

Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Arquitectura y Urbanismo

Trabajo Final de Graduación para optar por el grado académico de Licenciatura en
Arquitectura

**Bambú laminado como alternativa para la construcción
sostenible en Costa Rica aplicado al Laboratorio
SMART E-Lab, San Carlos**

Modalidad: Proyecto Arquitectónico

EDGAR BADILLA LÓPEZ
Estudiante

San José, Costa Rica
2023



Notas legales

Este producto es propiedad intelectual original del estudiante que realiza el Proyecto de Graduación. Dicha investigación se concluyó en el año 2023 en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, el cual, amparado bajo la ley de derechos de autor y derechos conexos establece como propiedad intelectual la propuesta de **“Bambú laminado como alternativa para la construcción sostenible en Costa Rica aplicado al Laboratorio SMART E-Lab, San Carlos”**, que basados en el artículo 4 inciso b, de los derechos de autor como una obra del estudiante: Edgar Badilla López, se acoge bajo los siguientes artículos mencionados en la leyes de Costa Rica:

Artículo 2 de la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos establece que: “La ley protege las obras de autores costarricenses, domiciliados o no en el territorio nacional, y las de autores extranjeros domiciliados en el país”. De conformidad con este artículo se considera que el estado velará por la protección del proyecto “Bambú laminado como alternativa para la construcción sostenible en Costa Rica aplicado al Laboratorio SMART E-Lab, San Carlos”.

Artículo 47 de la Constitución Política ordena y manda que: “Todo autor, inventor productor o comerciante gozará temporalmente de la propiedad exclusiva de su obra, invención, marca o nombre comercial, con arreglo a la ley”. De conformidad con este artículo el creador es libre de disponer de su obra y darle el uso comercial que su conciencia le dicte. El principio básico es que debe existir la protección de los derechos de autor, inventor o comerciante.

Artículo 275 del Código Civil establece que: “Las producciones del talento son una propiedad de su autor, y se regirán por leyes especiales”.

Artículo 6 del Reglamento para la Protección de Propiedad Intelectual del Instituto Tecnológico de Costa Rica establece que: “El Instituto Tecnológico de Costa Rica será el titular de los derechos de propiedad industrial sobre los resultados de la actividad académica, manteniendo los inventores su derecho a ser reconocidos como tales y a la compensación económica por su explotación”. La propiedad industrial se refiere a la protección de productos del intelecto o invenciones relacionadas con la industria, en este caso el área de diseño y construcción.

III Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0.
Para más información visite: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

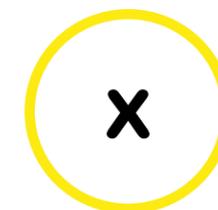


Constancia de defensa pública del Proyecto Final de graduación

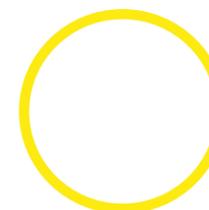
El presente proyecto de graduación titulado: **“Bambú laminado como alternativa para la construcción sostenible en Costa Rica aplicado al Laboratorio SMART E-Lab, San Carlos”** realizado durante el año 2023, ha sido defendido el día 13 de septiembre del 2023 ante un Tribunal Evaluador, como requisito para optar por el grado académico de Licenciatura en Arquitectura del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

La orientación y supervisión del proyecto realizado por el estudiante Edgar Badilla López, carné 2016074326, estuvo a cargo de la tutora MSc. Arq. Ileana Hernández Salazar, así como de los lectores Arq. Esteban Arias y el Ing. Roberto Yglesias Cuadra.

El Tribunal Examinador aprueba que este documento y su defensa sean declarados de conocimiento público y acuerdan declarar el proyecto:



Aprobado



Reprobado



Calificación

MSc. Arq. Ileana Hernández Salazar

Tutora

Arq. Esteban Arias Corella

Lector

Ing. Roberto Yglesias Cuadra

Lector

Edgar Badilla López

Estudiante

A cada persona que acompañó mi formación,
con un consejo,
con un ejemplo,
con una discusión,
con una corrección,
con un reconocimiento.

Resumen

La investigación titulada “Bambú laminado como alternativa para la construcción sostenible en Costa Rica aplicado al Laboratorio SMART E-Lab, San Carlos” propone al bambú y sus laminados como una alternativa para la construcción sostenible en Costa Rica debido a la huella ecológica de los materiales tradicionales. Este material se aplica al diseño del SMART E-Lab, en San Carlos, el proyecto se concibe como una iniciativa estratégica para impulsar la innovación orientada a la sustentabilidad en la región Huetar Norte.

Este proyecto de graduación se alinea con los siguientes Objetivos de desarrollo sostenible planteados por las Naciones Unidas: 9 Industria, innovación e infraestructuras, 11 Ciudades y comunidades sostenibles y 13 Acción por el clima.

Palabras clave: bambú, desarrollo sostenible, economía circular.

Abstract

The research entitled “Laminated bamboo as an alternative for sustainable construction in Costa Rica applied to the SMART E-Lab, San Carlos” proposes bamboo and its laminates as an alternative for sustainable construction in Costa Rica due to the ecological footprint of traditional materials. This material is applied to the design of the SMART E-Lab, in San Carlos, the project is conceived as a strategic initiative to promote innovation oriented to sustainability in the Huetar Norte region.

This graduation project is aligned with the following Sustainable Development Goals set by the United Nations: 9 Industry, Innovation and Infrastructure, 11 Sustainable Cities and Communities, and 13 Climate Action.

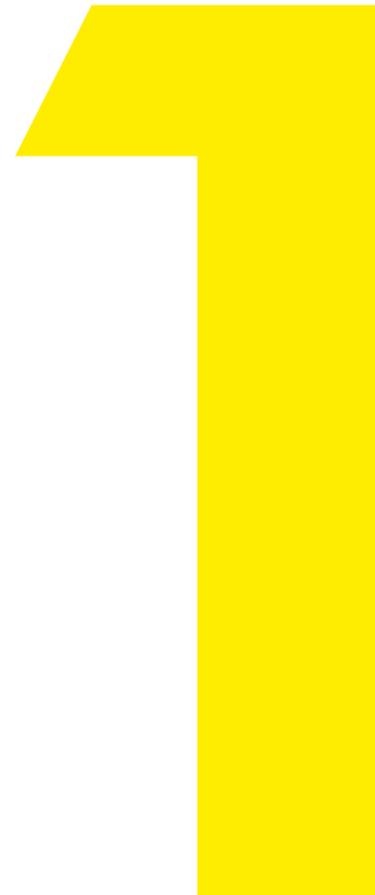
Key words: bamboo, sustainable development, circular economy.

Índice

Capítulo 1: Aspectos introductorios	14
1.1 Área temática	16
1.2 Alcance	17
1.3 Estado de la cuestión	18
1.4 Justificación	26
1.5 Problema	30
1.6 Objetivos	34
1.7 Marco conceptual	35
1.8 Marco normativo	44
1.9 Marco metodológico	46
Capítulo 2: Bambú laminado y sus características	51
2.1 Generalidades	52
2.1.1 Morfología	53
2.1.2 Suelo y clima	55
2.1.3 Cadena de producción	58
2.2 Laminados	60
2.3 Caso de estudio, Solis Pivot	64
2.4 Consideraciones	65

Capítulo 3: Usuarios y espacios para la innovación	66
3.1 SMART E-Lab	68
3.2 Actividades	70
3.3 Usuarios	80
3.4 Síntesis	91
Capítulo 4: SMART E-Lab	92
4.1 Análisis del sitio	94
4.2 Anteproyecto	104
4.2.1 Concepto arquitectónico	106
4.2.2 Programa arquitectónico	107
4.2.3 Pautas	112
4.2.4 Planos arquitectónicos	114
4.2.5 Visualizaciones	136
4.2.6 Materialidad y aspectos estructurales	156
4.2.7 Aspectos paisajísticos	163
4.2.8 Aspectos complementarios	166
4.2.9 Aspectos técnicos	174
4.3 Conclusiones y recomendaciones	188
4.4 Referencias	191
4.5 Anexos	198

Capítulo



En este capítulo se abordarán las bases para desarrollar el anteproyecto arquitectónico.

Está conformado por el estado de la cuestión, justificación, problema y pregunta de investigación, objetivos, delimitación y alcance; y el marco conceptual.

**Aspectos
introdutorios**

1.1 Área Temática

La temática del proyecto se inscribe en el marco del **diseño y construcción sostenible**, este último término entendido como la capacidad del entorno natural de asumir la actividad humana de manera que sus recursos no se degraden irreversiblemente (Acosta, 2009), abordado desde tres ejes principales:

El primero corresponde a la obtención de **materia prima** como un recurso renovable de fuente local.

El segundo es sobre la creación de nuevos productos a partir de la **industrialización** de dicha materia prima con nuevas tecnologías que diversifican y fortalecen su aplicación en el diseño y la construcción.

Y el tercero responde a la **innovación** como un factor clave para alcanzar un desarrollo sostenible. El no contar con alternativas a las tradicionales ocasiona que actividades en detrimento del ambiente se continúen perpetuando, como concluye Ternera (2018) la posición frente al desarrollo sostenible se debe repensar en pro de poder hacer frente a los cambios y necesidades del entorno.

1.2 Alcance



El alcance del proyecto tiene como objetivo el diseño de un anteproyecto arquitectónico desde un enfoque sostenible basado en el bambú como una fuente de materia prima alternativa, renovable y local, aplicada a su sistema estructural principal y secundario.

Por su planteamiento sostenible se abordarán los conceptos de economía circular y arquitectura regenerativa aplicados al diseño del SMART E-Lab en San Carlos, un laboratorio dedicado al desarrollo de innovación orientada a la sustentabilidad de la región Huetar Norte.

Figura 1: Regiones socioeconómicas de Costa Rica
Fuente: Elaboración propia con datos del Snit

1.3 Estado de la cuestión

En este apartado se presentan publicaciones e investigaciones que sirvieron de insumo para el desarrollo de la propuesta de anteproyecto. Tras una búsqueda bibliográfica con el fin de establecer las bases de la investigación, se encuentra en el bambú un material versátil y de gran potencial como una alternativa para la construcción sostenible a través de los laminados. Estos elementos se pueden aplicar tanto para componentes estructurales según los requiera el diseño, como también para elementos de carácter liviano y acabados. Sin embargo, aunque en el contexto nacional se ha identificado el valor del bambú para la construcción y otras industrias, el panorama no es el mismo, el desarrollo de laminados de bambú y su industrialización es aún muy incipiente y emergente.

Históricamente, el bambú ha sido utilizado por diferentes poblaciones en la construcción de sus viviendas por sus excelentes propiedades mecánicas. Se ha empleado continuamente en el campo de la construcción en distintos elementos como paredes, estructuras de techos, pisos, puentes, andamios, entre otras aplicaciones; alcanzando en algunas regiones del mundo un papel fundamental en la construcción.

Este es el caso de Bangladesh, donde el 73% de sus habitantes vive en edificaciones con este tipo de material, otro ejemplo es la ciudad de Guayaquil, Ecuador, donde el 50% de las personas habita en hogares con algún elemento hecho de bambú, lo que corresponde a 1 millón de personas (Romo, 2006).

Figura 2: Construcción con bambú en Guayaquil, Ecuador.
Fuente: cmbenly.com



Castillo (2006) destaca que en ciertas culturas, y especialmente en niveles económicos muy altos, como las sociedades de clase alta de Japón, Java y Malasia, el bambú es empleado arquitectónicamente en formas que son distintivas y básicamente artísticas. Sin embargo, comúnmente, las casas de bambú se caracterizan por un diseño rudimentario y un nivel básico en su ejecución. Este fenómeno se puede atribuir al costo relativamente bajo que posee el bambú, ya que lo hace accesible a grupos poblacionales de bajo nivel adquisitivo y que usualmente emplean técnicas de autoconstrucción para levantar sus viviendas, también conocidas como arquitectura vernácula.

Este tipo de arquitectura se puede abordar desde varios puntos de vista, como reflexiona Torres (1999) su definición varía según el autor y la época citando a varios de ellos: López (1993) la define como “aquella concebida como no culta, sin un estilo deliberado, y no relacionada con la arquitectura oficial”, Prieto (1982) comenta que “en cada



Figura 3: Construcción vernácula con bambú.
Fuente: cmbenly.com

región (...) constituyen la tradición arquitectónica más genuina e integran una parte importante del patrimonio cultural del país”, en el primer seminario internacional de arquitectura vernácula en México 1993, se define como “producto de la participación comunitaria, que mantiene sistemas constructivos resultado de sus recursos disponibles”. Y menciona que en las conclusiones de este seminario hay factores que destacan en este tipo de arquitectura, como el uso de materiales renovables producidos en gran escala, dependencia exclusiva a la economía local o regional, ejecución local y participación del usuario o la comunidad. Estos factores son compatibles con la construcción a partir de bambú siendo este material parte de la arquitectura vernácula de distintas regiones.

A pesar de esta larga tradición de construcción con bambú, el material no se utiliza con frecuencia en construcciones modernas; las cañas se implementan prácticamente sin ninguna transformación más allá que con el objetivo de darles una

mayor resistencia a las condiciones del ambiente.

Stamm (2008) realiza un recuento de las construcciones con bambú en las zonas tropicales, abarca desde los sistemas más tradicionales hasta los más modernos, entre estos últimos destacan sistemas estructurales con una ingeniería más compleja, como él menciona "donde no alcanza el largo de un tronco natural, ahí empieza la ingeniería". Se aplican al bambú conceptos estructurales bidimensionales más complejos para diseñar elementos como cerchas compuestas, columnas espaciadas y se pone especial detalle al diseño de las uniones entre las cañas para superar nuevos retos que responden a necesidades de los esfuerzos no lineales en



Figura 4: Laminados de bambú.
Fuente: archdaily.com



Figura 5: Casa de bienvenida Grand World Phu Quoc, Vietnam.
Fuente: eliane.com

estructuras esta vez tridimensionales.

La aplicación de conceptos estructurales más complejos permitió al bambú resolver encargos de mayor escala (ver figura 5) como puentes, torres y grandes naves con amplias luces. No obstante, la aplicación del bambú en el diseño se continúa desarrollando y se esperan nuevas aplicaciones que continúen incrementando el abanico de funciones en las que se puede desempeñar (Torres, 2019).

Estas nuevas aplicaciones se obtienen del procesamiento del culmo en un material compuesto laminado, similar a los productos de madera laminada encolada. Gru-



Figura 6: Elementos estructurales de bambú laminado.
Fuente: Xiao (2020)

Figura 7: Edificio con estructura de bambú laminado.
Fuente: Xiao (2020)



pos de investigación en China, como el de Xiao (2020) han logrado que este material se use en secciones estandarizadas y posean menos variabilidad inherente del material natural. A estos se les denomina bambú diseñado o bambú de ingeniería, para efectos de esta investigación estos materiales se denominarán como bambú laminado.

Actualmente el bambú laminado se implementa en la creación de componentes constructivos estructurales como lo son vigas, columnas y muros de corte; todos estos elementos se fabrican según los requerimientos del diseño y no se diseñan en función de las capacidades del material (cabe destacar que la tecnología aplicada empieza a permitir superar las capacidades del bambú en su forma natural de caña). La diversidad de proyectos en los que se han utilizado va desde refugios temporales hasta edificios de estructura ligera o pesada (Xiao, 2020).

Otro ejemplo de la aplicación del bambú laminado es el del equipo de investigación de la Universidad Zhejiang, China y la Universidad de Illinois, Estados Unidos, este grupo de investigadores desarrollaron marcos especiales de bambú laminado. Un

Figura 8: Edificio con estructura de bambú laminado.
Fuente: Xiao (2020)



ejemplo típico se muestra en la figura 8, este edificio de 350 m² está ubicado en un parque temático en Changsha, China. En el edificio que se muestra en la figura 7, la viga más grande tiene una longitud de 16,5m, con una longitud en voladizo de 7m; la sección tiene 800 mm de espesor y 120 mm de ancho (Nugroho, 2019).

El bambú laminado es investigado activamente. Como concluye Xiao (2020), se han publicado investigaciones sobre resistencia al fuego y durabilidad, sin embargo, sigue siendo una necesidad continuar investigando el comportamiento del material en ciertas condiciones. Más allá de una mayor investigación para definir el comportamiento de los materiales y componentes del bambú laminado y varias aplicaciones exitosas, es necesario establecer pautas y especificaciones de diseño para el uso generalizado de estructuras hechas de este material.

Recientemente, varios fabricantes chinos desarrollaron un nuevo producto de bambú llamado bambú reestructurado de alta densidad, resistencia y

Recuperación de madera seca aserrada por ha por año en comparación con el Bambú Guadua

Madera Columbia Británica (recuperación de madera / año) madera seca (m3)	1 año rotación (m3)	40 años rotación (m3)	125 años rotación (m3)	400 años rotación (m3)
66.7 (71% x 94 m3/ha)	NA	1.67	0.53	0.17
142 (71% x 200 m3/ha)	NA	3.55	1.14	0.36
284.7 (71% x 401 m3/ha)	NA	7.12	2.28	0.71
Guadua(recuperación neta) 15	15 m3	NAN	AN	A

NA : No aplica

Figura 9: Rendimiento por hectárea de bambú y madera
Fuente: Elaboración propia con datos de De Flanders y Rovers (2009)

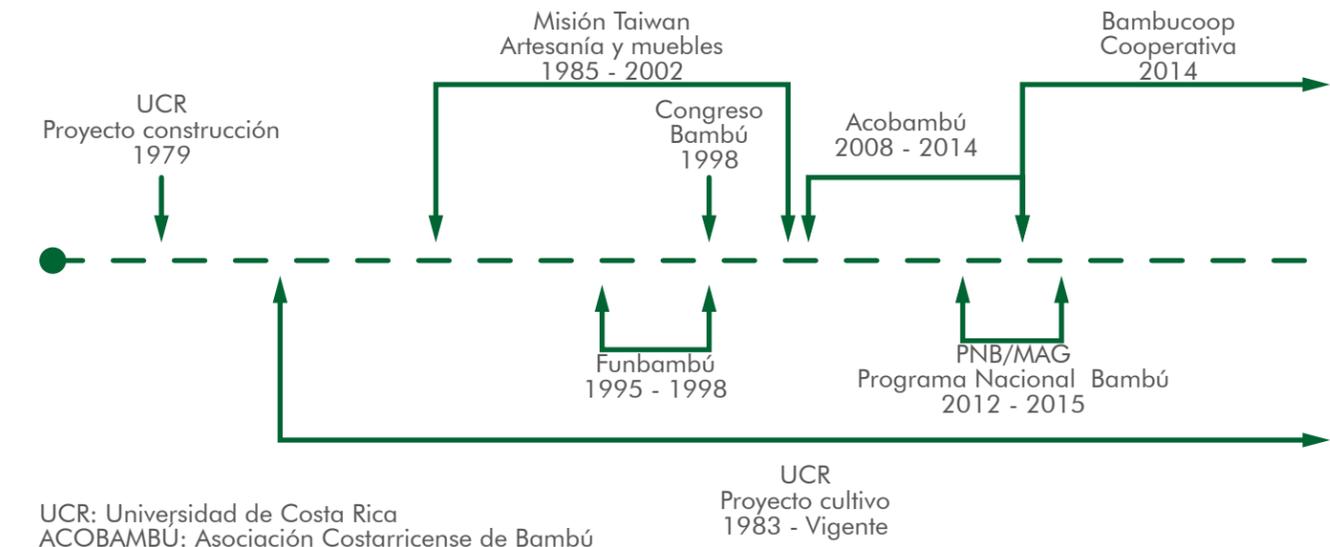
módulo de elasticidad (MOE). Estos nuevos productos son prometedores para uso en exteriores; sin embargo, su desempeño para el diseño estructural se debe continuar investigando.

Además del desarrollo de estos nuevos materiales, otro factor muy importante es la producción. En Colombia, De Flanders y Rovers (2009) analizaron cómo la construcción con estructura de bambú laminado puede ser una alternativa directa a la construcción con estructura de madera. Obtuvieron como resultado que el bambú posee una gran ventaja en el rendimiento anual por área forestal en comparación con la madera, puesto que los recursos actuales y potenciales de bambú en Colombia se comparan con los volúmenes de materiales necesarios para construir una casa modelo, lo que da como resultado una visión práctica y realista del potencial global del bambú para reducir el impacto ambiental del entorno construido.

Para realizar el análisis tomaron en cuenta la gran variabilidad en la gama de

maderas, años de recuperación y rotación, en la figura 9 se puede ver que un bosque de bambú (guadua) tiene una producción mucho mayor de material neto por hectárea (ha) al año que la madera. También lo atribuyen a que una plantación de madera con una recuperación promedio de 142 m³/ha y 40 años de rotación puede proporcionar material para construir 10 casas (175m²) cada 40 años, que es un promedio de una casa cada 4 años. El bosque de guadua, por otro lado, produce suficiente material para construir una casa cada año. Como queda claro, una de las grandes ventajas del bambú sobre la madera es que se puede cosechar cada año.

Costa Rica no ha sido la excepción en el reconocimiento del potencial que posee el bambú para solventar las demandas de la industria de la construcción. Dentro del contexto nacional, se ve en el bambú la oportunidad para solucionar las necesidades de vivienda. A raíz de esto, Montero (1992) destaca la creación de iniciativas y proyectos como el Plan Nacional del Bambú (1987) cuyos objetivos principales a



UCR: Universidad de Costa Rica
ACOBAMBU: Asociación Costarricense de Bambú

Figura 10: Línea de tiempo con los proyectos relacionados al bambú en Costa Rica.
Fuente: Gonzales (2017)

largo plazo son la construcción significativa y permanente de viviendas de interés social, la consolidación de la forestación, manejo, aprovechamiento e industrialización del bambú y la institucionalización, promoción y diversificación del bambú en Costa Rica y América Central.

Sin embargo, la trayectoria del bambú en el país ha sido atropellada y desorganizada. Muchos de los proyectos relacionados al bambú no llegan a consolidarse, en la figura 10 Gonzáles (2017) los resume en una línea de tiempo.

En Latinoamérica, Colombia y Ecuador son importantes productores de bambú ingenieril, Jamaica lo es con la producción de carbón, Hawái en la construcción de casas modulares de clase alta, y en otros estados de Estados Unidos, se utiliza para la fabricación de polímeros y fibras para telas. En Costa Rica con frecuencia se menciona el uso del bambú para la construcción de casas de bien social o muebles

Figura 11: Aproximación de las áreas de cultivo de bambú en Costa Rica
Fuente: Gonzales (2017)

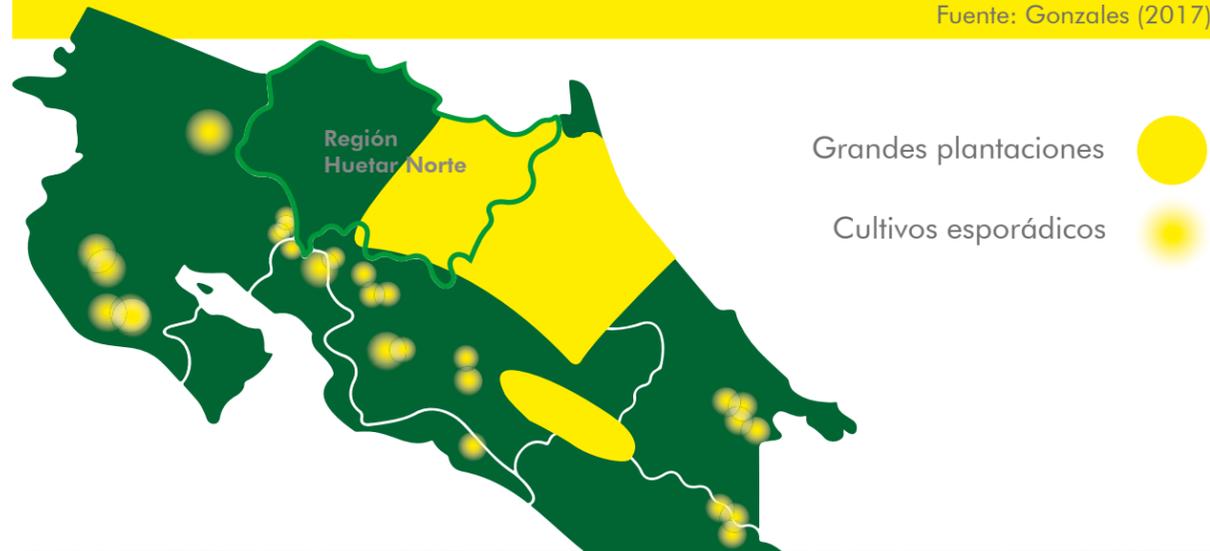


Figura 12: Cultivo de bambú en la zona sur de Costa Rica.
Fuente: Universidad Nacional

para la clase media-baja, con bajo valor agregado (Gonzales, 2017).

En el país se cuenta con 15 géneros y aproximadamente 75 especies de bambú. Los géneros más utilizados son *Phyllostachys*, *Guadua*, *Dendrocalamus* y *Bambusa*. Por poseer características mejores que el resto, en cuanto a morfología y propiedad para el uso estructural, la *Guadua* es la que se cultiva con mayor frecuencia (igualmente a nivel internacional). Se tienen dos zonas con alta producción: la zona del Caribe y la zona del Sur, esta última con un tendencia por desarrollarse más, no obstante, en el resto del país también se encuentran cultivos en otras áreas de menor tamaño de forma dispersa como se muestra en la figura 11 (Gonzales, 2017).

Entre las iniciativas que ven en el bambú una solución para la construcción sostenible se puede destacar el de la Universidad Earth. Consistió en la propuesta de una vivienda de carácter social, sus autores, Rodríguez y otros (2006) lo llamaron "Utilización del bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) (Bambu-

soideae: Graminae), como una alternativa sostenible de construcción de viviendas en la zona atlántica de Costa Rica" (ver figura 12). Para brindar una solución de bajo costo y sostenible se propone la utilización del bambú para solventar los problemas habitacionales de la comunidad indígena de Yorkín, ubicada en la zona alta de Talamanca, adaptado al entorno y con un carácter de autoconstrucción.

Los proyectos ejecutados en el país plantean un uso del bambú sin procesar, es decir, de la forma tradicional en sistemas constructivos a partir de la caña en su estado natural. Esto deja en evidencia que la introducción de nuevas tecnologías aplicadas al bambú para potenciar su uso en la construcción está poco explorada en el país, lo más cercano que se puede encontrar es la fabricación de madera comprimida de bambú la cual proporciona mayores posibilidades de aprovechamiento de los culmos, sin embargo, se sigue aplicando a una escala muy pequeña.

Por ello, es de gran valor explorar las posibilidades que brindan los produc-

tos resultantes del procesamiento del bambú mediante nuevas tecnologías como una alternativa para la construcción sostenible en Costa Rica mediante proyectos de mayor escala.

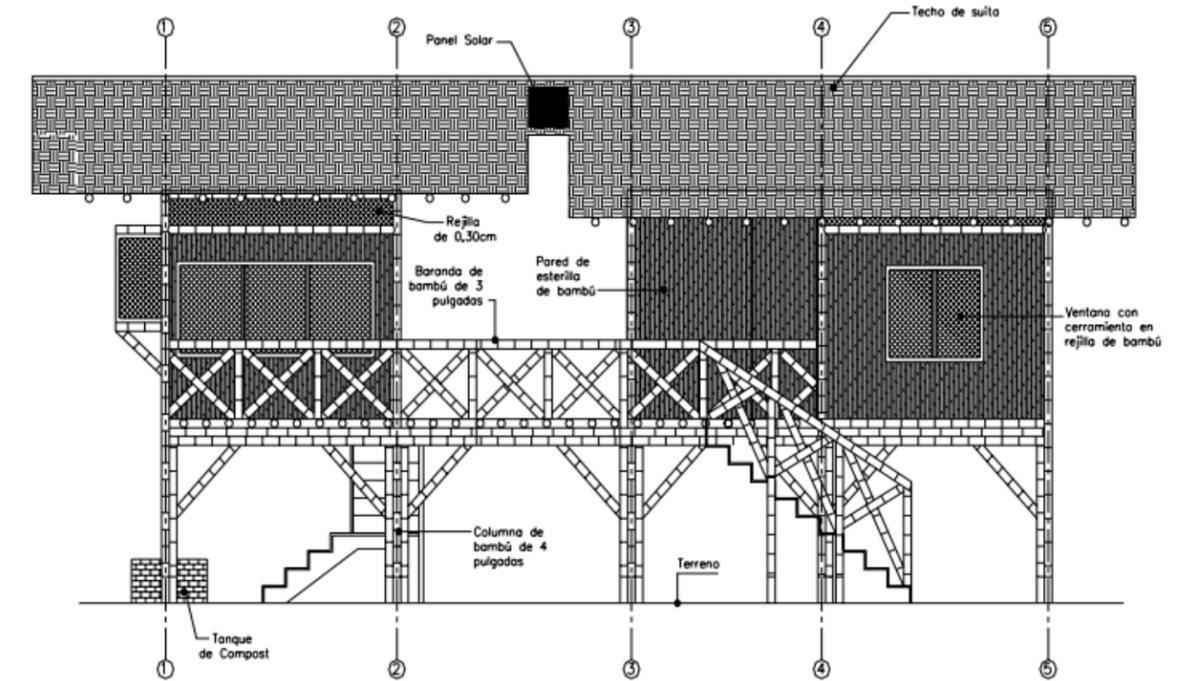


Figura 13: Elevación. Propuesta de vivienda en la zona atlántica de Costa Rica
Fuente: Rodríguez y otros (2006)

1.4 Justificación

En este apartado se exponen las razones por las cuales se ha elegido el presente tema para el proyecto y una aproximación de cuáles serán los aportes generados.

La industria de la construcción es una de las mayores fuentes de contaminación de forma directa e indirecta. En términos estadísticos, Pertuz (2010) destaca que el sector de la construcción es responsable del 50 % de los recursos naturales empleados, del 40 % de la energía consumida (incluyendo la energía en uso) y del 50 % del total de los residuos generados. Aunado a esto, el procesado de materias primas y la fabricación de los materiales (como acero, cemento y sus derivados) generan un alto costo energético y medio ambiental.

A raíz de esta situación, es necesaria la exploración de diseños con materiales que no impacten negativamente el medio ambiente como lo han estado haciendo los tradicionales basados en hormigón y acero. Una alternativa de gran potencial que se ha implementado durante mucho tiempo ha sido el uso del bambú.

Figura 14: Extracción de recursos
Fuente: humanidades.com



A pesar de la larga tradición de construcción con este material, no se utiliza con frecuencia en construcciones modernas; su aplicación en el diseño aún se está desarrollando y se esperan nuevas aplicaciones que continúen incrementando la porción de bambú convertido en productos con nuevos desempeños (Torres, 2019).

Estos nuevos componentes tienen como objetivo diversificar el empleo del bambú en la construcción mediante su transformación en nuevos elementos (ver figura 13) como vigas, columnas, muros de corte, entre otros. Con base en estos nuevos componentes, el bambú se convierte en una potencial opción para la sustitución de los sistemas tradicionales por uno más sostenible.

Como principal materia prima, el bambú representa un recurso versátil y renovable, caracterizado por su rápido crecimiento en relación con otras especies, no deja residuos que no sean biodegradables, absorbe CO₂, evita la desertificación de los suelos, así como su erosión y promueve la creación de “una industria local” (Soler, 2008).

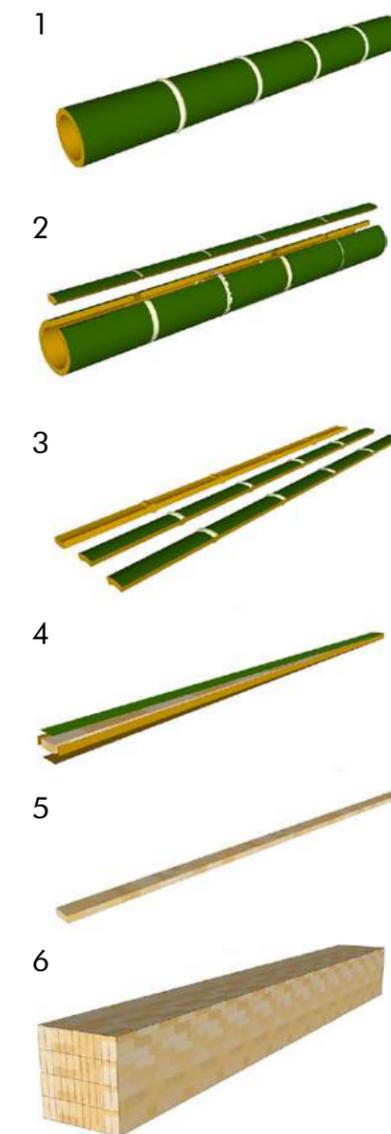


Figura 15: Fases para la elaboración de un laminado de bambú
Fuente: Zhang (2021)

La fabricación de nuevos elementos más aptos y amigables con el ambiente para la construcción a partir de las fibras del bambú evidencian que la innovación es clave para alcanzar un desarrollo sostenible, centros de investigación en pro del ambiente pueden potenciar líneas de investigación y desarrollo de innovación orientada hacia la sostenibilidad.

Estas líneas de investigación se ubican en industrias que históricamente han sido altas consumidoras de recursos naturales además de grandes generadores de contaminación como la agricultura, la construcción y el desarrollo de materiales. Como destaca Villarino (2012), para integrar responsablemente la agricultura con el medio ambiente los insumos y recursos se deben utilizar responsable y eficientemente. El diseño y elaboración de materiales para la construcción a base de materiales reciclados y naturales son una alternativa para la mitigación del impacto negativo ocasionado por el uso indiscriminado de materiales sintéticos empleados en la construcción y la vida diaria (Barrera, 2015).

Este tipo de resultados son el producto del trabajo de la industria con los investigadores en beneficio del ambiente. Como lo estudia *Tenera (2018)* en un estudio bibliométrico para describir, analizar e interpretar la producción científica basada en la innovación y el emprendimiento como elemento determinante para el desarrollo sostenible, surge la necesidad de favorecer algunos elementos claves para la formación y la generación de ideas emprendedoras e innovadoras. Enfatiza en la importancia de potencializar el comportamiento emprendedor e innovador estimulando la consolidación de iniciativas de alto valor agregado que fortalezca la dinámica de innovación.

El proyecto del SMART E-Lab busca ser ese potencializador para alcanzar un desarrollo sostenible y no solo un medio, sino también un ejemplo. Se ha planteado que el proyecto sea construido con materiales de origen sostenible, local y alternativos a los tradicionales, entre ellos, el bambú laminado como material estructural principal, como estudió *López (2009)* estos laminados se proyectan como un material alternativo para la construcción de estructuras. En Costa Rica, el reconocimiento del potencial del bambú no es nuevo, sin embargo, la trayectoria del bambú en el país ha pasado por varios tropiezos por falta de apoyo y organización. El cultivo se introdujo formalmente en 1979, desde ese año ha sido protagonista de varias iniciativas que ven en el bambú un potencial enorme (*González, 2017*).

El proyecto, al estar ubicado en San Carlos contribuiría al desarrollo sostenible de la Región Huetar Norte. Este tema no es algo nuevo para el sector productivo de la región, *Sevallos (2013)* destaca que los empresarios implementan buenas prácticas ambientales que tienen impacto en el negocio, tales como; minimizar el uso de energía y agua, reciclaje, un buen manejo de los recursos naturales, el utilizar material biodegradable, etc. Esto demuestra que el sector tiene conciencia del impacto de su actividad en el ambiente y buscan alternativas para mitigar su contaminación por medio de la innovación.



Figura 16: Fibras textiles obtenidas del rastrojo de la piña.
Fuente: ucr.com

Ejemplo de innovación: investigadores de la UCR crean productos textiles a partir de los restos del cultivo de la piña, por medio de un tratamiento aplicado a la fibra obtienen textiles aptos para fabricar distintos productos como zapatos y ropa.

Como se señala en la Agenda de Competitividad para la Región Huetar Norte, esta es una de las regiones con menor desarrollo económico y humano del país. Sin embargo, la región cuenta con un importante potencial en cuanto a atractivos turísticos, extensión y calidad de tierras para la agricultura, y una pujante sociedad que busca lograr mayores niveles de bienestar. Todo ello puede ser transformado en actividades económicas que podrían potenciar el desarrollo de la región. Los retos son múltiples y vienen desde todas las dimensiones del desarrollo.

Con este gran potencial, el SMART E-Lab puede aportar conocimiento y liderazgo integrando al sector productivo, turístico y académico para la generación de innovación orientada hacia la sustentabilidad. El Instituto Tecnológico de Costa Rica en San Carlos se posiciona como un valioso aliado estratégico por ser una institución que genera proyectos de investigación y extensión, tener acceso a proyectos de diversas disciplinas y además contar con alianzas vinculadas a otras instituciones. Proyectos como el SMART E-Lab se encargan de crear puentes entre la industria y la investigación en pro de la regeneración del entorno natural, social y económico.



Figura 17: Territorio de la región Huetar Norte
Fuente: Elaboración propia con datos del SNIT

1.5 Problema

En este apartado se expone la problemática que se busca abordar, la misma gira entorno a la contaminación generada por la industria de la construcción, la explotación del medio ambiente, la falta de alternativas para una construcción sostenible y el poco acceso a espacios para la innovación.

Como se adelantó en la justificación, el sector de la construcción es una de las principales fuentes de contaminación del ambiente ya que produce enormes efectos negativos en el mismo de forma directa o indirecta (Enshassi, 2014), es decir, extrae recursos naturales y consume otros en la producción de energía. Si seguimos la cadena de producción empezando por la extracción de materias primas, esta actividad demanda una alta cantidad de recursos de la naturaleza, se estima que el 50% de todos los materiales extraídos del medio se transforman en materiales de construc-



Figura 18: Ciclo de vida de una edificación.
Fuente: Elaboración propia

ción y otros productos (Abarca, 2017).

Siguiendo el ciclo de una construcción (ver figura 16), las materias primas deben ser transportadas y transformadas, este proceso requiere un alto consumo energético de fuentes no renovables en la mayoría de los casos. Cabe destacar que Costa Rica no es un gran productor de materias primas para la construcción, sino que las importa a pesar del costo ambiental que conlleva. Durante esta transformación, se le añaden sustancias químicas para la mejora de sus características, este proceso perjudica tanto la salud de los ecosistemas como la de las personas debido a que estas sustancias son sumamente contaminantes (Morenilla, 2011). Por último, cuando estos materiales son desechados como residuos, representan hasta un 50% de todos los residuos generados.

