre las condiciones deseadas y las actuales, ya que permiten moverse entre una visión general y los acercamientos selectivos al tema y grado de detalle que requiere cada usuario en particular". (Adriana Molina & Luis López, 2005).

Dentro de estos avances tecnológicos encontramos que los SIG nos permiten relacionar cualquier tipo de dato con una localización geográfica de esta manera surgen también varios software y programas dentro de estos el Quantum Gis es un programa que nos facilita en gran parte el manejo de datos y metadatos a la hora de realizar mapas, facilita el trabajo de oficina y cálculos gracias al TIC, con él podemos realizar modelación 3D para análisis de un terreno además de todo eso cuenta con un complemento que nos permite adecuar el programa para cualquier proyecto que queramos realizar.

Conclusiones

- El software QGIS, incentiva al desarrollo de herramientas para el post-procesamiento de información, contiene plugins, que permiten facilitar el manejo de la información espacial en cualquier contexto profesional.
- Incentiva la continua investigación del programa ya que se evidencio su poca investigación y complementación del mismo y las limitaciones que este contiene.
- Se promueve el uso de SIG dentro del entorno de formación con la ayuda de las herramientas dispuestas en el aula de geomática.

Agradecimientos

La auxiliar de Investigación Hanna Nomelin, desea dar gracias al SENA por otorgarle la oportunidad de hacer parte del grupo de semilleros de SENNOVA, a los instructores que apoyaron y transmitieron sus conocimientos, a su mamá y hermana por el amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que se preocupaban por ella, por ser las principales promotoras de sus sueños, en especial a su mamá por acompañarla en cada noche de estudio.

Referencias

Adriana Molina, & Luis Lopez. (2005). LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA PLANIFICACIÓN MUNICIPAL. Recuperado 16 de septiembre de 2019, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372005000200003.

MappingGIS. (2019). Qué podemos hacer con GRASS GIS 7—MappingGIS. Recuperado 5 de julio de 2019, de <https://mappinggis.com/2016/05/puedo-grass-gis-7/>

Pérez, M. N. (2018, enero 2). Cómo hacer un estudio de avenidas sólo con software libre. Recuperado 3 de julio de 2019, de Cursos GIS | TYC GIS Formación website: <https://www.cursosgis.com/como-hacer-un-estudio-de-avenidas-solo-con-software-libre/>

UNMSM. (2019). Historia y evolución de la topografía—Topografía—UNMSM - StuDocu. Recuperado 16 de septiembre de 2019, de <https://www.studocu.com/es/document/universidad-nacional-mayor-de-san-marcos/topografia/informe/historia-y-evolucion-de-la-topografia/3509555/view>

Implementación de Sistemas de Aeronaves no Tripuladas (UAS)

como estrategia en la gestión de Bosques Urbanos en Bogotá, Colombia

Juan Francisco Guzmán Zabala

jfguzmanz@sena.edu.co

Grupo de investigación SENNOVA CTCM SENA Bogotá, Semillero de Investigación

Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera, Bogotá, Cundinamarca

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA



Fotografía: archivos SENNOVA CTCM.



Resumen

La ciudad de Bogotá (2018) cuenta con un patrimonio de 1.269.673 individuos arbóreos y arbustivos ubicados en espacio público, administrados a través del Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano para Bogotá, D.C. (SIGAU). El presente artículo tiene por objetivo documentar los avances realizados en la implementación de UAS para la Gestión de Bosques Urbanos, en la ciudad de Bogotá. Como resultado se presentan los principales avances en materia de norma de competencia laboral, normatividad, operación de UAS, el error de medición asociado al software fotogramétrico, el error en la medición de alturas de árboles con UAS vs metodologías tradicionales, generación de modelos 3D para individuos arbóreos con UAS y su implementación en proyectos de arquitectura a través de portal Web.

Palabras clave - UAS, Gestión de Bosques Urbanos, Bogotá, fotogrametría, error de medición.

Abstract

The city of Bogotá (2018) has a heritage of 1.269.673 arboreal and shrubby individuals located in public space, managed through the Information System for the Management of Urban Trees for Bogotá, D.C. (SIGAU). The present article aims to document the progress made in the implementation of UAS for Urban Forest Management, in the city of Bogotá. As a result, the main advances in terms of labor competency standard, regulations, UAS operation, the measurement error associated with photogrammetric software, error in the measurement of tree heights with UAS vs traditional methodologies, generation of 3D models for arboreal individuals with UAS and their implementation in architectural projects through the Web portal.

Keywords - UAS, Urban Forest Management, Bogotá, photogrammetry, measurement error.

Implementación de Sistemas de Aeronaves no Tripuladas (UAS)

como estrategia en la gestión de Bosques Urbanos en Bogotá, Colombia

Introducción

Para (Ideas Medioambientales, 2016) el arbolado urbano es un elemento fundamental de las ciudades, como lo es la iluminación o las calles, requiere de un mantenimiento técnico adecuado, realizado por profesionales especializados, ajeno a presiones e intereses políticos o circunstanciales, su correcta gestión evita riesgos para los ciudadanos.

En la actualidad el Distrito Capital de Bogotá, posee normatividad para la gestión forestal del arbolado urbano, siendo la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), la designada a través del Decreto 383 de 2018, para su gestión a través del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis (JBB).

Según (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 2018), la ciudad cuenta con un patrimonio arbóreo de un millón doscientos sesenta y nueve mil seiscientos setenta y tres (1.269.673) individuos arbóreos y arbustivos ubicados en espacio público de uso público y administrados a través del Sistema de información para la gestión del arbolado urbano para Bogotá, D.C. (SIGAU). Así, teniendo en cuenta la dinámica de crecimiento de los mismos se hace necesario adelantar actividades de manejo silvicultural, encaminadas a garantizar la persistencia del recurso con niveles de seguridad y calidad para su entorno y habitantes.

Para facilitar su gestión, reducir los costos asociados y cumplir la meta del plan de podas de 60.000 árboles/año dispuesta en decreto, se han explorado nuevas alternativas tecnológicas como la implementación de UAS o Drones como son llamados comercialmente, con el objetivo de actualizar el SIGAU, a través de nuevas aplicaciones como la fotogrametría y el Light Detection and Ranging (LIDAR) discreto (García, 2010). Estas nuevas tecnologías han dado como resultado el desarrollo de nuevo software capaz de realizar el conteo e inventario de árboles, el cálculo de altura de los árboles y el cálculo de volumen de copa.

Esta evolución tecnológica de acuerdo a INCAE (2017), ha crecido a un ritmo exponencial y no lineal en los últimos 10 años, su avance tan acelerado no da oportunidad a que se incorpore a la formación de profesionales con la misma velocidad, igualmente (Aeronáutica Civil de Colombia, 2015) y (Ramírez, 2015) manifiestan que la expedición de normativa sobre el uso de UAS no es acorde con los

avances tecnológicos, requiriendo tiempo para la implementación de la norma.

Para (Putch, 2017) los Drones se están convirtiendo rápidamente en los medios de referencia para la colección de fotografías aéreas a pedido de sectores productivos, tales como la construcción y la topografía. La capacidad de capturar rápidamente imágenes generadas por Drones y el uso de Aplicaciones Móviles (APP) de fotogrametría basadas en la nube, para procesar mapas ortomosaicos de alta calidad, brinda a los profesionales la capacidad de realizar mediciones lineales punto a punto, sin la necesidad de capturar datos manualmente en áreas peligrosas, incluyendo sitios de trabajo como: vías, minas, terrazas y otras estructuras elevadas, así como de difícil acceso (UPM, 2010, p. 2). De igual manera según (Pereira et al, 2019) los UAS son usados para completar un amplio rango de tareas como patrullaje, transporte y recolección de información, en un solo vuelo capturar información de grandes áreas, aportando información de alturas entre otras variables dasométricas, vitales para la gestión del arbolado urbano y asignación de responsabilidades a las diferentes entidades de las que habla el Decreto 383 de 2018.

De 2011 a hoy, (Saha et al., 2018) coincide en que los smartphone que incluyen las potentes aplicaciones APP para captura, almacenamiento y procesamiento de datos, en combinación con Drones de última generación a bajos costos, ofrecen una alternativa más que considerable para las mediciones y con cada vez menos errores de medida, gracias a que los Drones en la actualidad se soportan en el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), así mismo, las tecnologías relacionadas con la configuración de la aeronave constituyen la tendencia con mayor actividad inventiva con 779 invenciones a 2015 (CIGEPI, 2015, p. 32). La implementación de UAS en Sistemas de Información Geográfico (SIG), se convierte en una parte fundamental del SIGAU para la gestión de los Bosques en Bogotá, base de datos actualizada por diferentes entidades, haciendo necesario emplear nuevas tecnologías que permitan agilizar el proceso de colección de la información y procesamiento, reduciendo tiempos y recursos económicos. Generando nuevas variables y permitiendo modelar el crecimiento de la población de árboles para generar planes de podas y asignar a las diferentes entidades responsabilidades acorde al inventario de la ciudad.

Siendo objetivo de este artículo documentar los avances realizados en la implementación de UAS para la Gestión de Bosques Urbanos en la ciudad de Bogotá, por el Servicio

Nacional de Aprendizaje (SENA), entre otras entidades como la Universidad Antonio Nariño (UAN) a través de su especialización SIG, con el apoyo del JBB.

El documento presenta dentro de sus principales avances: 1. Información general sobre la norma de competencia laboral desarrollada por el SENA, 2. Describe la normatividad actual para el uso de UAS, 3. Presenta información general sobre el manual publicado para la operación y aplicación de UAS desarrollado por el SENA, 4. Describe algunos detalles sobre el error de medición asociado al software fotogramétrico, proyecto del SENA 5. Presenta avances para el cálculo del error en la medición de alturas de árboles con UAS vs metodologías tradicionales, proyecto en desarrollo como parte de la especialización en SIG de la UAN con el apoyo del JBB y 6. Presenta información de los avances del proyecto de generación de modelos 3D para individuos arbóreos con UAS y su implementación en proyectos de arquitectura a través de portal Web de Fitotectura, desarrollado por el SENA.

Metodología

Zona de estudio

Los proyectos aquí mencionados han sido desarrollados en diferentes locaciones de la Ciudad de Bogotá, Colombia. Como parte del trabajo interinstitucional del SENA, el JBB y la UAN, desde el 2017, en el Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera (CTCM).

Métodos y técnicas de investigación

El presente artículo es una recopilación de saberes incorporados resultado de la ejecución de los proyectos del Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación SENNOVA, programa del SENA creado para el desarrollo de investigación aplicada y desarrollo tecnológico con aplicación al sector productivo, para la cual se llevó a cabo un estudio descriptivo con el objetivo de documentar los avances realizados en la implementación de Drones para la Gestión de Bosques Urbanos, en la ciudad de Bogotá, Colombia.

Resultados

Para Julio 19 de 2018 el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) publica la norma de competencia laboral "Manejar aeronaves no tripuladas de acuerdo con procedimientos técnicos y normativa aeronáutica" versión 1 con código 220901047 con base en las Normas Sectoriales de Competencia Laboral (NSCL), con la cual se pretende estandarizar las competencias que debe poseer un piloto de UAS, para poder llevar a cabo los trabajos de campo

necesarios. Esta puede ser descargada a través del siguiente link: <http://certificados.sena.edu.co/claborales/>.

Para Diciembre 27 de 2018, la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil de Colombia emite la Resolución 04201 que incorpora a la norma RAC 91 los reglamentos Aeronáuticos sobre la operación de UAS y otras disposiciones. Para Febrero de 2019 ya es publicado el RAC 91 con la enmienda respectiva.

Durante el año 2018 el SENA a través del Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera (CTCM) desarrolla el proyecto "Caracterización e implementación de aeronaves remotamente tripuladas para levantamiento topográfico, inspección de redes eléctricas e inspección de fachadas y terrazas", como resultado del mismo se elabora el manual para pilotaje de Drones y cálculo de áreas a través de fotogrametría (ver figura 1) denominado "Generalidades, caracterización e implementación de aeronaves remotamente tripuladas para levantamiento topográfico" que se encuentra publicado y disponible para descarga en el repositorio del SENA, a partir de Junio de 2019 en el siguiente link:

<https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/5188>



Figura 1: Portada del Libro para el aprendizaje de pilotaje de Drones y cálculo de áreas con fotogrametría. Fuente: (Ibáñez et al., 2019)

Implementación de Sistemas de Aeronaves no Tripuladas (UAS)

como estrategia en la gestión de Bosques Urbanos en Bogotá, Colombia

Igualmente para el 2018, se publica artículo en la revista Ciencia y Poder Aéreo de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), el cual reporta las 5 principales APP usadas en el mercado de fotogrametría, con el objetivo principal de evaluar el error de medición asociado a cada una de ellas, a través de la construcción de Ortomosaicos con la cámara ZENMUSE X3 (FC350) de resolución de 12MP del Dron DJI Inspire 1, estableciendo puntos de control a través de estaciones topográficas con precisión al milímetro, con la finalidad de hallar el error asociado a cada uno de los Ortomosaicos construidos con las diferentes APP. Se encontró que el margen de error promedio para todas las

APP es de 1,11%, de igual manera se pudo determinar que la altura mínima para marcación de Puntos de control con cámara de 12 Mp es de 60m (ver tabla 2), la precisión en la medición mejora en 0.35%, siendo la mejor APP DroneDeploy (ver tabla 1) con un error promedio de 0,66%. Ofreciendo una alternativa tecnológica importante para mejorar el desempeño en servicios topográficos, el artículo completo se encuentra publicado en la revista ciencia y poder, descargable a través del siguiente link: <https://publicacionesfac.com/index.php/cienciaypoderae/reo/article/view/603>.

Tabla 1. Margen de error sin GCP para las APP
Fuente: (Zabala, Paternina, y Cárdenas, 2018)

Factor de correlación de altura/APP	Medición 1 (12 m) Error (m)	Medición 2 (15 m) Error (m)	Medición 3 (30 m) Error (m)	Promedio (m)
ALTIZURE	0,142	0,128	0,138	0,14
Pix4D	0,108	0,172	0,102	0,13
PrecisionFlight	0,167	0,246	0,156	0,19
DroneDeploy	0,108	0,115	0,090	0,10
MAP PILOT	0,117	0,121	0,092	0,11
TOTAL				0,13
Error promedio de medición (m)	0,129	0,156	0,116	0,13
Error promedio de medición (%)	1,1	1,3	1,0	1,11

Tabla 2. Coeficiente de correlación de errores de medición asociados
Fuente: (Zabala, Paternina, y Cárdenas, 2018)

Altura de vuelo (m)	Medición 1 (12 m) Error (m)	Medición 2 (15 m) Error (m)	Medición 3 (30 m) Error (m)
20	0,08	0,08	0,16
30	0,11	0,12	0,26
60	0,17	0,24	0,41
120	0,20	0,27	0,44
Error promedio de medición (m)	0,14	0,18	0,32
Error promedio de medición (%)	1,16	1,18	1,06

En la actualidad se está llevando a cabo el proyecto “Cálculo del error en la medición de alturas de árboles asociados a la fotogrametría con Sistemas de Aeronaves no Tripuladas (UAS)”, como parte de la tesis de grado de la Especialización en Sistemas de Información Geográfica (SIG) de la Universidad Antonio Nariño y que tiene por objetivo la reducción de los altos costos asociados a los inventarios forestales para la actualización del SIGAU, en la ciudad de Bogotá.

Para el trabajo de campo se están estableciendo diez (10) parcelas en la ciudad con árboles aislados, seleccionados a

través de modelación espacial en SIG (ver figura 2), en ArcGIS Versión 10.6, empleando las siguientes capas: **1.** Puntos de control oficial en la ciudad, **2.** Curvas de nivel (se seleccionaron áreas con pendientes inferiores al 10%), **3.** Censo arbolado urbano (capa provista por el JBB), **4.** Vías y **5.** Andenes.

Se establecerán cinco (5) puntos de control (PC) permanentes por parcela y se corregirán sus posiciones con el Punto de Control Oficial del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

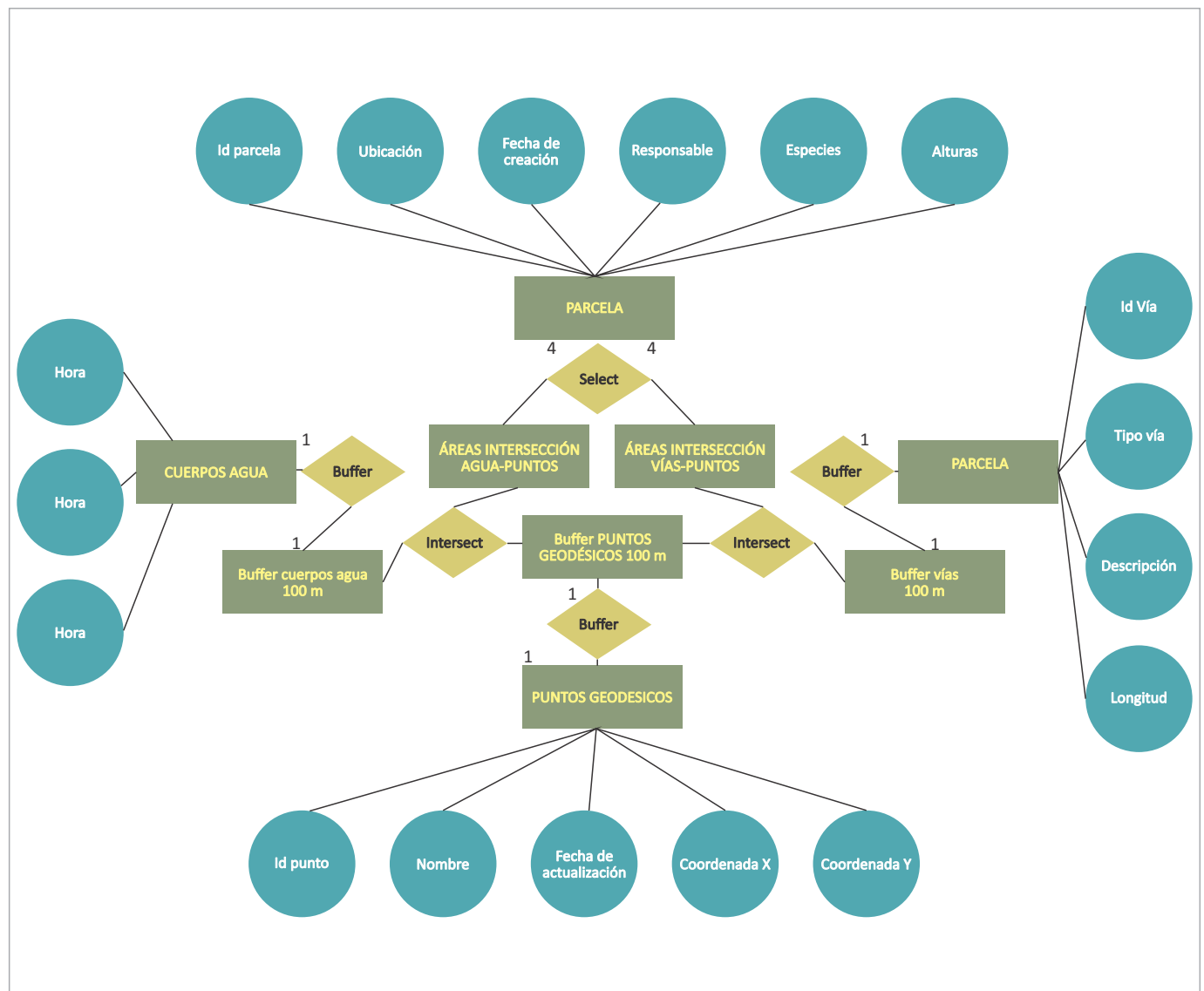


Figura 2: Modelo entidad relación, Fuente: Propia

Implementación de Sistemas de Aeronaves no Tripuladas (UAS) como estrategia en la gestión de Bosques Urbanos en Bogotá, Colombia

Una vez establecidas las parcelas se realiza la medición de alturas con el instrumento convencional (hipsómetro digital) y se realiza la captura de fotografías con el UAS previo alistamiento (ver figura 3), programando la ruta a través del software Pix4D, teniendo como variables, 1. Altura de vuelo (metros): 40, 60, 80, 100 y 120; 2. Resolución de cámara (megapíxeles): 12 y 20.

El proyecto espera hallar el error promedio asociado a la medición de alturas de árboles con fotogrametría de Drones, en arboles aislados de más de 15 metros de altura inicialmente, así como Incentivar el desarrollo de nuevas metodologías de inventario forestal a través de nuevas tecnologías emergentes, más económicos y eficientes, validadas y aceptadas por el IGAC.

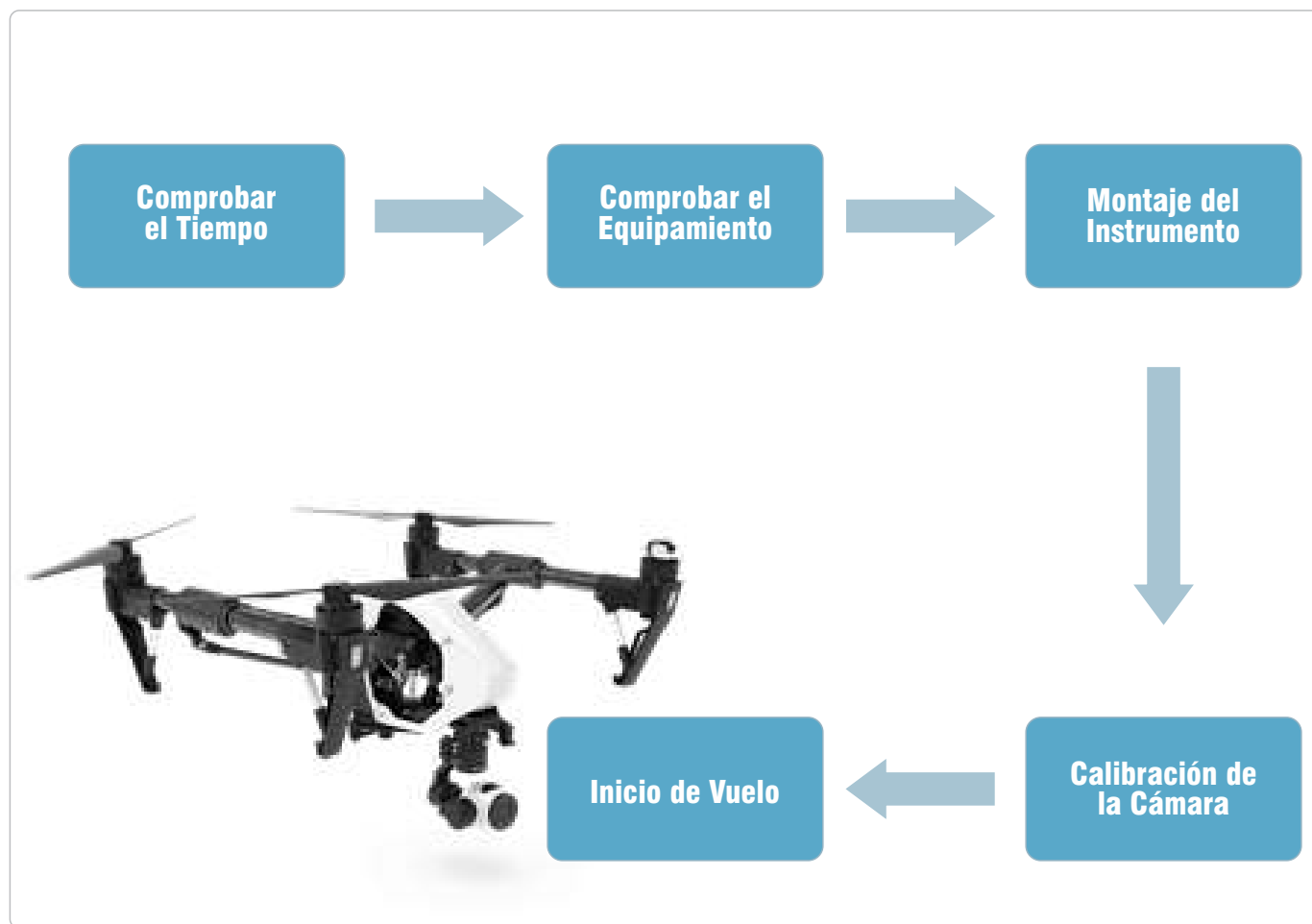


Figura 3: Ruta de proceso para alistamiento de vuelo con Dron.

Alternamente el SENA se encuentra en proceso de desarrollo del proyecto “Aplicación de fotogrametría con UAS para la generación de modelos 3D en especies arbóreas paisajísticas”, incorporando texturas realistas de especímenes arbóreos y la posterior creación de objetos aplicables en formato .OBJ, .3DS, o .DFX, .JPG y .PNG para la etapa de diseño, presentación de proyecto e implementación de proyectos arquitectónicos y urbanísticos, a partir de especies forestales nativas colombianas paisajísticas e introducidas.

El proceso básicamente consiste según (Cheng, 2017) en la toma de fotografías con Dron en formato .RAW que posee un mayor detalle que las imágenes .JPG, post procesadas en el software Agisoft Metashape, el cual se encarga de 1. Orientar las imágenes, 2. Generar la nube de puntos, 3. Crear la malla, 4. Generar la textura (ver figura 4) y finalmente después de una limpieza general de elementos no deseados se exporta en cualquiera de los formatos anteriormente mencionados.



Figura 4: Modelo 3D de árbol con textura, generado a partir de fotogrametría con drones en el software Agisoft Metashape. Fuente: Propia

Los desarrollos están siendo incorporados en la plataforma de FITOTECTURA (ver figura 5), proyecto desarrollado por el SENA regional Caldas en el año 2017, denominado “Desarrollo de Matriz de fitotectura en Manizales como Foco de Desarrollo y Sostenibilidad Ambiental”, el cual contempla la inclusión de elementos verdes que dinamicen los espacios y que apunten a la preservación ambiental del medio son necesarias en esta densificación. Para la vegetación debe ser caracterizada según su taxonomía, funcionalidad y morfología para implementarla en los proyectos de infraestructura. No solo se contempla un componente estético, se debe definir una funcionalidad técnica como elementos de definición de ruta, mitigación de olores, barreras acústicas, estabilización de terrenos, etc.

Medellín como referente nacional en sus planes de infraestructura cuenta con manuales que permiten determinar la vegetación óptima para sus proyectos. Trascender a los actores directos de la construcción (empresas constructoras y profesionales de la arquitectura, ingeniería y construcción). Proyectos urbanísticos y arquitectónicos con una apropiada asignación de la infraestructura verde. AL Portal Web (ver figura 5) se puede acceder a través del siguiente link: <http://www.fitotectura.grindda.com/>.

El portal contiene información de 200 especies de arbustos y árboles, clasificados según su requerimiento en campo y al potencial de la especie, a través de una plataforma intuitiva y fácil de usar.



Figura 5: Portal web de fitotectura desarrollado por el SENA

Discusión

En la actualidad la implementación de UAS como herramienta tecnológica para la gestión de bosques urbanos es muy incipiente, sin embargo, se soporta en los Sistemas de Información Geográfico (SIG), que han sido ampliamente tratados en investigaciones, e implementados por empresas para realizar seguimientos a plantaciones forestales comerciales en diferentes partes del mundo.

Desafortunadamente los SIG son trabajados a una escala muy grande, y las fotografías satelitales que se pueden adquirir en el mercado con alta resolución espacial son demasiado costosas para llevar a cabo la actualización del inventario forestal de las ciudades, ya que para el caso de Bogotá son diferentes entidades tanto públicas como privadas las encargadas de su actualización según decreto 383 de 2018. Por otro lado, las condiciones climáticas de nubosidad de nuestro país son generalmente un impedimento, como también lo reporta (Fuentes, 2017) en estudios de cuencas sobre el Valle del Cauca, Colombia. Por tal razón implementar sensores más próximos a la tierra es más práctico. Hoy en día los Drones están al alcance de todos y existen innumerables casas comerciales, lo que facilita su adquisición, pero también requiere la implementación de mayores regulaciones para su uso, así como de la estandarización de las mediciones asociadas a estos.

Lo anterior abre la posibilidad de implementar tecnologías como la UAS, más económicas, que permiten trabajar a escalas menores, con software de post-procesamiento de bajo costo, en comparación con los SIG y que al avanzar en la identificación del error de medición asociado a esta tecnología se tendrá un mejor nivel de confianza y certeza de la información, aunque (Espinoza, 2018) reporta trabajos con ambas tecnologías como complementarias para el caso de la gestión forestal urbana en Brasil. Si bien las

técnicas de fotogrametría proporcionan eficiencia y una mayor seguridad, Díaz (2015) opina que se ha cuestionado la precisión de estas medidas planimétricas sin base argumentativa.

Un ejemplo claro es el conteo e Inventario de árboles o monitoreo como lo reporta (Torres, 2018), el cálculo de volumen de copa y el cálculo de altura de los árboles. Siendo las 2 primeras realizables con SIG a través de fotografía satelital de alta resolución espacial, pero con costos asociados muy altos, por otro lado, el cálculo de altura de los árboles es más complejo, estudiado en escalas mayores como edificios a través de SIG, como lo reporta (Zavala y Zavala, 2002) se calcula las alturas a través de sombras proyectadas, pero que para los árboles que poseen alturas no superiores a los 30 metros se tendría que usar fotografía satelital con pixel inferior a los 50 cm, lo cual sería muy costoso para cada una de las entidades, ya que deben reportar al SIGAU la actualización correspondiente a cada mantenimiento de árbol realizado en la ciudad.

Conclusiones

El desarrollo de nuevas tecnologías como las UAS, permitirán incorporar nuevas metodologías en la realización de inventarios forestales una vez se estandaricen los procedimientos y errores de medición asociados a las diferentes variables de medición, agilizando el trabajo en campo que tradicionalmente se viene realizando árbol por árbol con más de un equipo para cada variable a considerar como la altura del árbol, el diámetro del fuste o el volumen de la copa, requiriendo el uso de hipsómetro, cinta diamétrica y decímetros respectivamente. Variables que un solo equipo UAS puede tomar con mayor cobertura, menor tiempo y menor cantidad de operarios. Esto permitirá reducir los tiempos de inventario, así como los costos asociados al mismo.

La normativa actual colombiana viene avanzando rápidamente en la regulación del uso de UAS, así como cada día se incorporan más centros de formación de pilotos de Drones certificados por la Aeronáutica Civil de Colombia, esto permitirá generar más confianza en la implementación de la tecnología y sus aplicaciones en el mercado.

En Colombia la gestión de bosques urbanos en ciudades como Bogotá, requiere de la creación de una plataforma SIG que permita gestionar el recurso, así como una actualización constante que permita asignar las respon-

sabilidades a entidades para reducir la carga del estado en el mantenimiento de los mismos, esto de la mano de una política clara y normativa que permita sentar una base jurídica para evitar la evasión de responsabilidades por parte de las entidades.

La información técnica de las especies forestales para la implementación en proyectos de arquitectura y urbanísticos, debe ser de libre acceso y socializadas con las diferentes entidades de educación y formación. Esto tendrá un impacto directo en los futuros gestores de proyectos y facilitará la gestión de bosques urbanos, al implementar las especies correctas en los espacios correctos.

Notas

Este artículo se deriva de la recopilación de resultados de los proyectos de investigación aplicada desarrollados por el SENA y corresponde al autor Juan Francisco Guzmán Zabala.