La actividad de la construcción la podemos resumir como una bola de nieve de malas prácticas ambientales que solo crece y crece. Este panorama es preocupante debido a que el sector construcción se relaciona directamen-

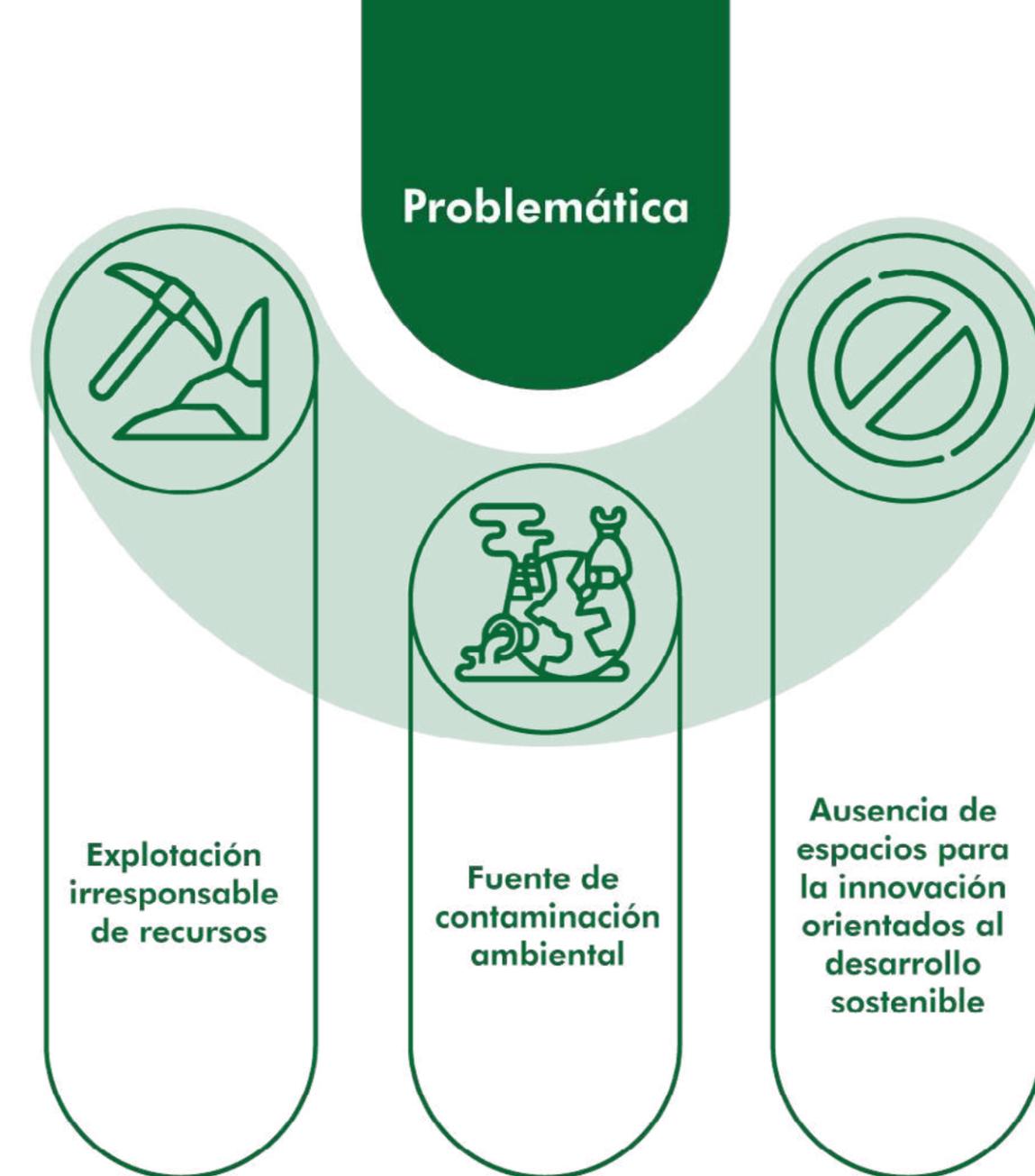


Figura 19: Variables del problema
Fuente: Elaboración propia

te a la economía nacional y de esta se espera que esté en constante crecimiento. Solo, en el 2017, la tasa de generación de residuos del sector fue de 24.1 kg/m², se puede decir que para el año anterior se generaron en el país 250 360 toneladas de residuos (Hernández, 2021).

Por lo anterior, se hace necesario la búsqueda de sistemas constructivos alternativos, o bien, materias primas renovables que puedan ser explotadas por la industria de la construcción de forma local y así mitigar su impacto sobre el ambiente. La innovación se vuelve un factor clave en la búsqueda de estas opciones, sin embargo, el limitado acceso a espacios de innovación por parte de emprendedores, pequeñas empresas, investigadores, estudiantes y comunidades es una de las razones que ha contribuido a la perpetuación de prácticas insostenibles. La dificultad para el cambio y adaptación se acentúa cuando hacemos referencia a las pequeñas y medianas empresas (PYME). Debido principalmente a su tamaño, la PYME tiene dificultades para el acceso a la tecnología y como consecuencia, para la mejora en la sostenibilidad de sus actividades (Arranz, 2021). En palabras de Zahera (1996) el acceso a la innovación tecnológica es clave para mejorar la competitividad del mercado productivo (ya no sólo el de la construcción) y las principales vías de innovación no se encuentran a su alcance.

Dado a la brecha que muchas veces existe entre la investigación y la puesta en práctica de los conocimientos generados con el sector productivo, proyectos como el Smartlab buscan ser un puente entre actores para alcanzar un desarrollo sostenible por medio de la innovación.

Así que se plantea la siguiente pregunta:

¿Cuál es el diseño apropiado para el SMART E-Lab en San Carlos que implemente el bambú laminado como alternativa para la construcción sostenible en Costa Rica?

Figura 20: Collage ilustrativo de la problemática
Fuente: Elaboración propia con imágenes de iStock



1.6 Objetivos

General

Diseñar el anteproyecto arquitectónico del SMART E-Lab como espacio para la innovación enfocada al desarrollo sostenible en San Carlos implementando el bambú laminado como alternativa de construcción.

Específicos

- 1 Analizar las características del bambú laminado y sus aplicaciones en proyectos e investigaciones para la formulación de pautas de diseño.
- 2 Identificar las necesidades de los potenciales usuarios del SMART E-Lab para el desarrollo de un programa de espacios que supla dichas demandas.
- 3 Definir el anteproyecto arquitectónico del SMART E-Lab para la innovación enfocada al desarrollo sostenible en San Carlos donde se implemente el bambú laminado como parte integral de su diseño.

1.7 Marco Conceptual

Para el desarrollo de esta investigación es importante tener claro varios conceptos y teorías. Por lo tanto, este apartado se dividirá en tres: A – Construcción sostenible, B – Aplicación del bambú en la construcción. C – Diseño regenerativo.

A- Construcción sostenible

La construcción sostenible se puede definir como aquella que, teniendo especial respeto y compromiso con el medio ambiente, implica el uso eficiente de la energía y del agua, los recursos y materiales no perjudiciales para el medioambiente, resulta más saludable y se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales. (Acosta, 2015)

La aplicación de los criterios de sostenibilidad lleva a una utilización racional de los recursos naturales disponibles para la construcción y realizar cambios importantes en los valores que ésta tiene como cultura propia. Estos principios consisten en una conservación de los recursos naturales, una maximización en la reutilización de los recursos, una gestión del ciclo de vida, así como una reducción de la energía y agua global aplicados a la construcción del edificio y a su utilización durante su

funcionamiento.

La explotación de recursos y dependencia de combustibles fósiles produce la degradación de la capa de ozono. Por su parte, la contaminación del aire en las ciudades está también degradando el medio ambiente como producto de las actividades económicas, incluyendo principalmente la construcción (Acosta, 2015). Entonces cabe preguntarnos: ¿cuál puede ser nuestro aporte como profesionales frente a todos estos problemas?

Se cuenta en primer lugar con el diseño, según Acosta (2015), muchos autores opinan que la crisis ambiental es una crisis del diseño, es una consecuencia de cómo se hacen las cosas, de cómo se construyen los edificios y de cómo utilizamos el paisaje. Por lo que plantea que el diseño no puede ser un acto meramente individual. Debe ir de la mano del trabajo participativo en equipos profesionales y con los actores respaldados por un profundo conocimiento de los problemas ambientales, sociales, económicos y de las formas que tenemos a nuestro alcance para



Figura 21: Construcción en bambú con técnicas modernas.
Fuente: archdaily.com

resolverlos haciendo uso de la tecnología para mejorar el diseño.

Por lo tanto, se puede realizar una síntesis de los criterios que promueven una construcción sostenible:

- Contar con una arquitectura bioclimática que se adapte al clima, aproveche los recursos naturales disponibles como el sol, viento, lluvia, humedad, luminosidad y relieve. Con el objetivo principal de disminuir los impactos ambientales en los ecosistemas y cooperando a la reducción del consumo energético de las edificaciones. Esta arquitectura va más allá solamente de la construcción de edificios, también incorpora investigaciones de sostenibilidad, métodos constructivos, propiedades de materiales y características climáticas, además, incluye aspectos socioeconómicos de mano de obra y materiales. (Ugarte, 1999)
- El desarrollo experimental de la construcción y los sistemas constructivos en la búsqueda de la racionalización de los procesos de producción y fortalecimiento de las capacidades productivas nacionales. (Acosta, 2015)
- La eficiencia energética, ésta puede definirse como la optimización del consumo energético para alcanzar unos niveles determinados de confort y de servicio, por ejemplo, ajustando el consumo de electricidad a las necesidades reales de los usuarios o implementando mecanismos para ahorrar energía evitando pérdidas durante el proceso. En un país, disponer de un nivel adecuado de eficiencia energética permite, por ejemplo, aumentar la seguridad de que existirá un abastecimiento de energía suficiente para toda la población. (Linares, 2009)

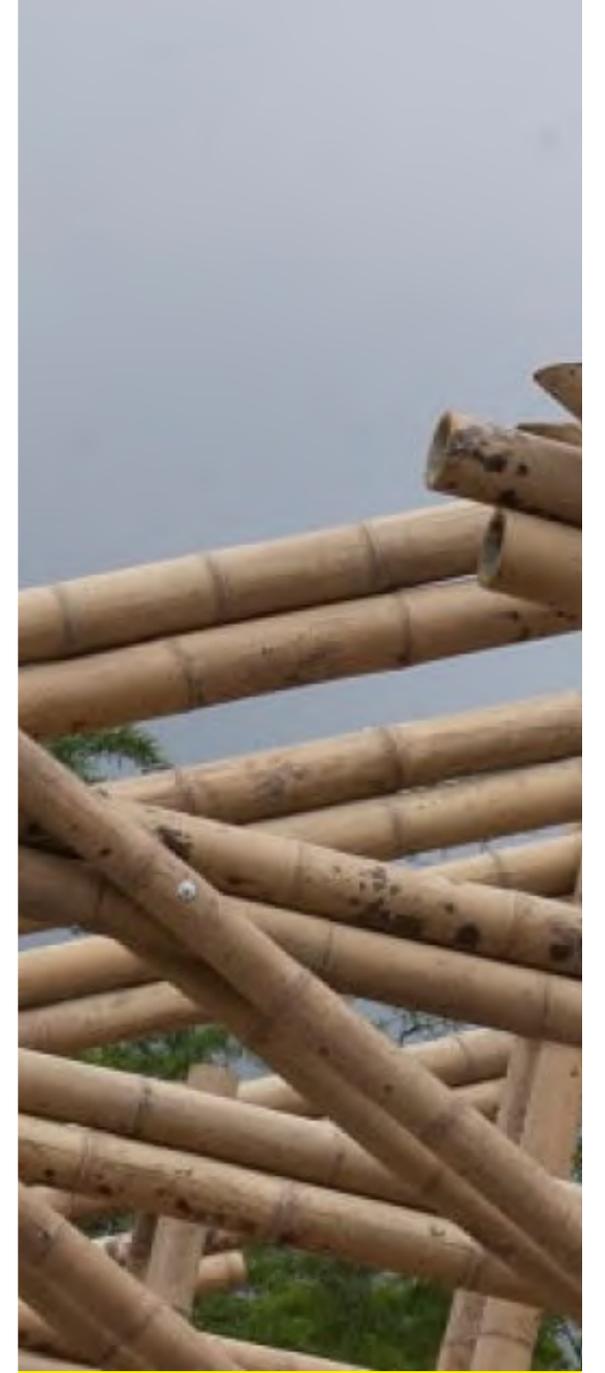


Figura 22: Estructura de bambú
Fuente: archdaily.com

B - Aplicación del bambú en la construcción

El bambú ha sido y es utilizado por diferentes poblaciones en la construcción de sus viviendas. En América Latina tiene gran presencia, como planta existen 20 géneros y 429 especies de bambúes leñosos que se distribuyen desde México hasta Argentina (García, 2015). En su estado natural es difícil de estandarizar debido a las variaciones que presenta a lo largo de su estructura, tanto en sus propiedades físicas como mecánicas, lo que ha dificultado su incursión masiva en la industria de la construcción (M. de D. U; 2016).

El impacto ambiental del bambú en los sistemas constructivos

Dado a que cada vez cobra mayor reconocimiento el impacto de la actividad de la construcción sobre la naturaleza se hace más latente la necesidad de establecer un nuevo paradigma que promueva la conservación y la sostenibilidad ambiental. Para conseguirlo, es necesario considerar en los materiales la disponibilidad suficiente, capacidad de renovación, características físico-mecánicas, eficiencia de costos, facilidad de acceso, complejidad de producción y tecnología adaptada a las condiciones locales. Según el Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie *Guadua angustifolia* (Añazco, 2015), el bambú se presenta como una alternativa a este paradigma, debido a que se encuentra en todas las regiones del mundo repartido en 33 países en un área aproximada de 31,5 millones de hectáreas. Presentan un rápido crecimiento y propagación sin que haya necesidad de replantarlo después del aprovechamiento adecuado, lo que representa ventajas productivas, económicas y ambientales. Se lo utiliza en alimentación, construcción, artesanía, papel, paneles, tableros, laminados, suelos, techos, tejidos, aceite, gas, carbón vegetal, entre otros (Avilés, 2018).

Según la FAO (2010) en el documento "Evaluación de los recursos forestales mundiales", la industria del bambú actualmente está en auge en Asia, y se extiende rá-



Figura 23: Plantación de bambú
Fuente: eldiariolibre.com

Figura 24: Prueba mecánica en laminado de bambú
Fuente: docplayer.com



pidamente a otros continentes como África y América. Este crecimiento no es ajeno a la industria de la construcción, evaluaciones del ciclo de vida de materiales de construcción a base de bambú concluyen que los impactos ambientales positivos de estos materiales crecen con una mayor industrialización, ya que estos procesos permiten diversificar los usos de este material (Zea, 2014).

Por lo tanto, la industrialización del bambú aumenta el beneficio ambiental de estos materiales, sin embargo, ésta debe ser local, es decir, deben ser fabricados cerca de donde se van a implementar. Así lo analiza Vogtländer (2010) en el artículo "La sostenibilidad de los productos de bambú para aplicaciones locales y de Europa occidental. ACV y uso de la tierra" y concluye que el procesamiento de productos de bambú y el transporte consumen la mayor cantidad de energía y que los productos de bambú tienen menor impacto ambiental y mayor rendimiento que la madera dura tropical. Además, el tallo de bambú y los productos de bambú de segundo grado, como los de fibra de densidad media MDF y aglomerados, son soluciones sostenibles para aplicaciones locales; sin embargo, tienen mayor impacto ambiental que los productos europeos de segundo grado de madera blanda europea.

Propiedades estructurales del bambú

El bambú es una planta compuesta por nodos huecos reforzados de forma longitudinal por fibras de celulosa, que aumentan del interior hacia el exterior, esta disposición le permite actuar similar a los refuerzos de las barras de acero en el concreto (Janssen, 2000). Cuando es joven tiene una mayor resistencia, rigidez elástica y resistencia a la fractura en comparación con su contraparte más antigua. Posee una excelente tolerancia al daño del bambú, ésta se puede atribuir a la interacción y despliegue concurrente de la deflexión de grieta y el puente de grieta como los principales procesos de disipación de energía (Low, 2006). La planta tiene mejor resistencia a la compresión que algunos otros materiales de construcción, como la

madera, el hormigón y el ladrillo, y la resistencia a la tracción es comparable a la del acero. También se compara favorablemente con muchas especies de madera en términos de su resistencia a la tracción, flexibilidad y dureza (Awoyera, 2017).

Sus fibras naturales ofrecen ciertas ventajas en comparación con las sintéticas, ya que son renovables, biodegradables, menos abrasivas, y presentan una menor demanda energética para su producción. En un estudio realizado por Lázaro (2016) titulado "Propiedades mecánicas del material compuesto elaborado con bambú (*Guadua angustifolia* Kunth)" estudian las propiedades mecánicas del material compuesto de bambú con polipropileno, sin y con agente acoplante y concluyen que la resistencia máxima a tensión y flexión para la mayoría de los materiales compuestos fue inversamente proporcional al aumento de partículas de bambú y directamente proporcional al agente acoplante, sin superar al plástico; mientras que el módulo de elasticidad en ambas propiedades aumenta en forma directa con el contenido de partículas y el agente acoplante por encima del plástico.

Por otro lado, en las estructuras hechas con cañas de bambú la unión de estas representa un desafío; sin embargo, el diseño de las uniones con herrajes es una solución para mejorar las conexiones estructurales de los elementos (Villegas, 2015). Esta dificultad en las uniones disminuye cuando se utilizan elementos diseñados, estos resultan del procesamiento del culmo de bambú crudo en un material compuesto laminado o prensado, y son similares a los productos de madera laminada encolada. Estos productos permiten que el material se use en secciones estandarizadas y tienen menos variabilidad que el material natural (López, 2009).

Una ventaja del bambú laminado es su relación de resistencia a la flexión y densidad. La resistencia a la flexión del bambú en esta forma es superior al del bambú natural y más baja que la de los compuestos de polímeros reforzados con fibra (Sharma, 2015). La densidad tiene una influencia significativa en las propiedades mecánicas de los paneles de bambú, así como también en la absorción de agua

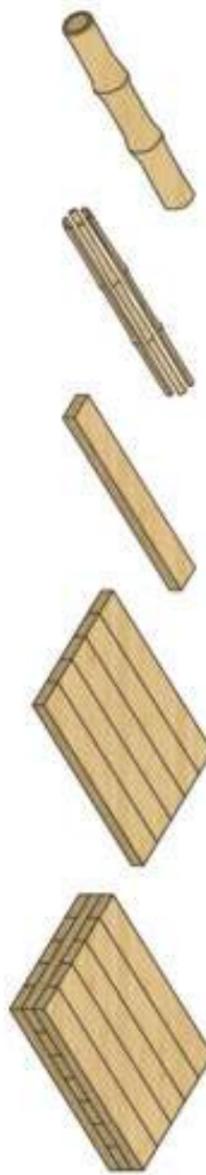


Figura 25: Composición del bambú laminado
Fuente: archdaily.com

(Kumar, 2016).

En cuanto a cargas sísmicas, estas son proporcionales al peso de la estructura y son cíclicas, lo que puede causar fallas de fatiga en las conexiones. Históricamente los edificios tradicionales de bambú y quincha/bahareque (este último siendo un material compuesto por madera, caña, barro, entre otros) han tenido un buen desempeño en terremotos por dos razones claves: su ligereza (alta resistencia en relación con su peso) y su ductilidad (esencialmente la capacidad de absorber energía) en las conexiones y uniones/empalmes, especialmente cuando se usan clavos (N. Van Drunen y otros, 2016).

Sin embargo, la falta de códigos y estándares de construcción apropiados es una barrera para los ingenieros y arquitectos en el uso del material. La estandarización de los productos de bambú estructural refleja el creciente interés de la sociedad, y el surgimiento de una codificación completa de los productos de bambú estructural puede ser inevitable en un futuro cercano (Torres, 2019).

En el contexto nacional hay un interés creciente en el bambú como materia prima tanto para la industria de la construcción como en otras, sin embargo, el tratamiento que se le da a este material sigue siendo muy incipiente en comparación al realizado en otros contextos. Aún quedan retos por delante en cuanto a la gestión e industrialización de este material para poder aprovechar de la mejor manera su potencial.

C – Diseño regenerativo

Volviendo a las palabras de Acosta (2015), la crisis ambiental se puede considerar como una crisis del diseño, el cual ha perpetuado practicas negativas sobre el ambiente, ya sea de forma directa o indirecta. Bajo este contexto, los diseñadores han intentado mitigar el impacto de su actividad sobre el ambiente, sin embargo, a sido un rol más reactivo que activo. Ante esta problemática, las aproximaciones y aportes de los principales enfoques y prácticas de diseño que se han planteado son: el Diseño Sustentable (1980), el Ecodiseño (1990), el Diseño para el Medio Ambiente (1992) y el Diseño para la Sustentabilidad (2001). Sin embargo, el agotamiento de los recursos, la sobreproducción, la sobreabundancia de desechos y la contaminación ambiental, continúan siendo un problema y un desafío para las futuras prácticas del diseño. Principalmente, porque se han centrado en minimizar los impactos y el uso eficiente de los recursos en post de un desarrollo sostenible sin integrar los problemas complejos que se presentan en los desafíos globales (Lares, 2021).

Por lo tanto, se necesita un diseño integral, a este tipo de diseño se le ha denominado Diseño Regenerativo. Bill Reed (2017) lo define como un sistema de tecnologías y estrategias, basado en la comprensión del funcionamiento interno de los ecosistemas que genera diseños que regeneran conjuntos socio-ecológicos (es decir, generar de nuevo su capacidad inherente de vitalidad, viabilidad y evolución) en lugar de agotar sus sistemas y recursos de soporte vital. Proporciona un marco para crear, aplicar, adaptar e integrar una combinación de tecnologías modernas y antiguas al diseño, la gestión y la continua evolución de los entornos construidos sostenibles, logrando resultados ecológicos y sociales positivos.

Este tipo de diseño es parte fundamental en una economía circular, ya que esta economía se plantea como resiliente y regenerativa; busca equilibrar las necesidades de las personas y los ecosistemas mediante una reactivación económica adaptativa y baja en carbono, para afrontar los desafíos globales como el cambio climático,

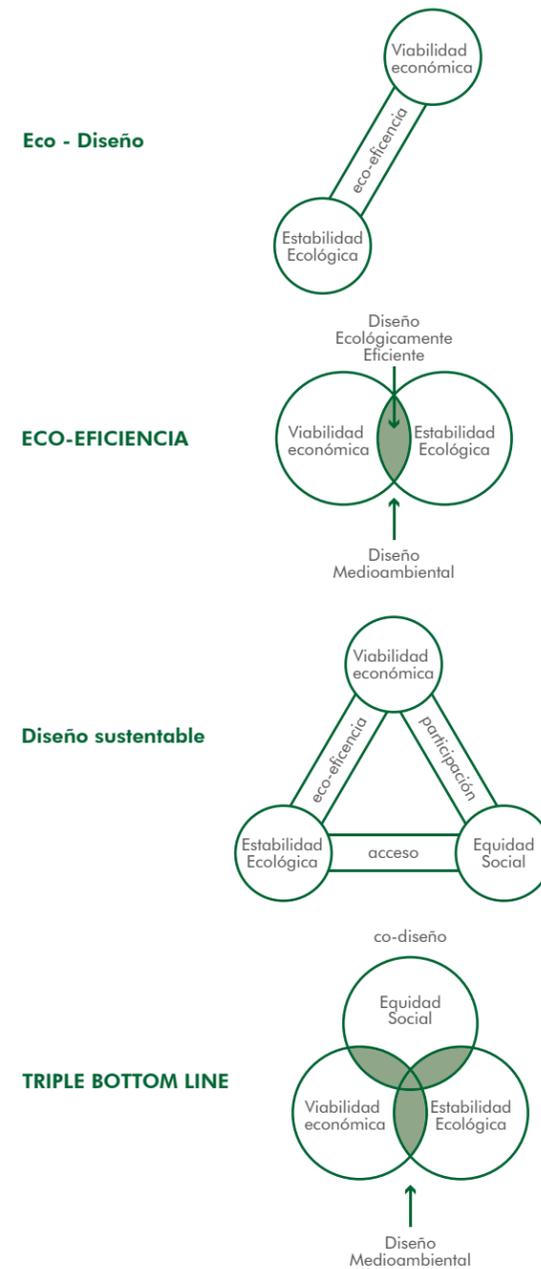


Figura 26: Eco-Diseño y Diseño sustentable
Fuente: Reed, 2017.



Figura 27: Diseño para la sustentabilidad
Fuente: Reed, 2017.

pérdida de biodiversidad y la posibilidad de vivir en un medio ambiente sano, dando paso a estilos de vida que resignifican el concepto de habitar (Lares, 2021).

Kirchherr y otros (2017) definen la economía circular como un sistema económico que se basa en modelos comerciales que reemplazan el concepto de “fin de vida” por reducir, reutilizar, reciclar y recuperar materiales en los procesos de producción / distribución y consumo, por lo tanto operando a nivel micro (productos, empresas, consumidores), nivel meso (parques eco-industriales) y nivel macro (ciudad, región, nacional y más allá), con el objetivo de lograr un desarrollo sostenible, lo que implica crear calidad ambiental, económica prosperidad y equidad social, en beneficio de las generaciones actuales y futuras. Cabe destacar que la economía circular no es un fin en sí mismo, sino un camino para avanzar hacia el reemplazo del modelo lineal que ha imperado hasta ahora (Ellen Macarthur Foundation, 2014).

Esta relación entre Diseño Regenerativo y Economía Circular se da en medio de un proceso de transformación tecnológica y social: la Cuarta Revolución Industrial. Esta revolución impulsa el desarrollo de la próxima generación de tecnología de producción y consumo y se caracteriza por el uso a gran escala de las tecnologías de información y comunicación, el desarrollo de nuevos materiales, robotización y electrónica, internet de las cosas, manufactura aditiva y en definitiva la modificación de la cadena de valor completa de los procesos desde el diseño hasta el consumo (Liao, 2017). El Diseño Regenerativo, la Economía Circular y la Cuarta Revolución Industrial son tres conceptos vitales para alcanzar un desarrollo sostenible y es fundamental el papel que desempeñan los diseñadores para alcanzarlo.

1.8 Marco normativo

En el desarrollo de la propuesta se consideran también aspectos legales relativos a las siguientes reglamentaciones y leyes:

Reglamento de construcciones INVU - 2018

Ante la ausencia de un plan regulador por parte del cantón rige este reglamento, en el mismo se indican especificaciones para el desarrollo de construcciones

Código de seguridad humana NFPA 101

Este manual vela por la seguridad humana y los bienes materiales, se encarga de regular los espacios para que sean seguros y permitan la evacuación oportuna de los usuarios de un edificio en caso de una emergencia.

Guía de normativa y consideraciones aplicables a la construcción CFIA-2016

En esta guía se indican consideraciones a tomar en cuenta para la construcción de cimentaciones y estructuras a partir de madera y acero

Ley 7600: Igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad y su reglamento correspondiente

Como parte de la visión del proyecto es la apertura hacia la comunidad y visitantes, el mismo debe ser inclusivo y apto para todo tipo de usuarios. Esta ley se encarga de dotar a los espacios con las características e implementos necesarios para que personas con discapacidad puedan acceder de mejor manera a los mismos.

Código sísmico de Costa Rica, 2010

Este código recoge, sintetiza y ordena conjuntos de normas y prácticas del diseño sismorresistente. Orienta y guía al profesional responsable en procura de que las edificaciones y otras obras civiles que diseñe y construya de acuerdo con sus lineamientos, garantice la vida de sus ocupantes, mantenga su integridad estructural y proteja los bienes que en ellas se albergan.

Reglamento / Ley	Capítulo / Sección	Artículo / Descripción
REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES INVU - 2018	Capítulo V Vías públicas	Artículos del 74 al 81 Referente a las disposiciones de construcción, uso temporal y funcional de las vías públicas.
	Capítulo XII Sitios de reunión pública	Artículos del 208 al 234 Recomendaciones técnicas de uso, equipos físicos, disposiciones y elementos necesarios para la configuración de los espacios públicos.
	Capítulo XXVI Pavimentos	Artículos del 436 al 438 Recomendaciones para la selección, diseño e infraestructura de pavimentación de circulación.
	Capítulo XXVII Obras de superficie en derecho de vía	Artículos del 439 al 446 Lineamientos de diseño para los derechos de vía.
NFPA 101 CÓDIGO DE SEGURIDAD HUMANA	CAPÍTULO 12 Ocupaciones nuevas para reuniones públicas	Sección 12.1 - Requisitos generales Sección 12.2 - Requisitos para los medios de egreso Sección 12.5 - Servicios de los edificios
	CAPÍTULO 38 Ocupaciones de oficinas nuevas	Sección 38.1 - Requisitos generales Sección 38.2 - Requisitos para los medios de egreso Sección 38.5 - Servicios de los edificios
GUÍA DE NORMATIVA Y CONSIDERACIONES APLICABLES A LA CONSTRUCCIÓN CFIA - 2016	CIMENTACIONES (pag 49)	Referente a las normativa recomendada para la construcción con elementos de madera
	MADERA (pag 49)	Referente a las normativa recomendada para la construcción con elementos de madera
	ESTRUCTURAS DE ACERO (pag 55)	Referente a las normativa recomendada para la construcción con elementos de acero (columnas, vigas).
LEY 7600 - LEY IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD	CAPÍTULO IV Acceso al espacio físico	Artículo 42 Requisitos técnicos de los pasos peatonales Artículo 43 Estacionamientos Artículo 44 Ascensores
CÓDIGO SISMICO DE COSTA RICA	CAPÍTULO 11 Requisitos para madera estructural	Referente a especificaciones para el diseño de estructuras con madera

1.9 Marco metodológico

El **enfoque** de la investigación es **mixto**, posee una parte cuantitativa y otra cualitativa. Al utilizar este tipo de enfoque, se producen datos más “valiosos” y variados mediante la diversidad de observaciones, se consideran diversas fuentes y tipos de datos, contextos o ambientes y análisis para lograr una perspectiva más amplia y profunda del fenómeno de investigación (Todd, Nerlich y McKeown, 2004).

Las herramientas que serán utilizadas y analizadas bajo este enfoque son:

- Análisis de datos
- Análisis de sitio
- Proceso proyectual de diseño

El **alcance** del proyecto es **exploratorio y descriptivo**. Al ser exploratorio se busca hacer un primer acercamiento al problema planteado y abordar un tema poco investigado en el país. Y al ser descriptivo pretende dar una posible solución al problema abordado.

Esquema metodológico

Objetivo	Actividades	Instrumentos	Fuentes	Productos
<p>1</p> <p>Analizar las características del bambú laminado y sus aplicaciones en proyectos e investigaciones para la formulación de pautas de diseño.</p>	<p>Revisión de la bibliografía</p> <p>Procesado de información</p> <p>Estudios de casos</p> <p>Análisis de datos</p>	<p>Entrevistas</p> <p>Cuestionarios</p> <p>Cuadro de síntesis</p>	<p>Bibliografía</p> <p>Personas expertas</p>	<p>Serie de pautas de diseño que se puedan implementar para el anteproyecto basadas en el bambú laminado</p>
<p>2</p> <p>Identificar las necesidades de los potenciales usuarios del Smartlab para el desarrollo de un programa de espacios que supla dichas demandas.</p>	<p>Revisión de indicadores sociales y económicos de la región Huasteca Norte</p> <p>Estudio de los servicios y actividades que ofrecerá el proyecto</p>	<p>Gráficos y tablas</p> <p>Sistematización de la bibliografía</p> <p>Cuestionarios para encuestas</p>	<p>Estadísticas y censos</p> <p>Datos brindados por la visión y población objetivo del proyecto</p>	<p>Perfiles de usuario</p> <p>Lista de espacios requeridos según los perfiles de usuario y las actividades</p>

Objetivo	Actividades	Instrumentos	Fuentes	Producto
----------	-------------	--------------	---------	----------

<p>3</p> <p>Definir el anteproyecto arquitectónico del Smartlab para la innovación enfocada al desarrollo sostenible en San Carlos donde se implemente el bambú laminado como parte integral de su diseño.</p>	<p>Conceptualización de la propuesta según los productos de los anteriores objetivos</p> <p>Desarrollo del proceso proyectual</p> <p>Modelado, representación y mediación de la propuesta.</p>	<p>Programa arquitectónico</p> <p>Gráfica y modelado</p> <p>Programas de simulación computacional</p> <p>Perfil de los usuarios</p> <p>Cuadros síntesis de normativa</p> <p>Análisis de sitio</p>	<p>Etapas anteriores del proceso de investigación.</p> <p>Reglamentación y normativa vinculante y no vinculante.</p> <p>Libros de texto, documentos web acerca de diseño regenerativo</p>	<p>Cuadro resumen donde se presenten las principales pautas de diseño y conclusiones de las etapas anteriores de investigación.</p> <p>Programa arquitectónico del proyecto.</p> <p>Programa de modelado 3D para el desarrollo de las propuestas y la simulación del proyecto</p> <p>Presupuesto del proyecto.</p> <p>Conceptualización estructural.</p>
---	--	---	---	--

Capítulo

2

En este capítulo se analizarán las características del bambú y sus laminados para la formulación de pautas que se puedan aplicar al diseño del Smartlab.

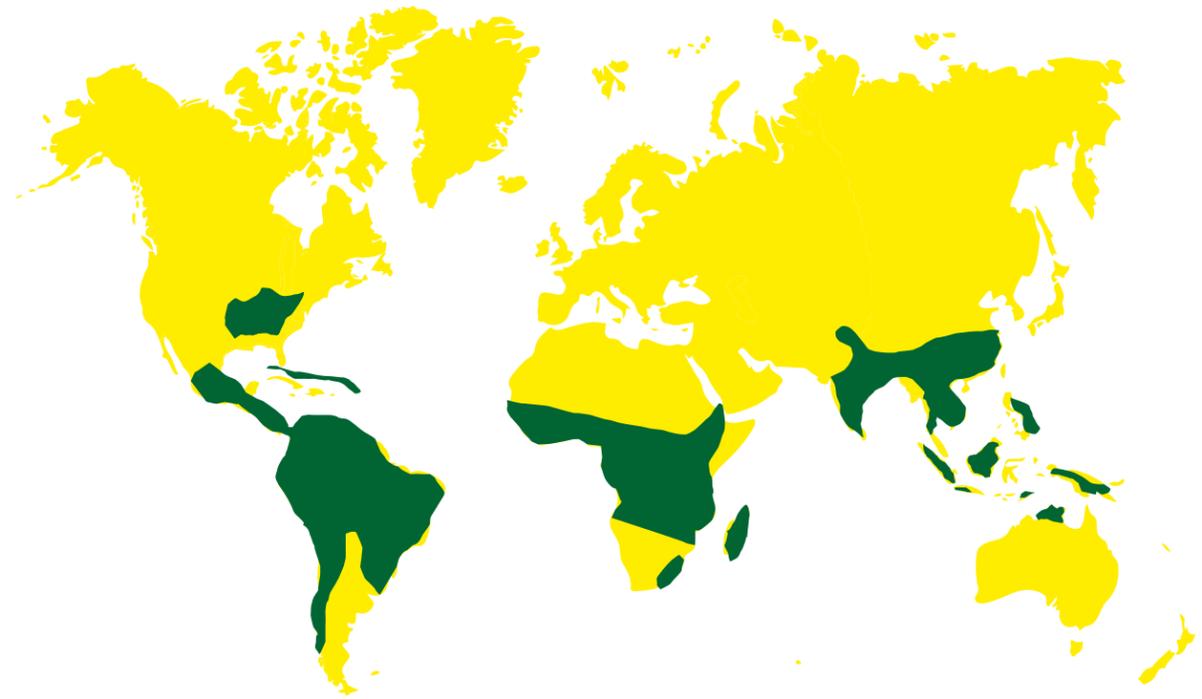
Se abordan generalidades, características de la morfología del bambú, condiciones naturales para su producción, preparación para la fabricación de laminados y características físicas y mecánicas de dichos laminados, así como ejemplos de proyectos.

Bambú laminado y sus características

2.1 Generalidades

El bambú, a pesar de crecer junto a árboles y poseer un tamaño similar a estos no forma parte de ellos, es más bien una hierba gigante. Botánicamente, el bambú está clasificado como Bambusae, una tribu de la extensa familia de las Gramíneas, de la cual también hacen parte el maíz, la cebada, el trigo, entre otros. Todos los continentes, exceptuando a Europa, poseen especies nativas de bambú; hasta la actualidad no se ha logrado establecer con exactitud el número de especies que existen, sin embargo, algunos autores consideran que hay 47 géneros y hasta 1250 especies.

En América, la distribución natural de los bambúes se extiende desde la parte oriental de los Estados Unidos hasta Chile y Argentina, vale la pena aclarar que esta distribución ha sido modificada por la actividad humana (Hidalgo, 1974).



● Presencia nativa de bambú en el mundo

Figura 28: Distribución geográfica mundial del crecimiento del bambú y la caña brava.
Fuente: Elaboración propia con datos de Takahashi, 2016

El sector construcción ha empleado bambú, enfocándose en algunas especies que, por sus características morfológicas, ha resultado más útiles. Como se ha mencionado anteriormente, la Guadua se ha utilizado repetidamente en la fabricación de estructuras por sus cualidades físicas.

2.1.1 Morfología

Según Echezuría (2018), la Guadua constituye agrupaciones boscosas o rodales coetáneos, ubicados preferencialmente en zonas cercanas a fuentes de agua, su conformación y desarrollo hace que los tallos crezcan juntos y se entrelacen. Las distintas partes de la planta se describen brevemente a continuación:

Raíces y tallo subterráneo: En el tallo de una guadua adulta el sistema subterráneo lo conforman tallos modificados denominados rizomas con sus raíces.

Tallo aéreo, culmo o caña: Son ejes cilíndricos y huecos que se originan en la punta (ápice) del rizoma, el cual al modificarse toma una dirección ascendente completamente vertical. El mismo está conformado por nudos y entrenudos (ver figura 30) que presentan diámetros y longitudes diferentes según la parte donde se ubiquen.

Su diámetro y altura dependen del tamaño del rizoma que los genera. El tallo una vez brota del suelo posee un diámetro definido (no presenta crecimiento diametral en la base) el cual disminuye proporcional y gradualmente con la altura.

Un tallo de guadua adulto en condiciones ambientales normales presenta entre 70 y 80 entrenudos con longitudes de 26 centímetros y diámetros entre los 6 y 12 centímetros, alcanzando una altura total promedio de 18 a 20 metros.