Bibliografía

- Aeronáutica Civil de Colombia. (2015). Circular reglamentaria n.º 002: Requisitos generales de aeronavegabilidad y operaciones para RPAS (numeral 4.25.8.2). Recuperado de <http://www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/certificacion-y-licenciamiento/Documents/PROYECTO%20BORRADOR%20CIRCULAR%20RPAS.pdf>.
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2018). DECRETO 383 DE JULIO 12 DE 2018. Recuperado 10 de abril de 2019, de <http://legal.legis.com.co/>
- Centro de Información Tecnológica y Apoyo a la Gestión de la Propiedad Industrial - CIGEPI. (2015). Vehículos aéreos no tripulados, drones y sus sistemas de comunicación. Superintendencia de Industria y Comercio. Recuperado de http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/publicaciones/Boletines/Drones.pdf
- Cheng, E. (2017). Fotografía aérea con drones. Madrid, España: Anaya Multimedia
- Díaz, C. J. (2015). Estudio de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión. (Tesis de maestría). Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de http://eprints.ucm.es/31423/1/TFM_Juan_Diaz_Cervignon.pdf
- Espinoza, J. O. (2018). Building resilience and sustainable cities: Diagnosis for the implementation of PMMA in the municipality of Foz de Iguaçu, PR – Brazil. Mantova, Canada. Recuperado de <https://www.wfuf2018.com/public/file/WFUFBookofAbstracts-26025.pdf>
- Fuentes, G. A. (2017). Generación de mapa de áreas inundables mediante SIG en la cuenca baja del río anchicayá valle del cauca (tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.
- García, D. (2010). Estimación de variables de interés comercial basada en datos ILIDAR en el monte número 117 del C.U.P. término Municipal de Cuenca. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de http://oa.upm.es/6171/2/PFC_DAVID_GARCIA_GARCIA_TEXTO.pdf
- Ibáñez, Ingrid Vannesa, Andrade Álvarez, A. X., Loaiza Jiménez, C. M., Barreto Reyes, R. N., Paternina Martínez, J. M., & Buitrago Barreto, H. (2019). Generalidades, caracterización e implementación de aeronaves remotamente tripuladas para levantamiento topográfico. Recuperado de <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/5188>
- Ideas Medioambientales. (2016). Planes de Gestión del Arbolado Urbano: Regeneración ambiental. Recuperado de <https://ideasmedioambientales.com/planes-de-gestion-del-arbolado-urbano/>
- INCAE. (2017). Tecnología Exponencial y la Sociedad 2.0. Recuperado de http://comunidadilgo.org/back/_lib/file/doc/Tecnologias_Exponenciales_ILGO.pdf
- Ramírez, J. M. (2015). Aspectos reglamentarios. En Consejería de Economía y Hacienda (Eds.). Los drones y su aplicación en la ingeniería civil, 33-48. Madrid, España: Arias Montano S. A.
- Pereira, A. A., Espada, J. P., Crespo, R. G., & Aguilar, S. R. (2019). Platform for controlling and getting data from network connected drones in indoor environments. Future Generation Computer Systems, 92, 656-662. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.01.011>
- Putch, A. (2017). Linear Measurement Accuracy of DJI Drone Platforms and Photogrammetry. Informe técnico de DroneDeploy. Recuperado de https://prismic-io.s3.amazonaws.com/dronedeploy-www%2F46e720cd-fb03-41ec-a6a3-09b424d674b8_linear+measurement+accuracy+of+dji+drone+platforms+and+cloud-based+photogrammetry-v11.pdf
- Saha, H., et al. (2018). A low cost fully autonomous GPS (Global Positioning System) based quad copter for disaster management: 2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC). Las Vegas, NV, pp. 654-660. DOI: 10.1109/CCWC.2018.8301782
- Salazar, H. F., Serna, J. E., y Tamayo, J. A. (2017). Matriz de fitotectura en Caldas. Manizales: Servicio Nacional de Aprendizaje.
- Torres, C. W., Morton, D. C., Martinuzzi, S., Cook, B. D., Paynter, I. L., Serbin, S. P. & Castro, Aurelio. (2018). Understanding post-hurricane tree damages at the Arboretum Doña Inés Park, an urban forest in San Juan, Puerto Rico. Mantova, Canada. Recuperado de <https://www.wfuf2018.com/public/file/WFUFBookofAbstracts-26025.pdf>
- UPM, O. (2010). Ingeniería cartográfica, geodésica y fotogrametría. OCW UPM - Open Course Ware de la Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de <http://ocw.upm.es/ingenieriacartografica-geodesica-y-fotogrametria>
- Zabala, J. F. G., Paternina, J. M., & Cárdenas, J. A. R. (2018). Estudio comparativo de Aplicaciones Móviles (APP), en el error de medición con Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPA). Ciencia y Poder Aéreo, 13(2), 78-88. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.603>
- Zavala, P. y Zavala, C. (2002). Uso de imágenes satelitales de alta resolución para generar cartografía. Revista Facultad de Ingeniería, 10(1), 35-43.

Construcción de un modelo pedagógico para la identificación de maderas comerciales en territorios con Pos-Conflicto, el caso Colombiano.

Juan Francisco Guzmán Zabala

jfguzmanz @sena.edu.co

Grupo de investigación SENNOVA CTCM SENA Bogotá, Semillero de Investigación

Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera, Bogotá, Cundinamarca

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA



Fotografía: Xiloteca CTCM. Archivos SENNOVA CTCM.

Resumen

De acuerdo con El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2018) luego del Post-Conflicto generado por la firma del proceso de paz en Colombia con los grupos armados de las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC) y el Ejército de Liberación Nacional (ELN), la deforestación ilegal en Colombia ha ido aumentando constantemente, en 2015 se deforestaron 124 mil hectáreas de bosques, en 2016 se deforestaron 179 mil hectáreas, un 44% más en relación con el año 2015, una cifra que aumentó en 2017 a 219 mil hectáreas deforestadas, 77% más que en año 2015. Amenazando la biodiversidad de un país como Colombia que según Rivers, Oldfield y Smith (2017) posee el 9.6% de todas las especies de árboles en el mundo, alrededor de 5.776 especies forestales, convirtiendo a Colombia en el segundo país con la mayor diversidad forestal del planeta. El siguiente artículo presenta el modelo pedagógico diseñado por el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) para la identificación macroscópica de 29 especies forestales comerciales encontradas en los municipios de Bogotá y Soacha, a través de la construcción de un modelo pedagógico innovador de Xiloteca, que fomenta el aprendizaje intuitivo, con base en la información recolectada en 150 encuestas realizadas a depósitos de madera, integrando las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), con el objetivo de capacitar gratuitamente a los actores del Pacto Intersectorial de la Madera Legal en Colombia (PIMLC), como estrategia para la reducción de deforestación ilegal causada por el Post-Conflicto.

Palabras clave - Deforestación, modelo pedagógico, xiloteca, aprendizaje intuitivo, postconflicto.

Abstract

According to the Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies (IDEAM, 2018) after the Post-Conflict generated by the signing of the peace process in Colombia with the armed groups of the Revolutionary Armed Forces of Colombia (FARC) and the Army of National Liberation (ELN), illegal deforestation in Colombia has been steadily increasing, in 2015 124 thousand hectares of forest were deforested, in 2016 179 thousand hectares were deforested, 44% more in relation to 2015, a figure that increased by 2017 to 219 thousand hectares deforested, 77% more than in 2015. Threatening the biodiversity of a country like Colombia that according to Rivers, Oldfield and Smith (2017) owns 9.6% of all tree species in the world, around 5776 forest species, making Colombia the second country with the greatest forest diversity on the planet. The following article presents the pedagogical model designed by the National Learning Service (SENA) for the macroscopic identification of 29 commercial forest species found in the municipalities of Bogotá and Soacha, through the construction of an innovative pedagogical model of Xiloteca, which encourages Intuitive learning, based on the information collected in 150 surveys conducted on wood deposits, integrating Information and Communication Technologies (ICT), with the aim of training free of charge the actors of the Intersectoral Pact of Legal Wood in Colombia (PIMLC), as a strategy to reduce illegal deforestation caused by the Post-Conflict.

Keywords - Deforestation, pedagogical model, library, intuitive learning, post- conflict.

Introducción

Villamizar (2017) sostiene que hoy estamos presenciando el fin del ciclo de la guerrilla en América Latina y el Caribe. Conocer y comprender ese pasado nos ayuda a explicar el presente.

En el caso de Colombia y de acuerdo con Villamizar (2017) en los años cincuenta, un grupo de miembros del Partido Comunista de Colombia intentó crear una comunidad en Tolima y al final en Huila, dos departamentos del país. En 1964, las FARC nacieron después de varios enfrentamientos armados con el Ejército Nacional de Colombia. Villamizar (2017) también menciona que el otro gran grupo armado nació al mismo tiempo, el ELN, dirigido por estudiantes entrenados y adoctrinados en Cuba.

Desde entonces, estos grupos han asesinado a soldados, policías y civiles. Han secuestrado a miles de personas, políticos y militares, han perpetrado actos terroristas en todo el país, plantando minas en muchas áreas, así como tomando parte del territorio del país cubierto por bosques, áreas perfectas para ocultar y cubrir la producción de la cocaína.

Una vez que terminó la fase de conflicto armado, el 24 de noviembre de 2016, Olmos (2018) afirma que Colombia experimentó uno de los eventos más esperados durante los últimos 60 años. El Teatro Colón en Bogotá fue el escenario para que las FARC y el Gobierno Nacional firmaran el tan controvertido acuerdo de paz deseado, y hoy en día se establecen procesos de diálogo de paz con el ELN. García (2018) cree que hoy el país se enfrenta a una situación seria. Un desastre en temas ambientales de grandes dimensiones que amenazan nuestro medio ambiente y nuestra riqueza hídrica, ¡la deforestación! Fenómeno que va en aumento y que cada día arrasa 602 hectáreas de bosques en Colombia, unas 16 hectáreas por hora de acuerdo al IDEAM (2018) sin que haya nada que lo contenga, situación que empeora esta triste realidad. Para Olmos (2017) en muchos de los territorios donde una vez dominaron los guerrilleros, la deforestación se ha disparado.

Cuando los guerrilleros abandonaron estas áreas y, según Correa (2017) el Gobierno Nacional, después de llevar a cabo el proceso de desminado en las áreas rurales y bosques aledaños, los grupos criminales y las empresas se han aprovechado para llevar a cabo la deforestación de manera ilegal, paradójicamente, los guerrilleros que causaron el pánico en el país también defendían de alguna manera a través del miedo generado a la población, al

ingresar a estas áreas, bosques donde estaban protegidos de los ataques del Ejército Nacional.

Según las cifras presentadas en su último informe por el IDEAM (2018), este flagelo aumenta constantemente, en 2015 se deforestaron 124.035 hectáreas de bosques, en 2016 se deforestaron 179.000 hectáreas, el 44% más en relación con el año 2015, cifra que aumentó en 2017 a 219 973 hectáreas deforestadas, un 77% más en comparación con el año 2015. De esta cifra más de 144 mil hectáreas fueron devastadas en la selva amazónica.

El mismo informe indica que para el año 2017, un total de 723 municipios de los 1120 municipios registrados en el DANE (2008), aproximadamente el 65% de los municipios en Colombia registraron al menos una hectárea deforestada y en la jurisdicción de 25 municipios se concentra el 74% de la deforestación nacional.

Sin embargo, para Olmos (2017) la pérdida de biodiversidad y bosques, la especulación y el acaparamiento de tierras, la expansión de la frontera agrícola y el aumento de cultivos ilícitos no deberían sorprender al Gobierno Nacional. Para Olmos (2017) en países como El Salvador, Nicaragua, Guatemala, la República Democrática del Congo, Ruanda y Uganda, donde también se firmaron acuerdos de paz, el gran sacrificio en los períodos posteriores al conflicto fue el medio ambiente.

Según Olmos (2017) los gobiernos se hicieron ciegos frente a reflexiones como la presentada por la Autoridad de Gestión Ambiental de Ruanda (REMA), que afirmaba que de 1993 a 2006 las áreas de bosques protegidos se redujeron un 92% en el país Africano. Del mismo modo, Olmos (2017) menciona que el Parque Nacional Akagera, así como los bosques Gishwasti y Mukura fueron algunas de las áreas parcialmente deforestadas y de tamaño reducido para la construcción de campamentos refugiados y el reasentamiento de la población. Las cifras también indican que los bosques disminuyeron en tamaño en un 64% para satisfacer las necesidades de la creciente población y para fines de reasentamiento.

Para Morales (2015) Se habla mucho sobre la paz y muy poco sobre lo que se debe hacer después de llegar a un acuerdo en La Habana, ya que el post-conflicto es un proceso de transformación social integral, donde la creación de la paz es esencial. Una cultura de paz y convivencia humana como la reconstrucción de las condiciones institucionales y materiales para hacerla viable y sostenible a largo plazo.

Sin embargo, Valencia y Ávila (2016) consideran que los desafíos del postconflicto son: justicia, seguridad y mercados ilegales, una vez que la violencia ha quedado atrás, y el inicio de una apertura democrática en los 281 municipios donde la guerrilla ha estado presente en los últimos treinta años, los territorios donde las guerrillas han construido una institucionalidad paralela, es necesario desarrollar mecanismos institucionales, pedagógicos y de seguridad que mitiguen estos efectos. Es por este motivo que, según Correa (2017) y Olmos (2018) el Gobierno Nacional y la Oficina del Fiscal General iniciaron una serie de medidas con las cuales buscan detener la deforestación y la explotación ilegal de los recursos naturales, principalmente en los departamentos de Caquetá, Guaviare, Meta y Putumayo.

Como resultado de esto, Correa (2017) afirma que el Gobierno Nacional tiene una presión enorme, porque incluso hay redes criminales detrás de esto. Con la expectativa de los acuerdos de paz con el ELN, algunas personas están haciendo inversiones para especular con la tierra. Entonces, están financiando la tala de bosques para avanzar en los procesos de colonización y luego usarlos para el pastoreo.

El Gobierno de Colombia, a través del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, presenta la Estrategia Integrada de Control de Deforestación y Manejo de Bosques del país "Bosques Territorios de Vida", como un instrumento de política transectorial que implica la corresponsabilidad de los diferentes sectores de la Estado Colombiano, con el objetivo de frenar la deforestación y degradación de los bosques, teniendo en cuenta la complejidad de las causas que lo generan, a partir del reconocimiento de la importancia estratégica de estos ecosistemas para el país, por su importancia sociocultural, económica y ambiental, su potencial como opción de desarrollo en el marco del proceso de construcción de paz y por su contribución a la mitigación y adaptación al cambio climático. (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018, p.5).

Adicionalmente, el Gobierno Colombiano a través del Pacto Intersectorial para Madera Legal en Colombia (PIMLC), que es la suma de las voluntades de entidades públicas y privadas en el país, y cuyo principal objetivo es asegurar que la madera extraída, transportada y comercializada, proviene exclusivamente de fuentes legales. (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016, p.8).

Colombia con 60 millones de hectáreas de bosque natural, más del 50% del territorio, el tercer país de América del Sur con la mayor área de bosques y el segundo del mundo por su biodiversidad. Contribuyen a la seguridad alimentaria de millones de personas, como importantes fuentes de alimentos, energía e ingresos, por eso los consideramos Bosques Territorios de Vida. (MINAMBIENTE, 2018, p.5)

Esto reafirmado por estudios más recientes como el de Rivers, Oldfield y Smith (2017) mencionan que en el mundo hay 60.065 especies de bosques, que se reportan para Colombia 5.776 especies, lo que representa el 9.6% de todas las especies forestales en el mundo, convirtiendo a Colombia en el segundo país con la mayor diversidad de especies forestales en el planeta, después de Brasil con 8.715 especies forestales, cerca del 14.5% de todas las especies de árboles en el planeta.

Lamentablemente y según el IDEAM (2018) en un año se deforestan aproximadamente 281.947 hectáreas/año, convirtiéndose en uno de los mayores problemas para uno de los países con mayor biodiversidad. Para lo cual, el PIMLC, propone orientar acciones a favor del cuidado de nuestra biodiversidad. El SENA como entidad adscrita al PIMLC y siendo uno de los objetivos del SENA la formación profesional para el trabajo, dirigida a mejorar la competitividad del sector, para lo cual que se inició a través del Centro de Tecnología para la Construcción y la Madera (CTCM) el proyecto para crear la xiloteca con el apoyo de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), el Instituto Agropecuario (ICA) y la Policía Nacional como entidades adscritas al PIMLC y encargadas de ejercer la función de máxima autoridad ambiental en el área de su jurisdicción según la Ley 99 de 1993 de Colombia.

Según Williams y León (2009), un xiloteca (xylos = madera; teka = armario) es una colección de muestras de madera debidamente dispuestas según un criterio particular.

Para Colombia, Lynch y Gasson (2010) en el *Índex Xylariorum* 4 informa el registro de dos xilotecas, la más antigua creada en 1963 en el Instituto de Investigación de Bosques y Maderas de la Universidad del Distrito Francisco José de Caldas (BOFw), en Bogotá, con 1400 muestras, y la Colección del Laboratorio de Productos Forestales Héctor Anaya López (MEDELw) de la Rama de Medellín de la Universidad Nacional de Colombia (ver figura 1), fundada hace 40 años, en 1975. (Vásquez, 2017, p.194).

Estas xilotecas son modelos convencionales implementados en todo el mundo, un armario lleno de madera (ver Figura 1), que según Vásquez (2017) no ha cambiado desde las colecciones más antiguas y que aún existen desde la más antigua creada en Alemania, en 1770 por el Instituto de Historia e Investigación Natural (BHUw), en Berlín.

Así, en contribución al PIMLC, el SENA a través del Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (SENNOVA), desarrolló para este proyecto un nuevo modelo educativo, basado en la xiloteca, que rompe el modelo tradicional de enseñanza y se incorpora a la formación profesional de los programas: Tecnólogo en procesos productivos de la madera, Tecnólogo en Diseño de Mobiliario, Técnico en Carpintería, Técnico en Fabricación de Muebles Contemporáneos y Modulares, y Trabajador Auxiliar en Maderas. De la misma manera, permitirá brindar formación complementaria a los funcionarios de entidades adscritas al PIMLC, para ejercer el control sobre la madera ilegal comercializada en Colombia.

De esta manera y en línea con el Plan Estratégico 2019-2022, el SENA aportará a los objetivos establecidos por el PIMLC como política de Estado mediante el cumplimiento de su misión y rol como entidad de formación gratuita para los Colombianos.

Metodología

Ubicación del estudio

El proyecto requirió la realización de varias locaciones de acuerdo con los requisitos de cada una de las etapas, siendo necesario para la primera etapa, el desplazamiento a depósitos de madera para realizar las encuestas, depósitos ubicados en diferentes puntos del Municipio de Soacha y Bogotá, Colombia.

Para el análisis de resultados, construcción e implementación del modelo pedagógico, el trabajo se realizó en las instalaciones del SENA CTCM.



Figura 1. Biblioteca MEDELw de la Universidad Nacional de Colombia, Medellín (Vásquez, A.M., 2017, página 195).

Construcción de la línea base

Para consolidar la información que requiere la creación de la xiloteca, se elaboró un modelo de encuesta que permitiera presentar la siguiente información: Fecha de elaboración de la encuesta, nombre del depósito, nombre del administrador, dirección del depósito, nombre de quien elabora la encuesta, coordenadas (latitud y longitud), especie (nombre común y nombre científico), consumo (piezas / año), usos más convencionales de la especie, origen de la madera (departamento y municipio), precio promedio por pieza y medidas más utilizadas en el mercado.

Al mismo tiempo, se solicitó información a la CAR, al ICA y la Policía Nacional, de las especies forestales comercializadas en la región: bosques nativos, plantaciones comerciales y madera de especies forestales incautadas, respectivamente.

Recopilación de la Información

La recopilación de información fue llevada a cabo por el semillero de investigación, compuesto por los aprendices de los programas de formación: Procesos Productivos de Madera, Diseño de Mobiliario y el Ingeniero Forestal líder del proyecto.

Construcción del modelo pedagógico

El proyecto contemplo la metodología empleada por

Zubiria (2016) y el Magisterio de Educación en la construcción del modelo pedagógico, la misma debía responder las siguientes preguntas: ¿Desde dónde? (teorías educativas), ¿Dónde? (contexto), ¿A quién? (el aprendiz), ¿Quién orienta? (el instructor), ¿Para qué? (objetivos del aprendizaje), ¿Qué? (objetos de estudio y de conocimiento), ¿Cuándo? (secuenciación o formas de organizar los contenidos), ¿Cómo? (las estrategias pedagógico-didácticas), ¿Recursos? (ayudas y medios educativos y logísticos), ¿Qué se logró? (proceso y estrategias evaluativas).

Una vez que la información se recopiló a través de las encuestas, el proceso de análisis y validación de la información se llevó a cabo con el ingeniero forestal, profesional experto en el área.

Para corroborar la correcta redacción de nombres científicos en latín, así como a los autores, se utilizaron bases de datos especializadas, tales como: W3-Tropics (<http://mobot.mobot.org/>), The International Plant Names Index (<http://www.ipni.org/>) y The Plant List (<http://www.theplantlist.org/>).

Usando la publicación realizada por Cardenas y Salinas (2007) Libro rojo de plantas de Colombia y corroborando la información con la Resolución No. 1912 del 15 de septiembre de 2017 "Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino-costera que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones", expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se llevó a cabo la verificación del estado de vulnerabilidad de las especies forestales, con la finalidad de definir las especies con mayor riesgo de extinción.

Validada la información, se llevó a cabo la construcción de la Clave Dicotómica (ver figura 2) para la identificación de piezas de madera, con base en los modelos empleados por Araya y Moya (2013), Arévalo y Londoño (2005), Barañao et. Al (2008) y Williams et. Al (2018), para las especies encontradas y de conformidad a las bases de datos aportadas por las entidades: ICA, CAR y Policía Nacional. Adicionalmente para crear la metodología de claves interactivas computarizadas a partir de la reconstrucción de claves analíticas publicadas, se utilizó como modelo de clave dicotómica empleado por Bisse (1988).

Para la inclusión de nuevos taxones en la clave, se construye una dendrita en la que se discriminan, de forma

sucesiva, estos grupos jerárquicos (ver figura 2), siguiendo pares de caracteres descriptivos mutuamente excluyentes, hasta precisar el conjunto de alternativas que permiten identificar cada una de las especies. Esta dendrita sirve para visualizar más rápido todos los caminos necesarios para la identificación, así como detectar y analizar los posibles caminos y los diferentes niveles que se deben cambiar o agregar. Para llevar a cabo este paso se retomó la metodología descrita por Méndez y Castellanos (1994).

De esta manera se recopiló la información de acuerdo a 3 criterios: Encuestas realizadas a depósitos de madera buscando encontrar las maderas más comerciales a las que los aprendices se enfrentarían en su vida laboral, especies procedentes de plantaciones comerciales registradas en el ICA y especies forestales procedentes de bosque natural registradas por la CAR y la Policía Nacional.

Con base a la metodología empleada por Yepes et. Al (2010) y una vez identificadas las especies que harían parte de la Clave Dicotómica (ver figura 2), se procedió a su construcción, mediante la herramienta de Word 2013 para creación de gráficos: SmartArt, de Office para Windows 7 Professional.

Diseño del Mobiliario

Elaborada la Clave Dicotómica, y con base al modelo pedagógico visual empleado por Díaz (2009) se procede a diseñar el mobiliario (ver figura 3), para lo cual se basó en el concepto estructural de Rigau (1978) un árbol con ramificaciones, incentivando el aprendizaje visual, intuitivo y dinámico. Para el desarrollo gráfico conceptual se utilizó el software Sketchup 2017.

Incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)

Como parte de la innovación pedagógica y siguiendo la metodología de Trejo et. Al (2014), se incorporó el uso de las TIC a través de la Aplicación Móvil (APP) Especies Maderables, Versión 2, APP desarrollada por la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER). Para Kudos (2016) la APP gratuita offline permite la consulta interactiva del catálogo para 100 especies maderables de Colombia, para cada especie la APP incluye la siguiente información: Nombre Común, nombre científico, imágenes: Corte longitudinal, corte transversal, macro detallado, macro con lupa, tipo de bosque, categoría, familia, nombres comunes, sinónimos y distribución geográfica.

Construcción de un modelo pedagógico para la identificación de maderas comerciales en territorios con Pos-Conflicto, el caso Colombiano.

Resultados

Como resultado se llevaron a cabo 150 encuestas en depósitos ubicados en los municipios de Soacha y Bogotá, Colombia, encontrando 29 especies (ver tabla 1), que permitieron determinar las especies prioritarias para la construcción de la Clave Dicotómica.

De igual manera se encontró que de las 29 especies halladas en los depósitos de madera, solo 2 no se encontraban reportadas en la APP: Especies Maderables,

versión 2: Guáimaro (*Brosimum alicastrum* Sw.) e Incienso (*Myroxylon balsamum* (L.) Harms).

Se desarrolló la Clave Dicotómica para un total de 29 especies forestales que permitió diseñar posteriormente el mobiliario de la xiloteca (ver figura 2), construido e incorporado en la formación titulada para los programas anteriormente mencionados, así como la apertura de la formación complementaria a funcionarios de las entidades adscritas al PIMLC.

Tabla 1. Listado de especies forestales encontradas en depósitos para los municipios de Soacha y Bogotá.

No.	Nombre Común	Nombre Científico	Categoría
1	Abarco	<i>Cariniana pyriformis</i> Miers	CR
2	Achapo	<i>Cedrelinga catenaeformis</i> ducke.	NE
3	Algarrobo	<i>hymenaea courbaril</i> L.	NT
4	Amarillo	<i>Ocotea bofo</i> Kunth	NE
5	Caracolí	<i>Anacardium excelsum</i> (Bertero ex Kunth) Skeels	NT
6	Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	EN
7	Cedro blanco	<i>Guarea trichilioides</i> L.	NE
8	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	NE
9	Ceiba bruja	<i>Hura crepitans</i> L.	NE
10	Ceiba Tolúa	<i>Pachira quinata</i> (Jacq.) W.S. Alverson	EN
11	Chínglale	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	NE
12	Choibá	<i>Dipteryx oleifera</i> Benth.	VU
13	Eucalipto	<i>Eucalipto Pellita</i> F. Muell	NE
14	Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	NE
15	Flor Morado	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.	NE
16	Granadillo	<i>Platymiscium pinnatum</i> (Jacq.) Dugand	NE
17	Guáimaro	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	NE
18	Guayacán	<i>Handroanthus guayacan</i> (Seem.) S.O.Grose	NE
19	Incienso	<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms	NT
20	Marfil	<i>Isidodendron tripterocarpum</i> Fern. Alonso, Pérez-Z. & Idárraga	VU
21	Moho	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	NE
22	Perillo	<i>Couma macrocarpa</i> ; Barb. Rodr.	NE
23	Pino	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	NE
24	Pino	<i>Pinus radiata</i> D. Don.	NE
25	Roble	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	VU
26	Sajo	<i>Campnosperma panamensis</i> Standl.	NT
27	Sapan	<i>Clathrotropis brunnea</i> Amshoff.	EN
28	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. f.	NE
29	Urapan	<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	NE

NT: Casi Amenazada, VU: Vulnerable, NE: No Evaluado, EN: En Peligro, CR: En Peligro Crítico.

De las 29 especies halladas en el comercio de Bogotá y Soacha, se identificaron las 11 principales familias a las que pertenecen las especies forestales: Pinaceae, Bignoniaceae, Fabaceae, Malvaceae, Myrtaceae, Anacardiaceae, Meliaceae, Euphorbiaceae, Trigonaceae, Lauraceae y Boraginaceae.

Se encontró que el precio promedio de las piezas de madera es de \$32.558 (COP) o aproximadamente \$11(USD), siendo las de mayor valor: La Teca (*Tectona*

grandis L. f.), el Granadillo (*Platymiscium pinnatum* (Jacq.) Dugand), Guayacan (*Handroanthus guayacan* (Seem.) S.O.Grose), Abarco (*Cariniana pyriformis* Miers), Sapan (*Clathrotropis brunnea* Amshoff.), Guaimaro (*Brosimum alicastrum* Sw.) e Incienso (*Myroxylon balsamum* (L.) Harms). Por otro lado, las especies más económicas del mercado son: Ceiba (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.), Chingalé (*Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don), Moho (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken) y Pino (*Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham.). Sin embargo, el estudio también

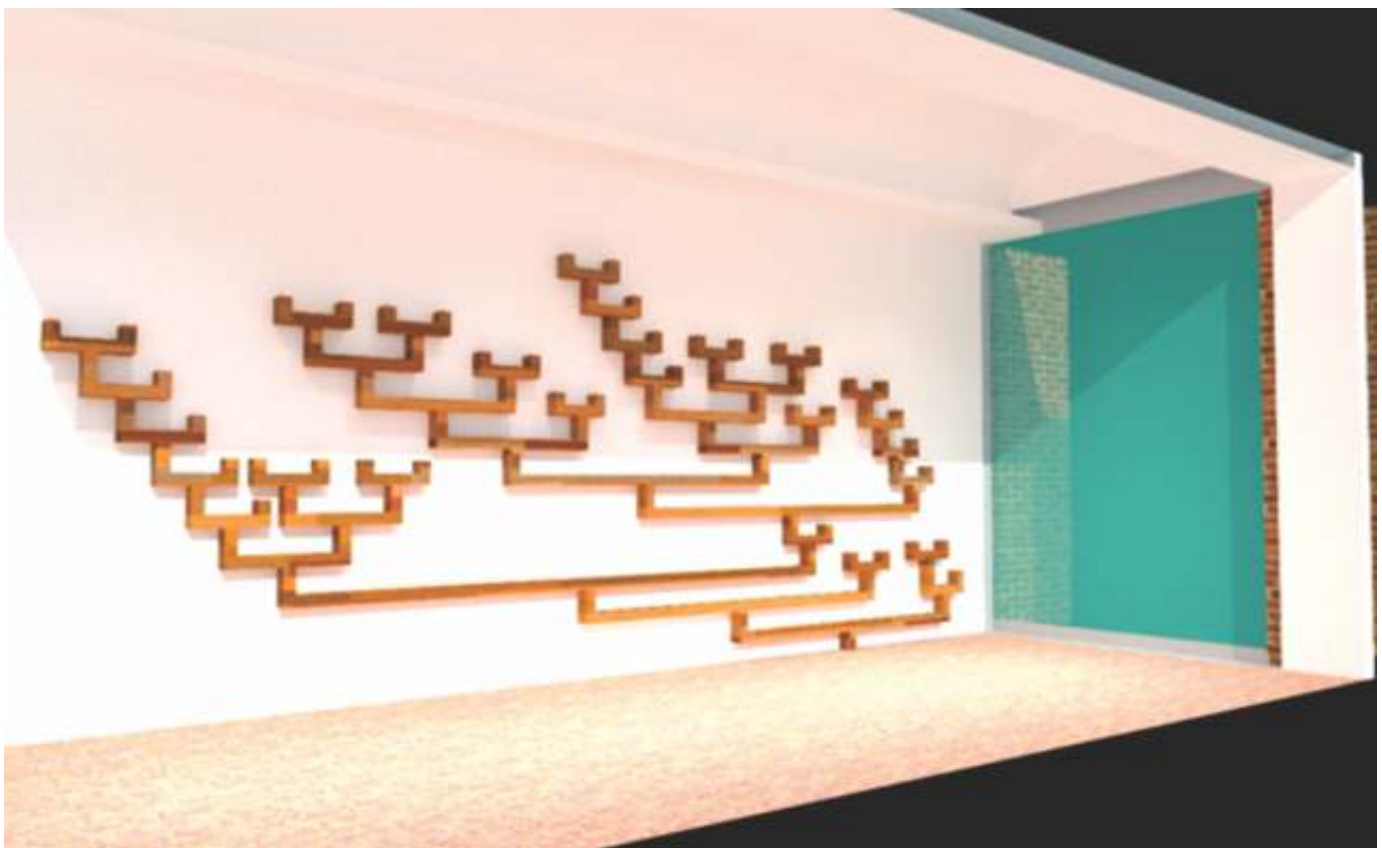


Figura 2. Concepto gráfico del mobiliario diseñado para la Xiloteca

demostró que no precisamente las especies más caras son las más solicitadas en el mercado como se puede apreciar en la figura 3.