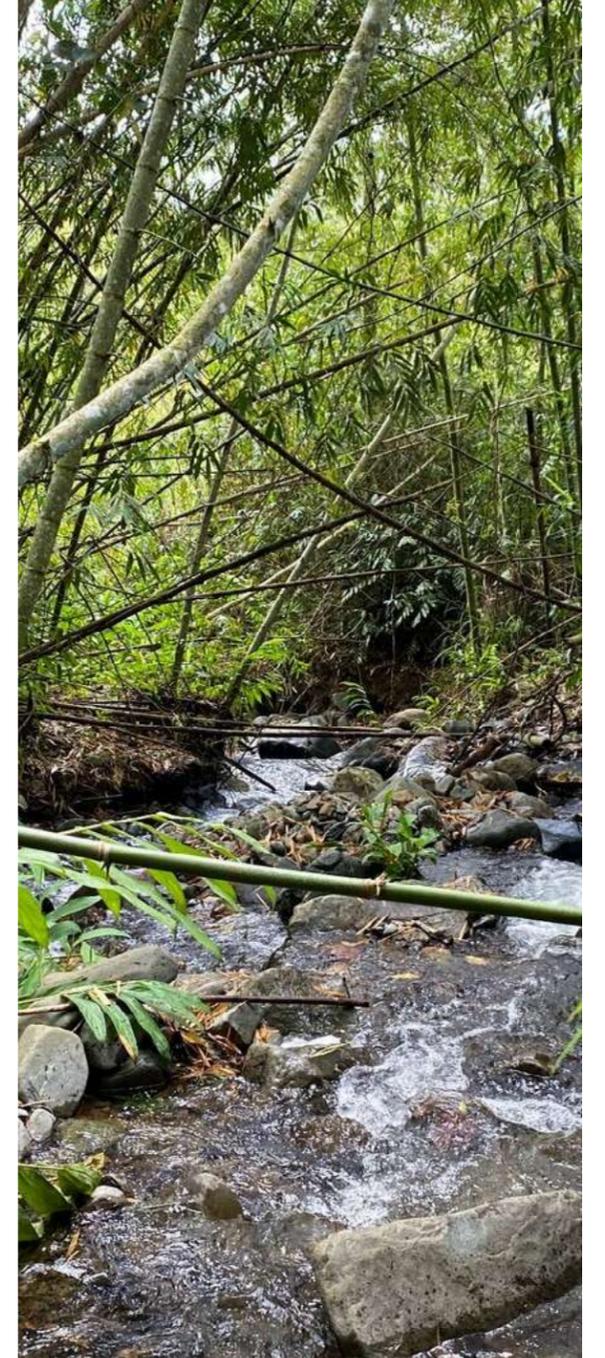


Figura 29: Bambú en ambiente natural
Fuente: bosquedeniebla.com

Echezuria (2018) clasifica el culmo de la siguiente forma (ver figura), empezando por la base:

1 Rizoma: es un tallo subterráneo que conforma el soporte de la planta, y es por donde absorbe los nutrientes.

2 Cepa: es la sección que posee el mayor diámetro, se encuentra en la parte inferior del tallo, las dimensiones más comunes van desde los 2.5 a 3 metros.

3 Basa: es la sección del culmo de mayor valor comercial, esta parte puede tener una longitud entre 5 y 8 metros.

4 Sobrebasa: esta parte puede ser utilizada para obtener láminas de piso de poco ancho y puede alcanzar una longitud hasta de 4 metros.

5 Varillón: corresponde a la parte terminal de la planta con un diámetro menor notable, puede alcanzar una longitud de 4 metros o más.

6 Copa: es la parte final, puede alcanzar una longitud entre los 1.2 a 2 metros.

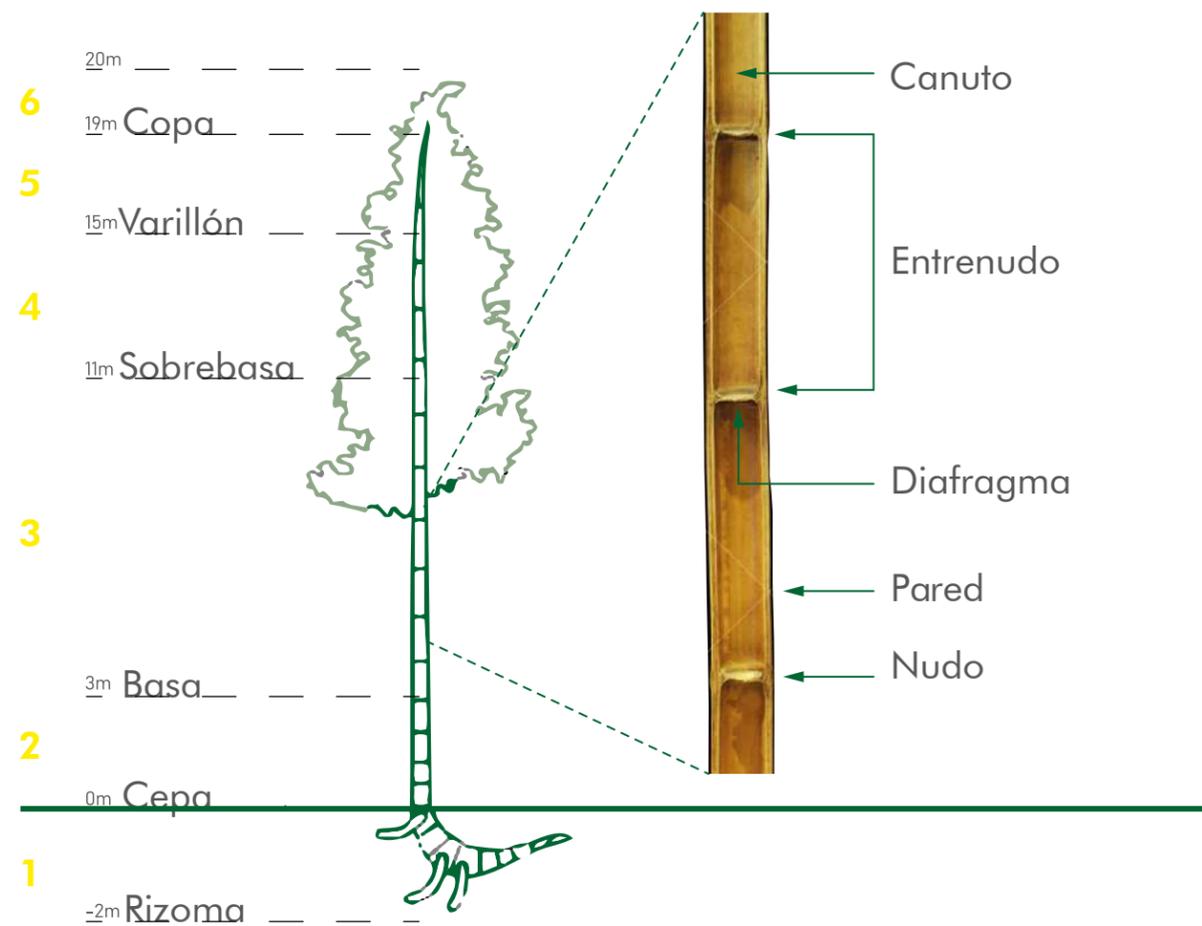


Figura 30: Partes de una planta de bambú.
Fuente: Elaboración propia a partir de Echezuria, 2018.

2.1.2 Suelo y Clima

La Guadua posee un amplio rango de distribución geográfica lo cual indica su gran adaptabilidad a las condiciones medioambientales. Sin embargo, las condiciones ideales se encuentran en bosques muy húmedos subtropicales con las siguientes condiciones específicas de suelos y clima:

Suelo

- Características Químicas: Suelos arenosos o evolucionados a partir de cenizas volcánicas.
- Características Físicas: Suelos sueltos, profundos, bien drenados, húmedos, pero no inundables, fértiles, ricos en materia orgánica. Textura: Limo arenoso o arenoso con estructura granular.

Clima

- Altura sobre el nivel del mar: 900 – 1600 m.s.n.m.
- Temperatura: 20° C – 26° C
- Precipitación (lluvia): 1.800mm – 2.500 mm/año
- Humedad relativa: 75%- 80%
- Luminosidad o brillo Solar: 1.800 – 2.000 horas/luz/año (5 – 6 horas/luz/día)
- Vientos: 4.4 m/seg. (brisas débiles) – 12.3 m/seg. (brisas fuertes)
- Nubosidad: entre 1 y 4 octavos de cielo cubierto.

Estas condiciones son típicas de muchas regiones tropicales de América, por lo cual la Guadua crece de forma natural en muchos países de la región, tales como Ecuador, Colombia, Perú, México, Venezuela, Costa Rica, entre otros. En el contexto nacional se pueden encontrar cultivos en la zona del Caribe y la zona Sur, no obstante, en el resto del país también se encuentran cultivos en otras áreas de menor tamaño de forma dispersa como se muestra en la figura 27.



Figura 31: Bosque de bambú, China.
Fuente: cgtn.com



Figura 32: Zonas de cultivo de bambú en Costa Rica
Fuente: Gonzales, 2017.

2.1.3 Cadena de producción

La cadena de producción del bambú inicia en los viveros, luego, cuando las plantas alcanzan la madurez suficiente, se trasladan a los campos para continuar con su cultivo. Cuando se cosecha, el bambú pasa por intermediarios, transportistas y centros de acopio, acá, la planta puede ser sometida a distintos procesos de curado según la actividad en la que se vaya a implementar: uso agrícola, construcción, industria, fabricación de muebles y artesanías, o exportación, hasta llegar al consumidor final (ver figura 35). Para el 2003 se produjeron en el país 110 870 cañas al año con un valor de 162 585 dólares, cabe destacar que para la proyección que realiza Deras (2003) esta cifra debe haber aumentado considerablemente a la actualidad.

Prácticamente, a todas las partes de la planta se les da un uso, el culmo se utiliza en la fabricación de mondadientes, artesanías, muebles, paneles laminados, laminados, carbón, vinagre; la hoja se aprovecha en la creación de forrajes, pigmentos, medicinas, bebidas; las ramas se pueden aprovechar como escobas y utensilios; y el rizoma se utiliza mucho para realizar artesanías.

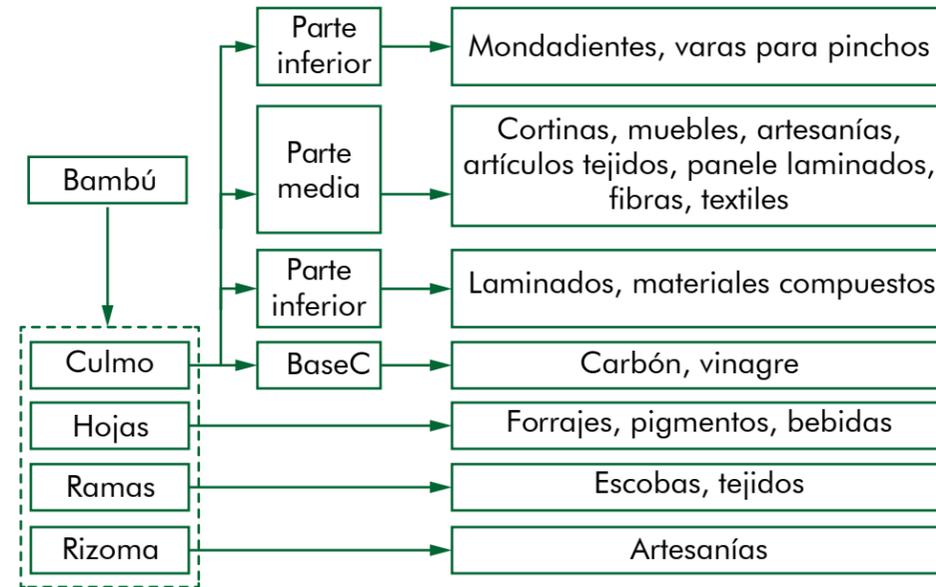


Figura 32: Productos derivados del bambú.
Fuente: Echezurúa, 2018.



Figura 33: Fibra textil de bambú.
Fuente: forestalmederero.com



Figura 34: Tableros de bambú
Fuente: boo-bamboo.com

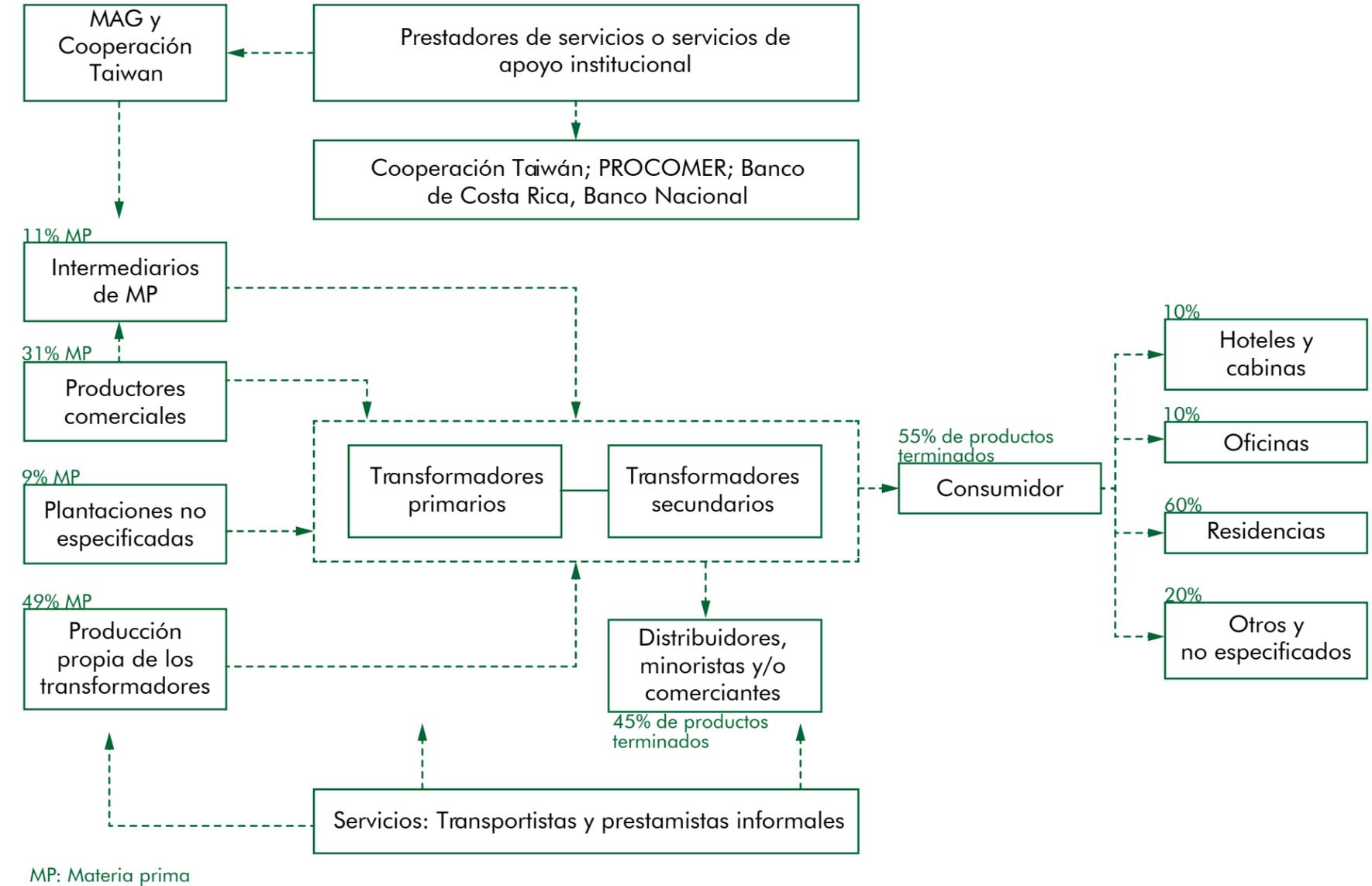


Figura 35: Cadena productiva del bambú en Costa Rica.
Fuente: Deras, 2003.

2.2 Laminados

Como una tecnología incipiente, el proceso de fabricación de laminados de bambú se encuentra en desarrollo y puede variar según las dimensiones del producto que se quiera obtener y del proceso que se esté implementando, sin embargo, en todos ellos se sigue un esquema de fabricación similar.

Antes de iniciar el proceso, los culmos deben alcanzar la madurez necesaria para ser cortados, esto ocurre después de los 4 años, posteriormente se cortan en longitudes predefinidas. A partir de estos tramos se obtienen los elementos que conformarán los laminados, la caña se corta en elementos aún más pequeños en el sentido paralelo a la fibra, estas son las piezas con las que parten la mayoría de los

laminados y se les denomina esterilla. Durante esta parte del proceso, las piezas pasan por un tratamiento de curado antes de continuar con el encolado

Estas esterillas se pueden unir con un adhesivo para luego ser prensadas en varias capas y formar un tablero (ver figura 33). Finalmente, estos tableros son usados para construir la pieza de laminado según las dimensiones y requerimientos.



Figura 36: Esterillas de bambú.
Fuente: Takeuchi, 2018.



Figura 37: Elaboración de tableros de bambú.
Fuente: Xiao, 2011.

Así como este, hay otros procesos para la fabricación de laminados, a continuación se describen algunos de ellos:

Bambú guadua laminado pegado prensado (BGLPP)

El BGLPP (ver figura 38), se elabora al unir láminas de bambú guadua por sus caras, extremos y/o cantos con adhesivos para conformar elementos que funcionan como una unidad



Figura 38: Bambú guadua laminado pegado prensado.
Fuente: Takeuchi, 2014.

GluBam

Son tableros prensados elaborados con esterillas de bambú entrelazadas manualmente en dos direcciones formando mallas o cortinas. Pueden elaborarse entrelazando esterillas en una dirección o bien combinando tableros de forma perpendicular como se observa en la figura 39 (Xiao, Shan, Yang, Li, & Chen, 2014; Yang, Xiao, & Lam, 2014).



Figura 39: Tableros de Glubam.
Fuente: Xiao, 2014.

Madera de bambú laminada (LBL)

Se fabrica a partir de láminas de esterillas de poco espesor que pasan por unos rodillos, estos separan ligeramente sus fibras. A estas láminas se le coloca adhesivo y son prensadas con calor (Figura 2.17). (Luna & Takeuchi, 2014; Torres, Luna, & Takeuchi, 2014).



Figura 40: Madera de bambú laminada.
Fuente: Takeuchi, 2014.

Bambú laminado colado (BLC)

Este consiste en obtener piezas con anchos y espesores constantes mediante procesos de mecanizado para luego ser prensados (Pereira & Beraldo, 2010).



Figura 41: Fabricación de bambú laminado colado.
Fuente: Pereira & Beraldo, 2010.

Estos procesos de fabricación de laminados se han utilizado para crear elementos estructurales y distintos equipos de investigadores han realizado estudios para analizar su comportamiento y rendimiento mecánico. Por mencionar algunos, se ha estudiado el comportamiento a flexión, compresión, tensión paralela y perpendicular a la fibra (López & Correal, 2009); también se han reportado valores de propiedades físicas, resistencias y constantes elásticas (Correal, Echeverry, Ramírez, & Ya-

mín, 2014); el rendimiento de distintos pegantes se ha analizado y comparado (Cortes et al., 2010); el tipo de conexiones y comportamiento se ha evaluado (Atoche, 2009). Los resultados de estas investigaciones han arrojado datos positivos y prometedores en su mayoría, como concluye López (2008), los laminados de guadua cuentan con el potencial para ser una alternativa en la construcción de estructuras.

Tras estas pruebas, los laminados se han utilizado para fabricar vigas, columnas, cerchas, paneles y tableros. Estos componentes se diseñan según los requerimientos de la estructura planteada. En la figura 38 se observa una estructura hecha de Glubam, su viga de mayor luz abarcaba 16,5 m con una longitud en voladizo de 7 m, su peralte era de 70 cm y su grosor de 12 cm.



Figura 42: Estructura de bambú laminado.
Fuente: Xiao, 2010.

Las partes se fabrican en planta y se instalan posteriormente en obra, por lo que el diseño debe ser modular y contar con uniones que faciliten el ensamblaje. En las figuras 39 y 40 se observan ejemplos de uniones entre las piezas, consiste en una placa metálica que se atornilla a la viga o columna y de esta forma se ensambla a otro elemento.

En la construcción con laminados de bambú es fundamental la prefabricación de los elementos y la resolución del diseño previo a comenzar la construcción. Por lo que la planificación detallada permite estandarizar y optimizar los procesos constructivos de los elementos estructurales, así como también los de montaje en el sitio de la construcción.



Figura 43: Herrajes metálicos
Fuente: RenuTeq.

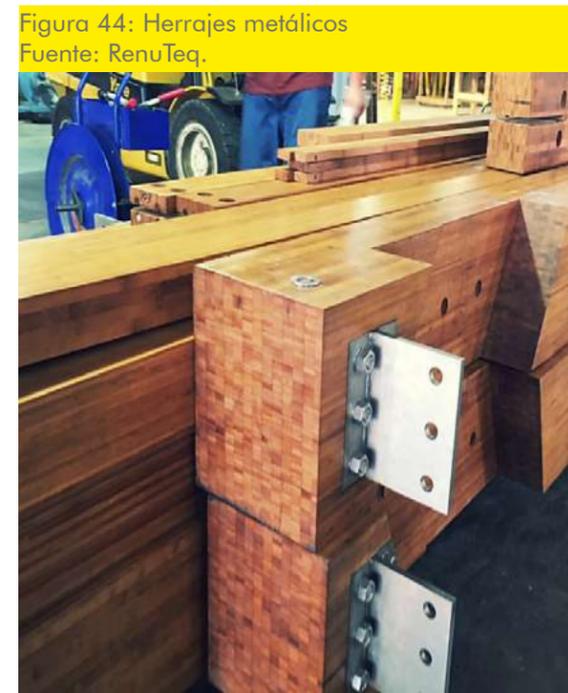


Figura 44: Herrajes metálicos
Fuente: RenuTeq.



Figura 45: Estructura de RadLam.
Fuente: RenuTeq.

Figura 46: Fabricación de vigas en planta
Fuente: RenuTeq.



2.3 Caso de estudio: Solis Pivot

SoLis Pivot es una estación de recarga de vehículos eléctricos construida con bambú laminado, en este caso implementa una tecnología llamada RadLam. El proyecto fue diseñado de manera modular para ser construido fuera del sitio y poder ser ensamblado en cuestión de semanas. Su estructura se diseñó para ser duradera y de bajo mantenimiento mediante la integración de materiales innovadores y sostenibles como lo son los herrajes de acero inoxidable y el RadLam.

El proyecto está compuesto por tres unidades conectadas por estaciones de recarga bajo una estructura de cubierta. Las unidades de los costados son de doble altura y la central se compone de dos niveles. La estructura de cada una se compone por 5 columnas, una en cada esquina y una columna central.

Con el RadLam las vigas o columnas pueden alcanzar longitudes de 1.2 m a 20 m, anchos de 9 cm a 35 cm con una profundidad / peralte de 9 cm a 90 cm. Este material es un laminado de bambú radial diseñado para uso estructural. Según sus creadores posee el doble de resistencia que cualquier producto de madera o bambú diseñado; tiene un MOE de más de 4000 Ksi y se fabrica en los Estados Unidos. Sus materiales de listones patentados se derivan de las especies de bambú más fuertes del mundo. En este caso la guadua se obtienen de América Central.



Figura 47: Proyecto Solis Pivot, diseño realizado con bambú laminado.
Fuente: RenuTeq.com

2.4 Consideraciones

Pautas para el diseño con bambú laminado:



- Para la creación de laminados debe considerarse la edad del culmo, el mismo debe alcanzar los 4 años de edad mínimo y dependiendo del producto que se quiera obtener se utiliza una parte diferente de la planta.

- Los laminados se pueden utilizar para la fabricación de elementos livianos como láminas y tableros, como también piezas estructurales (vigas y columnas) según los requerimientos del diseño.

- El diseño de los herrajes metálicos es fundamental, se encargan del ensamblaje y unión entre los elementos estructurales.

- La estructura debe ser modular con elementos de dimensiones similares para facilitar su prefabricación y armado en el sitio.

- La etapa de diseño previo a la construcción debe ser de alto detalle y especificación para que cada uno de los elementos pueda ser prefabricado.

Como parte de la propuesta, es necesario conocer quiénes serán los usuarios del proyecto. En este apartado se determinarán de manera integral mediante el estudio de los aspectos demográficos, sociales y productivos. Esto permitirá entender mejor su aporte al proyecto, papel por desempeñar y alcance en el mismo.

Está conformado por los objetivos del SMART E-Lab, las acciones que desempeñará, sus actividades y los perfiles de usuario que harán uso de las instalaciones.

3.1 SMART E-Lab

El proyecto es promovido por el Tecnológico de Costa Rica y la fundación Renase Smart, esta es una organización internacional sin fines de lucro con un objetivo: revitalizar la alianzas para fortalecer el desarrollo sostenible. Se encargan de desarrollar capacidades de organización entre empresas y comunidades con el fin de impulsar el desempeño empresarial responsable, el espíritu empresarial y la innovación para restaurar el capital comunitario natural, social y económico para quienes más lo necesitan.

En este caso la fundación busca crear el SMART E-Lab, el mismo es una iniciativa estratégica para impulsar la innovación orientada a la sustentabilidad en el cantón de San Carlos y la región Huetar Norte. La iniciativa busca tender un puente entre la innovación y el crecimiento sostenible del desarrollo bioeconómico, tecnológico y social por lo que su objetivo principal es maximizar la creación de valor sostenible de las inversiones y recursos dedicados a la investigación y el desarrollo de innovaciones de emprendedores, empresas, gobierno, ONG y comunidades por medio de 4 acciones:



Mobile 1000

Este proyecto se centra en proporcionar furgonetas médicas móviles en áreas con una gran necesidad de tratamiento médico. Actualmente hay 205 furgonetas Mobile 1000 operando en 21 estados y 1 territorio de la Unión en toda la India



Biotrash

Esta es una empresa guatemalteca comprometida con la salud y el medio ambiente al reducir el impacto ambiental de más de 5,000 toneladas anuales de residuos peligrosos. Su objetivo es minimizar, eliminar y neutralizar la contaminación producida por los residuos peligrosos.

Figura 48: Proyectos realizados por la fundación Renase Smart
Fuente: renasesmart.com

Acciones



Aprovechar el talento de innovadores, emprendedores, investigadores, estudiantes, trabajadores y comunidades.



Alianza de socios con la red de investigación y desarrollo existente de instalaciones y capacidades de laboratorio para maximizar la no utilizada y los investigadores y expertos talentosos en las líneas de innovación.



Alinear oportunidades de mercado y cartera de proyectos de innovación para satisfacer las necesidades urgentes de desarrollo sostenible (local y global).



Orientar las iniciativas de innovación de la región con la capacidad Bio para asegurar la restauración sostenible del entorno natural y así aumentar la resiliencia a corto y largo plazo de la región.

3.2 Actividades

Estas acciones se dirigirán por medio de tres actividades:

1) Investigación y desarrollo



2) Desarrollo de talento



3) Experiencias recreativas de innovación



Figura 49: Actividades que realizará el SMART E-Lab
Fuente: Elaboración propia con imágenes de iStock

3.2.1 Investigación y desarrollo

Para alcanzar un desarrollo sostenible es fundamental la inversión en investigación, por lo tanto, el SMART E-Lab generará investigación enfocada en 5 líneas:

a) Agricultura inteligente y sistemas alimentarios: el uso eficiente de los recursos es cada vez más necesario, este tipo de agricultura implementa la tecnología para hacer un mejor uso de los mismos.

b) Capacidad humana y monitoreo de la salud: la salud preventiva ha tomado cada vez más importancia en la reducción de los efectos de múltiples enfermedades, es por ello que la tecnología ejerce un papel fundamental en su diagnóstico y detección.

c) Territorios inteligentes y adopción de tecnología: las ciudades cada vez se vuelven más complejas, eso incide directamente en la calidad de vida de sus habitantes, es por ello que el crecimiento planificado en conjunto con los nuevos avances pueden mejorar la calidad de vida.

d) Materiales de origen vegetal: la extracción de recursos no renovables son una de las principales problemáticas ambientales por lo que se deben explorar opciones alternativas a las tradicionales.

f) Turismo sostenible 4.0: la cuarta revolución industrial está renovando todos los aspectos de la vida cotidiana y el turismo no es la excepción, este cambio está descentralizando y democratizando el acceso al entretenimiento.



Figura 50: Investigadores
Fuente: Elaboración propia con imágenes de iStock

a) Agricultura inteligente y sistemas alimentarios

Mediante herramientas tecnológicas permite a los productores contar con información actualizada en tiempo real de las condiciones de sus cultivos; operar de manera remota los diferentes equipos; y aumentar la cantidad y calidad de los productos agrícolas.

Esta línea se enfrenta a un cambio sistémico impulsado por la orientación al consumidor, las preferencias alimentarias y ecosistemas cada vez más conectados y respetuosos con el planeta. Adaptarse a este entorno dinámico requiere una innovación orientada a la sostenibilidad, donde el talento y la tecnología permitan alcanzar estos nuevos objetivos.



Figura 51: Monitoreo de cultivos desde aplicación celular
Fuente: UCR

b) Capacidad humana y monitoreo en salud.

Para Martínez (2016), la salud es parte esencial de la vida y hoy es reconocida como un producto social. Su análisis debe ser sistemático e incorporarse como filosofía de vida a individuos, familia, comunidades, países, regiones y el mundo, de manera que todos se sientan responsables de mantenerla y fomentarla en cada nivel.

El análisis y monitoreo de la situación de salud en las poblaciones, es un proceso que se realiza en varias partes del mundo de diferentes maneras, pero que en esencia permite, a través del pensamiento científico, identificar problemas de salud, factores de riesgo, vulnerabilidades en la población, inequidades y desigualdades.

Este proceso integra no solo las ciencias médicas, sino también otras disciplinas, toma en consideración la participación social y comunitaria y la intersectorialidad, logrando un análisis más eficiente; teniendo en cuenta las características de cada región, país, comunidad.



Figura 52: Dispositivos tecnológicos como apoyo en el monitoreo de la salud.
Fuente: dplnews.com

c) Territorios inteligentes y adopción de tecnología.

Según Quintero (2020), un territorio inteligente es aquel espacio socialmente construido, que sin importar su tamaño, posee un control administrativo, ha logrado trazar un proyecto sostenible y transparente de futuro basado en su identidad y en sus singularidades, el cual es común a todos sus habitantes. Este tipo de territorios posicionan a las personas como eje y centro del desarrollo, trasciende la esfera individual y vela por el conjunto de la sociedad.

Como tal, el territorio inteligente es transparente y abierto a la comunidad, es competitivo económicamente a partir de sus virtudes particulares, es eficiente en el préstamo de los servicios públicos, posee una infraestructura pública que se articula con las plataformas digitales y los procesos sostenibles ambientalmente. Su principal característica es la creación de conocimiento, el aprendizaje continuo, la promoción de la innovación y el uso de enfoques diversos e incluyentes que posibilitan la

interacción, la negociación y el acuerdo entre los diferentes actores y sus respectivos intereses; todo ello, con el fin de producir un mejor lugar para vivir, trabajar y compartir (Galarza, 2008).

Lo que propone la idea de territorios inteligentes es una nueva interpretación de conceptos como desarrollo competitivo y desarrollo sostenible aplicados al territorio para centrarlo en las personas, en su relación con el entorno natural, en su integración al mercado global y en la calidad de vida.

Se valen de la innovación sostenible en capital humano y social, en infraestructuras a base de plantas y tecnologías disruptivas que impulsan el crecimiento económico sostenible e inclusivo con una alta calidad de vida.



Figura 53: Realidad aumentada como apoyo al desarrollo y dinámica de las ciudades.
Fuente: dplnews.com

d) Materiales de origen vegetal

Estos son aquellos materiales que tienen un origen y constitución natural vegetal. Se fabrican con ingredientes presentes en la naturaleza y dejan una huella ecológica mínima durante su tratamiento y también después como residuo. Poseen un gran potencial en la industria textil y de construcción debido a que son capaces de sustituir materiales tradicionales como el plástico, acero o cemento (Avachat, 2008).

Es difícil imaginar que una planta o un árbol puedan convertirse en un material de construcción resistente que podría reemplazar fácilmente al material convencional. La innovación orientada a la sostenibilidad no solo hace que suceda, sino que también crea un crecimiento económico inclusivo, una diferencia positiva en la regeneración del entorno natural a su manera.

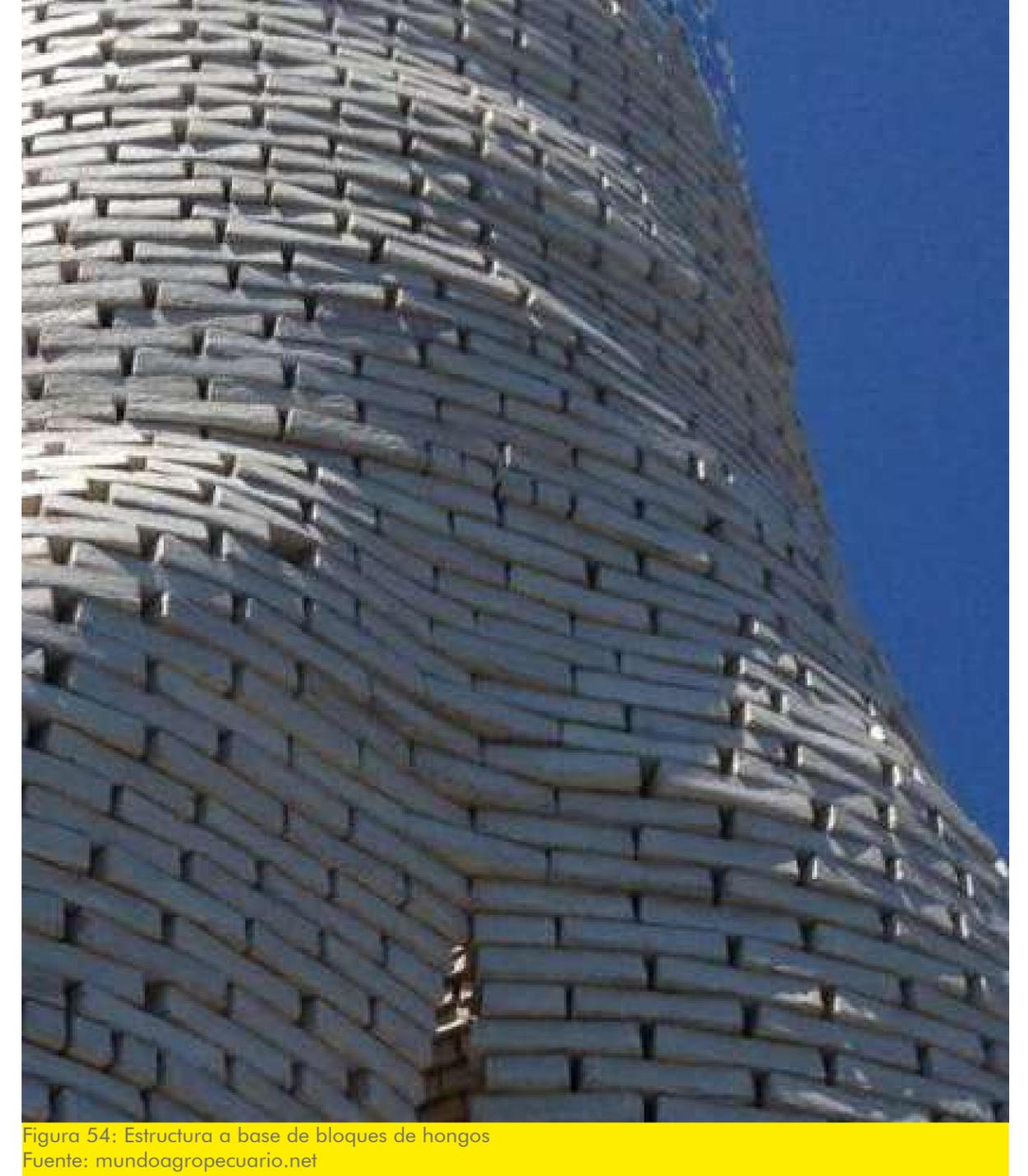


Figura 54: Estructura a base de bloques de hongos
Fuente: mundoagropecuario.net

d) Turismo 4.0

El turismo 4.0 está impulsado por sistemas ciber físicos, inteligencia artificial (IA), infraestructura basada en plantas, capacidad humana y robótica. Estas nuevas herramientas facilitan el acceso inclusivo y asequible a una nueva experiencia de turismo (Polleri Granda, 2016).

La cuarta revolución industrial ofrece nuevas opciones y empieza a revolucionar algunos campos con sus capacidades, entre ellos el turismo.

Esta línea tiene como prioridad dar un uso óptimo a los recursos medioambientales, para ello es necesario mantener los procesos ecológicos y ayudar a conservar la biodiversidad y los recursos naturales. Según la Organización Mundial del Turismo para lograr un turismo sostenible hay tres claves: A) optimizar los recursos medioambientales. B) autenticidad de la cultura local. C) Distribución de la riqueza.



Figura 55: Turismo con el apoyo de la realidad virtual
Fuente: mediterrani.com

3.2.2 Desarrollo de talento

Mediante un modelo de aprendizaje basado en proyectos experimentales se aprovecharían las capacidades del SMART E-Lab para acelerar el liderazgo en desarrollo de habilidades de innovación y competencias de profesionales, estudiantes, trabajadores y comunidades. El mismo da en parte origen a su nombre, SMART es un acrónimo de las siguientes palabras en inglés: Science, Math, Art, Relations y Technology. El programa de desarrollo de talento tiene como objetivo impulsar estas capacidades SMART en sus participantes.

Para alcanzar un desarrollo sostenible se necesitan soluciones alternativas a las tradicionales, por eso una de las tareas del SMART E Lab tiene como fin:

- Destacar y visibilizar el papel fundamental de las nuevas tecnologías para el desarrollo sostenible enfocadas en las líneas de investigación planteadas.
- Inspirar en las nuevas generaciones y comunidades una cultura de innovación.
- Crear un lugar de encuentro para facilitar el empoderamiento de los jóvenes mediante la difusión de conocimiento especializado y la interacción con tecnologías innovadoras.
- Apoyar a las empresas en la implementación de proyectos y estrategias innovadoras que mejoran la eficiencia y sostenibilidad de sus procesos.



Figura 56: Joven estudiante.
Fuente: Elaboración propia con imágenes de iStock

Los programas de desarrollo de talento estarán dirigidos hacia la comunidad y se enfocarán en los estudiantes universitarios, alumnos de 10° a 12°, mano de obra local y personal docente. Estas personas serán parte de actividades de aprendizaje basadas en experimentos, proyectos y desarrollo de ideas de innovación.



Figura 57: Estudiantes de colegio, población meta del programa de desarrollo de talento
Fuente: larepublica.com

3.2.3 Experiencias recreativas de innovación

El SMART E-Lab dará acceso a las comunidades y visitantes a experimentos de innovación sostenible para el entretenimiento y así construir una cultura de consumo responsable y producción sostenible. Además, brindará el espacio de innovación recreativa, los jardines botánicos para el turista y la comunidad para aumentar la oferta de experiencias de turismo sostenible.

Esta actividad está enfocada en los visitantes de la comunidad, potenciales turistas y estudiantes escolares, a través de actividades recreativas y visitas guiadas.

Estas actividades ofrecerán:

- Acceso a la zonas verdes y jardines del parque productivo.
- Oportunidad de participar en experimentos recreativos.
- Exhibición de diversas plantas.
- Educación en temas de sostenibilidad.



Figura 58: Niño experimentando
Fuente: Elaboración propia con imágenes de iStock

3.3 Usuarios

A continuación, se abordarán los perfiles de usuarios más representativos y como se relacionan con el proyecto. Esto permitirá entender mejor su aporte, papel por desempeñar y alcance en el mismo.