Un ejemplo perfecto es la Teca (*Tectona grandis* L. f.), que para el caso posee el valor más alto en el mercado con un valor promedio por pieza de \$52.455 (COP) o \$16,93 (USD) pero es una de las que posee menor presencia en los

depósitos de madera, ya que solo se encontró en el 14% de los depósitos encuestados, por otro lado el Sapan (*Clathrotropis brunnea* Amshoff.) que también posee uno de los valores más altos en el mercado con un valor promedio por pieza de \$49.538 (COP) o \$15,99 (USD), posee una de las mayores presencias en los depósitos de madera, encontrándose en un 40% de los depósitos encuestados (ver figura 3).

Construcción de un modelo pedagógico para la identificación de maderas comerciales en territorios con Pos-Conflicto, el caso Colombiano.

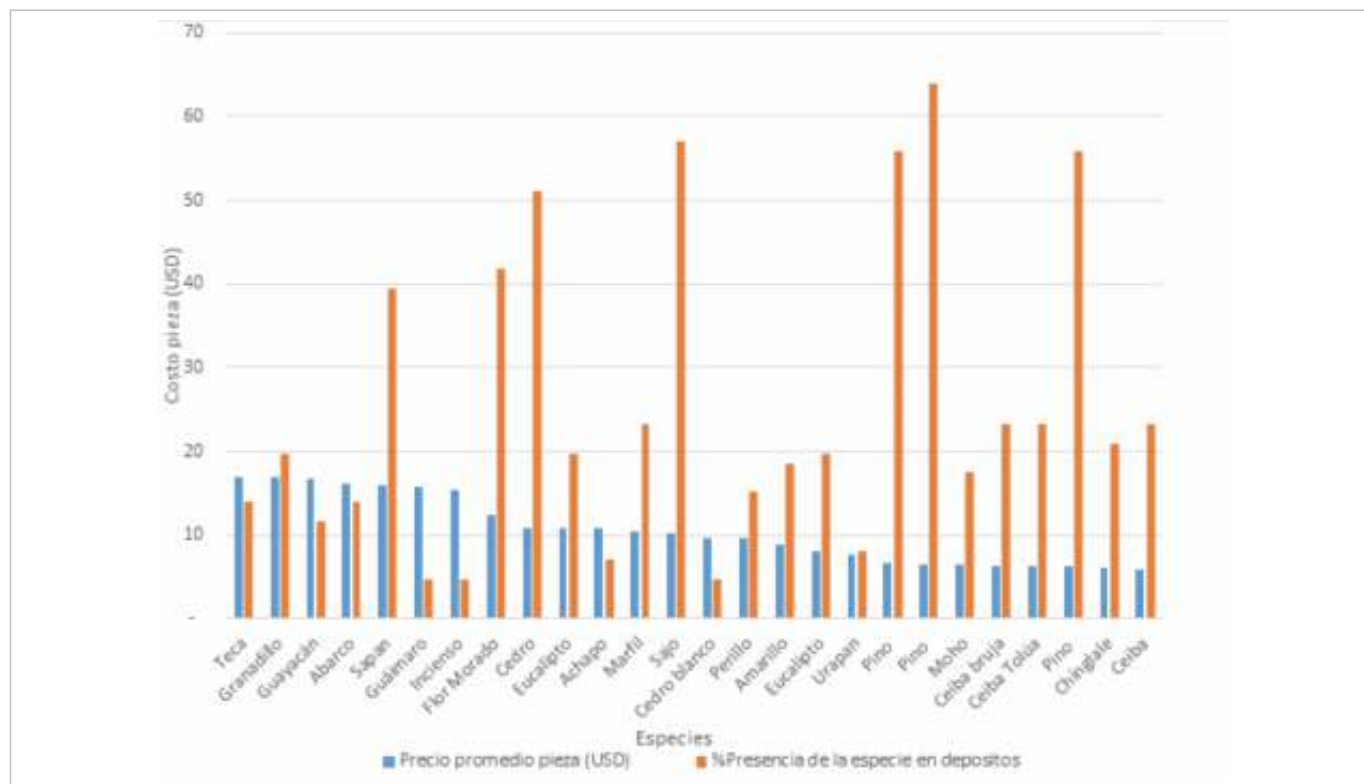


Figura 3. Precio promedio de piezas comerciales en Dólares Americanos (USD) Vs. Presencia de las especies forestales en los depósitos de madera expresada en %.

El estudio permitió identificar las 12 principales dimensiones de madera aserrada (ver figura 4) empleadas por el mercado forestal Colombiano, encontrando que el corte más empleado es el de 300 cm de largo x 10 cm de ancho x 10 cm de profundidad, encontrándose en el 86% de las encuestas, por otro lado la medida menos convencional es 300 cm de largo x 25 cm de ancho x 12 cm de profundidad con tan solo un 14% de presencia en los depósitos encuestados.

El estudio sugiere que la procedencia más común de madera proviene del Departamento de Santander (ver figura 5), encontrándose madera de dicha procedencia en un 42% de los depósitos madera encuestados, así mismo el departamento con menor participación es Cesar, encontrando madera procedente del Cesar tan solo en el 1% de los depósitos encuestados (ver figura 5).

El estudio sugiere igualmente que el 54% de la madera usada por los depósitos se destina a la elaboración de mobiliario, siendo los usos más comunes la elaboración de: bancas, camas, chapas, esqueletos de la sala, estantes, molduras, muebles en general, relleno de muebles,

carrocería y estibas. Por otro lado, el 44% de la madera usada por los depósitos se destina a la construcción siendo los usos más comunes la elaboración: madera para exteriores, guarda escobas, en obra, estructural, pérgolas, pisos, escaleras, techos, puertas, ventanas y perfilaría. Tan solo el 2% de la madera se destina a la elaboración de artesanías como: elaboración de utensilios de cocina, esculturas y artículos para la decoración de hogar.

Como producto final de la investigación se elabora el "Manual para la identificación de maderas de especies forestales comerciales de los municipios de Bogotá y Soacha, según características macroscópicas de la madera con lente de 10x" descargable gratuitamente para la formación a nivel nacional, para cualquier entidad del PIMLC, disponible para descargar en formato PDF a través del siguiente link en el repositorio del Sistema Nacional de Bibliotecas SENA

<https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/4802>.

Finalmente, el modelo pedagógico se incorporó a la formación de los programas de maderas del CTCM, beneficiando a cerca de 250 aprendices en el año 2019, esperando formar para el año 2021 a cerca de 500

aprendices. Igualmente se espera brindar formación a través de cursos complementarios a cerca de 250 funcionarios de entidades adscritas al PIMLC para el año 2021.

Discusión

Valencia y Ávila (2016) consideran que para combatir la deforestación generada por el post conflicto en territorios de bosques, es necesario desarrollar mecanismos institucionales, pedagógicos y de seguridad que permitan mitigar estos efectos. Mecanismos que deben ir articulados desde la formación con el sector productivo del país, la mano de obra calificada en el país que es la que finalmente aprovecha la materia prima y puede decir “NO” a la madera ilegal en Colombia, pero para esto la mano de obra debe estar en capacidad de identificar las especies con algún estado de vulnerabilidad y tener los conocimientos técnicos para reconocer las especies en el lugar de trabajo.

Es de ahí donde de acuerdo a Mogollón y Luciano (2016) la capacidad de innovar y de emprender son dos aspectos que pueden hacer la diferencia en el desarrollo y diferenciación de las instituciones formadoras. Muchas entidades de educación formal y no formal son conocidas y reconocidas por sus propuestas innovadoras, las cuales constituyen su identidad y les hacen ser distintas de otras. Luna (2007) adicionalmente menciona que aceptar el cambio es un aprendizaje, significa que los centros de formación deberían ser sitios en que los instructores aprendan de nuevas experiencias de la misma manera en que éstos esperan que sus aprendices aprendan de las tareas y actividades que llevan a cabo a través del cambio y nuevos modelos pedagógicos más innovadores.

El modelo de Xiloteca desarrollado aquí como innovación pedagógica para la formación, empleado como herramienta en la guerra contra el aprovechamiento, transporte y comercialización de madera ilegal en Colombia, permitirá generar cambios sustanciales en el proceso de formación de los aprendices, incorporando las TIC

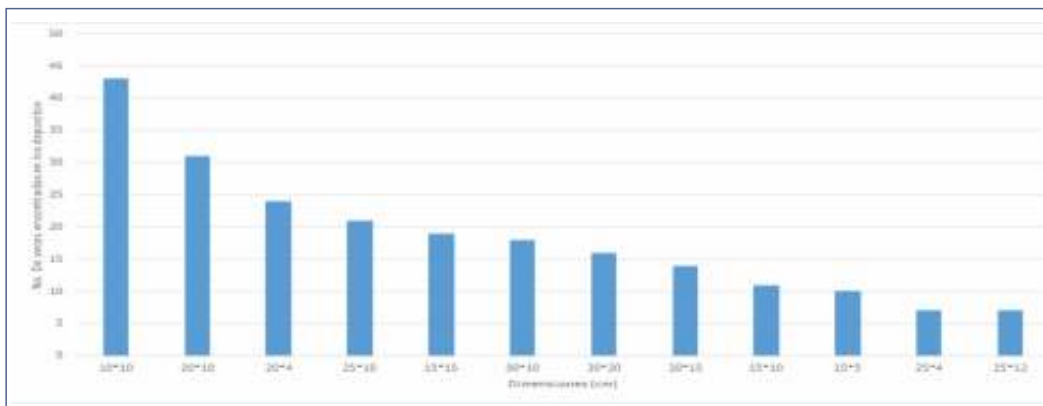


Figura 4. Dimensiones más representativas del mercado maderero en Bogotá y Soacha.

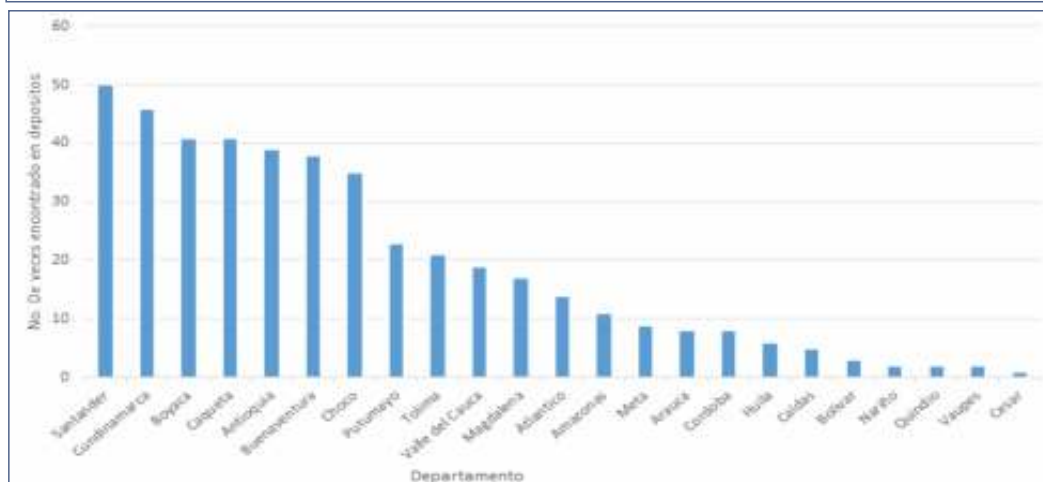


Figura 5. Principales Departamentos de procedencia de la madera aserrada comercializada en los depósitos de madera de Bogotá y Soacha.

Construcción de un modelo pedagógico para la identificación de maderas comerciales en territorios con Pos-Conflicto, el caso Colombiano.

durante el proceso de aprendizaje *in situ* como su aplicación *ex situ*, un aprendizaje intuitivo y al alcance de todos.

Como parte de la búsqueda de conocimiento del sector maderero en Colombia que se incluye dentro de la formación el estudio sugiere que los principales departamentos de procedencia de la madera son: Santander, Cundinamarca, Boyacá, Caquetá, Antioquia, buenaventura y choco, en nivel de importancia respectivamente. Sin embargo, el IDEAM (2018) reporta que los principales focos de deforestación ilegal en Colombia están en el Departamento del Choco con el 43.73% de la deforestación del país, seguido de Antioquia con el 16.94%, Meta con el 10.04%, mientras que Santander solo posee el 0.09% de deforestación. Lo que hace inferir que la mayor parte de la madera de Santander proviene de Plantaciones Comerciales, lo cual es corroborado con el listado aportado por la Dirección Técnica de Epidemiología y Vigilancia Fitosanitaria - Programa Fitosanitario Forestal del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), reportando que el 75% de los registros son plantaciones forestales comerciales, el 27% sistemas agroforestales, el 8% cercas vivas y tal solo el 5% son arboles aislados.

Otros datos relevantes como dimensiones más comerciales, usos, precios de la madera y demanda, hallados en el presente estudio, son vitales como referente bibliográfico, posibilitando el acceso a información primaria para estudios e investigaciones posteriores.

Conclusiones

El desarrollo de nuevos modelos pedagógicos innovadores, que permitan obtener un aprendizaje intuitivo es la manera más acertada de estructurar propuestas encaminadas al aprendizaje y desarrollo de competencias específicas. Un modelo pedagógico debe ser replicable, con la finalidad de poder llevarlos a otros centros de formación y brindar a nuevos centros la oportunidad de incorporar su uso, de esta manera la estrategia puede impactar en todo el territorio nacional, realizando algunos ajustes en cada región que corresponden a su necesidad específica.

La incorporación de las TIC en los modelos pedagógicos son una herramienta muy útil para el proceso de aprendizaje, que posibilita a los aprendices llevar en sus bolsillos a través de los celulares, las bases de datos necesarias para la ejecución de su labor, evitando memorizar y en cambio promoviendo a la comprensión de los procesos, más que a la memorización.

La vinculación de los aprendices en el proceso de desarrollo de nuevos modelos pedagógicos es una parte vital del proceso, al obtener retroalimentación por parte de los mismos en cada paso, brindando una perspectiva holística.

La identificación de las principales especies encontradas en el comercio de una región, permite desarrollar estrategias que reduzcan su estado de vulnerabilidad, de igual manera identificar las dimensiones más comerciales, usos, precios de la madera y demanda permitirán desarrollar nuevas estrategias a través de la formulación de proyectos sustentables como en el sector constructivo, incorporando estas especies para usos cada vez más comerciales que potencialicen sus bondades, incentivando la reforestación comercial y reduciendo la ilegalidad.

El trabajo interinstitucional es de vital importancia a la hora de realizar la validación de la información, ya que la información compartida por cada uno de los actores de la cadena forestal, es de importancia para su análisis y la determinación de estrategias de trabajo colaborativo para dar solución a problemáticas comunes del sector.

El sector educativo debe promover el desarrollo de nuevas estrategias innovadoras de formación, orientadas a combatir la comercialización ilegal de madera, formación que debe ser gratuita y de fácil acceso a los actores de la cadena forestal, promovida por los mismos actores, permitiendo al Estado servir como ente articulador del sector mas no como solucionador de la problemática, ya que el compromiso debe provenir de los actores de la cadena, apoyado por el Estado.