Se identificaron cuatro perfiles y se denominaron como:

El investigador

El turista

El estudiante

El empresario

Figura 59: Collage, representación de los usuarios del SMART E-Lab.
Fuente: Elaboración propia con imágenes de iStock

3.3.1 El investigador

Se caracteriza por ser una persona que ha alcanzado un desarrollo académico alto o bien, que está desarrollando sus estudios universitarios de licenciatura o posgrado. Puede estar vinculado a universidades, empresas o instituciones gubernamentales

Su relación con el proyecto radica en el desarrollo investigaciones haciendo uso de los laboratorios. Para desempeñar su labor debe contar con espacios debidamente equipados, que le permitan estudiar, experimentar, discutir e intercambiar ideas con el equipo de investigación. Estos laboratorios se plantean como espacios de trabajo colaborativo que faciliten la sinergia entre los investigadores.

El trabajo colaborativo es una modalidad en la que un grupo de personas trabajan en conjunto para alcanzar una meta en común. Este sistema se basa en la filosofía de interacción y cooperación. Y, como el propio término indica, se trata de trabajar en unión con otros individuos, por lo que es vital que en los laboratorios se pueda dar una dinámica de trabajo en conjunto.

Figura 60: Collage, representación de los investigadores.
Fuente: Elaboración propia con imágenes de iStock

Entre los espacios que se plantean se cuenta con un laboratorio por cada línea de investigación. Este laboratorio debe contar con tres zonas:

Área de idealización

Esta zona es para la inspiración y retroalimentación de ideas entre los miembros del equipo. Acá van a poder discutir los proyectos a los que se enfrentan y enriquecer sus propuestas.

Área de proceso

En esta zona se llevarán a cabo el trabajo de taller, estará equipada con la tecnología para desarrollar los procesos de fabricación e investigación.

Área de experimentación

Acá se realizarán pruebas y testeos relacionados a los proyectos llevados a cabo.



Espacios

Laboratorios de investigación

Salas de reunión y áreas de coworking

3.3.2 El turista

La Organización Mundial del Turismo (OMT) los define como aquellas personas que viajan a un destino principal ajeno a su lugar de residencia habitual por motivos de ocio o negocios, y que tienen una estancia mínima de una noche en dicho lugar.

Según datos del Instituto Costarricense de Turismo (ICT), con base en la información de la Dirección General de Migración y Extranjería (DGME), de enero a octubre del 2022 llegaron al país casi 1,9 millones de turistas extranjeros, de ese total el 56% provenían de Estados Unidos, seguidos por Canadá (6,8%) y Alemania (3,26%).

La mayoría de estos turistas se pueden considerar adultos jóvenes ya que durante el 2021 la edad de la mayoría de ellos rondaba los 25 a 34 años, a diferencia del grupo considerado adolescente entre los 13 y 17 años como el menos frecuente.

Figura 61: Collage, representación de los turistas.
Fuente: Elaboración propia con imágenes de iStock



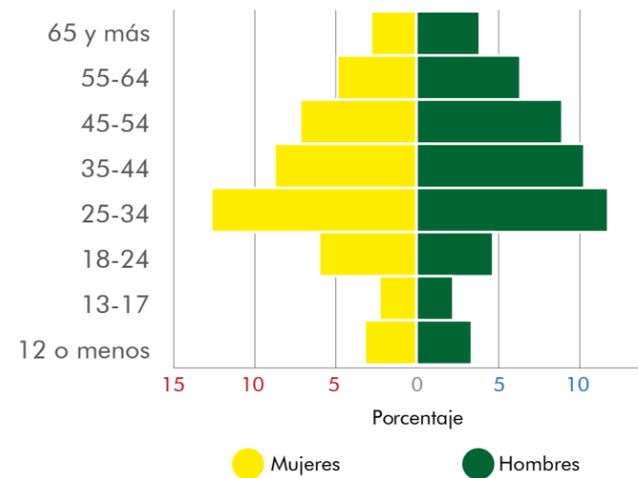


Figura 62: Grupos de edad de los turistas que visitan Costa Rica.
Fuente: ICT

Los motivos de la visita al país son muy variados, durante el 2017 al 2019 el ICT los clasificó de la siguiente manera: sol y playa en primer lugar; ecoturismo en segundo lugar; aventura en tercer lugar y bienestar, deportes, cultural en cuarto, quinto, y sexto lugar respectivamente.

En la figura 63 se observan las principales actividades que realizan, el ecoturismo destaca como el segundo motivo por el que los extranjeros vienen al país. Este tipo de turismo se caracteriza por ser responsable con las áreas naturales conservación del ambiente y por el mejoramiento del bienestar de la población local.

La mayoría viaja solo o en pareja, los menos frecuentes son los turistas en su papel de estudiantes (ver figura 64).

Actividad	Motivo de la visita al país
Sol y playa	75,4
Ecoturismo	64,8
Aventura	61,9
Bienestar	39,9
Deportes	23,9
Cultural	59,8

Figura 63: Actividades realizadas por los turistas.
Fuente: ICT

Compañía de los turistas (%)	100
Solo	36,4
En pareja	32,3
En familia	15,5
Con amigos(as) y familiares	2,4
Con amigos(as)	12,4
Con compañeros(as) de trabajo	0,9
Con estudiantes	0,1

Figura 64: Compañía de turistas.
Fuente: ICT

Este tipo de usuario está interesado por la naturaleza y por un turismo sostenible, por ello el proyecto debe disponer de espacios que le permitan al turista aprender y disfrutar de la flora del proyecto como: un jardín botánico, un parque productivo que implemente los cultivos como un recurso paisajístico, zonas verdes, laboratorios de aprendizaje y recreación.



Espacios

Laboratorios de experimentación recreativa y aprendizaje lúdico



Jardín botánico



Parque productivo

3.3.3 El estudiante

Los programas de educación del SMART E-Lab están abiertos a recibir a todo tipo de estudiantes, desde la educación general básica hasta la educación superior. Su edad varía dependiendo del ciclo en el que se encuentren; los estudiantes de primaria comprenden la edad desde los 5 años hasta los 12, los de secundaria desde los 12 hasta los 17 y los universitarios a partir de 17 años.

Según datos del Estado de la Nación (2012) el mayor logro educativo de la región Huetar Norte es el de la educación primaria, donde en promedio el 88% ha asistido a esta, el promedio baja cuando se refiere a la secundaria quedando en 69,4% y si pasamos a la educación superior el promedio es de 26,16%.

En su mayoría, el cuerpo de estudiantes de la región está compuesto por escolares y colegiales, y en su minoría por universitarios, cabe destacar en este caso la cercanía y colaboración que tendrá el proyecto con la sede del ITCR en San Carlos.

Para que estos estudiantes puedan adquirir sólidas habilidades de innovación y liderazgo que aumenten las oportunidades de ser un profesional de alto talento y competitividad, el SMART E-Lab dispone sus instalaciones y así aportar a la formación de los jóvenes por medio de distintas actividades. Los laboratorios de experimentación serán espacios que conecten a los jóvenes con las nuevas tecnologías que se desarrollan en el laboratorio y en el mundo.

En estos espacios podrán desarrollar actividades de innovación y experimentación con un enfoque sostenible. Los laboratorios de experimentación recreativa se plantean como espacios flexibles para el aprendizaje lúdico de los usuarios.

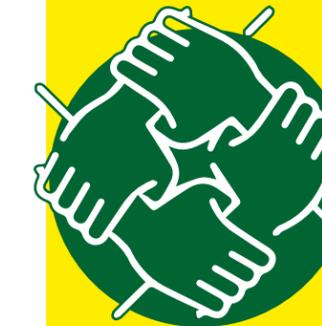
El modelo de aprendizaje a implementar es el denominado SMART PEBLP, consiste en el desarrollo de proyectos experimentales. Está dirigido a estudiantes universitarios y colegiales del ITCR y los centros educativos de la comunidad.

Espacios

Laboratorios de investigación



Áreas de trabajo colaborativo y networking



Laboratorios de experimentación recreativa y aprendizaje lúdico

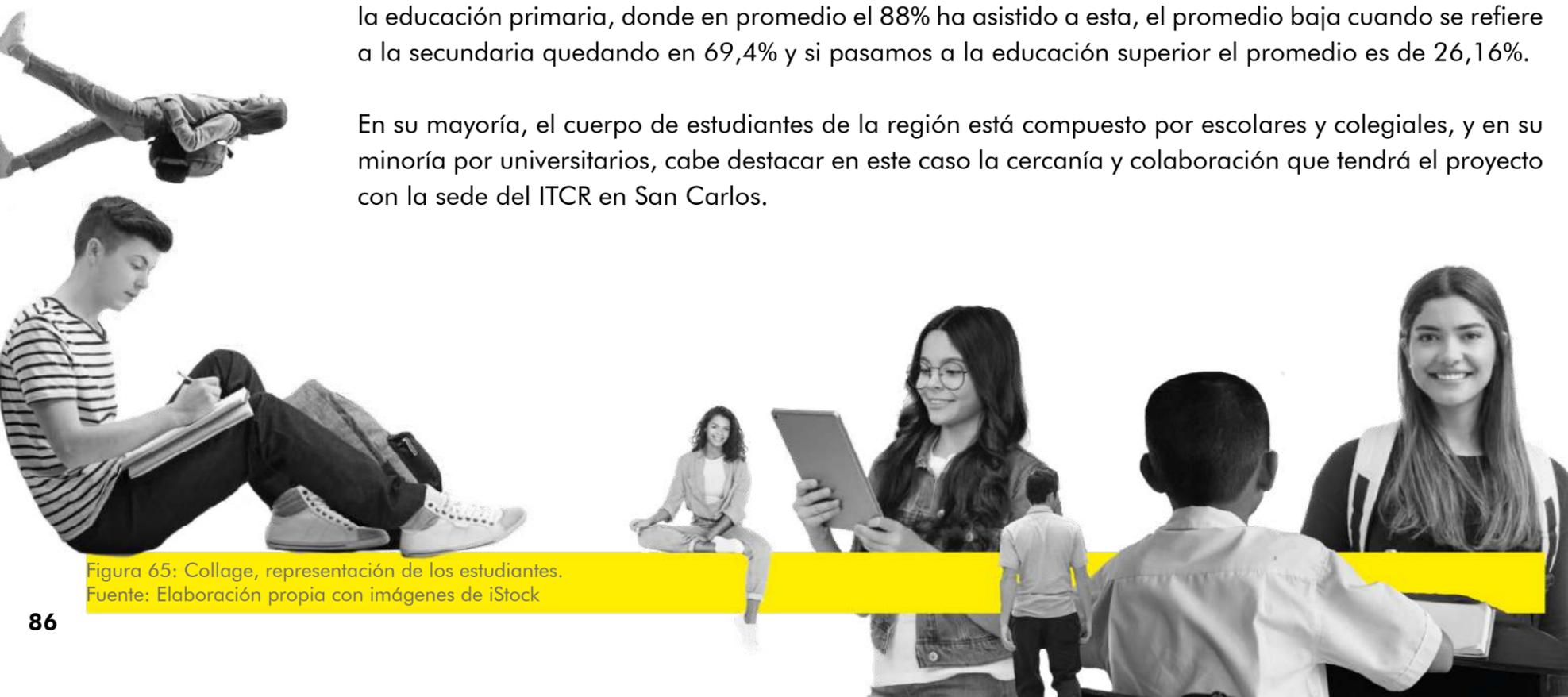


Figura 65: Collage, representación de los estudiantes.
Fuente: Elaboración propia con imágenes de iStock

3.3.4 El empresario

Este usuario es aquella persona que se encarga de la dirección y gestión de una compañía, negocio, industria o incluso emprendimiento. Toma decisiones estratégicas acerca de las metas y la administración de las empresas.

Estas mismas se pueden clasificar en microempresa, pequeña empresa, mediana empresa y grande empresa según la cantidad de trabajadores. Como se observa en la figura 67 realizada con datos de Cid Gallup, en la región Huetar Norte la gran mayoría (el 86%) pertenecen al grupo de micro y pequeña empresa.

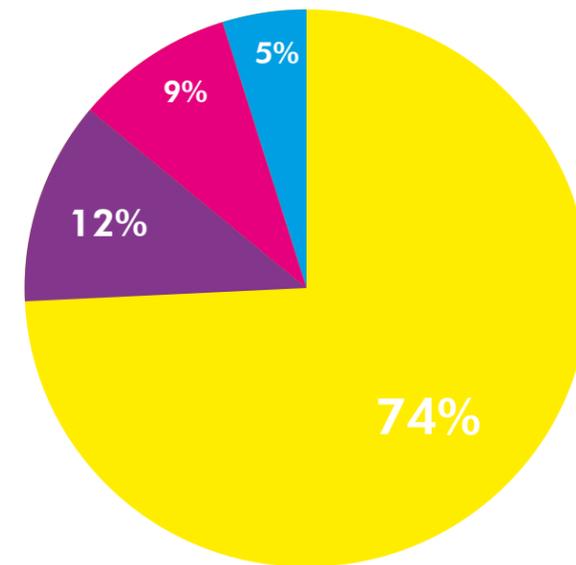
Los principales sectores productivos identificados en la región Huetar Norte son:

- 1) Agricultura, ganadería, caza, actividades de servicio (24%),
- 2) Venta, comercio al detalle (19%) y
- 3) Hoteles y restaurantes (16%)
- 4) Elaboración de alimentos / bebidas (7%)
- 5) Construcción (5%)



Figura 66: Collage, representación de los empresarios.
Fuente: Elaboración propia con imágenes de iStock

En la figura 68 se detalla la actividad de cada empresa según su tamaño y podemos destacar que las microempresas se relacionan poco con las líneas de investigación, a diferencia de las medianas que se encuentran ligadas a la actividad turística (turismo 4.0), por otro lado, la grandes se encuentran ligadas a la agricultura (agricultura inteligente).



- Pequeña empresa
- Micro empresa
- Mediana empresa
- Grande empresa

Figura 67: Composición empresarial de la región Huetar Norte
Fuente: CID Gallup sobre información del INEC

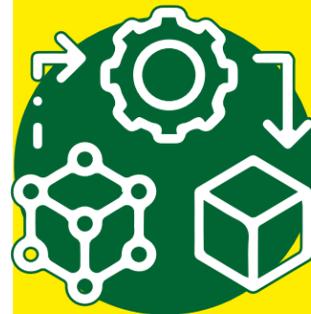
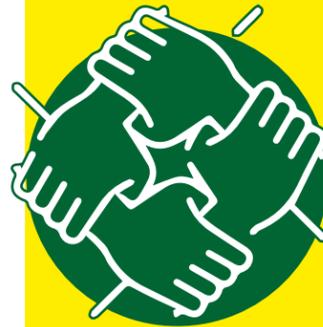
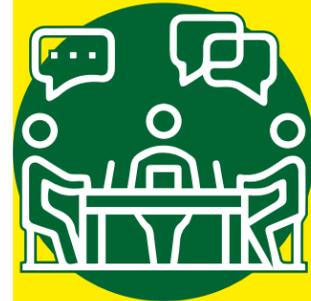
Actividad económica	Tamaño de la empresa			
	Micro	Pequeña	Mediana	Grande
Agropecuario	20	32	26	65
Ventas, comercio al detalle	20	28	6	--
Hoteles y restaurantes	15	13	34	9
Alimentos y bebidas	7	3	6	9
Construcción	5	3	6	3
Servicios profesionales	4	2	2	3
Comercio al por mayor	3	1	6	6
Servicios públicos	4	1	2	--
Silvicultura, extracción de madera	2	3	5	3
Transporte por vía terrestre	2	2	5	--
Servicios médicos	3	--	2	--
Mantenimiento y reparación	2	2	--	--
Venta de combustible	2	3	--	--
Mecánica	2	--	--	--
Beneficios comunitarios	2	--	--	--
Productos financieros	1	--	--	3
Guardería, kinder, educativos	1	2	--	--
Fabricación de tarimas	1	1	--	--
Actividades inmobiliarias	1	--	--	--
Lubricentro	1	--	--	--
Peluquería, salón de belleza	1	--	--	--
Desarrollo software	--	--	2	--
Reciclaje	1	--	--	--
Deporte, recreación	--	1	--	--
TOTAL				

Figura 68: Actividades económicas por tamaño de empresa en la región Huetar Norte.
Fuente: CID Gallup

Estas líneas de investigación ayudarán a que las actividades de las empresas puedan tener un enfoque sostenible, además de que significan una fuente de acceso a servicios de investigación, al cual, muchas empresas por su reducido tamaño, no tendrían las posibilidades de llevar a cabo por sí solas.

Para atender a este tipo de usuarios interesados en los productos de las investigaciones, el proyecto debe contar con espacios que permitan la recepción de empresarios, emprendedores y productores, como un salón multiusos para eventos y salas de reuniones.

Además, el Smartlab facilitaría servicios de elaboración de prototipos para emprendedores e investigadores que no cuentan con la tecnología o medios para llevar a cabo sus proyectos.



Espacios

Área de capacitación y asesoramiento

Áreas de trabajo colaborativo y networking

Laboratorio de prototipos

3.4 Síntesis

Actividad

Investigación y desarrollo

Descripción

Desarrollo de investigación en 5 líneas: 1) Agricultura inteligente y sistemas alimentarios, 2) Capacidad humana y monitoreo del bienestar, 3) Territorios inteligentes y adopción de tecnología, 4) Materiales de origen vegetal y 5) Turismo 4.0

Desarrollo de talento

Desarrollo de habilidades de innovación sostenible y liderazgo en profesionales, estudiantes, trabajadores y comunidades.

Experiencias recreativas de innovación

Acceso a las comunidades y visitantes a experimentos de innovación sostenible para el entretenimiento y construcción de una cultura responsable de consumo

Espacios

- Cultivo experimental
- Laboratorios de investigación
- Invernaderos
- Jardín botánico
- Áreas de coworking

- Salón de eventos
- Lab. de experimentación
- Lab. de prototipos
- Lab. de investigación
- Áreas de coworking
- Cultivo recreativo

- Jardín Botánico
- Lab. de experimentación
- Zonas verdes
- Parque productivo

Usuarios

- Investigadores(as)
- Estudiantes universitarios(as)
- Estudiantes de colegio

- Investigadores(as)
- Estudiantes universitarios(as)
- Empresarios

- Turistas
- Visitantes locales

Capítulo

4

En este capítulo se aplicará el bambú laminado en el diseño del anteproyecto arquitectónico del Smartlab con la información de los capítulos anteriores

El mismo será diseñado con base en el análisis del sitio, las necesidades espaciales de los usuarios del proyecto, el concepto sostenible del Smartlab y la implementación del bambú laminado como sistema estructural alternativo.

SMART E-Lab

4.1 Análisis del sitio

El análisis del sitio se abordará desde dos escalas: la primera es la escala macro, en esta se introducirán aspectos generales de la región sobre aspectos socioeconómicos, climáticos y físicos. La segunda escala es la micro, corresponde al lote a intervenir y se estudiará la vegetación, el perfil climático, la topografía e implicaciones arquitectónicas.

Escala Macro

Aspectos generales

Ubicación geográfica

El proyecto, por su alcance, se ubica en la región Huetar Norte, la misma se ubica al norte de la República de Costa Rica, entre las cimas de la cordillera Volcánica Central, los Montes del Aguacate, la cordillera Volcánica de Guanacaste y la frontera con Nicaragua. Limita al norte con Nicaragua, al sur con las provincias de Guanacaste y parte de Alajuela, al este con la provincia de Limón y al oeste con Guanacaste.

La extensión territorial de esta región es de 9.803 km², lo cual representa el 18% del territorio nacional. Se compone por los cantones de San Carlos, Upala, Los Chiles, Guatuso, Sarapiquí, Peñas Blancas (San Ramón), distrito de Río Cuarto de Grecia y Sarapiquí. Posee una población de 301.533 habitantes, lo cual represen-



Figura 69: Territorio abarcado por la región Huetar Norte
Fuente: Elaboración propia con datos del Snit



Figura 70: Topografía vista desde Monteverde
Fuente: Peter Andersen



Figura 71: Densidad boscosa de la región
Fuente: alamy.com

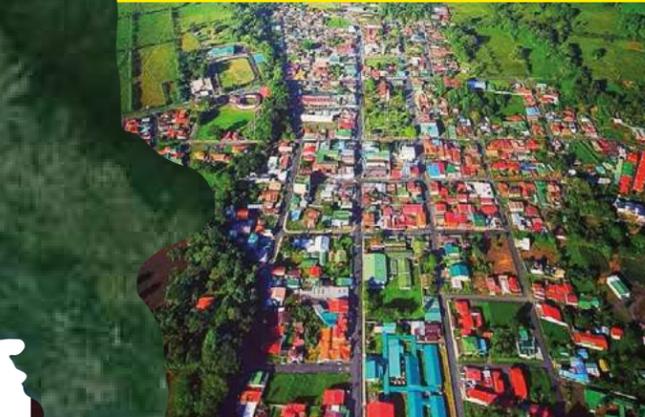


Figura 72: Ciudad de de la Fortuna, San Carlos.
Fuente: alamy.com

ta el 7% de la población del país. De ese total, el 49% reside en el cantón de San Carlos, seguido por el cantón de Sarapiquí (18%) y Upala (15%). Otros cantones con un menor número de habitantes son el cantón de Guatuso y los distritos de Grecia, de San Ramón y de Alajuela.

Clima

La región posee un clima tropical (estación seca y lluviosa), el invierno va de mayo a enero o febrero y la estación seca de marzo a mayo, con algunas precipitaciones esporádicas ocasionadas por los frentes fríos del norte. La precipitación es variable, en promedio oscila entre 2.000 mm/año en las llanuras de Guatuso, Upala y Los Chiles y hasta 5.000 mm/año, en los macizos volcánicos.

Topografía e hidrología

En general el relieve es ondulado con partes altas. Ascende en grandes terrazas, las cuales son muy fértiles y de fácil preparación con maquinaria. La región forma parte de las llanuras

inundables del Atlántico, por lo general son planas, producto del relleno aluvial con material de base de origen volcánico.

Los ríos que corren al oeste son el Peñas Blancas, San Lorenzo, La Tigra, Fortuna y Javillos, que dan origen al gran río San Carlos. Al este encontramos al río Sarapiquí, que se une con el río Tigre y el río Sucio, al cual le llegan muchos afluentes. Al sur los ríos La Vieja, Peje, Aguas Zarcas, Caño Negro, Toro Amarillo, Río Cuarto y Tres Amigos. Al norte los ríos Frío, Zapote, Pizote, Higuerón, Medio Queso, Sabogal, Pocosol y río San Juan. Los cantones Upala, Gatuso, Los Chiles y Sarapiquí presentan problemas frecuentes de inundaciones durante la época de invierno

La vegetación predominante en la zona está compuesta por pastos, bosques, reforestaciones, charrales, tacotales, cultivos anuales y perennes. La región presenta serios problemas de erosión en las partes altas, por la aplicación de prácticas inadecuadas de producción, la alta deforestación y falta de conciencia de la población.

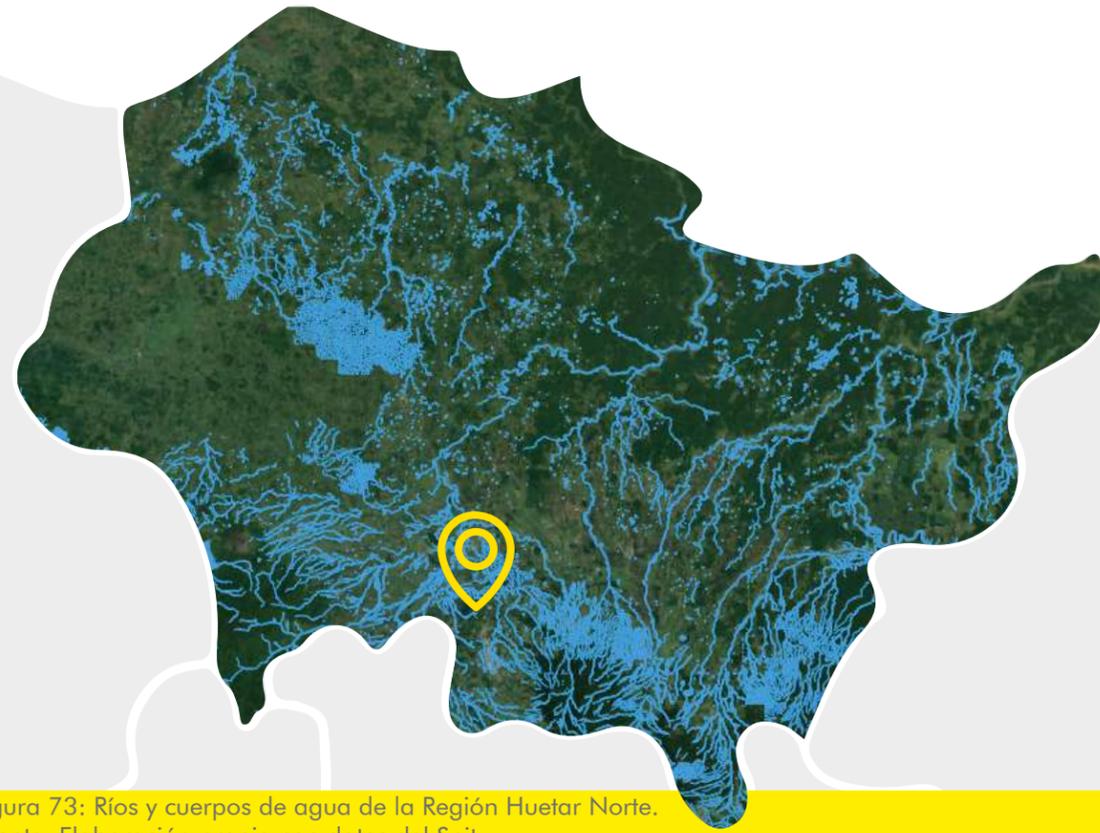


Figura 73: Ríos y cuerpos de agua de la Región Huetar Norte.
Fuente: Elaboración propia con datos del Snit



Figura 74: Vegetación predominante.
Fuente: alamy.com



Figura 75: Zona de cultivo, piña.
Fuente: semanariouniversidad.com



Figura 76: Principales ofertas productivas de la región Huetar Norte.
Fuente: PROCOMER

Actividad turística

Actividad productiva no tradicional

Actividad pecuaria

Oferta productiva

Las actividades productivas de la RHN se pueden dividir en tres categorías:

1- Sector agrícola tradicional (granos, caña de azúcar y raíces tropicales), que aporta cerca de la mitad del empleo de la región y la actividad pecuaria (ganadería bovina, producción láctea y producción porcina).

2- Actividad productiva no tradicional, que incluye productos tales como cítricos, macadamia, ornamentales, cacao híbrido, piña, pimienta y palmito, entre otros.

3- Industria turística que aparece como una alternativa cada vez más importante para la generación de ingresos de la población.

Las actividades agropecuarias de la Región Huetar Norte están dirigidas hacia el consumo interno y al mercado de exportación en cultivos tradicionales y no tradicionales.

Escala Micro Sitio

El ITCR sede San Carlos dispuso su finca para la ubicación del SMART E-Lab, por lo tanto, el predio fue seleccionado tomando en consideración los siguientes tres criterios:

- 1) Acceso a la vía y servicios públicos.
- 2) Topografía favorable.
- 3) Autonomía y visibilidad para la comunidad.

Las ubicaciones consideradas se pueden ver en la figura 77, tras analizarlas considerando los criterios anteriores el predio seleccionado se ubica frente a la vía 141, contiguo al ingreso principal del ITCR.

Esta porción de la finca se encuentra naturalmente separada del resto por el río La Vieja, esta variable natural



Región Huetar Norte



Cantón de San Carlos, distrito de Florencia



Finca ITCR San Carlos

Figura 77: Vista aérea de la finca del ITCR San Carlos con las ubicaciones consideradas
Fuente: Elaboración propia con imágenes de Google Earth

se consideró muy positiva como recurso paisajístico y remate visual por la densidad de la vegetación que acompaña al río.

En cuanto al entorno construido predomina la baja densidad de edificaciones, la gran mayoría posee un solo nivel y se concentran en los costados de la vía 141 por ser la carretera principal. No se identifican tipologías arquitectónicas destacables y en cuanto al tipo de uso de suelo destacan el comercial y el residencial.



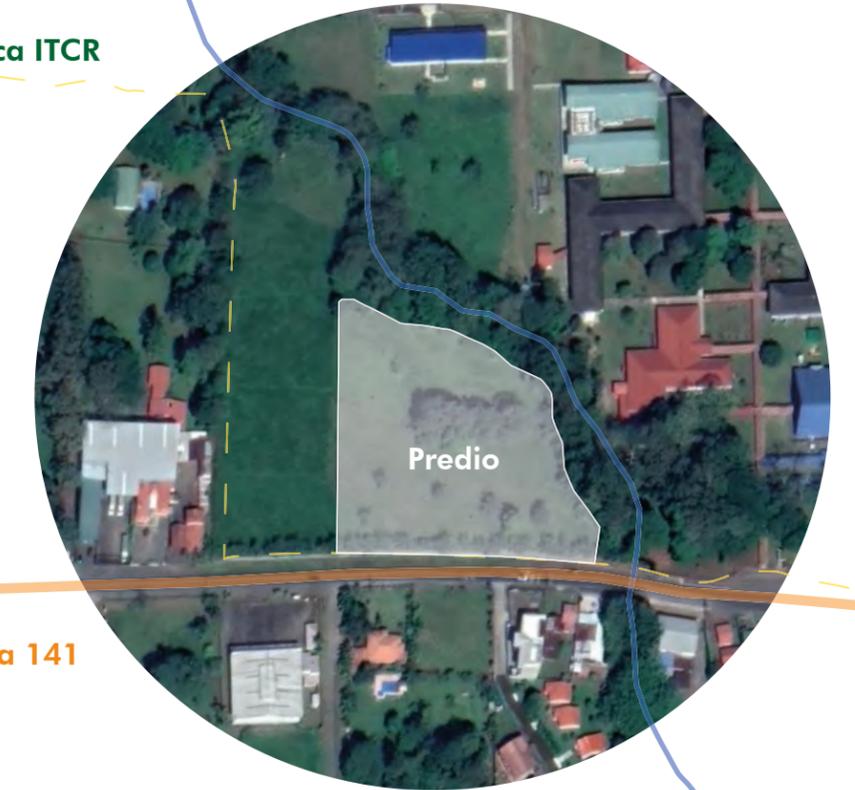
Figura 78: Puente cerca del predio seleccionado.
Fuente: Elaboración propia con imágenes de Google Earth



Figura 79: Fotografías del entorno construido
Fuente: Elaboración propia con imágenes de Google Earth

Río La vieja

Finca ITCR



Vía 141

Predio

El predio cuenta con una topografía relativamente plana, el mayor porcentaje de pendiente encontrado en el sitio es de 10%, sin embargo, en la mayoría del terreno predominan porcentajes de pendiente mucho menores. En la parte norte y este del terreno seleccionado se encuentra el río La Vieja, el mismo se considera un río de bajo caudal.

Se puede encontrar vegetación de escala media y baja. La media se concentra a los costados del río y consiste en árboles de diversas especies y una porción en la parte central del lote. La vegetación de escala baja es la que predomina siendo pastos, arbustos y charrales.



Figura 80: Fotografías del predio seleccionado.
Fuente: Elaboración propia.

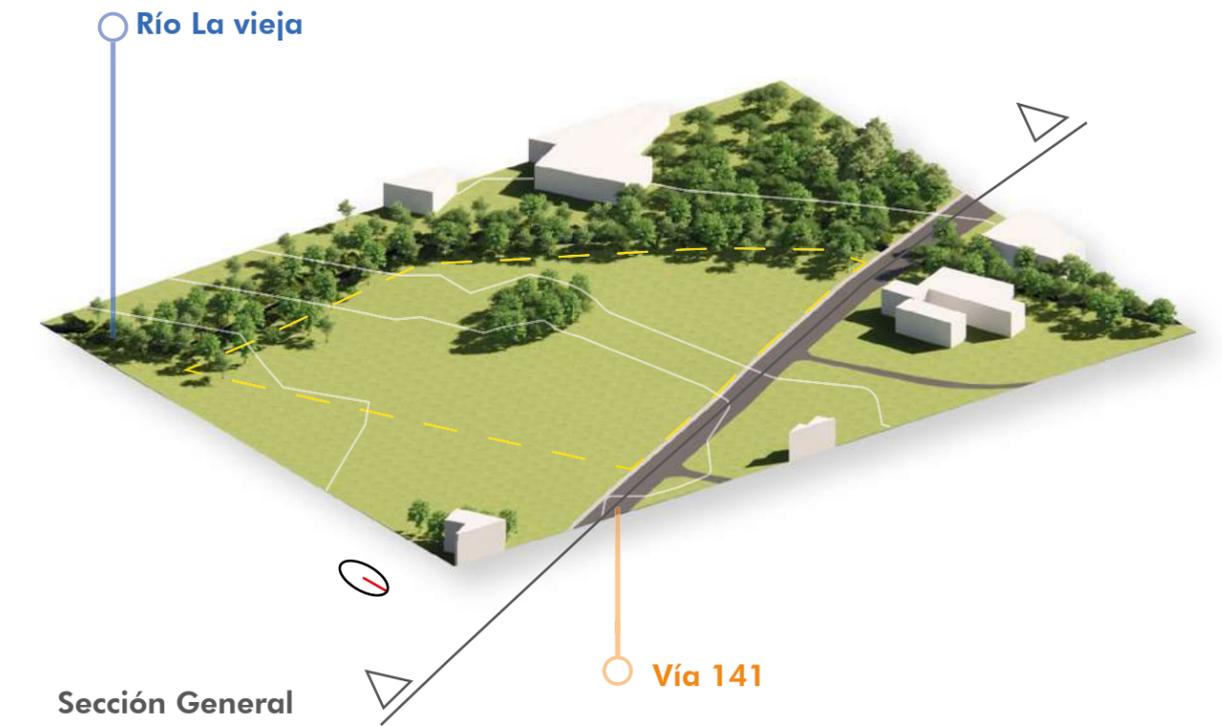


Figura 82: Predio, vista isométrica.
Fuente: Elaboración propia.

Sección de la topografía

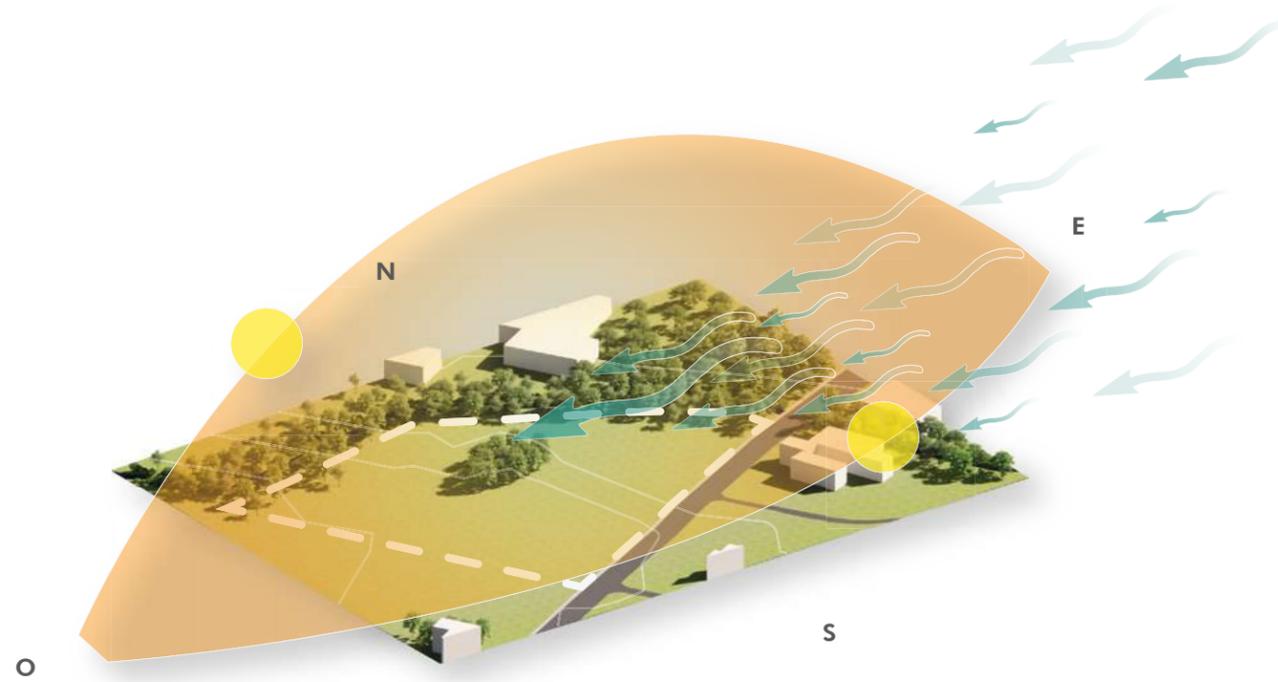


Figura 81: Sección topográfica general.
Fuente: Elaboración propia.

Variables climáticas

La Región Huetar Norte se encuentra en la zona tórrida, con un clima tropical de dos estaciones: seca y lluviosa. El invierno va de mayo a enero o febrero y la estación seca de marzo a mayo, con algunas precipitaciones esporádicas. En San Carlos hay altas temperaturas y mucha precipitación. La temperatura media anual es 24° y la precipitación media anual es 2601 mm. No llueve durante 59 días por año, la humedad media es del 85% y el Índice UV es 5.

El viento predominante viene del este. Los meses más ventosos van de noviembre a abril, con velocidades promedio de 7,9 km/h. El mes más ventoso es febrero, con vientos a una velocidad promedio de 11,0 km/h. El tiempo más calmado del año dura 7,0 meses, de abril a noviembre. Destacando el mes de septiembre, con vientos a una velocidad promedio de 4,7 km/h.



Precipitación



2601 mm anual
septiembre > febrero

Viento



4,7 km/h a 11 km/h - este
febrero > septiembre

Temperatura



22°C a 34°C
abril > octubre

Figura 83: Representación de las variables climáticas.
Fuente: Elaboración propia.

Consideraciones respecto al sitio

Identidad

La región se caracteriza por las actividades económicas que se llevan a cabo, la mayoría tienen que ver con el sector agropecuario y turístico, por lo que su identidad se relaciona con la producción de la tierra y el valor de sus paisajes. Por ello, y al ser el SMART E-Lab un proyecto dedicado al desarrollo de la zona, es importante plasmar esta misma identidad en el proyecto.

Variables climáticas

La adaptación al clima y a la topografía son dos factores siempre a tomar en cuenta. En este caso, por el material propuesto, el diseño debe poner especial atención en la protección de la estructura, por otra parte, se debe considerar las implicaciones topográficas.

No todo es protección contra el contexto, el entorno ofrece recursos que el diseño puede aprovechar, entre ellos aspectos naturales como la luz, el viento y el agua.



4.2 Anteproyecto



Figura 84: Vista ingreso al proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

SMART E-Lab

4.2.1

Concepto arquitectónico

El Smartlab realiza una propuesta para el fomento de innovación en la región Huetar Norte orientada hacia un desarrollo sostenible y una economía circular. Por lo tanto, el proyecto, busca, en si mismo, ser un ejemplo de innovación y consumo responsable e inteligente de los recursos a través de un diseño regenerativo. Este tipo de diseño busca restaurar, o dejar algo en un mejor estado para poder anular los daños que se han hecho como humanidad al ambiente (Reed, 2017). Este concepto va más allá de la construcción y arquitectura, se puede implementar a nivel de desarrollo urbano, política pública y gobernanza, agricultura y demás. En el proyecto se plasmaría a través de tres formas: a) un diseño orgánico en armonía con su contexto natural, b) implementación de materiales de origen renovable y local y c) una apertura hacia la comunidad y los usuarios.