Agradecimientos

El presente trabajo de investigación aplicada fue realizado con el apoyo del Subdirector Francisco Gutiérrez Escobar y los programas de formación Procesos Productivos de la Madera y Diseño Mobiliario.

Damos igualmente agradecimientos a la Dirección Técnica de Epidemiología y Vigilancia Fitosanitaria - Programa Fitosanitario Forestal del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), por la información suministrada.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

El autor único es responsable de la obra en todos los aspectos que condujeron a la elaboración de su publicación.

Referencias bibliográficas

- Araya, M & Moya, R. (2013). Claves de identificación macroscópica de la madera de 110 especies del Caribe Norte de Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana KURÚ*, 10(24), 34-52.
- Arevalo, R. L. & Londoño, A. (2005). Manual para la identificación de maderas que se comercializan en el departamento del Tolima. Ibagué, Colombia: Impresiones Conde.
- Barañao, J. J., Augusto, E., Craig, E., Cucciufio, E. & Falco, P. (2008). Manual para la identificación de maderas con aumentos de hasta 10x. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de Luján
- Bisse, J. (1988). Árboles de Cuba. Editorial Científico-Técnica. Ciudad de la Habana, Cuba. p. 29.
- Cárdenas, D. & Salinas, N. (eds.). (2007). *Libro rojo de plantas de Colombia*. Volumen 4. Especies maderables amenazadas: Primera parte. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones científicas SINCHI- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.sinchi.org.co/>
- Correa, M. V. (14 de febrero de 2017). El posconflicto y su nuevo desafío: la deforestación. *Revista Enfoque Colombia*. Recuperado de <http://www.elcolombiano.com/>
- DÍAZ, Á. M. (2009). Imagen y pedagogía. *Pedagogía de las Ciencias del Lenguaje*, Maestría en Lingüística, UPTC, 144-154.
- García, G. (19 de junio de 2018). La deforestación, otro de los retos del posconflicto. *Revista OlaPolítica*. Recuperado de <http://olapolitica.com/>
- Guzman, J. F. (2018). Manual para la identificación de maderas de especies forestales comerciales de los municipios de Bogotá y Soacha, según características macroscópicas de la madera con lente de 10x. Bogotá, Colombia: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM. (2016). *Estrategia integral de control a la deforestación*. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM. (2018). Décimo quinto boletín de alertas tempranas de deforestación (AT-D) segundo trimestre de 2018. Recuperado de <http://smbyc.ideam.gov.co/>
- Kudos Ltda. (2016). Especies Maderables Versión 2 (Catálogo De Especies Maderables De Colombia). Recuperado de <https://gkudos.com/>
- Lynch, A. & Gasson, P. (2010). *Index Xylariorum*. Edition 4. London: Royal Botanic Gardens. Recuperado de www.kew.org/
- Luna, L. (2007). Modelo pedagógico innovador para la enseñanza de la Gerontología en la Enfermería. *Avances en Enfermería*, 25(1), 130-137.
- Méndez, I. E. & Castellanos, L. P. (1994). Las claves dicotómicas: Una vía para activar el estudio de la botánica sistemática (p. 7). Camagüey, Cuba: Instituto Superior Pedagógico José Martí
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *Pacto Intersectorial por la Madera Legal en Colombia (Edición No. 4 2015 - 2018)*. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Bosques Territorios de Vida: Estrategia Integral de Control a la Deforestación y Gestión de los Bosques*. Recuperado de <http://www.bosquesterritoriosdevida.com/>
- Ministerio de Educación. (2016). *La innovación educativa en Colombia*. Colombia (p. 170). Recuperado de: <http://aprende.colombiaaprende.edu.co/>
- Mogollón C. y Luciano A. (2016). *Innovación educativa*. Lima, Perú: CARTOLAN E.I.R.L.
- Morales, J. (2017). *¿Qué es el post conflicto?* Colombia después de la guerra. Bogotá, Colombia: EDICIONES B COLOMBIA
- Olmos, J. D. (26 de junio de 2018). La paradoja de la paz: cuatro historias de destrucción ambiental tras el acuerdo con las Farc. *Revista SEMANA*. Recuperado de <https://sostenibilidad.semana.com/>
- Rigau, C. (1978). *La Madera* (pp. 228-229). Barcelona, España: Editorial Blume.
- Rivers, M., Oldfield, S., & Smith, P. P. (2017). GlobalTreeSearch: The first complete global database of tree species and country distributions. *Journal of Sustainable Forestry*, 36(5), 454-489. DOI: <https://doi.org/10.1080/10549811.2017.1310049>
- Rosven, A. F. & Londoño, A. (2006). *Manual para la identificación de maderas que se comercializan en el departamento del Tolima* (pp. 137-142). Ibagué: Impresiones CONDE.
- Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. (2015). Plan estratégico 2015 – 2018: *Impactando el empleo decente, la productividad y la generación de ingresos*. Recuperado de <http://www.sena.edu.co/>
- Trejo, M. L. Llaven, G. & Culebro, M. E. (2014). Retos y desafíos de las TIC y la innovación educativa. *Revista Científico Pedagógica Atenas*, 4(28), 130-143.
- Valencia, L., & Ávila, A. (2016). Los retos del postconflicto. *Justicia, seguridad y mercados ilegales*. Bogotá, Colombia: EDICIONES B COLOMBIA
- Vásquez, A. M. (2017). *Xilotecas, importantes colecciones de referencia*. *Colombia Forestal*, 20(2), 192-201.
- Villamizar, D. (2017). *LAS GUERRILLAS EN COLOMBIA: Una historia de desde los orígenes hasta los confines*. Bogotá, Colombia: DEBATE.
- Williams J. & León H. (2009). 50 años de la xiloteca merw, patrimonio científico de Venezuela (1959-2009). *Pittieria*, 33, 111-120.
- Williams, J., León, H., Luis E., & Gámez, A. (2018). Anatomía de la madera de ocho especies de Pentacalia (Asteraceae) en Venezuela. *Caldasia*, 40(1), 41-53. doi: <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia>
- Yepes, I. A., Machado, R. & Olivera, Y. (2010). Creación de una metodología de claves interactivas a partir de la reconstrucción de claves analíticas publicadas. *Pastos y Forrajes*, 33(4), 1-10.
- Zubiria, J. (2016). *Los modelos pedagógicos, hacia una pedagogía dialogante*. Bogotá, Colombia: Editorial Magisterio

Localización óptima de viveros ornamentales con Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la ciudad de Bogotá, Colombia

Juan Francisco Guzmán Zabala

jfguzmanz @sena.edu.co²

Grupo de investigación SENNOVA CTCM SENA Bogotá, Semillero de Investigación

Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera, Bogotá, Cundinamarca

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA



Fuente (Freepik.es).



Resumen

Este trabajo tiene por objetivo examinar la distribución espacial de la oferta para plantas ornamentales y su demanda potencial en Bogotá (Colombia) a través de geomarketing, con la finalidad de identificar áreas desatendidas para la localización de nuevos viveros ornamentales. Con esta finalidad se emplean los Sistemas de Información Geográfica (SIG), concretamente el método de densidad de kernel, para representar las variables de interés (oferta y demanda) como densidades. En la oferta, se analizan los viveros ornamentales registrados ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). En la demanda se analizan los predios, diferenciados en tres estratos de acuerdo a su nivel socioeconómico (4, 5 y 6). La aplicación de estas técnicas permitió identificar 19 barrios, zonas desatendidas, con un mercado potencial de 12.314 familias, estimando unos ingresos anuales para el nuevo punto de venta de aproximadamente \$ 354.645.213 MCTE.

Palabras clave - Vivero ornamental, geomarketing, densidad de kernel, Bogotá, SIG.

Abstract

This work aims to examine the spatial distribution of the supply for ornamental plants and their potential demand in Bogotá (Colombia) through geomarketing, in order to identify underserved areas for the location of new ornamental nurseries. For this purpose, Geographic Information Systems (GIS) are used, specifically the kernel density method, to represent the variables of interest (supply and demand) as densities. In the offer, the ornamental nurseries registered with the Colombian Agricultural Institute (ICA) are analyzed. In the demand the properties are analyzed, differentiated in three strata according to their socioeconomic level (4, 5 and 6). The application of these techniques allowed to identify 19 neighborhoods, underserved areas, with a potential market of 12,134 families, estimating annual income for the new point of sale of approximately \$ 354 645 213 MCTE.

Keywords - Ornamental nursery, geomarketing, kernel density, Bogotá, GIS.

Localización óptima de viveros ornamentales con Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la ciudad de Bogotá, Colombia

Introducción

En un mundo globalizado donde la evolución tecnológica ha permitido generar nuevos desarrollos, asociados a nuevos usos en los mercados del mundo, como la industria 4.0 que según (Gonzales, 2018) permiten tener interconectividad en tiempo real, y en donde los Sistemas de Información Geográfico (SIG) juegan un papel cada vez más importante para las empresas, los clientes y usuarios de acuerdo con lo establecido por (Anda, 2016).

Así la implementación del Geomarketing como una rama del SIG de acuerdo a (Enriquez & Erazo, 2016; Manrique, 2015) permite apoyar las estrategias de mercado de las empresas, estrategia que toma mayor fuerza día a día, como en el caso de los restaurantes, permitiéndoles localizar nuevos puntos de venta en zonas desatendidas y con potencial de alta demanda, conocer áreas de influencia de la competencia así como las áreas de canibalismo, que en un SIG, se traduce en áreas de intersección, donde las empresas emplean estrategias de mercadeo para quedarse con esa porción de clientes, que representa ventas.

No lejano a esto los viveros del país y de la empresa crecen de manera desorganizada, ocasionando el cierre de viveros “puntos de venta” por bajo nivel de ingresos, razón por la cual la empresa Red Forestal incursiona en el uso de los SIG. Empleando el Geomarketing como herramienta para la locación optima de viveros ornamentales en ciudades, ya que hasta el momento los viveros de la empresa se encuentran ubicados en zonas rurales.

Razón por la cual, el proyecto planteó el análisis, diseño e implementación de un SIG, empleando el Geomarketing como herramienta para la identificación de la competencia, sus zonas de influencia, zonas desatendidas, zonas con potencial de alta demanda a través de estimadores de densidad de Kernel, y empleando visualizaciones como la hexagonal para establecer las áreas priorizadas en el mapa, permitiendo a los empleados de la empresa contar con una herramienta geográfica para la ubicación, manejo de la información de forma rápida y gratuita, razón por la cual se empleó el software libre QGIS, alcanzando un mejor análisis y aprovechamiento de la misma al ofrecer una presentación novedosa, dinámica y amigable; visualizada a través de un mapa digital que representa una información que generalmente se presenta en tablas de Excel como lo son la competencia de viveros registrados por el Instituto Colombiano Agrope-

cuario (ICA), datos que las empresas de producción de material vegetal “viveros” pueden aprovechar para establecer estrategias de mercado.

El proyecto se planteó para la empresa RED FORESTAL SAS, como proyecto piloto en la ciudad de Bogotá y sirve de ayuda en las áreas de mercadeo y ventas, dando a conocer las zonas desatendidas y áreas de influencia de la competencia.

Marco referencial

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Una definición clásica es la de (Tomlin, 1990), para quien un SIG es un elemento que permite «analizar, presentar e interpretar hechos relativos a la superficie terrestre». El mismo autor argumenta, no obstante, que «esta es una definición muy amplia, y habitualmente se emplea otra más concreta. En palabras habituales, un SIG es un conjunto de software y hardware diseñado específicamente para la adquisición, mantenimiento y uso de datos cartográficos».

Con lo anterior, una definición más precisa sería expresar que un SIG es un sistema que integra tecnología informática, personas e información geográfica (ESRI, 2019), y cuya principal función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados (Shea, 2000).

El Geomarketing

Según (Rodríguez, 2013) el Geomarketing combina Marketing y Geografía para localizar en un mapa, un negocio, clientes, puntos de venta, posicionamiento, competencia, con lo que aporta una información de alto interés y carácter espacial, permitiendo crear mapas personalizados de ubicación, con contenidos dinámicos y para todo tipo de empresas, otra aproximación Según (Nattenberg, 2000) contempla el Geo.

De este modo, la aplicación de Geomarketing ayudara a responder de forma rápida y eficiente cuestiones relacionadas con la localización óptima de productos, competidores y posicionamiento en sectores establecidos, aumentando sus posibilidades de éxito gracias a la toma de decisiones basadas en datos e información confiable. Algunos ejemplos de preguntas que se pueden responder con el uso de la herramienta del Geomarketing son: 1. Donde se localiza mi mercado objetivo, 2. Posicionamiento del bien o servicio, 3. Qué clase de gente es mi consumidor meta, 4. Quien es mi

competencia y cuál es su alcance, 5. Dónde está mi competencia, 6. Cuál es mi cobertura geográfica y 7. Rutas de distribución.

El Software

QGIS es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de Código Abierto licenciado bajo Licencia Pública General (GNU, en inglés). Es un proyecto oficial de Open Source Geospatial Foundation (OSGeo), corre sobre Linux, Unix, Mac OSX, Windows y Android y soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, datos ráster y bases de datos. Básicamente les permite a las empresas que están incursionando en el SIG llevar a cabo procesos con costo \$0, ideal para iniciarse en el mundo de los SIG (QGIS, 2019). Algunas de las ventajas del software de acuerdo a (ENYGIS, 2017) son: Interfaz flexible, Intero-perabilidad, Conexión a base de datos, Amplio abanico de complementos y la integración con GRASS que permite trabajar en archivos tipo Ráster.

La Densidad de Kernel

En el análisis geoespacial, el término kernel se refiere, en general, a los métodos de modelado local, similar a la técnica de densidad por rejilla. Su aplicación en este trabajo permitió representar las variaciones en la distribución geográfica de las variables estudiadas (datos de oferta y demanda potencial), definiendo áreas de concentración y dispersión que permitan identificar patrones en el comportamiento espacial. Este conocimiento puede marcar la diferencia al momento de tomar decisiones más precisas.

De acuerdo con (Moreno, 1991) el modelado kernel en un SIG genera una superficie curvada suave sobre cada punto en estudio. Este método realiza cálculos de vecindad local definida por bloques de celdas o píxeles y una función simétrica radial, de manera que el valor de densidad más alto se da sobre el punto de referencia y tiende a disminuir progresivamente en la medida en que se aleja de este, hasta el radio máximo de búsqueda (ancho de banda) donde el valor de densidad llega a 0. El resultado, son capas de información geográfica de tipo ráster que pueden ser analizadas en un SIG.

Para (Moreno, 1991), desde el punto de vista matemático estos estimadores poseen un cierto número de propiedades interesantes: a. Son funciones simétricas centradas en cero y su integral vale la unidad, b. Puesto que el Kernel es una función de densidad, el estimador f también lo es en la mayoría de los casos (dependiendo del Kernel) se

trata también de funciones continuas y diferenciables y c. Los Kernels, en la definición que se emplearon en el presente trabajo son positivos.

Generalmente, y para el caso univariado, dicho estimador pueden escribirse así:

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}\right)$$

Fórmula (1)

Siendo:

X = punto en el cual se trata de estimar la densidad,

X_i = valor de la variable en el caso $i=1, \dots, n$,

K = Símbolo del Kernel,

h = anchura de la ventana o parámetro de suavizado. Como veremos más adelante, tal parámetro resulta crucial en este método.

No existe un solo tipo de Kernel, según (Puchades, 2017) la producción escrita ha ido acumulando un cierto número de ellos, de los cuales algunos se visualizan en la figura 1, la importancia de seleccionar el tipo de kernel adecuado radica en que se desea mostrar o enfatizar. Básicamente el software QGIS muestra algunos tipos kernel, dependiendo de la herramienta, para el caso de puntos de

calor, se puede generar el estimador de kernel pero no permite generar el tipo Gaussian que es de tipo suavizado. Por otro lado, la herramienta estimadora de Kernel, ofrece únicamente los tipos Gaussian y Quartic.