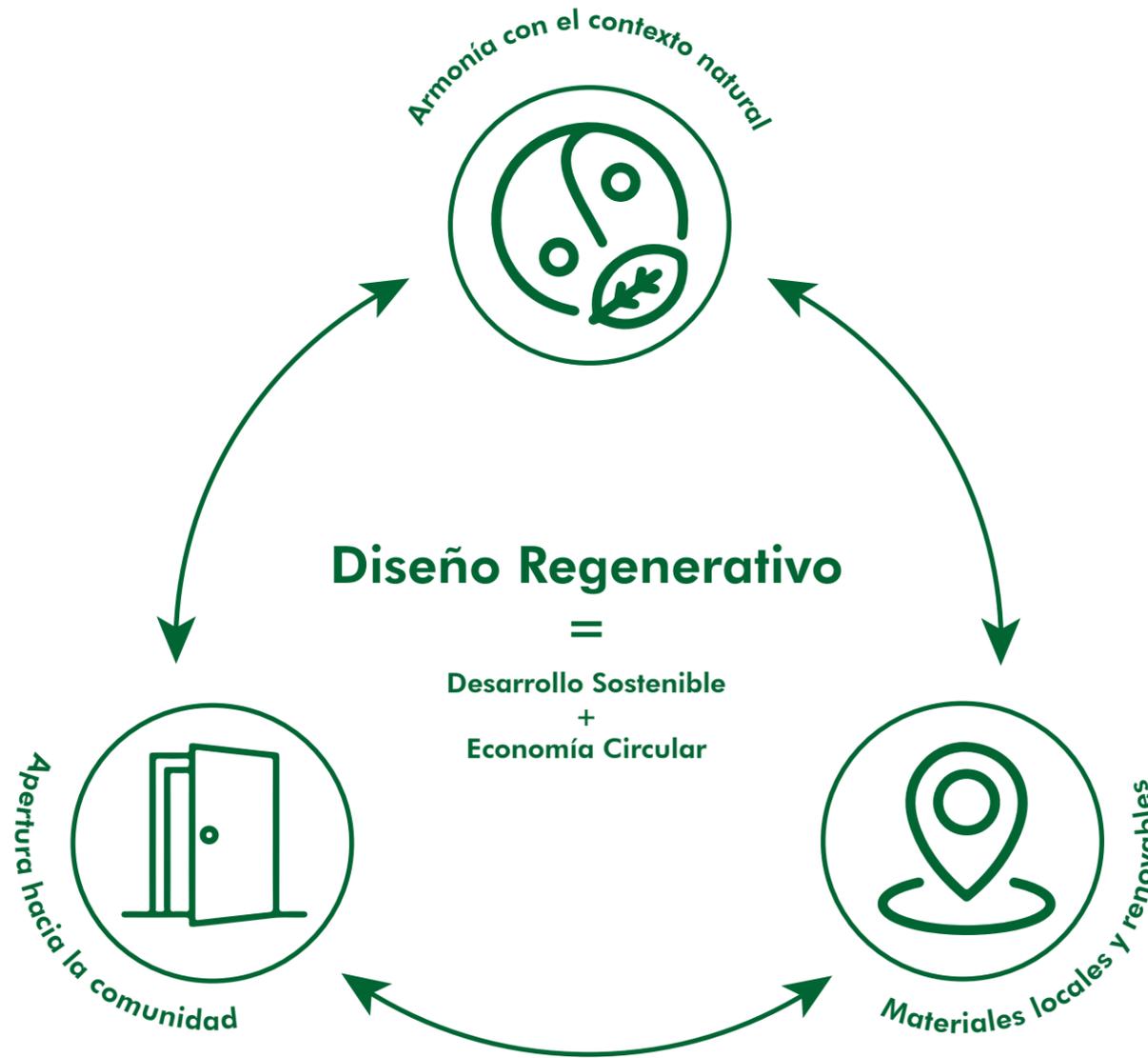


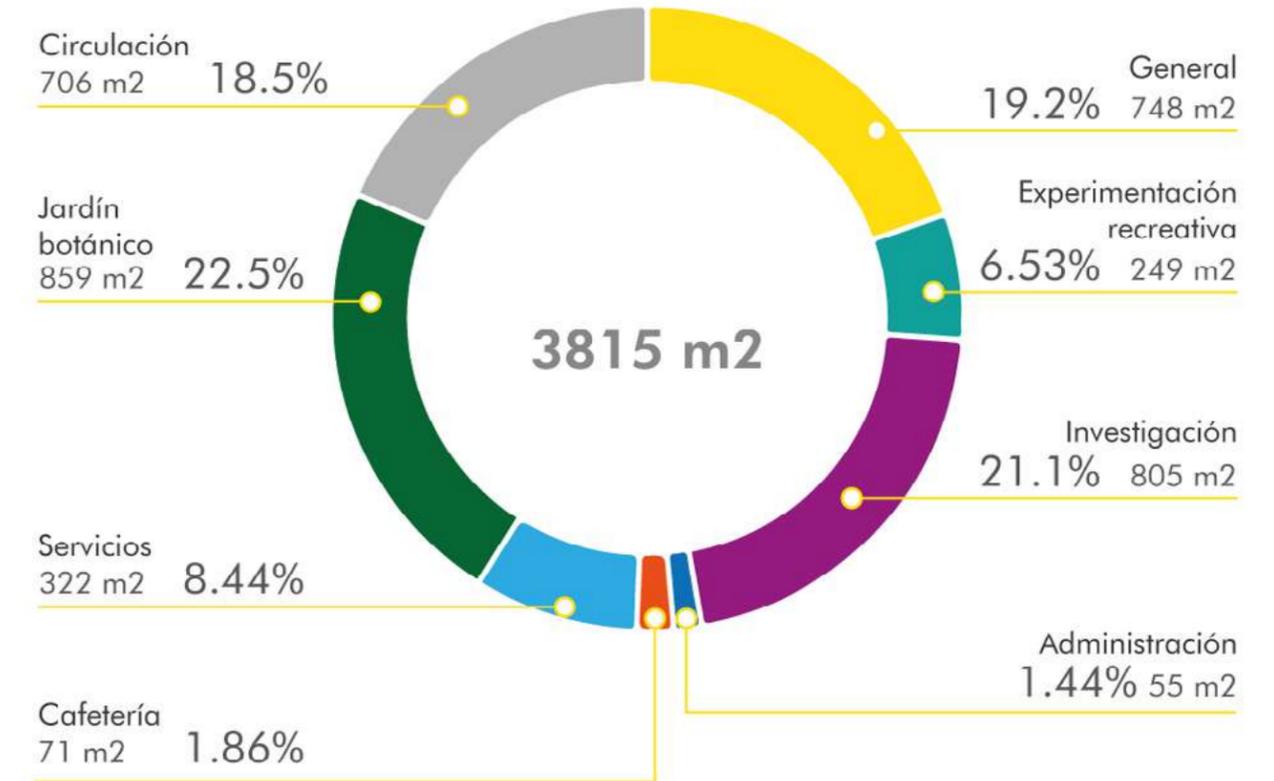
Figura 85: Pautas del concepto arquitectónico
Fuente: Elaboración propia

4.2.2

Programa

El programa arquitectónico final parte de una lista básica de espacios necesarios para el funcionamiento del Smartlab, esta lista se fue retroalimentando y enriqueciendo con el concepto y el proceso de diseño. Los espacios albergan los tres grupos de actividades definidas en el capítulo anterior y que desarrollará el proyecto más los espacios de servicio correspondientes.

Smartlab



Parque productivo

4 214 m²

Zonas verdes

4 389 m²

Obras exteriores

2 417 m²

Figura 86: Programa arquitectónico global.
Fuente: Elaboración propia

Programa detallado

El programa detallado se organizó en dos grupos, el primero corresponde a los espacios de los componentes del SMART E-Lab: general, experimentación recreativa, investigación, administración, cafetería, servicios, jardín botánico, y circulación. Estos espacios suman en total 3815m2.

El segundo grupo corresponde al Centro Tecnoagrícola, el parque productivo y las obras exteriores.

El total de la huella construida, es decir, de los metros cuadrados no permeables, es de 5358 m2 y tomando en cuenta la totalidad del predio que es 13562m2, el porcentaje de cobertura es de 39,5%.

Componente	Espacios	Descripción	Área unitaria	Cantidad	Subtotal	Total	%
Parque productivo	Centro tecnoagrícola	Vestíbulo	24.12	1	24.12	4214.67	31.08
		Oficinas	16.25	1	16.25		
		Aula multiusos	90	1	90		
		Sanitarios H	5	1	5		
		Sanitarios M	5	1	5		
		Aseo	2.3	1	2.3		
		Bodega	33	1	33		
	Cultivos	Cultivos / vegetación de exposición	3814	1	3814		
Obras exteriores	Caminos	Aceras	272	1	272	2417	17.82
		Zonas de estar / descanso	104	1	104		
		Boulevard / calle de servicio	1086	1	1086		
	Ingreso	Plaza de ingreso	121	1	121		
		Bahía de llegada	40	1	40		
	Parqueo	Parqueos tradicionales	794	1	794		

Zonas verdes	Jardines	Espacio de zona verde que no está dedicado al cultivo				4389.33	32.36
Zona de cultivo	Cultivos	Espacio dedicado a la siembra				3814	28.12
Huella edificaciones		Toda área no permeable				5358.67	39.51

Componente	Espacios	Descripción	Área unitaria	Cantidad	Subtotal	Total	%
General	Lobby N1	Espacio para la recepción de visitantes, facilitación de información y de espera/estar y distribuidor a las otras áreas	7	1	7	748	19,61
			32	1	32		
			10	1	10		
	Lobby N2	Espacio para la espera/estar y distribuidor a las otras áreas	87				
	Salón de eventos	Espacio para realizar actividades, conferencias, trabajos grupales, exposiciones, etc. Con una bodega y un cuarto de proyección	194	1	194		
	Vestibulo eventos / galería	Espacio de espera y transición al salón de actividades	78	1	78		
	Sala de reuniones general	Espacio para realizar reuniones de hasta 20 personas	48	1	48		
	Sala de reuniones 1	Espacio para relaizar reuniones de has 6 personas	16	1	16		
	Sala de reuniones 2	Espacio para relaizar reuniones de has 6 personas	16	1	16		
	Área trabajo colaborativo N1	Área trabajo colaborativo N1	53	1	53		
	Área trabajo colaborativo N2	Área trabajo colaborativo N2	69	1	69		
Laboratorio de prototipos	Espacio para servicios de impresión 3D	61	1	61			
Galería exterior	Espacio de transición de a un edificio a otro, o bien en los vestíbulos, donde se exhiben ciertas temáticas, productos, datos, etc	164	1	164			
Experimentación recreativa	Lab. Experimentacion 1	Espacio de experimentación y aprendizaje de distintas iniciativas - "aprender haciendo"	63	1	63	249	6,53
	Lab. Experimentacion 2	Espacio de experimentación y aprendizaje de distintas iniciativas - "aprender haciendo"	63	1	63		
	Lab. Experimentacion 3	Espacio de experimentación y aprendizaje de distintas iniciativas - "aprender haciendo"	123	1	123		

Componente	Espacios	Descripción	Área unitaria	Cantidad	Subtotal	Total	%
Investigación	Lab Agricultura inteligente	Espacio para el desarrollo de investigación e innovación	200	1	200	805	21,10
	Lab Turismo 4.0	Espacio para el desarrollo de investigación e innovación	135	1	135		
	Lab Capacidad humana y monitoreo de la salud	Espacio para el desarrollo de investigación e innovación	188	1	188		
	Lab Materiales base planta	Espacio para el desarrollo de investigación e innovación	179	1	179		
	Lab Territorios inteligentes	Espacio para el desarrollo de investigación e innovación	103	1	103		
Administración	Oficina director		21	1	21	55	1,44
	Oficinas compartidas		34	1	34		
Cafetería	Cocina	Preparación	17	1	17	71	1,86
	Comedor	Mesas 4 sillas	54	1	54		
Servicios generales	Cuartos humedos	Batería sanitaria N1.1	21	2	42	322	8.44
		Batería sanitaria N1.2	22	2	44		
		Batería sanitaria N2.1	32	2	64		
		Batería sanitaria N2.2	24	2	48		
		Aseo N1	8	1	8		
		Aseo N2	6	1	6		
	Cuartos de servicio	C. Mecánico Edificación	9	1	9		
		C. Mecánico reciclaje	9	1	9		
		C. Eléctrico N1	9	1	9		
		C. Eléctrico N2	10	1	10		
		C. Telecomunicaciones N1	9	1	9		
		C. Telecomunicaciones N2	10	1	10		
		C. Residuos N1	11	1	11		
		C. Residuos N2	15	1	15		
	Salón colaboradores	Comedor	14	1	14		
Baño		4	1	4			
Jardín botánico	Invernadero	Exposición de plantas	312	1	312	859	22.52
	Jardín central	"Islas de vegetación"	429	1	429		
Circulación	General	Pasillos N1	276	1	276	706	18.51
		Pasillos N2	375	1	375		
	Escaleras	Escalera principal	23	1	23		
		Escalera secundaria	21	1	21		
	Ascensores	Ascensor principal	4	1	4		
		Montacargas	7	1	7		
TOTAL						3815	100

4.2.3

Pautas Emplazamiento

El proyecto y sus componentes se emplazaron en función del concepto por lo que se buscó plasmar las siguientes intenciones:

1 - Conexión con el entorno natural

El edificio se ubica buscando una cercanía con el río y la masa de vegetación que lo rodea, de la misma forma, el proyecto se retira de la vía pública para generar un espacio externo de transición hacia el mismo y un desahogo en la trama urbana.

2 - Conexión visual

Es muy importante la conexión visual del Smartlab con el resto de la comunidad, por lo que los invernaderos, el parqueo y el centro tecnagrícola se ubicaron de tal forma que no obstaculizaran visualmente a los laboratorios desde el exterior.

3 - Apertura a la comunidad

El Smartlab se plantea como un proyecto accesible a la comunidad por lo que los cultivos se plantean como un parque productivo de acceso público en la parte frontal.

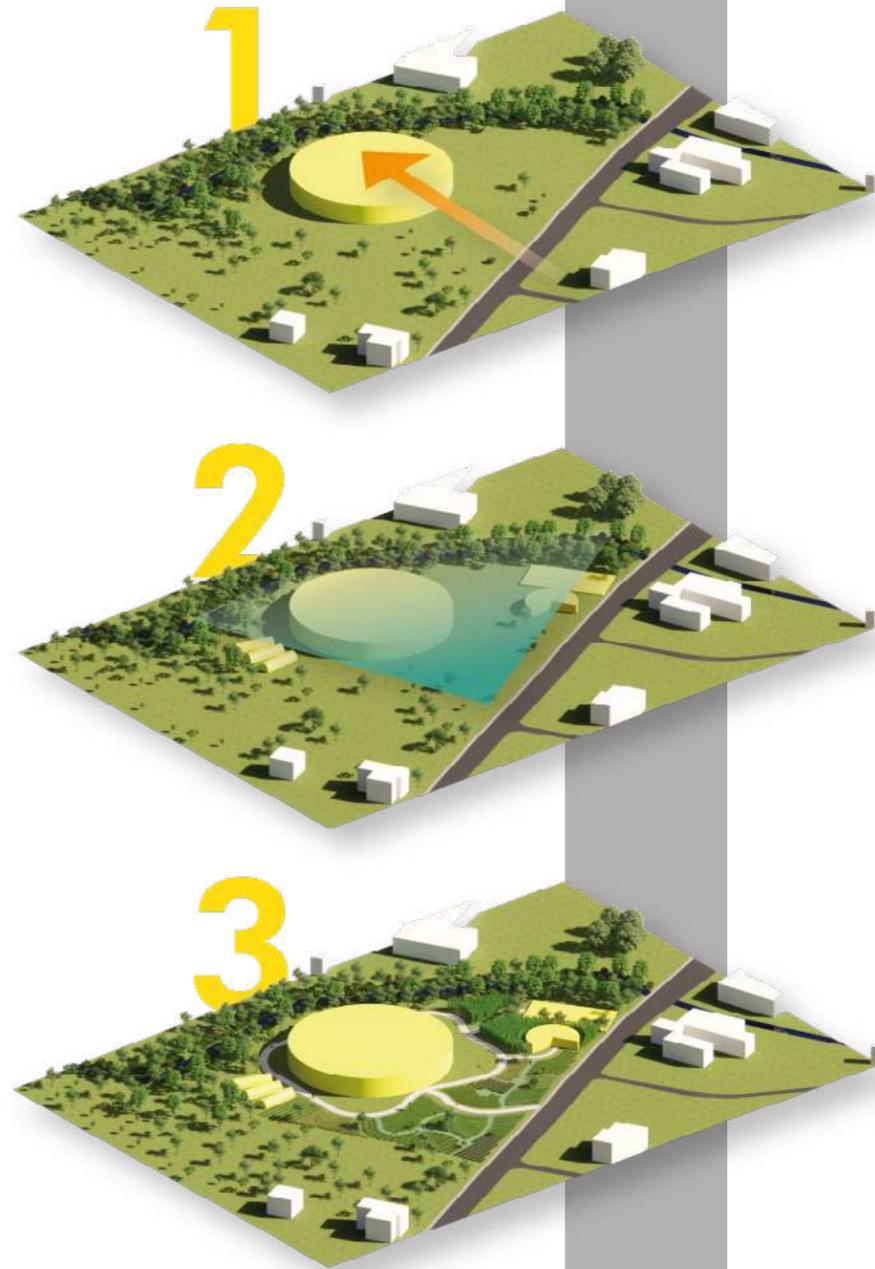


Figura 87: Pautas del emplazamiento de los componentes del programa global.
Fuente: Elaboración propia.

SMART E-Lab

El Smartlab se diseñó con las siguientes pautas formales:

1 - Forma orgánica

Se parte del círculo como una figura que representa la continuidad del ciclo renovable de la naturaleza

2 - Aperturas al contexto

Para conectar con el entorno natural y crear un recibimiento a los usuarios se crean dos aperturas, una en la parte frontal y otra en la parte trasera. Además, se crea un vacío central para facilitar el ingreso de luz y ventilación natural.

3 - Adaptación a la topografía

Para adaptar el proyecto a la topografía se decide desfasar los dos bloques principales.

4 - Adaptación climática

Se aplican estrategias pasivas para mitigar el impacto del asoleamiento en el proyecto y favorecer la ventilación natural.



Figura 88: Pautas formales en el diseño del SMART E-Lab
Fuente: Elaboración propia.

4.2.4

Plantas arquitectónicas

El conjunto del proyecto está compuesto por el parque productivo en la parte frontal, el SMART E-Lab en la parte posterior y en los costados el Centro Tecnoagrícola, los invernaderos y el parqueo.

- 1 Bahía de ingreso
- 2 SMART E-Lab
- 3 Centro Tecnoagrícola
- 4 Parque productivo
- 5 Invernaderos
- 6 Cuarto de máquinas 1
- 7 Cuarto de máquinas 2
- 8 Parqueo

Figura 89 Vista isométrica del conjunto.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 90: Vista superior del conjunto.
Fuente: Elaboración propia.

Centro Tecnoagrícola y parqueo

En la parte este del lote se encuentra el parqueo con el objetivo de liberar el resto del terreno del dominio del auto y cerca de este el Centro Tecnoagrícola.

Centro Tecnoagrícola

- 1 Aula multiuso
- 2 Sanitarios
- 3 Bodega
- 4 Aseo
- 5 Oficina

Parqueo

- 6 Caseta de seguridad
- 7 Parqueo de bicicletas y motos
- 8 Zona de carga eléctrica
- 9 Acceso de servicio

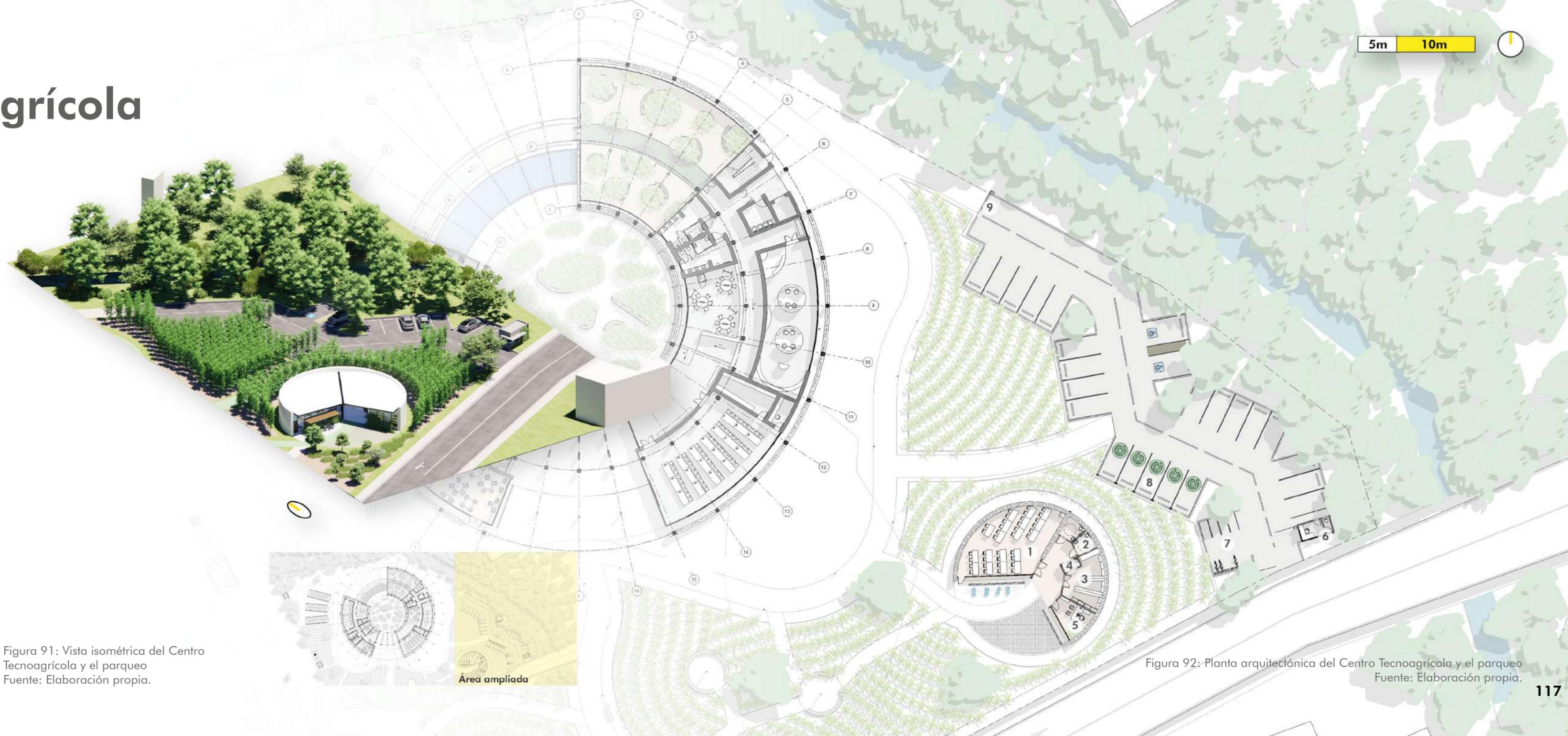


Figura 91: Vista isométrica del Centro Tecnoagrícola y el parqueo
Fuente: Elaboración propia.

Figura 92: Planta arquitectónica del Centro Tecnoagrícola y el parqueo
Fuente: Elaboración propia.

Nivel 1

El primer nivel del SMART E-Lab tiene un carácter más abierto y accesible al público, acá se ubican los espacios que se relacionan mayormente con los visitantes temporales y los turistas.

Figura 93: Vista isométrica del primer nivel del SMART E-Lab
Fuente: Elaboración propia.



SMART E-Lab

- | | |
|----------------------------------|------------------------|
| 1 Recepción | 15 Sala coworking |
| 2 Cafetería | 16 Cuarto desechos |
| 3 Sanitarios | 17 Montacargas |
| 4 Escaleras | 18 Jardín botánico |
| 5 Ascensor | 19 Aseo |
| 6 C. Eléctrico | 20 Cuarto de lactancia |
| 7 C. Telecomunicaciones | 21 Invernaderos |
| 8 Laboratorio de prototipos | 22 Cuartos de máquinas |
| 9 Laboratorio de experimentación | 23 Planta eléctrica |
| 10 Jardín central | |
| 11 Vestíbulo salón | |
| 12 Salón de eventos | |
| 13 Bodega salón | |
| 14 Cuarto de proyección | |

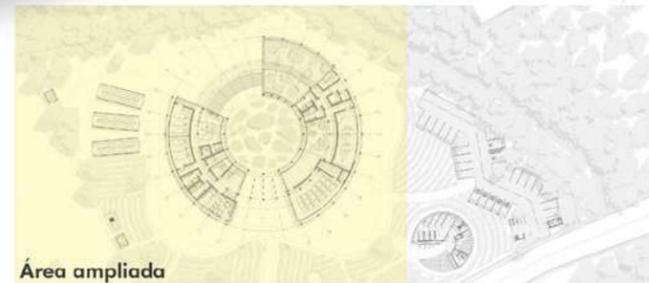


Figura 94: SMART E-Lab, planta arquitectónica del nivel 1
Fuente: Elaboración propia.

5m 10m



Nivel 2

El segundo nivel es más privado, acá se ubican los laboratorios, espacios de trabajo y oficinas administrativas.

Figura 95: Vista isométrica del segundo nivel del SMART E-Lab
Fuente: Elaboración propia.



SMAERT E-Lab

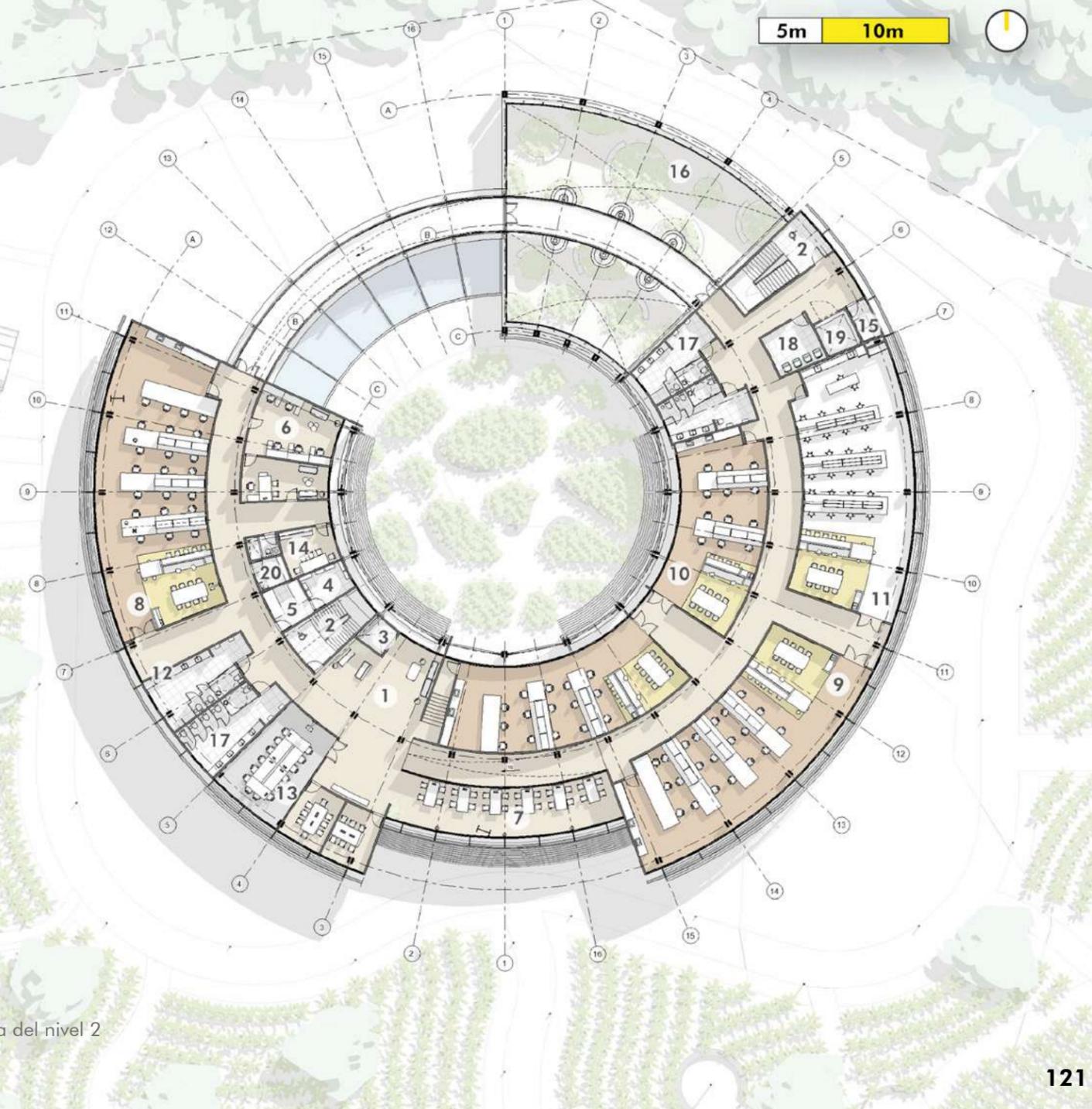
- 1 Vestíbulo
- 2 Escaleras
- 3 Ascensor
- 4 C. Eléctrico
- 5 C. Telecomunicaciones
- 6 Oficinas administrativas
- 7 Coworking
- 8 Lab. Agricultura inteligente
- 9 Lab. Capacidad humana
- 10 Lab. Territorios inteligentes
- 11 Lab. Materiales
- 12 Lab. Turismo 4.0
- 13 Salas de reuniones
- 14 Salón de colaboradores
- 15 Cuarto de máquinas AC
- 16 Jardín botánico
- 17 Sanitarios
- 18 Cuarto de desechos
- 19 Montacargas
- 20 Cuarto de aseo



Área ampliada

5m 10m

Figura 96: SMART E-Lab, planta arquitectónica del nivel 2
Fuente: Elaboración propia.



Cubiertas



Figura 97: Vista isométrica de las cubiertas.
Fuente: Elaboración propia.

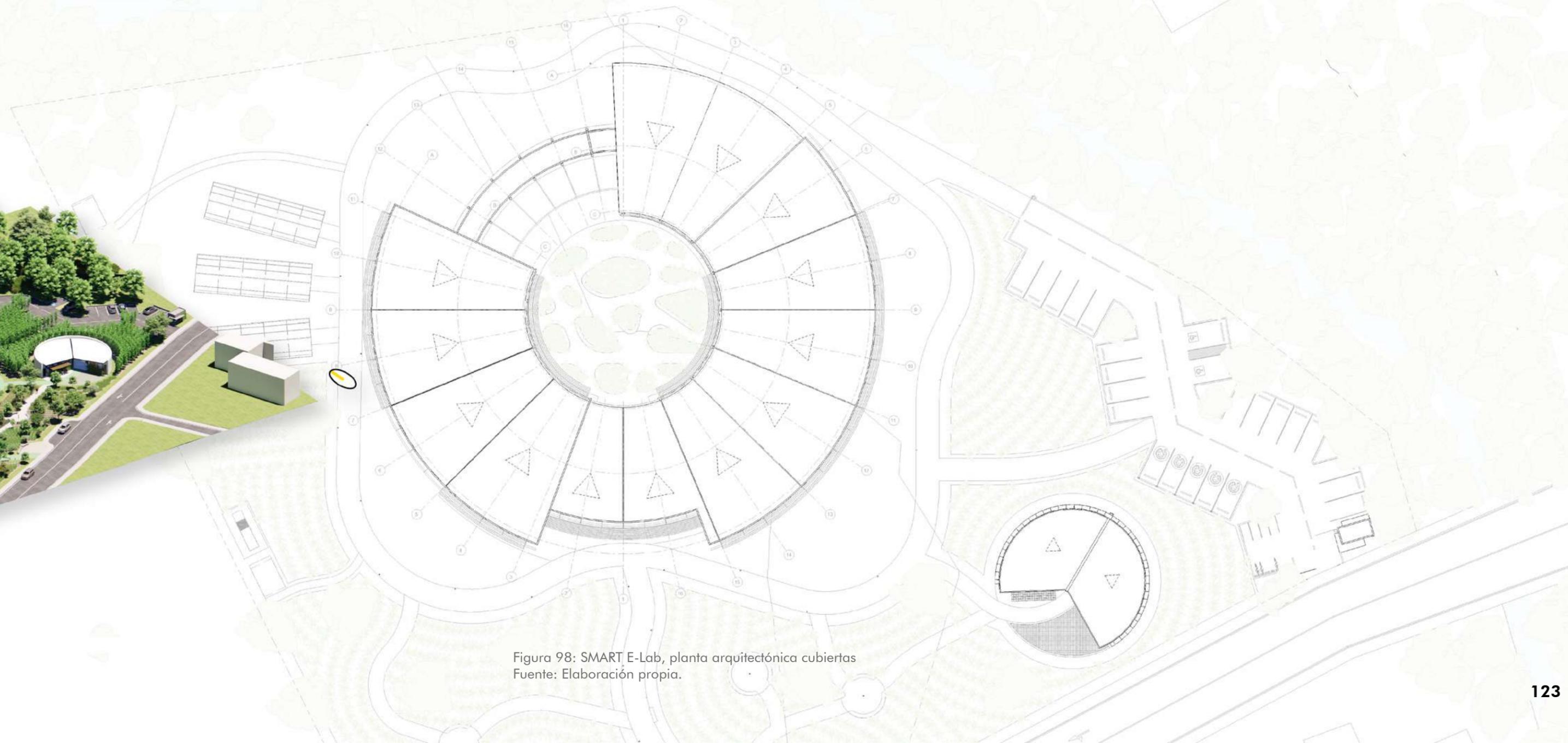


Figura 98: SMART E-Lab, planta arquitectónica cubiertas
Fuente: Elaboración propia.

Elevaciones

Elevación general oeste

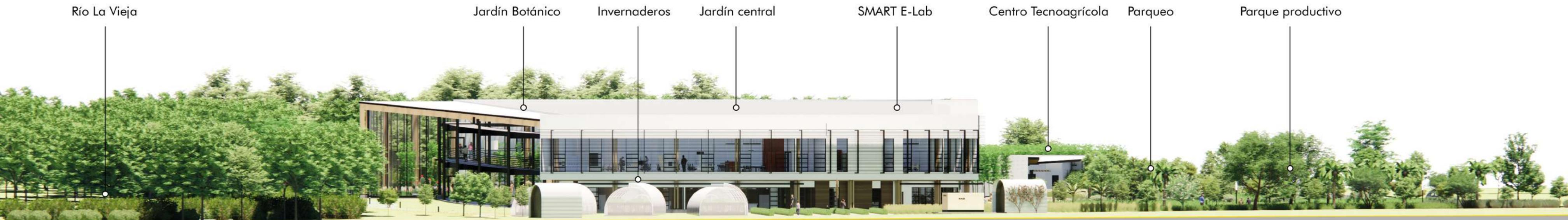
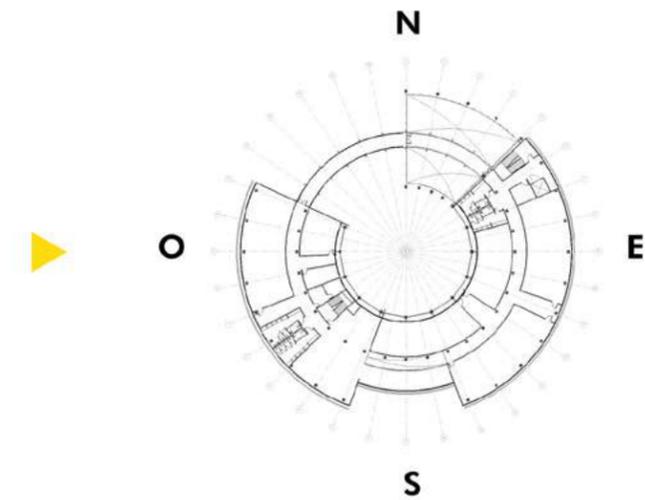
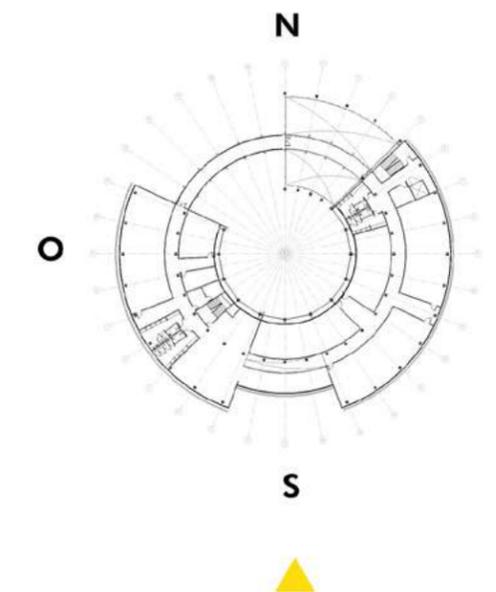


Figura 99: Elevación oeste
Fuente: Elaboración propia.

Elevación general sur



Cuarto de máquinas

Invernaderos

SMART E-Lab

Jardín central

SMART E-Lab

Centro Tecnológico

Parqueo



Figura 100: Elevación sur.
Fuente: Elaboración propia.

5m 10m

SMART E-Lab

Elevación Oeste



Elevación Este



Figura 101: Elevaciones SMART E-Lab
Fuente: Elaboración propia.

Elevación Norte



Elevación Sur



5m 10m

Centro Tecnoagrícola

Elevación nor-este



Elevación nor-oeste



Figura 102: Elevaciones Centro Tecnoagrícola
Fuente: Elaboración propia.