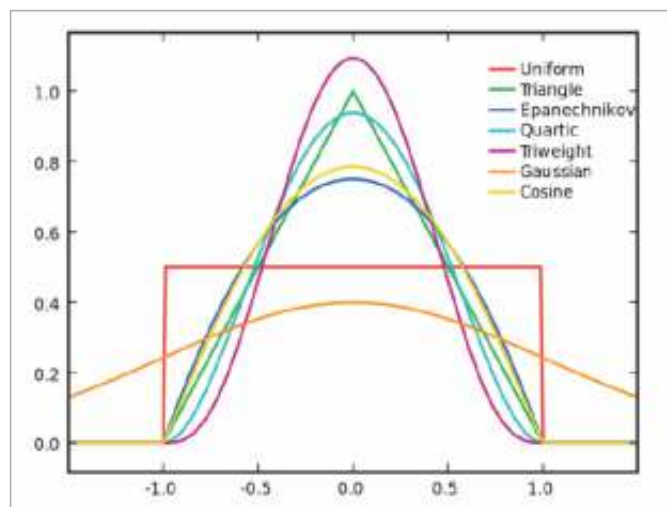


Figura 1: Tipos de kernel. Fuente: (Puchades, 2017)

Localización óptima de viveros ornamentales con Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la ciudad de Bogotá, Colombia

Hexágonos de muestreo

Según (Brodsky, 2018) los sistemas de cuadrícula son críticos para analizar grandes conjuntos de datos espaciales, dividiendo áreas de la Tierra en celdas de cuadrícula identificables. El Método hexagonal tiene por objetivo evitar el efecto de la heterogeneidad espacial (ver figura 2). Para (Scopel, 2013) estos hexágonos definen ubicaciones de muestreo, lo que ayuda a garantizar que todas las regiones dentro del área de estudio estén representadas por los resultados del muestreo.

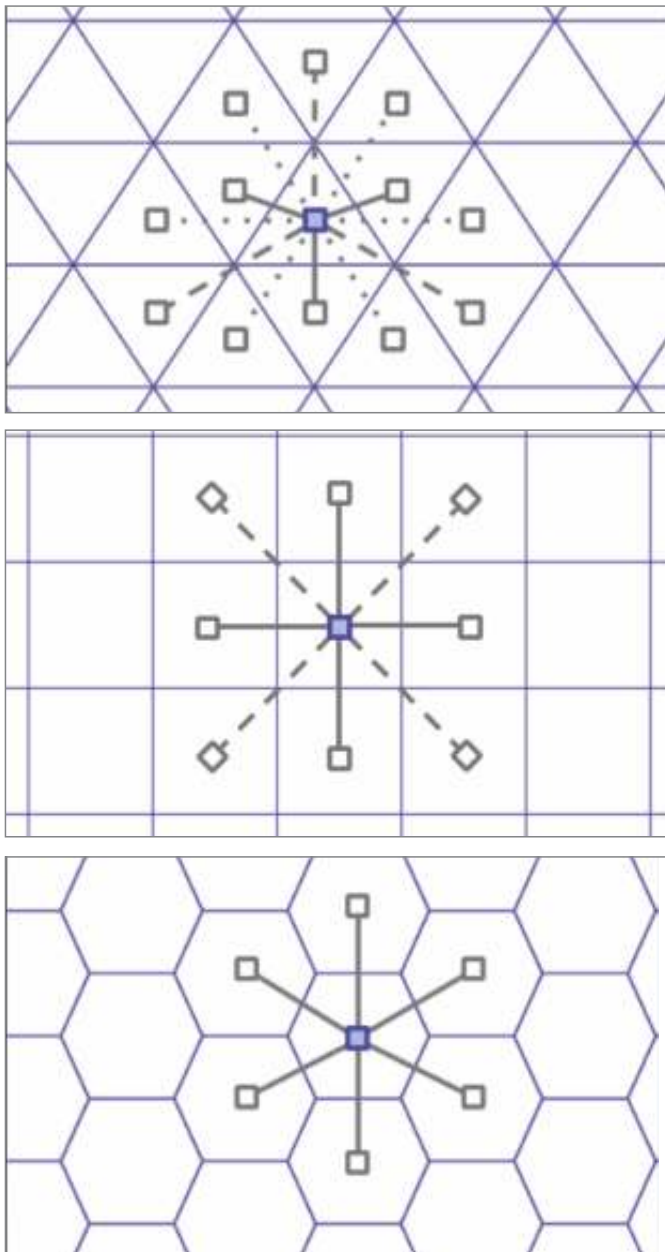


Figura 2: Distancias desde un triángulo a sus vecinos (izquierda), un cuadrado a sus vecinos (centro) y un hexágono a sus vecinos (derecha).
Fuente: (Brodsky, 2018)

Metodología

Ubicación del proyecto

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Antonio Nariño (UAN), como trabajo de grado para optar al título de Especialista en Sistemas de Información Geográfica, sede ubicada en la ciudad de Bogotá, Colombia. Para el procesamiento de los datos se empleó el software QGIS Versión de 3.4.3-Madeira, versión estable.

Selección de la zona de trabajo

Para la selección de la zona de trabajo se emplearon las estadísticas demográficas disponibles de seguidores en la página de Facebook, con el objetivo de seleccionar una ciudad del país en Colombia, con potencial comercial para Red Forestal, donde ya tenga establecido el goodwill "reconocimiento de marca", el cual es definido por (Valls, 2001) como un activo fijo de la empresa, que se encarga de mostrar el valor de la reputación de una empresa, que puede afectar a su situación en el mercado.

De los 25.000 seguidores en redes sociales, una vez analizada la información, Colombia presenta un total de 2 761 seguidores, de los cuales 556 pertenecen a la ciudad de Bogotá, siendo la que presenta mayor goodwill, seguida de la ciudad de Ibagué con 273 seguidores, para un potencial mercado futuro.

Obtención de capas

Una vez definida que la ciudad objetivo de mercado es Bogotá, se procede a la obtención de las capas (manzanas catastrales y valorización predial) requeridas para el proyecto, las cuales fueron descargadas de la página web de Infraestructura de Datos Espaciales de Bogotá (IDECA).

Geocoding

Con el objetivo de identificar la competencia presente en la ciudad de Bogotá, se tomó la información de viveros registrados por el ICA, información descargada a través del portal web oficial, que contiene información de los viveros registrados en formato Hoja de cálculo de Microsoft Excel (.xlsx) y que contenían la siguiente información: Departamento, Municipio, Nombre del Vivero, Estado, Tipo, Grupo de especie, Especies, Variedades y Teléfono del propietario.

La información fue filtrada para seleccionar únicamente los viveros de Bogotá y de tipo (Ornamental), a esta infor-

mación se le añadió 2 columnas (X, Y) para la geocodificación (asignación de coordenadas) de los viveros en el sistema de coordenadas geográficas EPSG: 4686 - MAGNA-SIRGAS, obtenidas de Google Maps, el archivo final fue guardado en formato Comma-Separated Values (CSV)

por sus siglas en inglés, para ser visualizado posteriormente como puntos en el software (ver figura 3), Quantum GIS (QGIS), para lo cual se empleó la herramienta "Texto delimitado" y posteriormente se guardó en el formato GeoPackage (.gpkg).

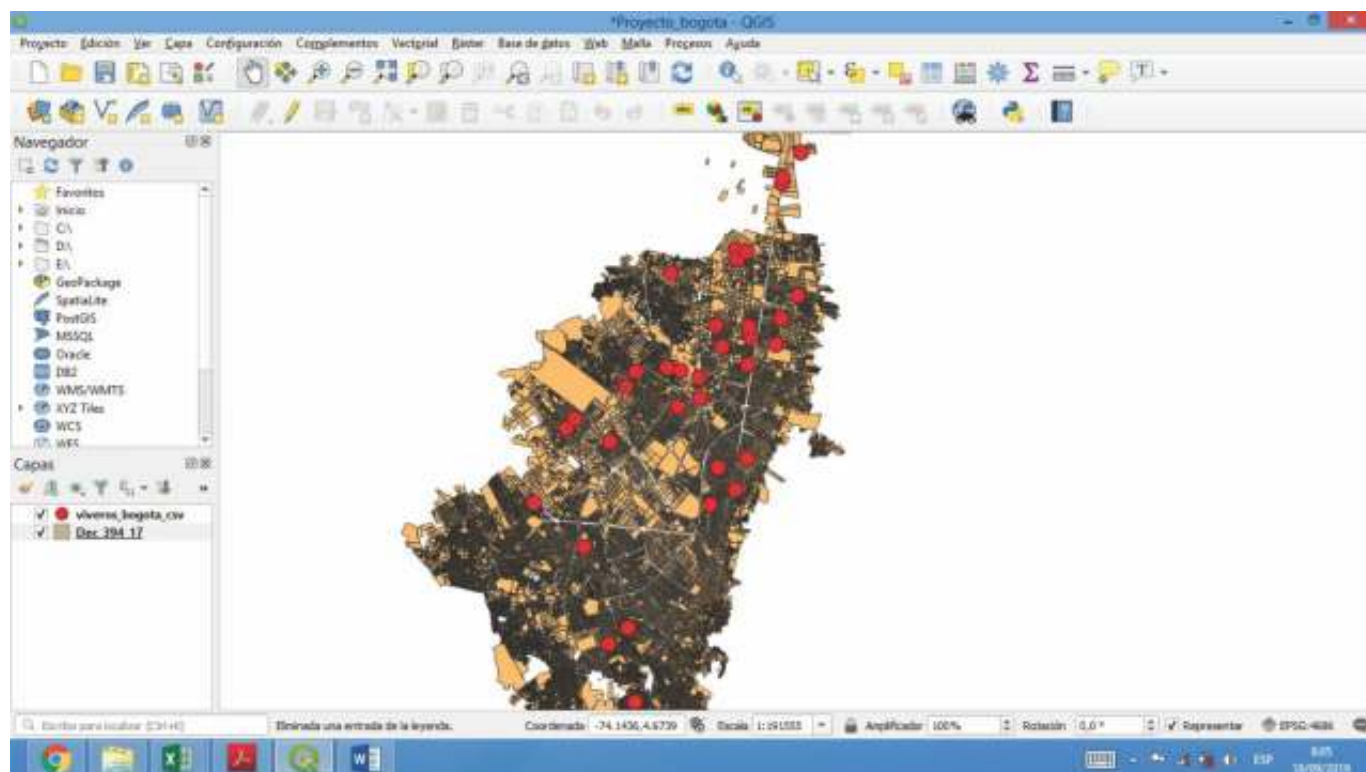


Figura 3: Visualización de los Puntos cargados en QGIS.
Fuente: Propia.

Proyección

Para trabajar de manera ordenada y facilitar el procesamiento de datos, se procedió a unificar el sistema de coordenadas. La proyección de coordenadas se realizó a través de la herramienta (proyectar capa) del sistema de coordenadas EPSG: 4686 - MAGNA-SIRGAS - Geográfico al sistema de coordenadas EPSG: 3116 - MAGNA-SIRGAS / Colombia Bogotá zone – Proyectado.

De igual manera se proyectaron todas las capas descargadas del IDECA al sistema de coordenadas EPSG: 3116 - MAGNA-SIRGAS / Colombia Bogotá zone – Proyectado. Estos fueron consolidados en un GeoPackage (.gpkg) formato de archivo que según (Morales, 2017) es universal y construido sobre la base de SQLite, sirve para compartir y transferir datos espaciales vectoriales y ráster, basado en estándares de la Open Geospatial Consortium

(OGC). Este formato dispone de índices espaciales, recomendado cuando el número de registros excede del millar como en el caso de las capas: manzanas, predios y valorización.

Extracción de puntos

Previo a realizar el proceso de análisis de densidad de Kernel es necesario obtener los puntos de los polígonos de (manzanas y valorización predial) a través de la herramienta (extracción de vértices), en formato (.gpkg) para facilitar el postproceso ya que este formato dispone de índices espaciales, recomendado por (Morales, 2017) cuando el número de registros excede del millar como en el caso de las capas (valorización predial y manzanas). El uso de índices espaciales incrementa la velocidad de búsquedas espaciales y su visualización en los SIG de escritorio.

Localización óptima de viveros ornamentales con Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la ciudad de Bogotá, Colombia

Modelación espacial de las variables con estimadores Kernel

Para el caso del proyecto, el análisis de densidad de Kernel se realizó con 2 tipos: Quartic para la demanda, representada por los puntos de manzanas, debido a que la forma de su curva es más pronunciada (ver figura 1) permitiendo focalizar las zonas potenciales para establecer los puntos de venta, y gaussiano, para hallar la densidad de puntos sobre oferta, representada por los puntos de viveros ornamentales pertenecientes a la competencia, siendo esta curva más suavizada (ver figura 1) lo que permitió identificar las zonas de influencia de la competencia.

Cálculo del radio para la oferta y demanda

La Secretaría de Tránsito y Transporte realiza anualmente un sondeo de percepción de tiempos de desplazamiento con el objeto de cuantificar la variación en los tiempos de desplazamiento de las personas en la ciudad de Bogotá. El sondeo realizado en 2018 según (Secretaría de Tránsito y Transporte, 2018) incluyó 60 sectores distribuidos en las 19 localidades de la ciudad, con un tamaño de muestra de 7.600 encuestas, encontró que en promedio una persona camina 15 minutos.

Según el mismo estudio presentado por (Secretaría de Tránsito y Transporte, 2018), una persona promedio tiene una velocidad al caminar de 5 kilómetros/hora, con base en este parámetro se estimó mediante una regla de tres, que una persona promedio recorre 1.250 metros en 15 minutos. Este fue el valor de radio a emplear, para establecer el área de la demanda (ver figura 4A) y de la oferta (ver figura 4B).

Con el objetivo de estimar el número de habitantes que se encuentran en la zona de influencia de la oferta, de acuerdo con las cifras presentadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2018), Bogotá posee una densidad poblacional de 5.097,23 Habitantes/Km². Para el cálculo de la población acorde al radio de 1.250 m, se empleó la fórmula 2, para el área de una circunferencia.

$$A = \pi r^2$$

A = Área / r = radio / π = pi

Fórmula (2)

El área encontrada para un radio de 1.250 m fue entonces:
A=4'908.738,52 m² ó A=4,91 Km².

Tabla 1. Número de habitantes en Bogotá para el radio de 1 250 m.
Fuente: Propia.

No. Habitantes	Km ²	Descripción
5.097	1,00	Población promedio por Km ² de habitantes en Bogotá
25.021	4,91	Población para un radio de 1.250 metros.

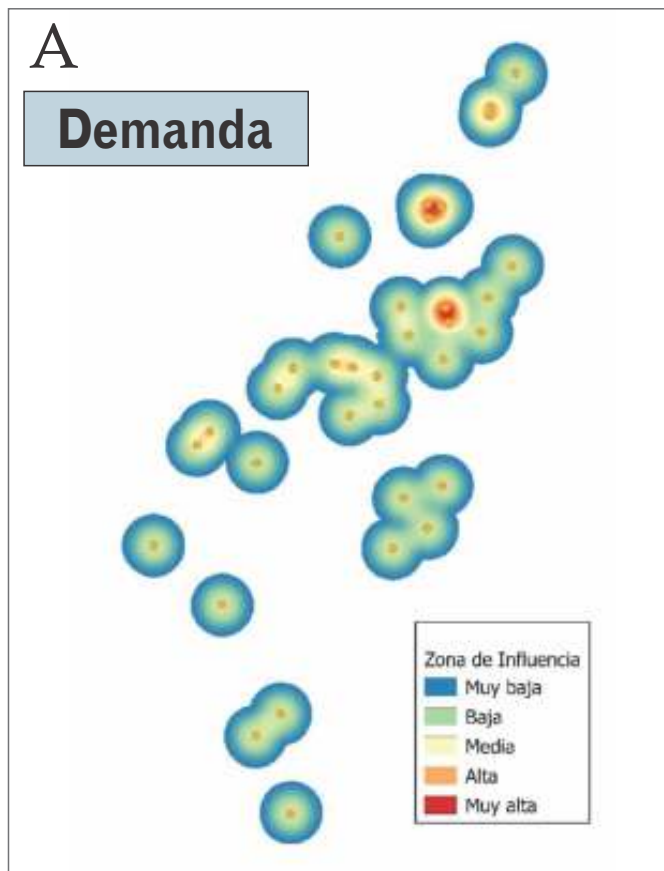
Generación de la densidad de kernel para la demanda y la oferta

Oferta

Para este proceso se empleó la herramienta (Mapa de calor), con un radio de 1.250 metros, y de tipo Gaussian, empleando como base los puntos de viveros competencia, generando así un ráster como salida (ver figura 4B).