5m 10m

Cortes

Corte A - SMART E-Lab

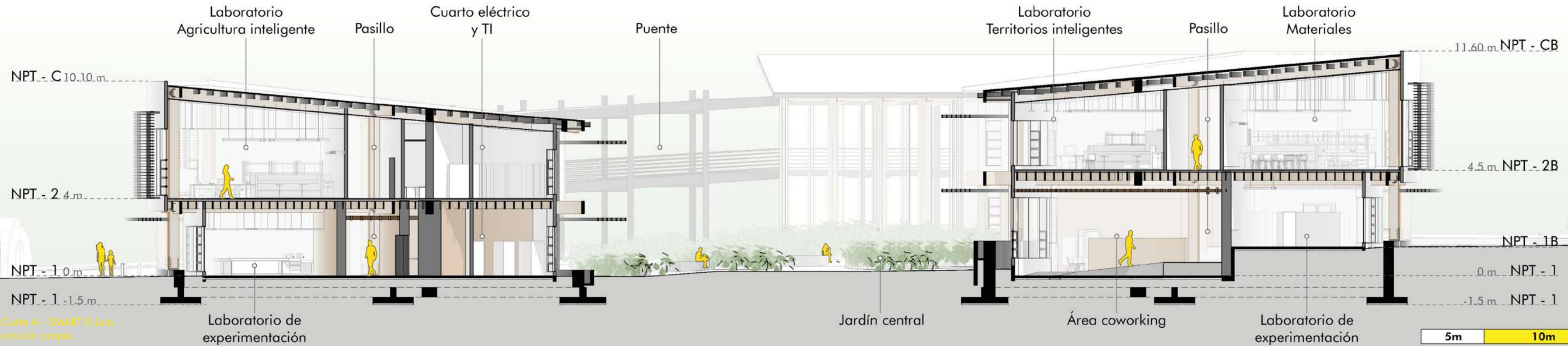
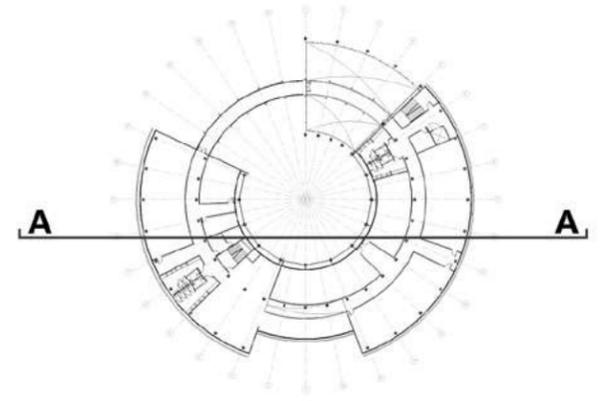


Figura 103: Corte A - SMART E-Lab.
Fuente: Elaboración propia.

Corte B - SMART E-Lab

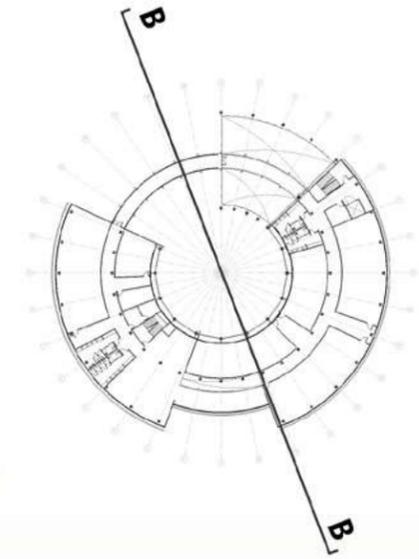


Figura 104: Corte B - SMART E-Lab
Fuente: Elaboración propia.

Corte A

Centro Tecnoagrícola

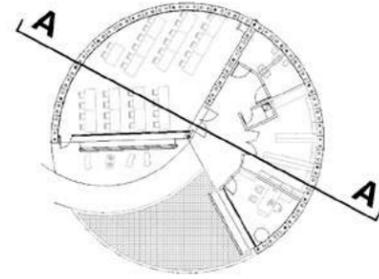


Figura 105: Corte A - Centro Tecnoagrícola.
Fuente: Elaboración propia.

Corte B

Centro Tecnoagrícola

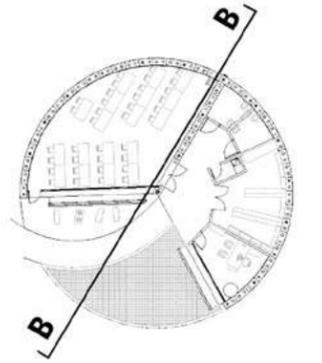


Figura 106: Corte B - Centro Tecnoagrícola.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.5 Visualizaciones

Ingreso peatonal

Al ingreso principal del proyecto tienen prioridad los peatones, por ello se cuenta con una plaza, una bahía vehicular y un boulevard que atraviesa el parque productivo hasta llegar al proyecto. De esta manera el flujo vehicular no perturba el dominio del peatón.

Ingreso vehicular

Como se mencionó anteriormente, el flujo vehicular fue separado del peatonal, por lo tanto, el ingreso de vehículos se ubicó en la parte este del lote, junto a la caseta de seguridad.



Figura 105: Vista ingreso principal y a la bahía vehicular.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 106: Vista ingreso al parqueo.
Fuente: Elaboración propia.

Parque Productivo

Se describe como un laboratorio a cielo abierto. En esta zona verde accesible a los visitantes se realizarían experimentos, ensayos y pruebas a dispositivos, por lo que estaría en constante transformación. Cuenta con mobiliario, senderos e iluminación para el disfrute de los visitantes.

El tipo de siembra que implementa es la agroforestal, la misma se caracteriza por mezclar árboles con distintos cultivos en la misma área, de esta forma hay mayor diversidad y los cultivos son menos vulnerables.



Figura 107: Vista zonas de estar en el parque productivo.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 108: Vista camino entre los cultivos en el parque productivo.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 109: Vista aérea parque productivo.
Fuente: Elaboración propia.

Centro Tecnoagrícola

Este es un espacio de capacitación y promoción en temas relacionados a una producción agrícola responsable, adopción de tecnología, economía circular y desarrollo sostenible. El mismo inicia como un espacio de encuentro para la creación de alianzas entre sectores en pro del desarrollo sostenible.

Cuenta con un salón multiuso, batería de sanitarios, una bodega y una oficina; estas instalaciones funcionan como apoyo a las labores del parque productivo.

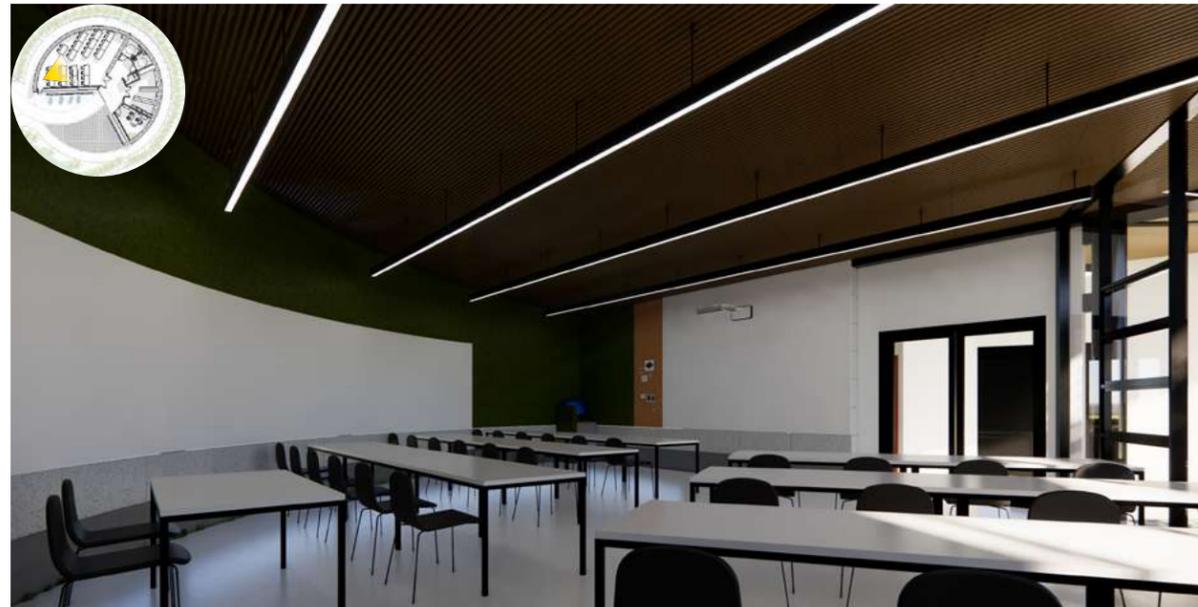


Figura 110: Vista 1 Salón multiusos del Centro Tecnoagrícola
Fuente: Elaboración propia.



Figura 111: Vista 2 Salón multiusos del Centro Tecnoagrícola
Fuente: Elaboración propia.



Figura 112: Vista plaza de ingreso al Centro Tecnoagrícola
Fuente: Elaboración propia.

Senderos

Para hacer provecho de los atractivos naturales del proyecto una serie de senderos conectan las áreas externas mediante un boulevard principal que rodea el SMART E-Lab. De esta forma los visitantes pueden recorrer las áreas verdes mediante un circuito cerrado disfrutando la orilla del río y el parque productivo.



Figura 113: Vista sendero al costado del jardín botánico.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 114: Vista sendero al costado de los invernaderos.
Fuente: Elaboración propia.

Parqueo

Cuenta con espacio para bicicletas, motos, vehículos y puntos de recarga para autos eléctricos. Este segundo ingreso también es una entrada de servicio para el SMART E-Lab.

Ingreso de servicio

Para no perturbar la dinámica del ingreso principal el proyecto cuenta con un ingreso de servicio al cual se accede a través del parqueo, este espacio conecta con el bloque de escaleras y un montacargas.



Figura 115: Vista espacios de parqueo.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 116: Vista espacios de parqueo.
Fuente: Elaboración propia.

Galería de ingreso

El ingreso al SMART E-Lab se plantea como un espacio abierto y amplio que contiene una galería, en la misma se realizarían exposiciones temporales sobre temáticas muy variables, desde las investigaciones que se realizan en el mismo edificio hasta una exposición de arte o naturaleza.



Figura 117: Vista galería de ingreso.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 118: Vista exposición en la galería.
Fuente: Elaboración propia.

Jardín Central

Este jardín es una segunda galería de plantas con un carácter botánico. Acá se exhibirían distintas plantas de la región como un atractivo turístico para los visitantes. Cuenta con mobiliario de estar y caminos entre la vegetación. Además, es un remate visual verde para los ventanales en las áreas internas del edificio.

Cabe destacar el uso del agua pluvial como un elemento de diseño en el jardín, esta es canalizada y atraviesa unos espejos de agua hacia su camino al tanque de almacenamiento.



Figura 119: Vista jardín central
Fuente: Elaboración propia.



Figura 120: Vista espejos de agua en el jardín central
Fuente: Elaboración propia.

Recepción

La recepción se ubica junto a la galería de ingreso para la facilitación de información a los visitantes. Es también un control de acceso a la segunda planta, cuenta con un espacio amplio y una zona de espera.



Figura 121: Vista recepción
Fuente: Elaboración propia.

Laboratorio de prototipos

Este laboratorio tiene como fin prestar servicios de impresión en formatos 2D y 3D a emprendedores, estudiantes y a quien pueda necesitarlo a un costo accesible para apoyar el desarrollo de emprendimientos y prototipos en distintas plataformas y materiales.



Figura 122: Vista laboratorio de prototipos.
Fuente: Elaboración propia.

Cafetería

Este espacio está disponible para los usuarios del SMART E-Lab y para los visitantes. Se pensó como un medio para satisfacer las necesidades de alimentación de los usuarios y se ubica junto al ingreso principal y la recepción para una mayor accesibilidad.



Figura 123: Vista cafetería.
Fuente: Elaboración propia.

Laboratorios de experimentación

Para el SMART E-Lab es muy importante difundir una cultura de innovación comprometida con el medio ambiente, por ello facilita el acceso a instalaciones adaptadas para la realización de experimentos con fines recreativos y educativos. En estos laboratorios los visitantes experimentan el papel de la investigación y la tecnología en el alcance de un desarrollo sostenible.



Figura 124: Vista laboratorio de experimentación recreativa
Fuente: Elaboración propia.

Vestíbulo Salón multiuso

Este vestíbulo es un espacio de apoyo para las actividades del salón multiuso, se plantea como una ante sala para las actividades del salón. Es también una zona de uso libre y a conveniencia de las dinámicas del SMART E-Lab.



Figura 125: Vista vestibulo salón
Fuente: Elaboración propia.

Salón multiuso

Este salón es para el desarrollo de conferencias, actividades grupales, capacitaciones, etc. Tiene una capacidad de hasta 60 personas, cuenta con una bodega para el almacenaje de mobiliario y equipo, además posee un cuarto de proyección.



Figura 126: Salón de eventos
Fuente: Elaboración propia.

Área coworking N1

Estas son áreas para el trabajo colaborativo y la realización de networking entre miembros de distintos sectores como el académico, el productivo y el empresarial.



Figura 127: Vista área de coworking.
Fuente: Elaboración propia.

Jardín botánico

En el jardín botánico se exhibirían una colección documentada de plantas con fines educativos, turísticos y de investigación. Este es un espacio pensado para atraer visitas al proyecto por lo que está equipado con mobiliario e iluminación integrado entre las plantas que permita una estancia más cómoda.



Figura 128: Vista jardín botánico.
Fuente: Elaboración propia.

Sala de reuniones

El trabajo en equipo es muy importante en el SMART E-Lab, por ello se dispone de salas de reuniones para el trabajo en equipos bajo un ambiente más controlado y equipado para la exposición en salas de reuniones como lo es en este caso, se cuenta con una capacidad de hasta 12 personas y otras dos secundarias con la capacidad de 5 personas.



Figura 129: Vista sala de reuniones
Fuente: Elaboración propia.

Área coworking N2

Estas son áreas para el trabajo colaborativo y la realización de networking entre miembros de distintos sectores como el académico, el productivo y el empresarial.



Figura 130: Vista área de coworking N2
Fuente: Elaboración propia.

Pasillo

En los pasillos, sobre todo en este tramo del primer nivel se puede apreciar las texturas de los materiales implementados, así como también el manejo de la luz natural. En el pasillo central se experimenta una penumbra que es interrumpida por el ingreso de luz natural de los costados y que remata con los espacios abiertos.



Figura 131: Vista pasillo
Fuente: Elaboración propia.

Invernaderos

Acá se realizarían cultivos como parte de los proyectos de investigación, así como también las plantas que posteriormente pasarían a formar parte del parque productivo.



Figura 132: Vista invernaderos
Fuente: Elaboración propia.

Laboratorio de investigación

Tipo A

En el caso de los laboratorios se establecieron dos tipologías según el equipamiento requerido. En el caso de los laboratorios de Agricultura inteligente, Turismo 4.0, Territorios inteligentes y Capacidad humana son laboratorios dedicados al desarrollo de aparatos electrónicos por lo que requieren un mismo tipo de mobiliario.

Cuentan con tres zonas: el área de idealización, este es un espacio para el trabajo en equipo y discusión de ideas; el área de taller, acá se fabricarían o trabajaría con los dispositivos diseñados; y el área de pruebas para el testeo de los dispositivos en el caso de que se necesitara un mayor espacio.

El mobiliario se compone de mesas amplias y áreas de trabajo con múltiples salidas eléctricas para la conexión de equipos, así como también estantes para su almacenamiento.



Figura 133: Vista área de ideación en laboratorio de investigación tipo A
Fuente: Elaboración propia.



Figura 134: Vista área de trabajo en laboratorio de investigación tipo A
Fuente: Elaboración propia.

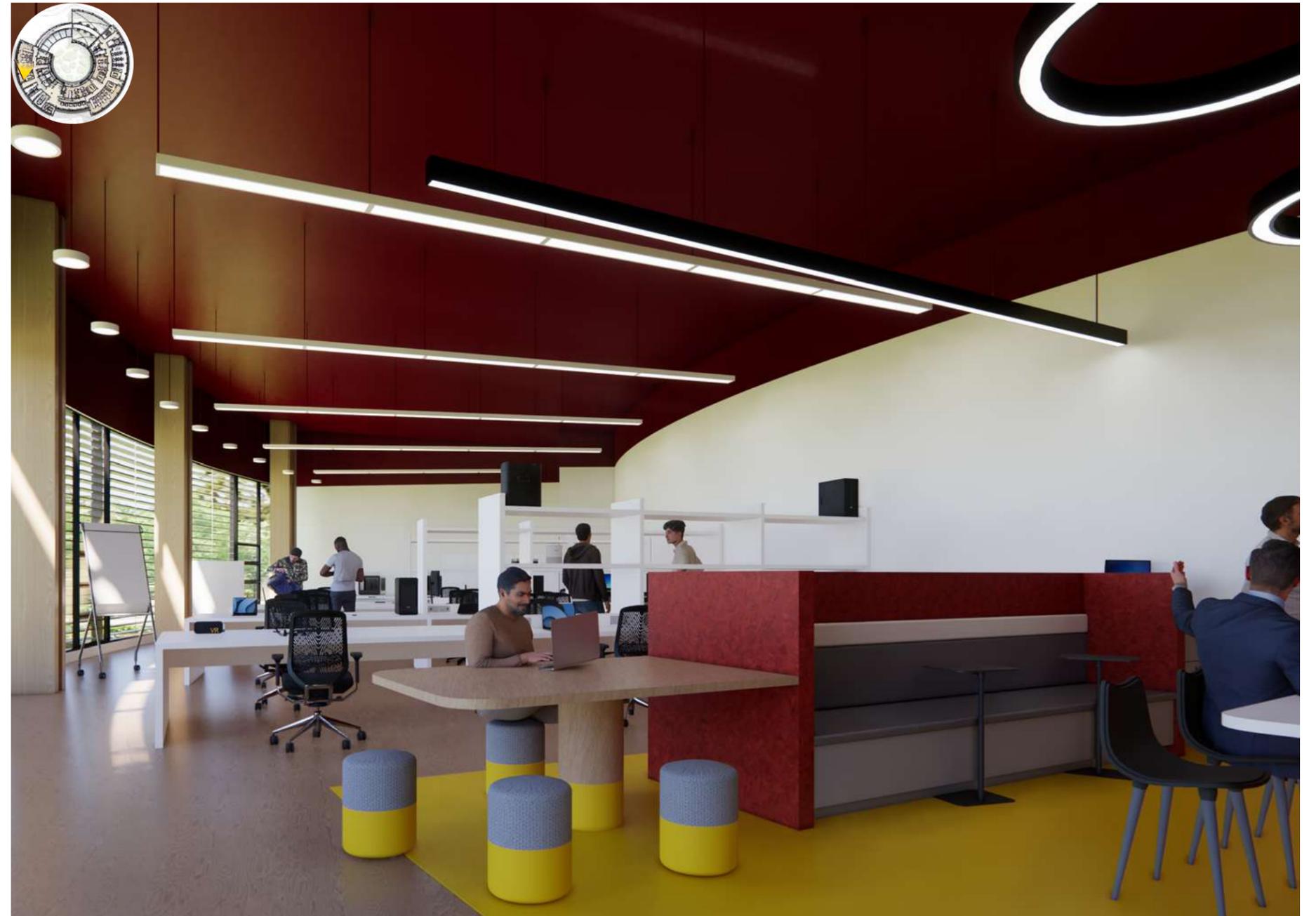


Figura 135: Vista laboratorio tipo A (agricultura inteligente)
Fuente: Elaboración propia.

Laboratorio de investigación

Tipo B

Este segundo tipo de laboratorio corresponde a Materiales base planta y contaría con las mismas áreas de trabajo que los laboratorios de tipo A (área de idealización, área de taller y área de pruebas), sin embargo, por los proyectos de investigación que llevaría a cabo requiere de equipos, mobiliario y materiales distintos como se aprecia en las vistas.

Por el manejo de potenciales químicos, el espacio requiere que los materiales posean resistencia a reacciones.



Figura 136: Vista área de ideación en laboratorio de investigación tipo B
Fuente: Elaboración propia.



Figura 137: Vista área de trabajo en laboratorio de investigación tipo B
Fuente: Elaboración propia.



Figura 138: Vista laboratorio tipo B (materiales base planta)
Fuente: Elaboración propia.

En el diseño regenerativo y en la economía circular los materiales cumplen un papel fundamental. Estos deben provenir de fuentes renovables, locales y hacer provecho de otros residuos para darles una segunda vida útil. Por lo tanto, como se ha propuesto anteriormente, se implementa el bambú laminado como un material alternativo y renovable. Sin embargo, en otros componentes del proyecto se utiliza la tierra como un recurso local y accesible; y también se aprovechan los residuos plásticos a manera de poder hacer provecho de estos compuestos otorgándoles una segunda vida útil.

4.2.6 Materialidad y aspectos estructurales

Bambú

SMART E-Lab

El diseño estructural del SMART E-Lab se realizó acorde a las pautas establecidas en los apartados anteriores, consiste en un sistema de marcos seriados en disposición radial con elementos hechos de bambú laminado como estructura primaria.

Para algunos elementos estructurales secundarios se implementó el acero. Este material está presente en los clavadores de la cubierta, en las columnas al ingreso del proyecto y en el puente.

Es muy importante separar la estructura de bambú del suelo para no afectar su integridad estructural, por lo tanto, la cimentación está hecha en concreto colado, este mismo funciona como una

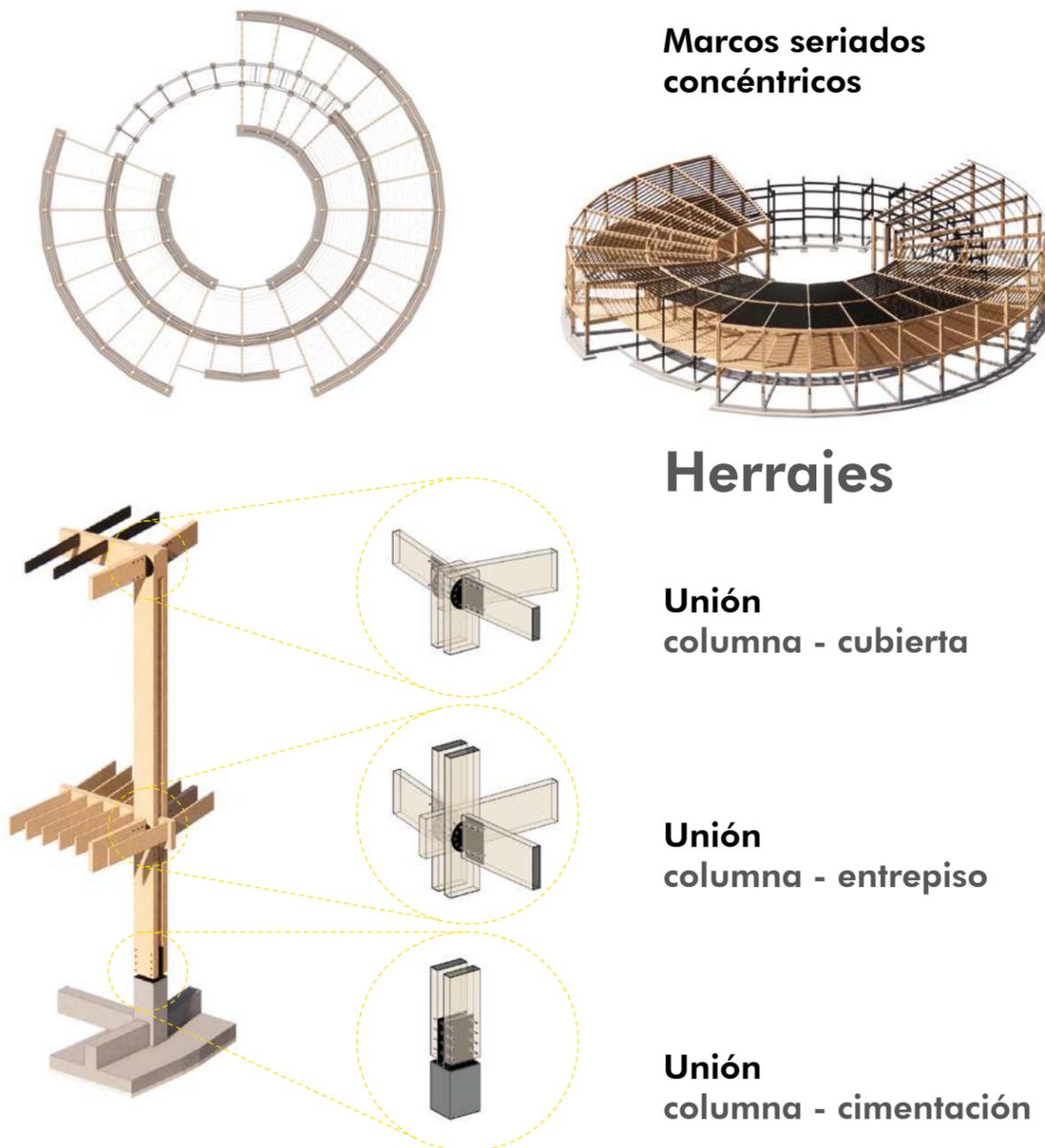


Figura 139: Detalles estructurales del SMART E-Lab. Fuente: Elaboración propia.

zapata corrida que integra unos pedestales a los que se fijan las columnas. Las fijaciones entre elementos se resolvieron con herrajes metálicos, estos se encargan de unir los distintos elementos.

Para otros componentes terciarios, como en la cubierta, se optó por una lámina tipo termopanel sobre unos clavadores metálicos.

El entrepiso se compone por elementos de bambú laminado; empezando por un piso laminado, una sobrelosa de concreto con su respectivo refuerzo metálico, conectores de cortante para fijarse a la estructura, un aislante acústico y tableros de bambú. Estos son soportados por viguetas a cada 40 cm.

El contrapiso es de concreto sobre una base compactada, adicional a esto, en la parte externa se cuenta con un muro adicional para dar protección a la estructura contra la humedad o la escorrentía.

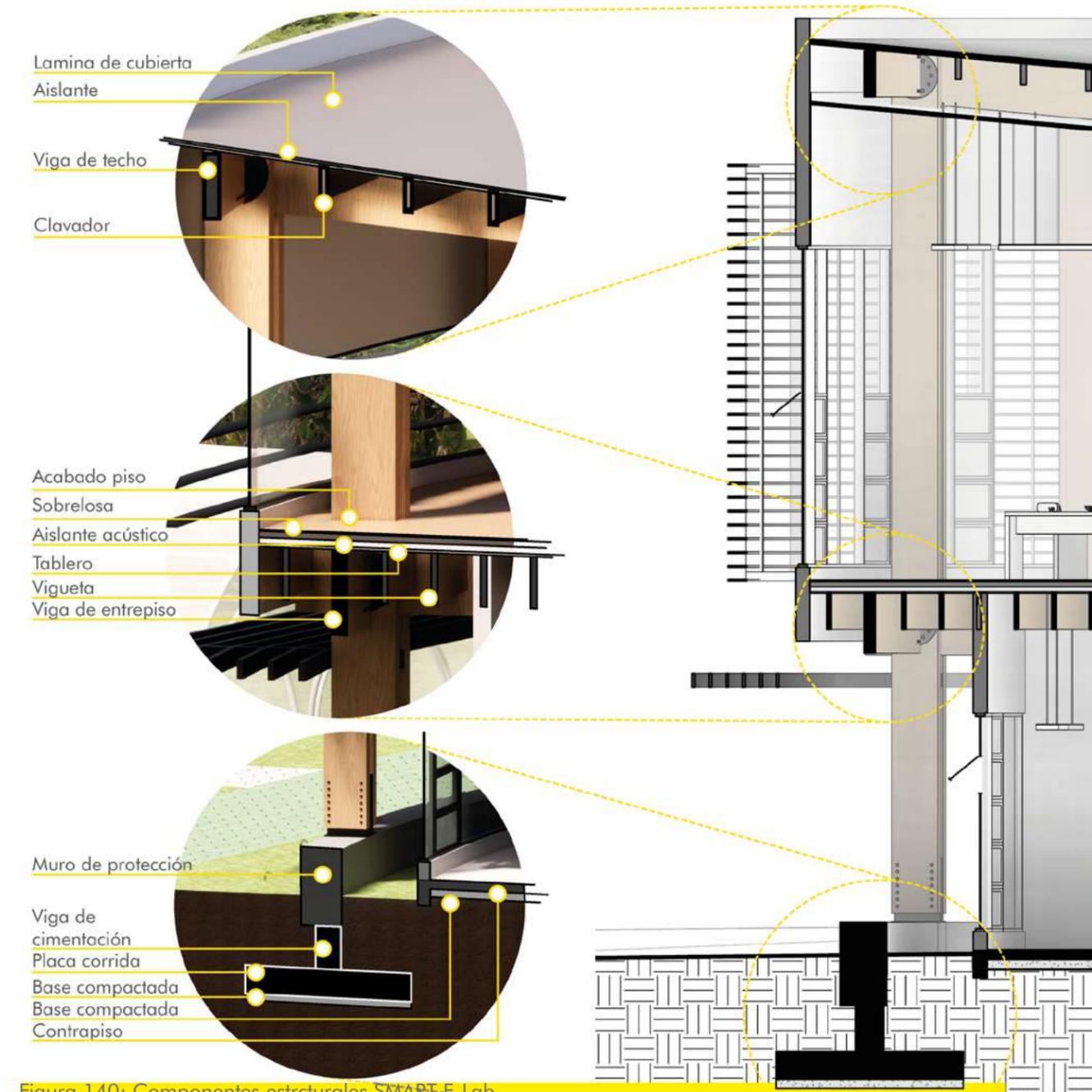


Figura 140: Componentes estructurales SMART-E-Lab. Fuente: Elaboración propia.

Plástico

Centro Tecnoagrícola

Para el Centro Tecnoagrícola se propone aprovechar residuos plásticos. Mediante un proceso de compresión a altas temperaturas con vapor de agua se pueden formar bloques a partir de plástico triturado, como bolsas (LDPE), botellas de agua (PET) o jarras (PP) entre otros, empleados como una "mampostería plástica". En este caso el objetivo es que el bloque, además de ser un cerramiento, tenga un carácter estructural auto portante, para lograrlo los bloques miden 50 cm x 100 cm x 40 cm y por su diseño se ensamblan como un lego en forma circular. Como la mampostería tradicional, estos bloques cuentan con cámaras para colocar refuerzos verticales; en este caso se colocaron columnas internas de acero cada tres bloques, las cuales se articulan con la estructura de la cubierta para trabajar en conjunto. Actualmente estos bloques no se comercializan con estas dimensiones por lo que se ha propuesto es desarrollarlos y fabricarlos según los requerimientos que se han propuesto para este proyecto.

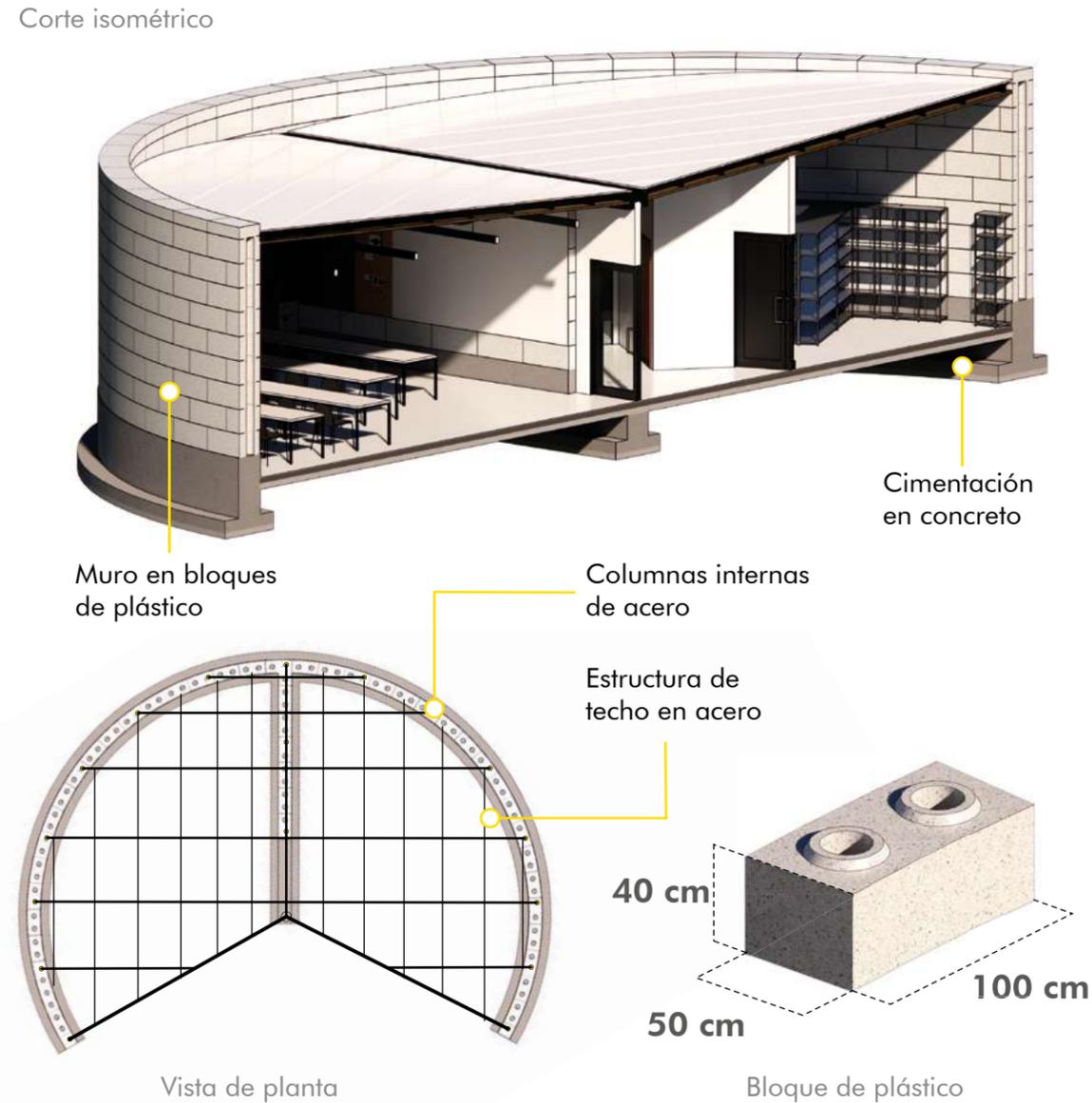


Figura 141: Detalles estructurales del Centro Tecnoagrícola.
Fuente: Elaboración propia.

Tierra

Cuartos de máquinas

Otro de los materiales implementados es la tierra, dado que es un recurso local se posiciona como una opción accesible y de bajo costo. Generalmente la tierra se compone de arcilla, arena, limo y para crear bloques de tierra comprimida se agrega un estabilizante (cal, o bien, cemento) según la proporción de los otros componentes. En este caso, los muros de los cuartos de máquinas están hechos con estos bloques y rematados con un arco de medio punto a manera de cubierta, para mayor protección contra la lluvia se agregó una lámina metálica.

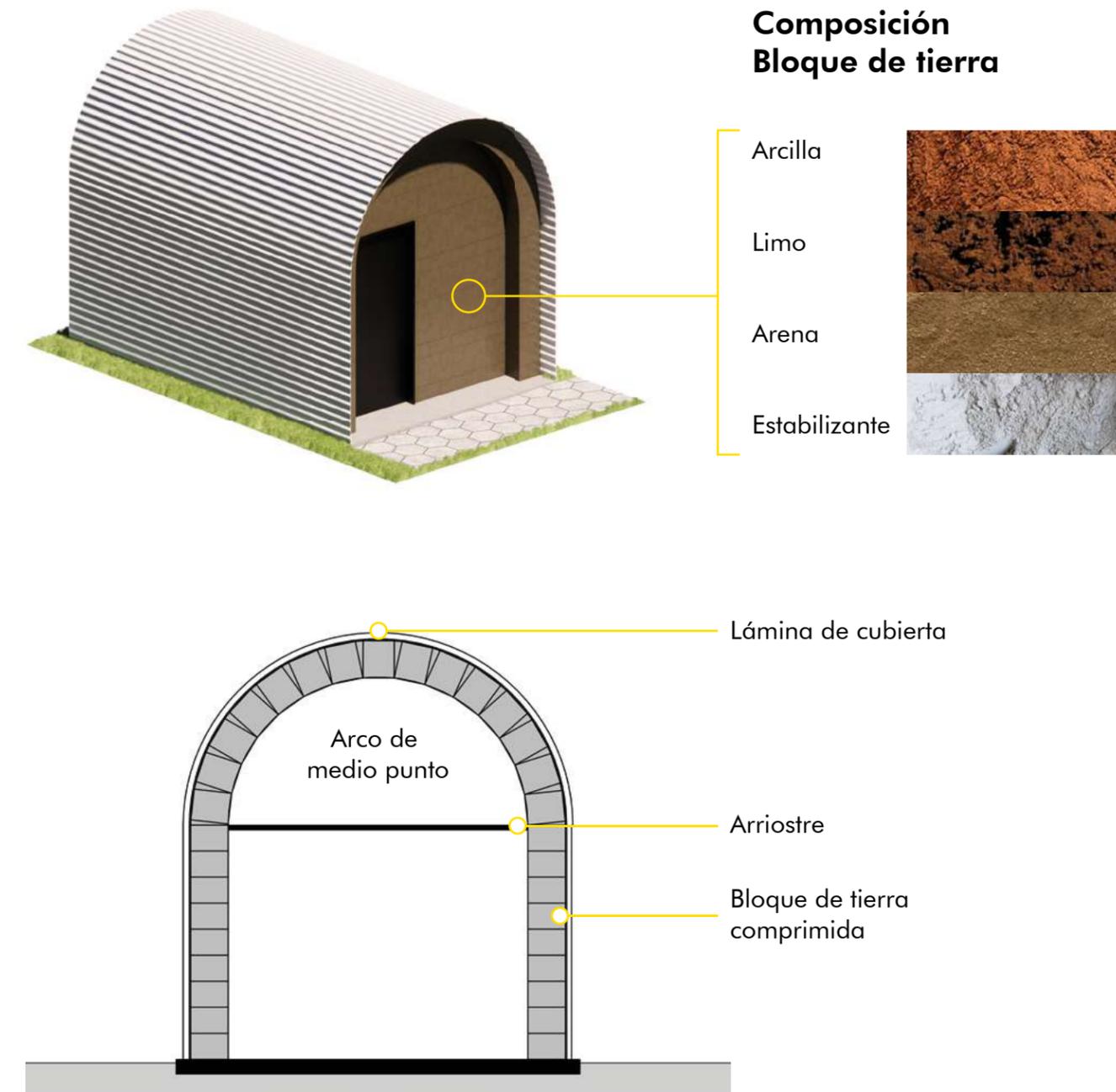


Figura 142: Detalles estructurales de los cuartos de máquinas.
Fuente: Elaboración propia.

Otros materiales

Los materiales anteriores se implementaron en otros componentes. La **tierra apisonada** se usa también en muros del primer nivel. En pisos se utiliza **bambú laminado**, **concreto** y **terrazo** pulido. Los **residuos plásticos** se aprovechan de distintas formas como en sobres de muebles, en elementos de protección solar como en las partes superiores de la fachada o como un agregado en aceras exteriores. Se utilizan también **aglomerados de madera y bambú** en mobiliario como bancas y revestimientos en paredes. En los cielos se puede ver también **madera y cañas de bambú**.

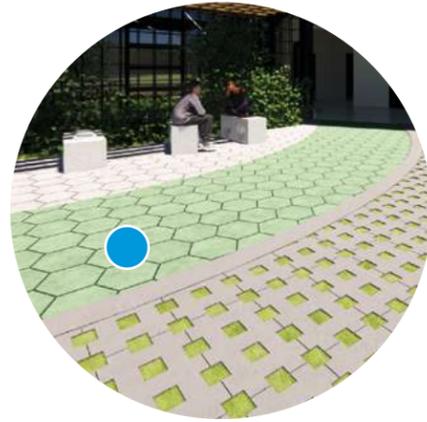


Figura 143: Materiales implementados
Fuente: Elaboración propia.

Las obras exteriores tienen un papel protagonista en la conceptualización del proyecto, por ello se tomaron una serie de criterios que influyeron en el diseño del paisaje.

4.2.7 Aspectos paisajísticos

Diseño del paisaje

Pautas

Uno de los componentes fundamentales del proyecto son las áreas exteriores. Los cultivos en el parque productivo se ubicaron según la altura y su desarrollo para no obstaculizar las visuales hacia el proyecto. también se estableció un “anillo” libre de cultivos; esto con el fin de darle un retiro al SMART E-Lab. Por otra parte, se crea una barrera natural con un bosque de bambú para establecer una transición entre el proyecto y el parqueo, además, cerca de este en el costado con el río, se decide respetar el retiro reglamentario y reforestar dicha área.

Figura 144: Pautas para el diseño del paisaje
Fuente: Elaboración propia.



Cultivos de altura baja



Cultivos de altura media



Cultivos de altura alta



Zona verde para reforestar



Anillo de retiro



Jardín botánico al aire libre



Bosque de bambú
Transición a parqueo



Área de retiro de protección
y reforestar

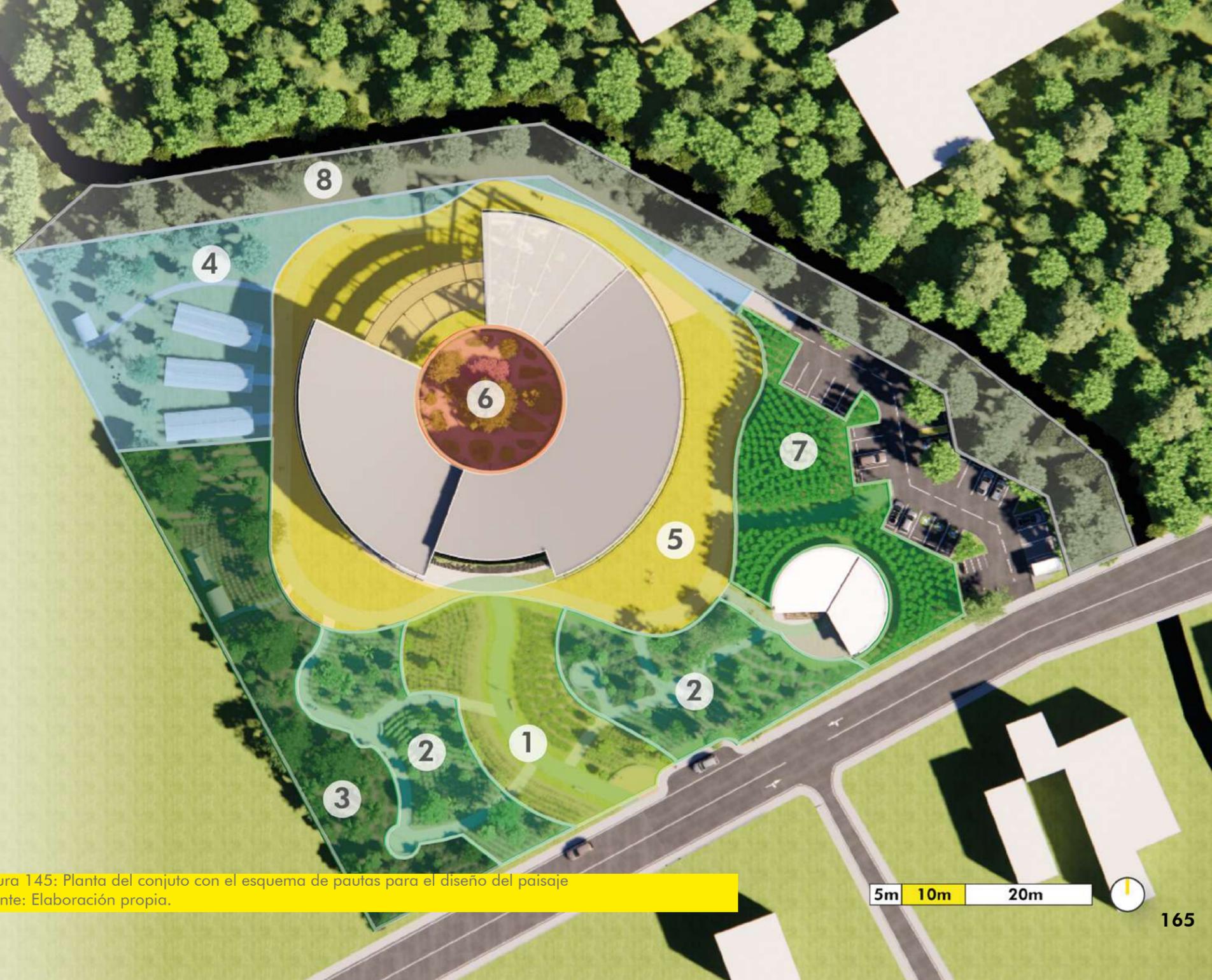


Figura 145: Planta del conjunto con el esquema de pautas para el diseño del paisaje
Fuente: Elaboración propia.

5m 10m 20m



4.2.8 Aspectos Complementarios

Adicionalmente de los apartados arquitectónicos, se suman otros complementarios que enriquecen la propuesta como el modelo de gestión, la estrategia de financiamiento, el presupuesto y la estructura organizativa.

4.10.1 Modelo de gestión

El proyecto se ha estructurado en dos fases:

Fase 1: Talento IOS (1 de junio 2023 – diciembre del 2025)

Esta primera fase tiene como objetivo forjar el talento necesario para la fase dos, para lograrlo se aprovechará la excelencia académica, el personal docente y los mejores estudiantes del ITCR en la aplicación de un programa de educación SMART con un enfoque de Innovación Orientada hacia la Sustentabilidad (IOS) por parte de la organización RenaseSmartOrg. Este programa se desarrollará en los laboratorios actuales de la sede San Carlos.

Fase 2: SMART E-Lab (marzo del 2024 – diciembre 2026)

Como segunda fase se construirá el SMART E-Lab en dos etapas, se iniciará con el parque productivo, el Centro Tecnoagrícola y una tercera parte del parqueo. En la segunda etapa se construirá el SMART E-Lab y los invernaderos.



Figura 146: Fases del desarrollo del proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

Estrategia de financiamiento

El SMART E-Lab ha sido planificado y proyectado como un modelo de operación financiera sin fines de lucro y autosostenible para asegurar acceso asequible e inclusivo a emprendedores, estudiantes, investigadores, comunidad y empresas, por lo tanto, el modelo operativo financiero se estructura en línea de las dos fases anteriores:

Talento IOS requiere una inversión para remodelar los laboratorios, equipamiento y gastos operacionales del ITCR con sede en San Carlos. El total de esta inversión será financiada por donaciones de agencias gubernamentales, fondos internacionales y empresas. Se espera un no retorno de la inversión.

El **SMART E-Lab** se financiará de la siguiente manera: a) hasta un 50% mediante subvenciones de agencias gubernamentales, organizaciones internacionales y locales, donaciones-patrocinios de empresas; b) Hasta un 30% será deuda de largo plazo a tasa preferencial de bancos locales y fondos internacionales y c) Hasta un 20% para inversionistas locales y RenaseSmartOrg con plan financiero de recuperación de inversión.

Inversión



20%

Deuda



30%

Donaciones



50%

Presupuesto

Para la elaboración del presupuesto global de la fase 2, se utilizó como base el “Manual de valores base unitarios por tipología constructiva 2019” del Ministerio de Hacienda tomando como referencia las tipologías de construcción en madera, sin embargo, a falta de parámetros de costos con materiales alternativos como los que se implementan en el proyecto se opta por tipologías similares en cuanto al tipo de uso según el espacio. Hay que destacar que solamente es una referencia, en el proyecto se utilizan materiales de origen local y reciclado por lo que se involucran otros factores: estos costos pueden ser menores debido a que son materiales no importados (menores costos de transporte), en muchos de los casos considerados de bajo costo (tierra compactada, residuos plásticos), el costo de la mano de obra puede ser relativo según la complejidad o simplicidad de la técnica constructiva.

El presupuesto se elaboró tomando como base el tipo de cambio del dólar a ₡540 según el Banco Central de Costa Rica al 16/08/2023. La construcción de las dos fases tienen un costo total de 5 458 209 dólares.

Fase 1	Fase 2 (Etapa 1 y 2)	Total
\$ 320 317	+	\$ 5 137 892
	=	\$ 5 458 209

Etapa 1

Como se mencionó en el modelo de gestión, la etapa 1 comprende la construcción del parque productivo, el Centro Tecnoagrícola y una tercera parte del parqueo.

Componente	Espacios	Área unitaria m2	Cantidad	Subtotal m2	Tipología	Costo m2	Costo m2 subtotal
Centro Tecnoagrícola	Vestíbulo	24,12	1	24,12	EO02	445000	10733400
	Oficinas	16,25	1	16,25	EO02	445000	7231250
	Aula multiusos	90	1	90	EO02	445000	40050000
	Sanitarios H	5	1	5	BB01	290000	1450000
	Sanitarios M	5	1	5	BB01	290000	1450000
	Aseo	2,3	1	2,3	BB01	290000	667000
	Bodega	33	1	33	BO02	260000	8580000
Parque productivo	Cultivos	3814	1	3814	N/A	0	0
Caseta de seguridad	Caseta	12,5	1	12,5	CS01	180000	2250000
Obras exteriores	Aceras (adoquines)	272	1	272	OV05	32000	8704000
	Zonas de estar / descanso	104	1	104	PC03	70000	7280000
	Boulevard / calle de servicio	1086	1	1086	OV05	32000	34752000
	Plaza de ingreso	121	1	121	OV05	32000	3872000
	Bahía de llegada	40	1	40	OV04	21000	840000
	Parqueos	794	1	264,6402	OV11	25500	6748325,1
Subtotal							134607975,1
Estudios preliminares				0,5 %			673039,88
Anteproyecto				1 %			1346079,75
Planos constructivos y especificaciones técnicas				4 %			5384319,00
Presupuesto				0,5 %			673039,88
Licitación y adjudicación				0,5 %			673039,88
Dirección técnica				5 %			6730398,76
Administración				12 %			16152957,01
Imprevistos				5 %			6730398,76
Subtotal servicios				28 %			38363272,90
Total en colones						¢	172971248,00
Total en dólares						\$	320317,13

Etapa 2

Como se mencionó en el modelo de gestión, la etapa 2 comprende la construcción del SMART E-Lab y los invernaderos

Componente	Espacios	Área unitaria m2	Cantidad	Subtotal m2	Tipología	Costo m2	Costo m2 subtotal
General	Lobby N1	49	1	49	EO02	445000	21805000
	Lobby N2	87	1	87	EO02	445000	38715000
	Salón de eventos Eventos	194	1	194	EO02	445000	86330000
	Vestibulo eventos / galería	78	1	78	EO02	445000	34710000
	Sala de reuniones general	48	1	48	EO02	445000	21360000
	Sala de reuniones 1	16	1	16	EO02	445000	7120000
	Sala de reuniones 2	16	1	16	EO02	445000	7120000
	Área trabajo colaborativo N1	53	1	53	EO02	445000	23585000
	Área trabajo colaborativo N2	69	1	69	EO02	445000	30705000
	Laboratorio de prototipos	61	1	61	EU01	740000	45140000
	Galería exterior	164	1	164	EU01	740000	121360000
Experimentación recreativa	Lab. Experimentacion 1	63	1	63	EL01	800000	50400000
	Lab. Experimentacion 2	63	1	63	EL01	800000	50400000
	Lab. Experimentacion 3	123	1	123	EL01	800000	98400000
Investigación	Lab Agricultura inteligente	200	1	200	EL02	800001	160000200
	Lab Turismo 4.0	135	1	135	EL03	800002	108000270
	Lab Capacidad humana y monitoreo de la salud	188	1	188	EL04	800003	150400564
	Lab Materiales base planta	179	1	179	HP02	975000	174525000
Administración	Lab Territorios inteligentes	103	1	103	EL04	800003	82400309
	Oficina director	21	1	21	EO02	445000	9345000
Cafetería	Oficinas compartidas	34	1	34	EO02	445000	15130000
	Cocina	17	1	17	RE01	460000	7820000
	Comedor	54	1	54	RE01	460000	24840000

Componente	Espacios	Área unitaria m2	Cantidad	Subtotal m2	Tipología	Costo m2	Costo m2 subtotal
Servicio	Batería sanitaria N1.1	21	2	42	BB01	290000	12180000
	Batería sanitaria N1.2	22	2	44	BB01	290000	12760000
	Batería sanitaria N2.1	32	2	64	BB01	290000	18560000
	Batería sanitaria N2.2	24	2	48	BB01	290000	13920000
	Aseo N1	8	1	8	BB01	290000	2320000
	Aseo N2	6	1	6	BB01	290000	1740000
	C. Mecánico Edificación	9	1	9	CS01	180000	1620000
	C. Mecánico reciclaje	9	1	9	CS01	180000	1620000
	C. Eléctrico N1	9	1	9	CS01	180000	1620000
	C. Eléctrico N2	10	1	10	CS01	180000	1800000
	C. Telecomunicaciones N1	9	1	9	CS01	180000	1620000
	C. Telecomunicaciones N2	10	1	10	CS01	180000	1800000
	C. Residuos N1	11	1	11	CS01	180000	1980000
	C. Residuos N2	15	1	15	CS01	180000	2700000
	C. Lactancia	10	1	10	HT01	640000	6400000
Comedor	14	1	14	RE01	450000	6300000	
Baño	4	1	4	BB01	290000	1160000	
Jardín botánico	Jardín bajo techo	312	1	312	HT02	690000	215280000
	Jardín central	429	1	429	OV04	21000	9009000
Invernaderos	Invernaderos	60	3	180	AM04	12000	2160000
Circulación	General	276	1	276	EO02	445000	122820000
		375	1	375	EO02	445000	166875000
	Escaleras	23	1	23	EO02	445000	10235000
		21	1	21	EO02	445000	9345000
Ascensores	4	1	4	EO02	445000	1780000	
	7	1	7	EO02	445000	3115000	
Parqueo	Parqueo	794	1	529,2804	CC01	300000	158784120
Subtotal							2159114463
Estudios preliminares					0,5 %		10795572,32
Anteproyecto					1 %		21591144,63
Planos constructivos y especificaciones técnicas					4 %		86364578,52
Presupuesto					0,5 %		10795572,32
Licitación y adjudicación					0,5 %		10795572,32
Dirección técnica					5 %		107955723,15
Administración					12 %		259093735,56
Imprevistos					5 %		107955723,15
Subtotal servicios					28 %		615347621,96
Total en colones						₡	2774462084,96
Total en dólares						\$	5137892,75

Estructura Organizativa

El SMART E-Lab estaría encabezado por un director ejecutivo y existirían seis departamentos, o bien, gerencias:

- 1 – Desarrollo (investigación)
- 2 – Finanzas
- 3 – Operaciones
- 4 – Planificación / Marketing
- 5 – Comunal
- 6 – Recursos humanos

Cada departamento tendría tareas específicas que desempeñar. También es importante canalizar la participación y papel de los inversionistas / stakeholders, por ello se conformarían comités en ciertas actividades que faciliten su representación en la toma de decisiones y retroalimentación con el proyecto.

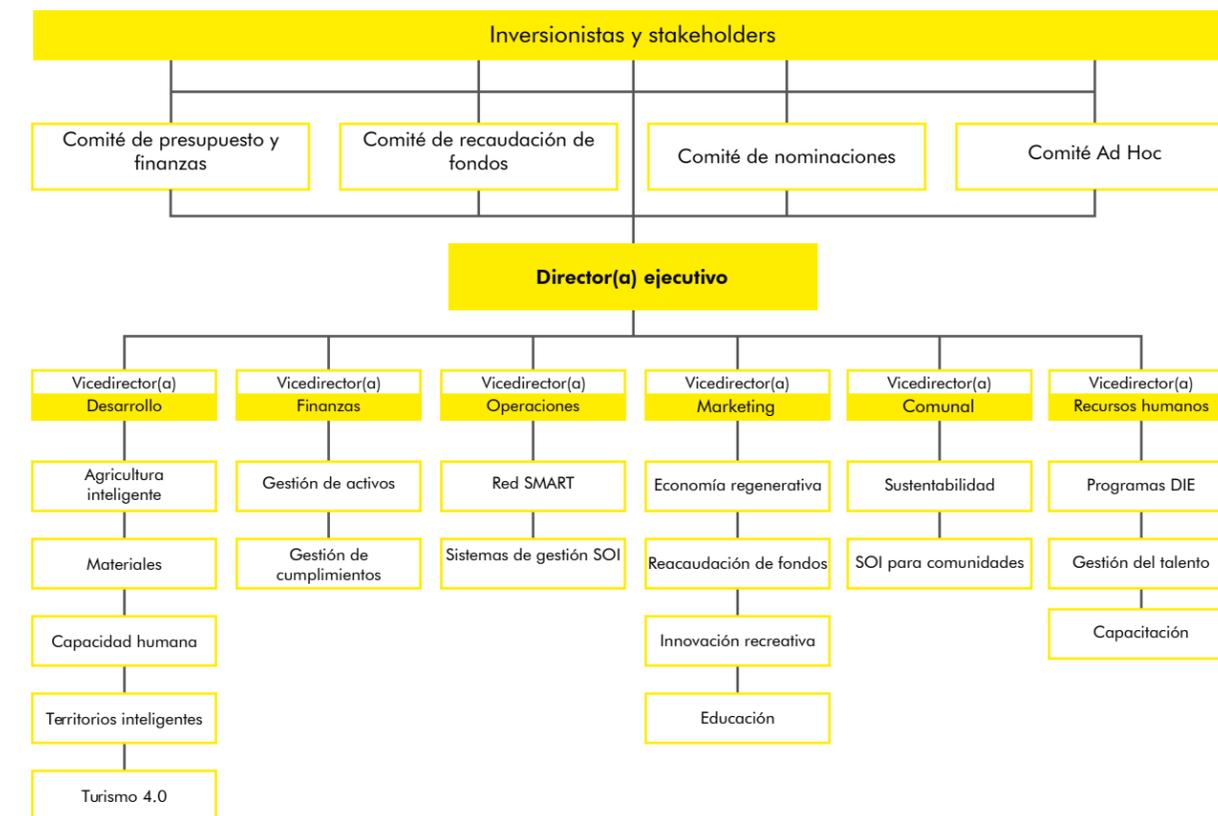


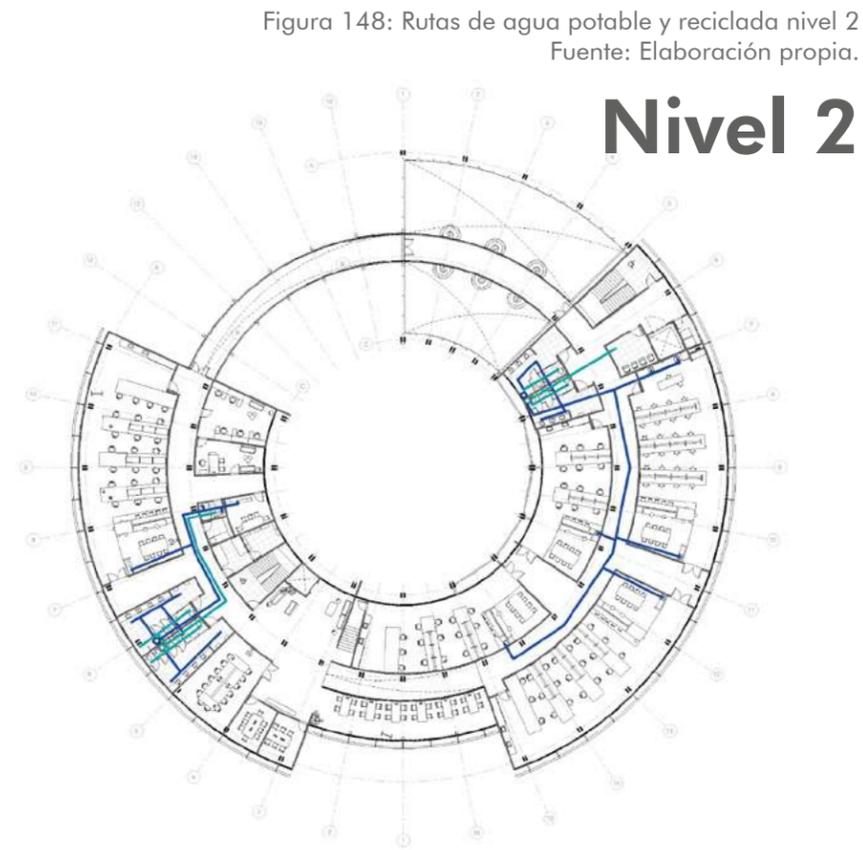
Figura 147: Estructura organizativa. Fuente: Elaboración propia.

En este apartado se aborda con mayor detalle aspectos técnicos de la propuesta relativos a rutas y sistemas electromecánicos.

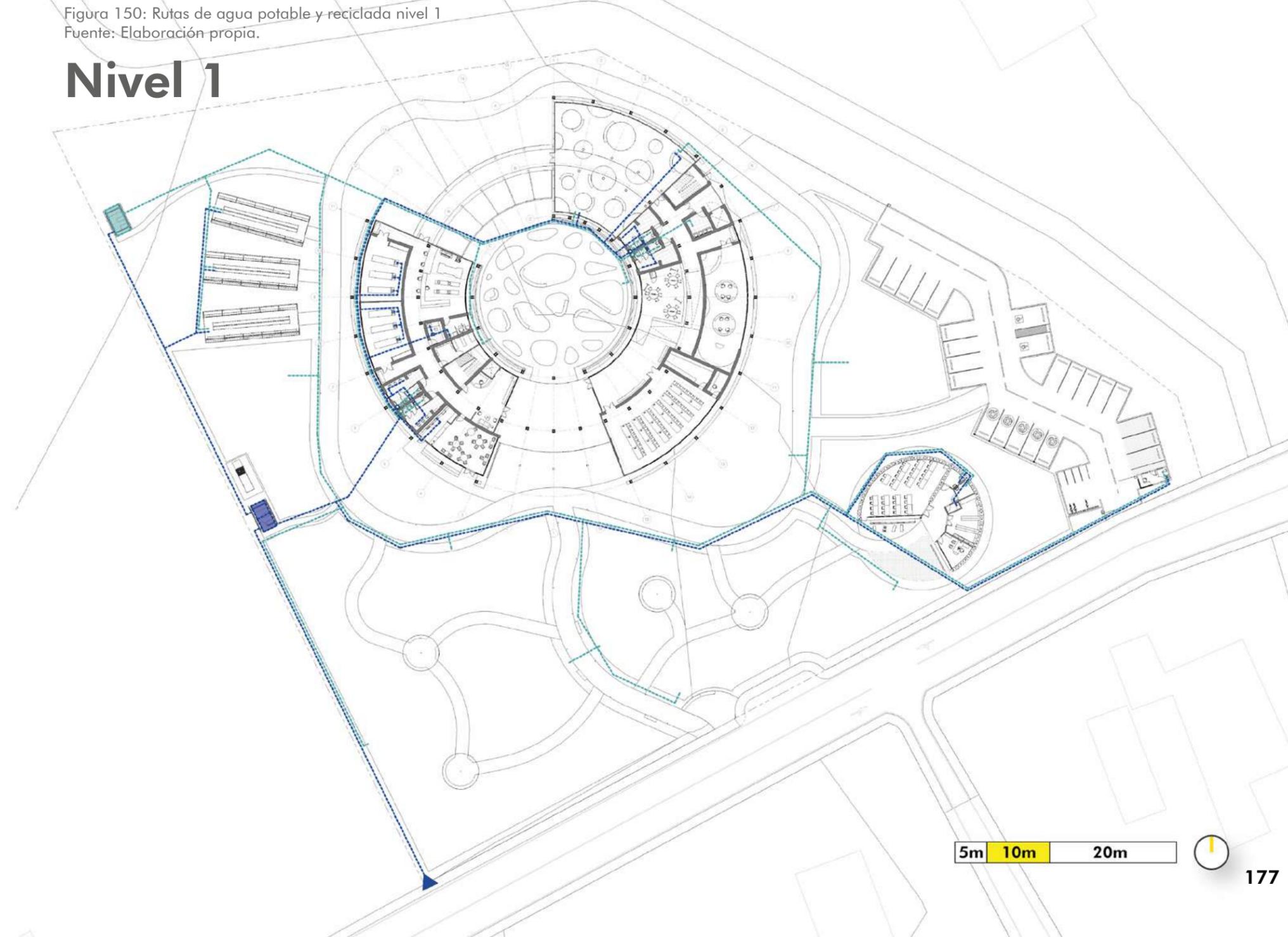
4.2.9 Aspectos técnicos

Rutas de agua potable y reciclada

Como se puede apreciar en las plantas, el proyecto almacena el agua de lluvia y el agua tratada para ser utilizada en el riego de los cultivos y los jardines. Para esto se dispone de dos cuartos de máquinas con sus respectivos tanques de almacenamiento; uno se encarga de distribuir el agua potable a las distintas zonas de la edificación y el segundo distribuye el agua almacenada a las zonas verdes y de servicio. Este segundo se ubicó estratégicamente en el lote para que el agua pudiera llegar a él por gravedad. En caso de que el tanque se llene, el agua de lluvia, así como la tratada, pueden evacuarse hacia el río La Vieja.



Nivel 2



Nivel 1

Simbología

-  Acometida agua potable
-  Agua potable bajo tierra
-  Agua potable por entrepiso
-  Tanque de almacenamiento de agua potable
-  Subida de agua potable
-  Agua reciclada bajo tierra
-  Agua reciclada por entrepiso
-  Tanque de almacenamiento de agua reciclada
-  Subida de agua reciclada



Figura 149: Cuartos de máquinas
Fuente: Elaboración propia.

5m 10m 20m



Rutas de agua pluvial

El agua pluvial se trató de dos formas, la captada por el Centro Tecnoagrícola y la caseta de seguridad se evacúa hacia el cordón y caño de la vía pública. Por otra parte, el SMART E-Lab la dirige hacia una cuneta adosada a su muro de cimentación interno, de esta manera se direcciona hacia el espejo de agua y posteriormente hacia el tanque de almacenamiento de agua reciclada.

Simbología

- - - Agua pluvial bajo tierra
- Agua pluvial por canoa o cuneta
- Tanque de almacenamiento de agua pluvial
- Bajada de agua pluvial



Figura 152: Espejos de agua
Fuente: Elaboración propia.

Figura 151: Rutas de agua pluvial
Fuente: Elaboración propia.

Nivel 1

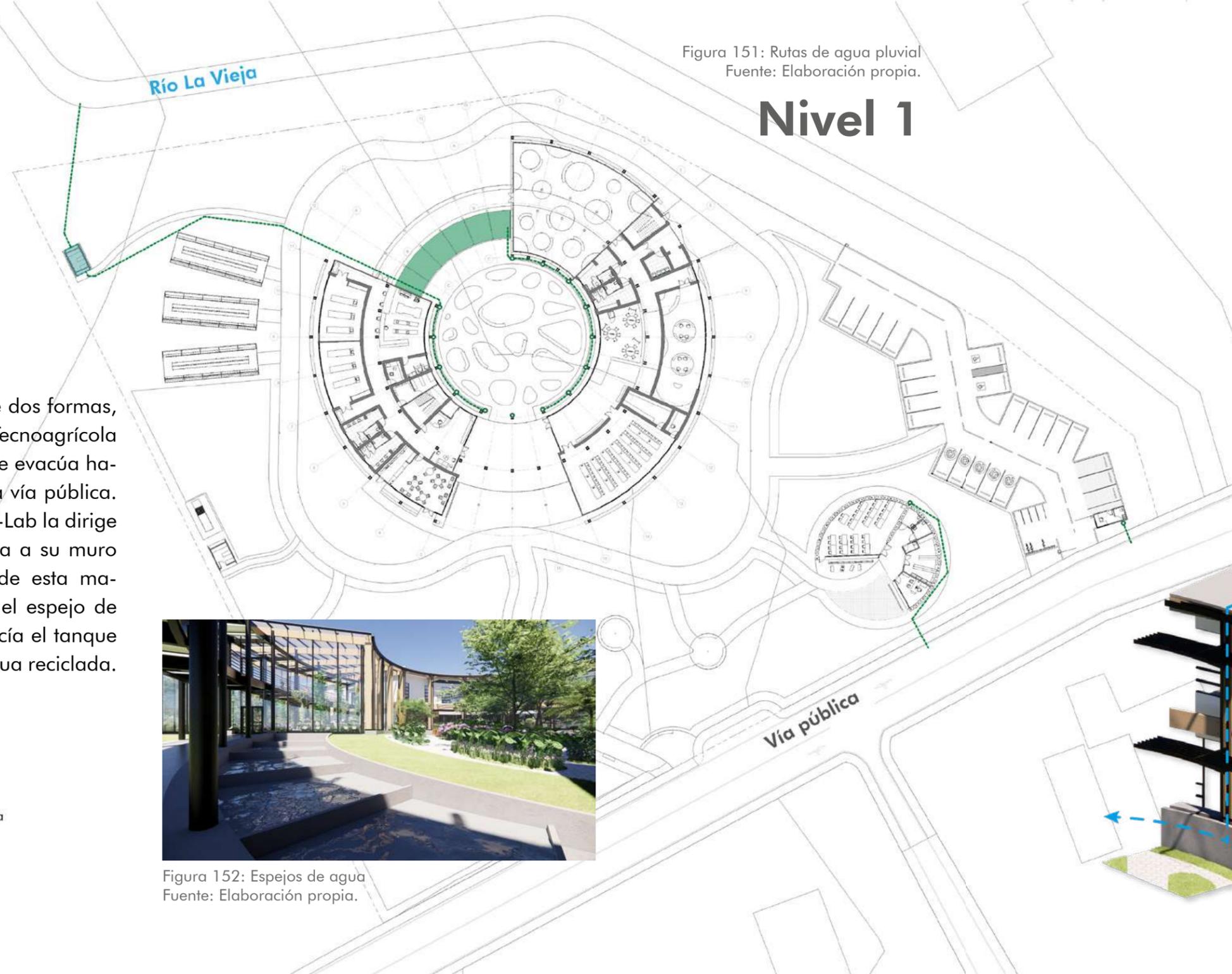


Figura 154: Rutas de agua pluvial, cubiertas.
Fuente: Elaboración propia.

Cubiertas

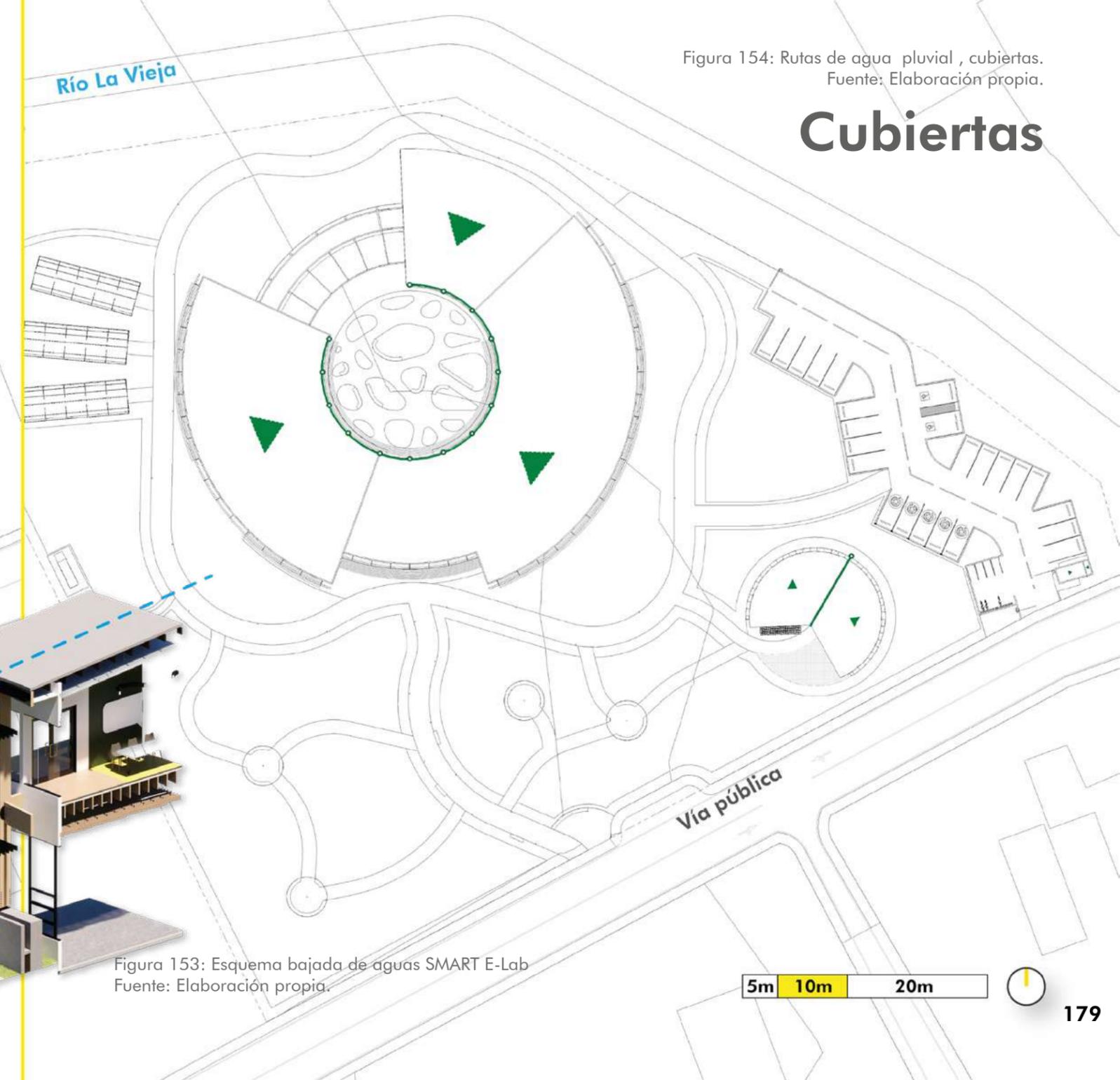


Figura 153: Esquema bajada de aguas SMART E-Lab
Fuente: Elaboración propia.

5m 10m 20m



Rutas de aguas negras

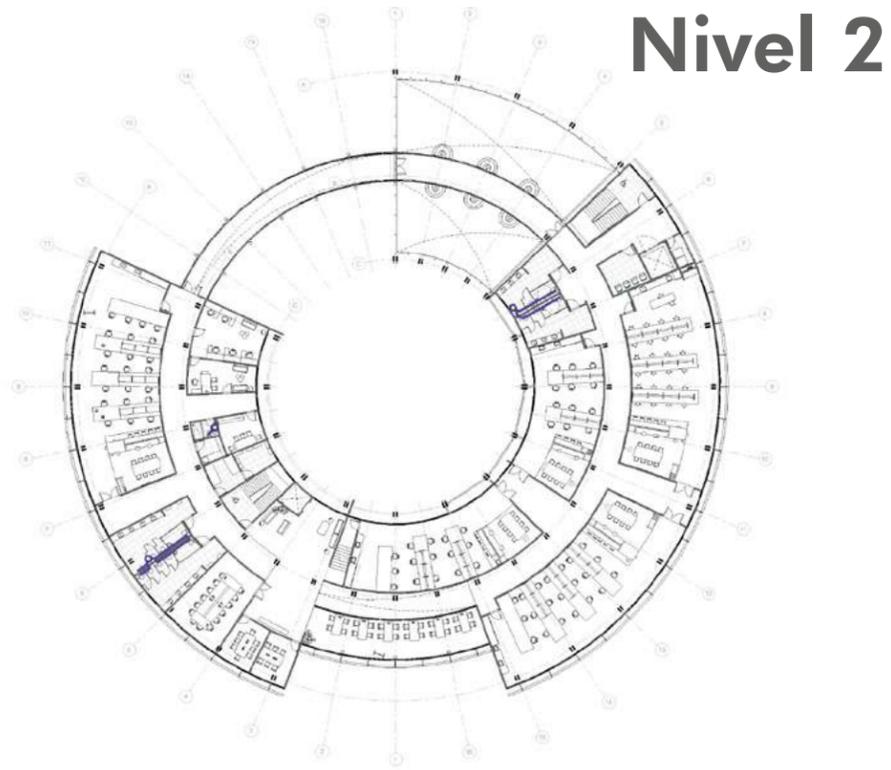
Por la distancia entre los distintos equipos sanitarios del proyecto se manejaron independientemente. La caseta de seguridad y el Centro Tecnoagrícola utilizan un sistema de tanque séptico cada uno y para realizar un correcto tratamiento del agua usada, el drenaje se ubica bajo una superficie de zacate block. En el caso del SMART E-Lab las aguas negras se dirigen hacia una planta de tratamiento, esta misma acondiciona el agua para ser reciclada y ser almacenada en el tanque.

- Simbología**
-  Aguas negras bajo tierra
 -  Aguas negras por entrepiso
 -  Tanque séptico
 -  Planta de tratamiento
 -  Tanque de almacenamiento de agua reciclada
 -  Bajada de aguas negras
 -  Caja de registro



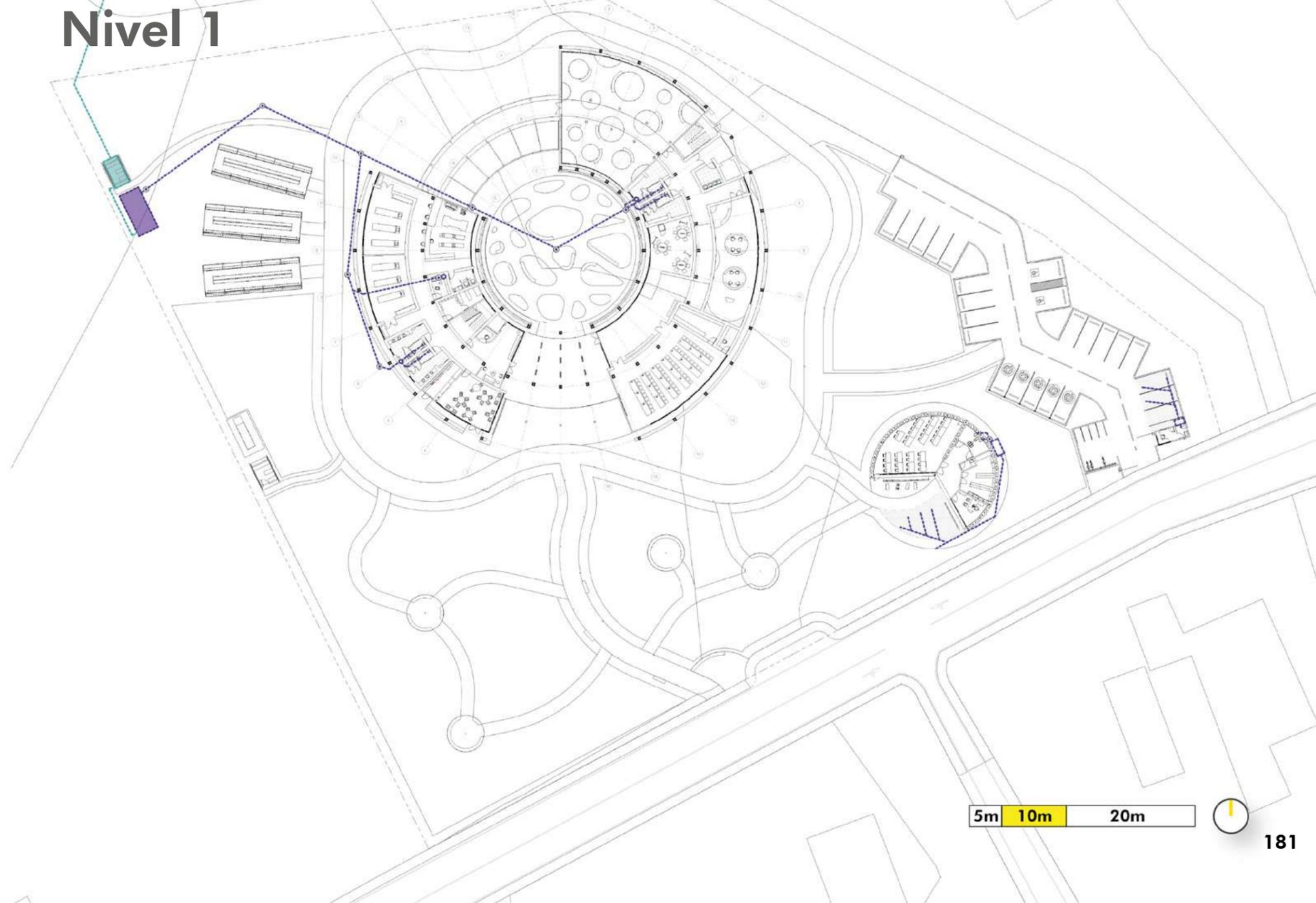
Figura 156: Superficie permeable con zacate block
Fuente: Elaboración propia.