Demanda

Para este proceso se empleó la herramienta (Mapa de calor), con un radio de 1.250 metros, y de tipo Cuártico, empleando como base los puntos de manzanas, generando así un ráster como salida (ver figura 4A).



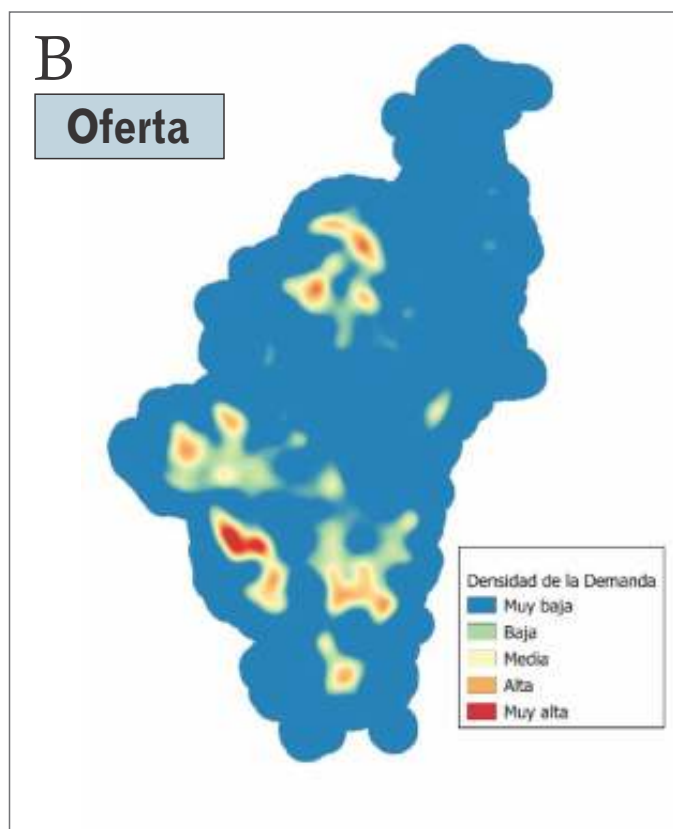


Figura 4. A: Densidad de kernel para la Oferta;
B: Densidad de kernel para la demanda,
ambos casos con un radio de 1.250 m y un tamaño de pixel de 40 m.
Fuente: Propia

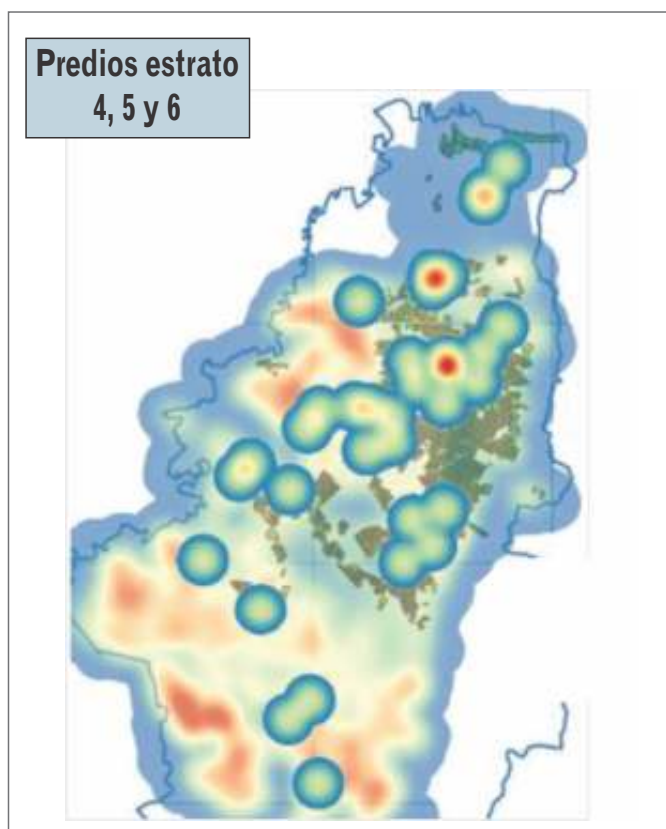


Figura 5. Análisis visual para definir las zonas de priorización
en estratos 4,5 y 6 vs oferta y demanda. Fuente: Propia.

En este punto ya es factible identificar las zonas con mayor demanda y menor oferta, con una capa de fondo de predios seleccionados por estrato 4,5 y 6 como se puede apreciar en la figura 5.

Resultados

Diagnostico

Para Bogotá el ICA tiene registro de 35 viveros de tipo ornamental, a los que se le realizó el proceso de asignación de coordenadas geográficas EPSG: 4686 - MAGNA-SIRGAS, obtenidas de Google Maps.

Mercados potenciales

Las zonas con alto potencial para establecer un punto de venta de plantas ornamentales (zonas desatendidas por la competencia) son:

Barrios

Se encontró un total de 19 barrios (ver figura 6) desatendidos, ubicados en el Noreste de Bogotá, de los cuales el 36,84% (7 barrios) son de estrato 4, el 31,58% (6 barrios) son de estrato 5 e igualmente el 31,58% (6 barrios) son de estrato 6, con un promedio de 39 predios por barrio.

Predios

Se encontraron un total de 738 predios, de los cuales el 13,39 % son de estrato 4 para un total de 102 predios, el 22,18 % son de estrato 5 para un total de 169 predios, y 64,44 % son de estrato 6 para un total de 491 predios.

Localización óptima de viveros ornamentales con Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la ciudad de Bogotá, Colombia

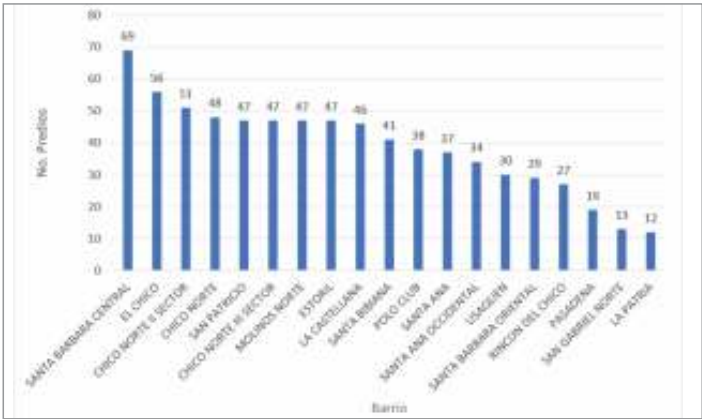


Figura 6. Número de predios en los barrios desatendidos para la zona priorizada de estratos 4,5 y 6. Fuente: Propia

Hogares

El número de familias correspondiente a la zona desatendida (ver tabla 2) es de 12.314 familias, de las cuales el 33,77% (4.158 familias) son de estrato 4, el 31,66% (3.899 familias) son de estrato 5 y 34,57% (4.256 familias) son de estrato 6.

Tabla 2. Potencial de demanda calculado en número de hogares (familias) de la zona desatendida. Fuente: Propia

Barrios	No. Predios	Estrato	Área (km2)	Total habitantes	No. De familias
SANTA ANA	37	4	1,8	9.175,12	2.414,51
SANTA BARBARA CENTRAL	69	6	0,73	3.742,16	984,78
CHICO NORTE	48	6	0,68	3.489,74	918,35
USAQUEN	30	5	0,66	3.338,72	878,61
RINCON DEL CHICO	27	5	0,57	2.925,92	769,98
SAN PATRICIO	47	6	0,49	2.473,95	651,04
LA CASTELLANA	46	4	0,48	2.460,70	647,55
SANTA BIBIANA	41	6	0,46	2.352,07	618,97
MOLINOS NORTE	47	5	0,45	2.289,39	602,47
CHICO NORTE III SECTOR	47	5	0,44	2.253,48	593,02
CHICO NORTE II SECTOR	51	6	0,41	2.066,12	543,72
EL CHICO	56	6	0,4	2.050,29	539,55
ESTORIL	47	5	0,34	1.735,76	456,78
SANTA ANA OCCIDENTAL	34	4	0,26	1.302,64	342,8
POLO CLUB	38	4	0,25	1.270,16	334,25
PASADENA	19	5	0,24	1.232,71	324,4
SANTA BARBARA ORIENTAL	29	5	0,2	1.040,67	273,86
SAN GABRIEL NORTE	13	4	0,2	1.014,56	266,99
LA PATRIA	12	4	0,11	579,3	152,45
TOTAL	738		9,17	46.793,46	12.314,08

De acuerdo a datos obtenidos por Red Forestal el consumo per-cápita mensual de plantas ornamentales es de 0,48 con un precio promedio por unidad de 5.000 pesos MCTE. Con base en estos datos se estimó que el potencial de ingresos mensuales para el nuevo punto de venta sería de \$ 29.553.768 MCTE/mensuales, con un total de ventas anuales de \$ 354.645.213 MCTE.

Conclusiones

El software libre como QGIS facilita numerosas y valiosas ventajas que pueden ser aplicadas con eficiencia y eficacia dentro de las empresas Micro y Medias y Pequeñas empresas (Mipymes), pero para poder aprovecharlas, las personas deberían investigar e instruirse sobre el uso de este, dejando de lado el software comercial que encarece los costos de las mismas.

El Geomarketing como herramienta del SIG, permitirá mejorar la competitividad de las empresas, sin embargo, los altos costos de recopilación de la información hacen que sea una variable a considerar y que se tenga que recurrir a estudios focalizados, sin embargo, la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) hoy en día presta un enorme apoyo a la consecución de la información de línea base, al ser de carácter libre al usuario.

Referencias bibliográficas

Brodsky, I. (2018, junio 27). H3: Uber's Hexagonal Hierarchical Spatial Index. Recuperado 5 de octubre de 2019, de Uber Engineering Blog website: <https://eng.uber.com/h3/>

Campo, K., Gijssbrechts, E., Goossens, T., & Verhetsel, A. (2000). The impact of location factors on the attractiveness and optimal space shares of product categories. *International Journal of Research in Marketing*, 17(4), 255–279. [https://doi.org/10.1016/S0167-8116\(00\)00026-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8116(00)00026-4)

Caudillos, C. A., & Coronel, C. (2017). *Diplomado en análisis de*

información Geospacial: Densidad de Kernel.

Corrillo, F., & Gutierrez, M. (2016). *ESTUDIO DE LOCALIZACION DE UN PROYECTO*. 7(11), 29-33.

ENYGIS. (2017). QGIS - la mejor opción SIG de software libre—ENYGIS. Recuperado 9 de octubre de 2019, de [//enygis.com/qgis_lider/](http://enygis.com/qgis_lider/)

ESRI. (2019). What is GIS? | Geographic Information System Mapping Technology. Recuperado 5 de octubre de 2019, de <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>

Fischer, M. M., & Nijkamp, P. (1992). Geographic information systems and spatial analysis. *The Annals of Regional Science*, 26(1), 3-17. <https://doi.org/10.1007/BF01581477>

Moreno, A. (1991). *Modelización cartográfica de densidades mediante estimadores Kernel*. Recuperado de <https://repositorio.uam.es/handle/10486/668528>

Nattenberg, O. (2000). Geomarketing. *STANDORT*, 24(1), 23–27. <https://doi.org/10.1007/s005480070044>

Puchades, X. (2017). *Estimaciones de densidad no paramétrica vía KERNEL* (España). Universitat Jaume I.

QGIS. (2019). Descubre QGIS. Recuperado 4 de octubre de 2019, de <https://qgis.org/es/site/about/index.html>

Rodríguez, G. (2013). *“Aplicaciones de Geomarketing en la industria farmacéutica: Delegación Gustavo A. Madero”*. 70.

Scopel, C. (2013). A new tool for creating sampling hexagons. Recuperado de ArcGIS Blog website: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/analytics/analytics/a-new-tool-for-creating-sampling-hexagons/>

Shea, C. M. (2000). *Handbook of Public Information Systems, Second Edition*. CRC Press.

Tomlin, C. D. (1990). *Geographic information systems and cartographic modeling*. Recuperado de <https://trove.nla.gov.au/version/45423614>



LÍDER DE SEMILLERO Juan Francisco Guzmán Zabala, colombiano oriundo del Tolima y domiciliado en la Ciudad de Bogotá, Ingeniero Forestal, Especialista en Sistemas de Información Geográfica (SIG), Instructor SENNOVA del Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera (CTCM) desde hace 2 años y medio y CEO de Red Forestal SAS desde hace 8 años.

Promotor de los proyectos para el fomento de la creación de nuevos Bosques y su protección a través del personaje Juan del Campo, Blogger que viaja por el mundo presentando diversas especies forestales de interés.

Ganador del Fondo Emprender en 2012, finalista del concurso Ventures en 2012 publicado en la edición especial de la revista SEMANA, finalista de Pith BIO de COLCIENCIAS en 2013, finalista en Joven Forestal Emprendedor Latinoamérica en 2016, ganador de los Premios Juventud Tolima en la categoría Medio Ambiente en 2016, finalista de los Premios Latinoamérica Verde 2017 con el Ránking 4 en la

categoría Bosques y Flora de entre 2500 proyectos, ponente del 2do Foro Latinoamericano y del Caribe sobre Bosques Urbanos – FAO en 2019 y ponente en la modalidad de póster del Congreso Mundial Forestal IUFRO 2019, escritor de artículos académicos, científicos y de libros.

Amante del progreso de nuestro país y de las experiencias compartidas con otros emprendedores, me gusta mostrar casos de éxito en las diferentes áreas para motivar los aprendices tanto en formación como en los proyectos de investigación, la participación en concursos nacionales e internacionales muchas veces con premios monetarios que incentivan al aprendiz a desarrollarse y a emprender. Uno de los logros más grandes en el SENA CTCM es la vinculación del sector productivo a través de los proyectos y el apoyo a los aprendices en su cadena formativa.



SÍGUENOS EN facebook

Sennova CtcM

www.facebook.com/Sennova.CtcM

Para enterarte de eventos, proyectos, noticias y convocatorias

Encuentra nuestras oficinas en el
Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera
Bloque C, piso 4.

Centro de Tecnologías para la Construcción y la Madera



Los textos publicados son propiedad intelectual de los autores y de la revista, que pueden utilizarse con propósitos educativos y académicos, siempre que se cite al autor y la publicación. Las opiniones contenidas en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente el pensamiento del Editor y el Consejo Editorial de la revista.



**Centro de Tecnologías
para la Construcción y la Madera**



**Autopista Sur Carrera 4 No. 53-54
Complejo Cazucá
Soacha - Cundinamarca - Colombia**

Correo electrónico: sennova.ctcm@gmail.com

Blog: <http://construccionymadera.blogspot.com/p/sennova.html>

Página web SENNOVA: <https://sennovactcm.wixsite.com/sennovactcm>

Página oficial SENA: <http://www.sena.edu.co>