Figura 155: Rutas de aguas negras nivel 2
Fuente: Elaboración propia.



Nivel 2

Figura 157: Rutas de aguas negras nivel 1
Fuente: Elaboración propia.



Nivel 1

5m 10m 20m



Rutas de aguas grises

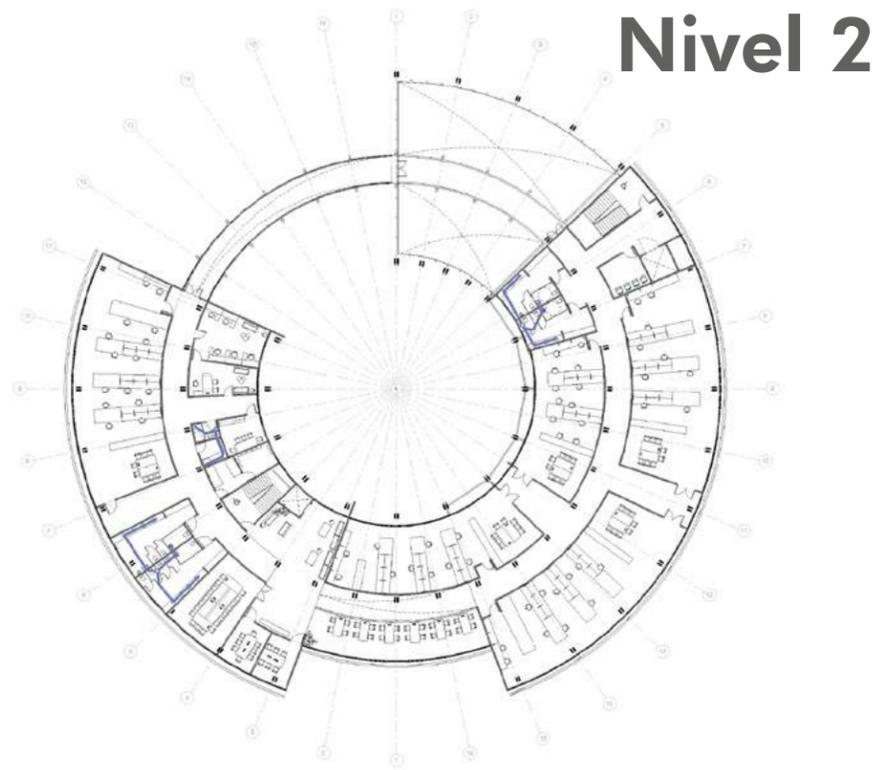
Las aguas grises se separaron de las aguas negras por una cuestión de practicidad al realizar futuros arreglos, sin embargo, sus rutas son similares a las de las aguas negras. Igualmente, el Centro Tecnoagrícola y la caseta de seguridad las envían al tanque séptico y el SMART E-Lab las dirige hacia la planta de tratamiento. Este sistema de tratamiento de aguas consiste en una serie de tanques enterrados, en los mismos el agua es tratada hasta estar

- Simbología**
-  Aguas grises bajo tierra
 -  Aguas grises por entrepiso
 -  Tanque séptico
 -  Planta de tratamiento
 -  Tanque de almacenamiento de agua reciclada
 -  Bajada de aguas grises
 -  Caja de registro



Figura 159: Vista a planta de tratamiento
Fuente: Elaboración propia.

Figura 158: Rutas de aguas grises nivel 2
Fuente: Elaboración propia.



lista para ser integrada al ambiente nuevamente. La planta implementada tiene la capacidad de procesar 12 m³ al día.

Figura 160: Rutas de aguas grises nivel 1
Fuente: Elaboración propia.

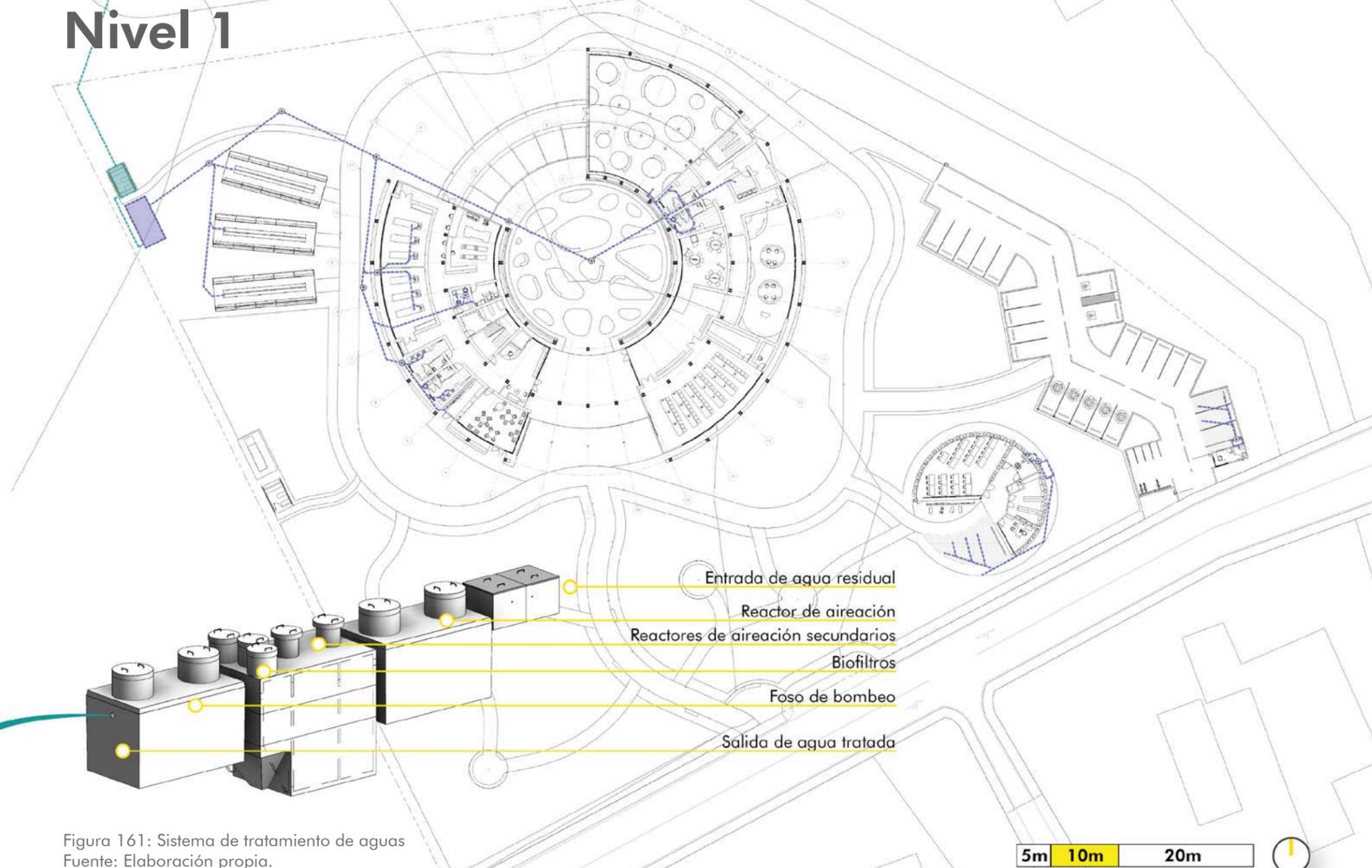


Figura 161: Sistema de tratamiento de aguas
Fuente: Elaboración propia.

Seguridad humana

En este aspecto son muy importantes las vías de evacuación y medios de egreso, por ello, el pasillo central principal forma un circuito cerrado haciendo provecho de la forma circular de la edificación y los medios de egreso están dispuestos en lugares opuestos. Uno de ellos conecta los vestíbulos de cada nivel y a su vez con el exterior; el segundo conecta el segundo nivel directamente con el exterior.

Otro factor importante es la resistencia al fuego, la estructura principal de bambú cuenta con un sobredimensionamiento para sacar ventaja de la capa carbonizada que protege el material del calor. En el caso de los herrajes se recubren con una pintura especial para la resistencia al fuego. Cabe destacar que los productos de bambú que se comercializan como tableros, pisos y paredes cuentan con certificaciones que garantizan su resistencia al fuego. Conforme al estándar europeo EN13501-1, la resistencia al fuego se puede clasificar de A1fl (no combustible) a Ffl (muy combustible). Para cumplir con el marcaje CE, los productos se han testeado en cuanto a resistencia al fuego y dieron un resultado satisfactorio desde Bfl a Dfl. También alcanzan el índice de propagación de llama Clase A según el estándar USA – ASTM E84 sin el uso de retardantes de fuego.

Simbología

-  Ruta de evacuación
-  Medio de egreso
-  Muro cortafuego
-  Tanque de almacenamiento de agua sistema de supresión contra incendios

Figura 162: Consideraciones seguridad humana nivel 2
Fuente: Elaboración propia.

Nivel 2

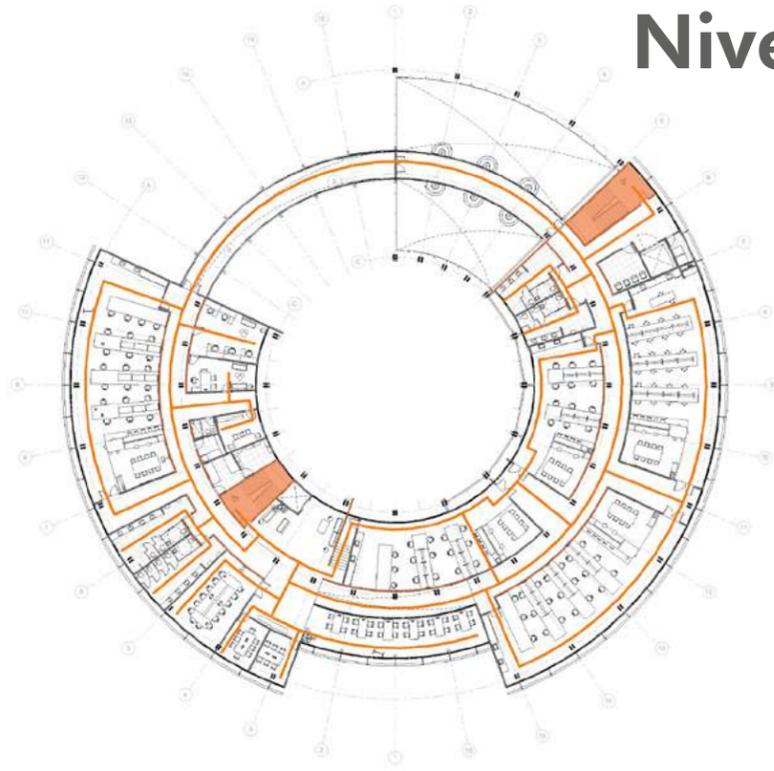
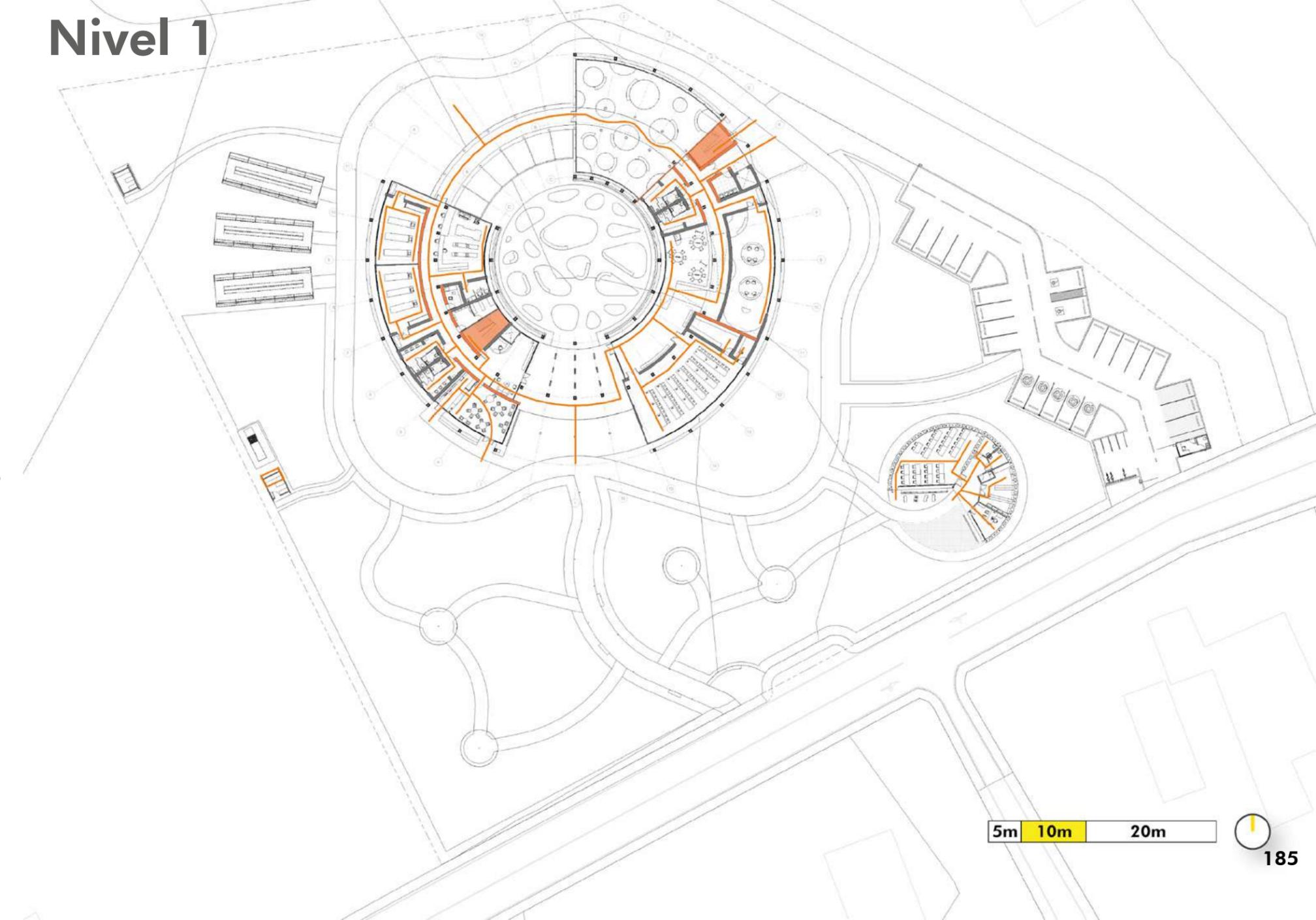


Figura 163: Consideraciones seguridad humana nivel 2
Fuente: Elaboración propia.

Nivel 1



5m 10m 20m



Rutas eléctricas y de telecomunicaciones

La acometida eléctrica y de telecomunicaciones ingresa al proyecto en el extremo sur-oeste del terreno bajo tierra, pasa por el transformador, la planta eléctrica y finalmente a los cuartos para distribuir la energía y los datos.

- Simbología**
- ▲ Acometida eléctrica
 - Transformador eléctrico
 - Planta eléctrica
 - - - Cableado eléctrico bajo tierra
 - Cableado eléctrico por entrepiso
 - Cuarto eléctrico
 - Tablero eléctrico
 - ▲ Acometida telecomunicaciones
 - - - Cableado telecomunicaciones bajo tierra
 - Cableado telecomunicaciones por entrepiso
 - Cuarto de telecomunicaciones

Figura 164: Rutas eléctricas y de telecomunicaciones - nivel 2
Fuente: Elaboración propia.

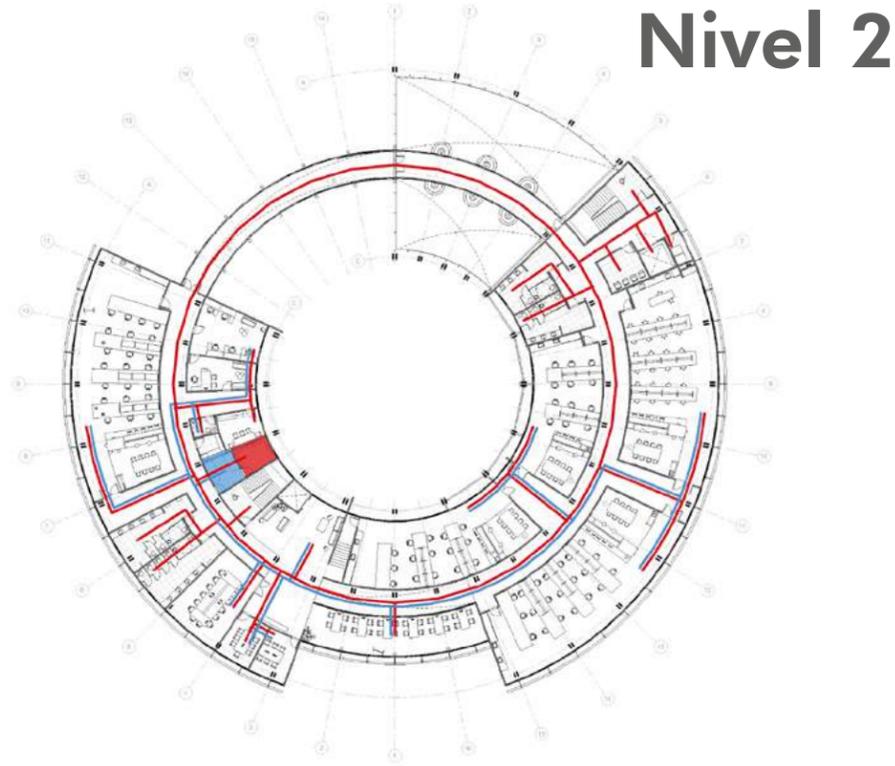


Figura 166: Rutas eléctricas y de telecomunicaciones - nivel 2
Fuente: Elaboración propia.

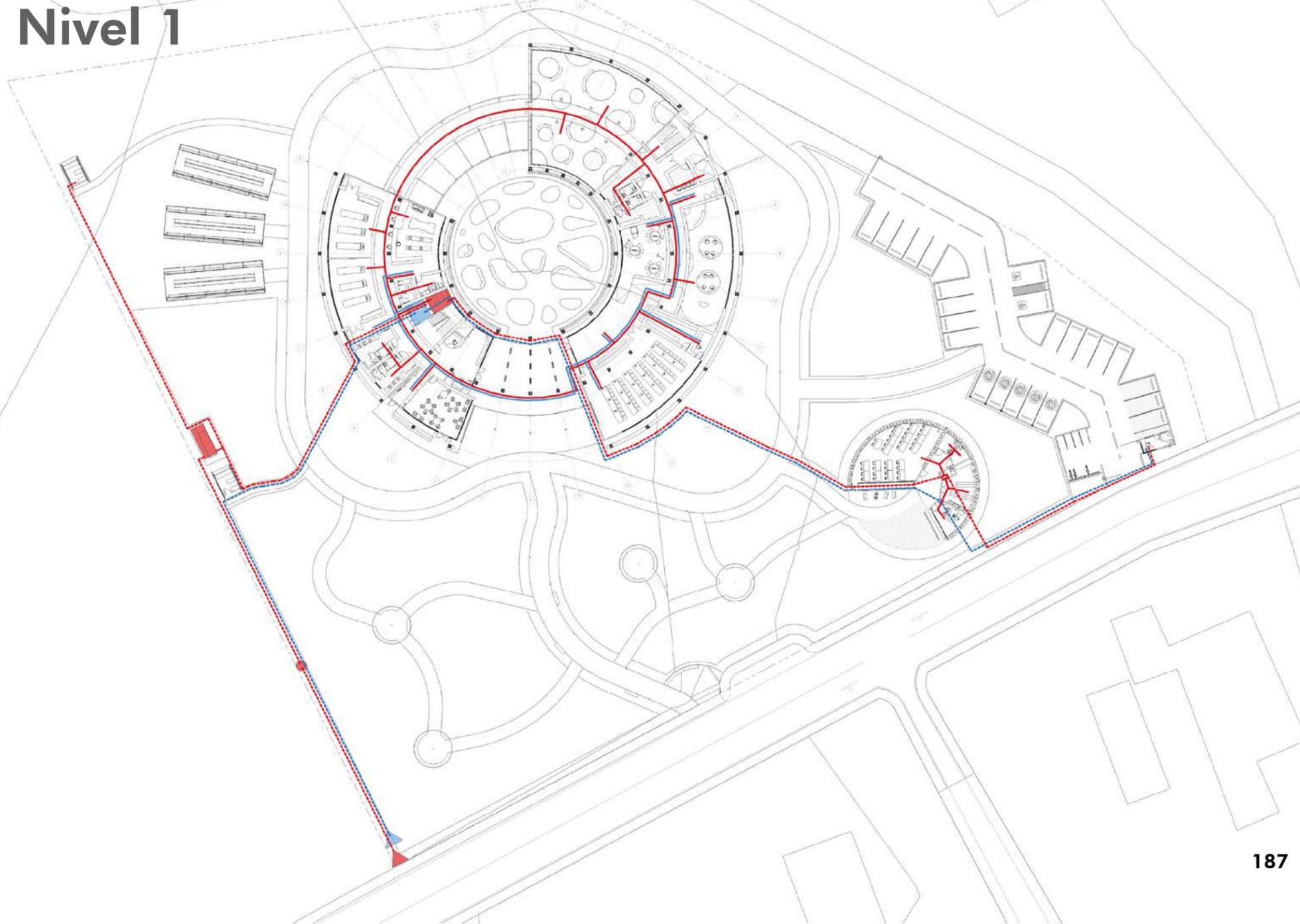


Figura 165: Vista a planta eléctrica
Fuente: Elaboración propia.

4.3 Conclusiones y recomendaciones



Sobre el bambú...

Costa Rica tiene el potencial para consolidarse como un productor de bambú ya que cuenta con iniciativas públicas y privadas que buscan fomentar este cultivo e incluso mejorarlo, sin embargo, estas iniciativas no están siendo acompañadas por propuestas que sumen valor agregado a esta materia prima, la industrialización de este material sigue siendo básica en el contexto nacional, por lo tanto, los productos no son competitivos frente a otros materiales en el mercado.

Los laminados de bambú tienen la capacidad de sustituir muchos otros materiales, sin embargo, para que sean una opción viable en el desarrollo de un diseño regenerativo y aporte a una economía circular deben ser fabricados de forma local, con mano de obra local en una apertura al conocimiento de las comunidades

Sobre otros materiales...

La mención de materiales alternativos en normas y regulaciones nacionales es casi nula, esto genera falta de herramientas y referencias para implementarlos, por lo tanto, se hace necesario que sean tomados en cuenta y así poderlos incluir cada vez más en las construcciones.

Bajo esta misma línea, por el contexto ambiental actual, se hace necesario ver la construcción desde una perspectiva más amplia y experimental. El diseño puede aportar muchas herramientas que hagan provecho de materiales y técnicas que siempre han existido, así como también de alternativas emergentes que ponen a prueba tecnologías innovadoras en pro del ambiente, o bien, una mezcla de ambas, la reinención de materiales con aportes tecnológicos que mejoran su rendimiento.



Sobre el SMART E-Lab...

El mejor producto que puede dejar el SMART E-Lab es la formación de personas con una vocación sostenible y comprometida con el cuidado del ambiente, por lo tanto, el proyecto debe enfocar sus esfuerzos en ser accesible a los usuarios y dejar un aporte en su formación. Actividades como la creación de talento ligada a los proyectos de investigación son fundamentales para lograrlo.

El acceso a espacios para el desarrollo de innovación es fundamental para apoyar a los emprendedores por lo que es necesario que laboratorios como el SMART E-Lab se acerquen a los sectores productivos del país.

El modelo de innovación que propone el proyecto es integral, evidencia que la clave del desarrollo sostenible se encuentra en la creación de alianzas entre los sectores productivo, político y académico. Por lo tanto, este modelo de laboratorio crea un acceso para que emprendedores y empresarios trabajen con la academia en la creación de soluciones.

Y ahora sobre lo que sigue...

La efectividad, versatilidad y potenciales aplicaciones de los laminados de bambú no es algo que quede en duda, por ello, en el ámbito internacional es un material que cada vez más destaca como alternativa sostenible para la construcción. Sin embargo, en el contexto nacional, aunque sus virtudes son reconocidas, se sigue estigmatizando como una opción de bajo valor.

El desarrollo de laminados puede ayudar a cambiar esta pobre noción acerca del material, como la fabricación de madera comprimida, no obstante, no es suficiente. Costa Rica cuenta con la ventaja de poseer las cualidades para producirlo, ahora el siguiente paso consiste en crear alianzas que aprovechen ese recurso natural como una opción para generar soluciones a las problemáticas que está dejando la industria de la construcción.

4.4 Referencias

Acosta, D. O. M. I. N. G. O. (2015). El Valor Del Diseño Sostenible En Arquitectura.

Avilés, H. E. M., & Murillo, S. R. P. (2018). Desarrollo de la cadena productiva en el clúster de bambú de la Zona 5 del Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 10(5), 70-77.

Alavedra, P., Domínguez, J., Gonzalo, E., & Serra, J. (1997). THE CONSTRUCTION SUSTAINABLE. THE STATE OF THE ART, 49(451), 41-47.

Añazco, M., & Rojas, S. (2015). Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie *Guadua angustifolia*. Quito: INBAR.

Kumar, A., Vlach, T., Laiblova, L., Hrouda, M., Kasal, B., Tywoniak, J., & Hajek, P. (2016). Engineered bamboo scrimber: Influence of density on the mechanical and water absorption properties. *Construction and Building Materials*, 127, 815-827.

B. Sharma, A. Gatóo, M. Bock, & M. Ramage, "Engineered bamboo for structural applications," *Construction and Building Materials*, vol. 81, pp. 66–73, 2015

Briceño-Elizondo, E., Villalobos-Barquero, M. V., & Vargas-Fonseca, L. (2017). Desarrollo de un modelo de producción de bambú guadua mediante la aplicación de técnicas silviculturales óptimas para la cuantificación del crecimiento y la capacidad de almacenamiento de carbono en plantaciones (*Guadua angustifolia*) en la Zona Sur de Costa Rica.

Candelaria, V. R. O. (1999). Perspectivas del bambú para la construcción en México. *Madera y Bosques*, 5(1), 3-12.

Castillo, A. (2006). El Bambú como Material de Construcción. Universidad O&M en Rep. Dominicana.

C. P. Takeuchi, M. Estrada, & D. L. Linero, "Determination of Shear Stress in Pull out Tests in Laminated Bamboo *Guadua angustifolia*," *Key Engineering Materials*, vol. 668, pp. 17–22, 2016

De Flander, K. & Rovers, R. (2009). Una casa de estructura de bambú laminado por hectárea por año. *Construcción y materiales de construcción*, 23 (1), 210-218.

Deras, J. E. (2003). Análisis de la cadena productiva del bambú en Costa Rica.

Deras, J. E., Stoian, D., & Morales, D. (2006). La cadena productiva del bambú en Costa Rica: potencial de desarrollo de un recurso subutilizado en América Latina. *Recursos Naturales y Ambiente*, número 46-47, páginas 127-136.

El Bassam, N., & Jakob, K. (1996). Bamboo - A new source for raw materials - primary experimental results. [Bambus - Eine neue Rohstoffquelle - Erstevaluierung] *Landbauforschung Volkenrode*, 46(2), 76-83. Retrieved from www.scopus.com

Enshassi, A., Kochendoerfer, B., & Rizq, E. (2014). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. *Revista ingeniería de construcción*, 29(3), 234-254.

Esquivel, M., & Castillo-Barahona, R. (2015). Panorama general del sector construcción en Costa Rica.

Fao, "Global Forest Resources Assessment 2010," 2010.

Hunter, I. R. (2003). Bamboo resources, uses and trade: The future? *Journal of Bamboo and Rattan*, 2(4), 319-326. doi:10.1163/156915903322700368

H. F. Archila-Santos, M. P. Ansell, & P. Walker, "Elastic Properties of ThermoHydro-Mechanically Modified Bamboo (*Guadua angustifolia* Kunth) Measured in Tension," *Key Engineering Materials*, vol. 600, pp. 111–120, 2014.

Kirchherr, J.; Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127(April), 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>

I. M. Low, Z. Y. Che, B. A. Latella, & K. S. Sim, "Mechanical and Fracture Properties of Bamboo," *Key Engineering Materials*, vol. 312, pp. 15–20, 2006

J. J. A. Janssen, "Designing and Building with Bamboo," Beijing, China, 2000.

J. Vogtländer, P. Van Der Lugt, & H. Brezet, "The sustainability of bamboo products for local and Western European applications. LCAs and land-use," *Journal of Cleaner Production*, vol. 18, no. 13, pp. 1260–1269, 2010.

Lázaro León, K. C., Gonzáles Mora, H. E., & Cárdenas Oscanoa, A. J. (2016). Propiedades mecánicas del material compuesto elaborado con bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) y polipropileno. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 7(38), 95-110.

López, L. F., & Correal, J. F. (2009). Estudio exploratorio de los laminados de bambú *Guadua angustifolia* como material estructural. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 11(3), 171-182.

Linares Llamas, P. (2009). Eficiencia energética y medio ambiente.

Mang, P. & Reed, B (2017). *Regenerative Development and Design* 2nd edition. ResearchGate. extraído https://www.researchgate.net/publication/321156684_Update_Regenerative_Development_and_Design_2nd_edition

M. de D. U. & V. MIDUVI, "Estructuras de Guadua (GaK)." 2016.

Lippiatt B. C. (1999), Selecting cost-effective green building products: BEES approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 125(6):448-55.

N. van Druenen, A. Cangás, S. Rojas, & S. Kaminsky, "Reporte post-sismo sobre estructuras de bambú , y recomendaciones 400 para la reconstrucción con bambú en la costa Ecuatoriana," Quito, 2016.

Ordóñez Candelaria, V. R. (1999). Perspectivas del bambú para la construcción en México. *Madera y Bosques*.5(1), 3-12. Red Instituto de Ecología A.C. <https://elibro.net/es/ereader/itcr/18301?page=2>

P. O. Awoyera & E. I. Ugwu, *Sustainability and Recycling of Bamboo for Engineering Applications*. Elsevier Ltd., 2017

Torres, B., Segarra, M., & Bragança, L. (2019). El bambú como alternativa de construcción sostenible. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, 5, 389-400.

S. Amada & S. Untao, "Fracture properties of bamboo," *Composites Part B:Engineering*, vol. 32, no. 5, pp. 451-459, 2001.

Salas, J. "De los sistemas de prefabricación cerrada a la industrialización sutil de la edificación: algunas claves del cambio tecnológico". *Informes de la construcción*, Vol. 60, 512, 19-34. Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC). Madrid, Octubre-Noviembre 2008.

Soler Soler, P. (2018). *Uso del bambú en la arquitectura contemporánea* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).

Szalachman, R. (2008). *La evolución del déficit de vivienda en Costa Rica y sus consecuencias para la política habitacional*.

Maury Pertuz, A. (2010). *Construcción y medio ambiente. Módulo Arquitectura Cuc*.

Montero, J. S. (1992). El bambú: una alternativa de uso en construcción de vivienda. *Ingeniería. Revista de la Universidad de Costa Rica*, 2(1), 87-94.

Nugroho, N., Ando, N., (2001). Development of structural composite products made from bamboo II: fundamental properties of laminated bamboo lumber. *J. Wood Sci.* 47, 237e242.

Rodríguez, N., Dill, W. O., Bidegaray, P., & Botero, R. (2006). Utilización del Bambú (*Guadua angustifolia* Kunth)(Bambusoideae: Gramineae), como una alternativa sostenible de construcción de viviendas en la zona atlántica de Costa Rica. Recuperado de https://www.academia.edu/22066184/UTILIZACION_DEL_BAMBU_GUADUA_ANGUSTIFOLIA_KUNTH_EN_LA_ZONA_ATLANTICA_DE_COSTA_RICA.

Romo, J. C. R. (2006). El bambú como material de construcción. *Conciencia Tecnológica*, (31), 67-69

Ugarte, J. (1999). *Guía de arquitectura bioclimática*. San José de Costa Rica. Umaña, V. C. (2009). Bambú *Guadua*: un recurso ecológico. *Tecnología en marcha*, 22(3), 3-9.

Xiao, Y. (2020). Engineered bamboo in China. In *Nonconventional and Vernacular Construction Materials* (pp. 625-643). Woodhead Publishing.

Xiao, Y., Yang, RZ & Shan, B. (2013). Producción, impacto ambiental y propiedades mecánicas del bambú. *Construcción y materiales de construcción*, 44, 765-773.

Índice de figuras

Figura 1: Regiones socioeconómicas de Costa Rica - 17
Figura 2: Construcción con bambú en Guayaquil, Ecuador – 18
Figura 3: Figura 3: Construcción vernácula con bambú – 19
Figura 4: Laminados de bambú – 20
Figura 5: Casa de bienvenida Grand World Phu Quoc, Vietnam – 20
Figura 6: Elementos estructurales de bambú laminado - 21
Figura 7: Edificio con estructura de bambú laminado - 21
Figura 8: Edificio con estructura de bambú laminado - 21
Figura 9: Rendimiento por hectárea de bambú y madera - 22
Figura 10: Proyectos relacionados al bambú en Costa Rica - 23
Figura 11: Aproximación de las áreas de cultivo de bambú en Costa Rica - 24
Figura 12: Cultivo de bambú en la zona sur de Costa Rica - 24
Figura 13: Elevación. Propuesta de vivienda en la zona atlántica de Costa Rica - 25
Figura 14: Extracción de recursos - 26
Figura 15: Fases para la elaboración de un laminado de bambú - 27
Figura 16: Fibras textiles obtenidas del rastrojo de la piña - 28
Figura 17: Territorio de la región Huetar Norte – 29
Figura 18: Ciclo de vida de una edificación – 30
Figura 19: Variables del problema – 31
Figura 20: Collage ilustrativo del problema - 32
Figura 21: Construcción en bambú con técnicas modernas – 36
Figura 22: Estructura de bambú – 37
Figura 23: Plantación de bambú – 38
Figura 24: Prueba mecánica en laminado de bambú – 38
Figura 25: Composición del bambú laminado – 40
Figura 26: Eco-Diseño y Diseño sustentable – 42
Figura 27: Diseño para la sustentabilidad – 43
Figura 28: Crecimiento del bambú y la caña brava – 50
Figura 29: Bambú en su ambiente natural – 51
Figura 30: Partes de una planta de bambú – 52
Figura 31: Zonas de cultivo de bambú en Costa Rica – 55
Figura 32: Productos derivados del bambú – 56
Figura 33: Fibra textil a partir de bambú – 56
Figura 34: Tableros de bambú – 56
Figura 35: Cadena productiva del bambú en Costa Rica – 57
Figura 36: Esterillas de bambú – 58
Figura 37: Elaboración de tableros de bambú – 58
Figura 38: Bambú guadua laminado pegado prensado – 59
Figura 39: Tableros de Glubam – 59
Figura 40: Madera de bambú laminada – 59
Figura 41: Fabricación de bambú laminado colado – 59
Figura 42: Estructura de bambú laminado – 60

Figura 43: Herrajes metálicos – 61
Figura 44: Herrajes metálicos – 61
Figura 45: Estructura de RadLam – 61
Figura 46: Fabricación de vigas en planta – 61
Figura 47: Proyecto Solis Pivot, diseño realizado con bambú laminado – 62
Figura 48: Proyectos realizados por la fundación Renase Smart – 66
Figura 49: Actividades que realizará el SMART E-Lab – 68
Figura 50: Investigadores – 69
Figura 51: Monitoreo de cultivos desde aplicación celular – 70
Figura 52: Dispositivos tecnológicos como apoyo en el monitoreo de la salud – 71
Figura 53: Realidad aumentada como apoyo al desarrollo y dinámica de las ciudades – 72
Figura 54: Estructura a base de bloques de hongos – 73
Figura 55: Turismo con el apoyo de la realidad virtual – 74
Figura 56: Joven estudiante – 75
Figura 57: Estudiantes de colegio, población meta del programa de desarrollo de talento – 76
Figura 58: Niño experimentando – 77
Figura 59: Collage, representación de los usuarios del SMART E-Lab – 78
Figura 60: Collage, representación de los investigadores – 79
Figura 61: Collage, representación de los turistas – 81
Figura 62: Grupos de edad de los turistas que visitan Costa Rica – 82
Figura 63: Actividades realizadas por los turistas – 82
Figura 64: Compañía de turistas – 82
Figura 65: Collage, representación de los estudiantes – 84
Figura 66: Collage, representación de los empresarios - 86
Figura 67: Composición empresarial de la región Huetar Norte – 87
Figura 68: Actividades económicas por tamaño de empresa en la región Huetar Norte – 87
Figura 69: Territorio abarcado por la región Huetar Norte – 92
Figura 70: Topografía vista desde Monteverde – 93
Figura 71: Densidad boscosa de la región – 93
Figura 72: Ciudad de la Fortuna, San Carlos – 93
Figura 73: Ríos y cuerpos de agua de la Región Huetar Norte – 94
Figura 74: Vegetación predominante – 94
Figura 75: Zona de cultivo, piña – 94
Figura 76: Principales ofertas productivas de la región Huetar Norte – 95
Figura 77: Vista aérea de la finca del ITCR San Carlos con las ubicaciones consideradas – 96
Figura 78: Puente cerca del predio seleccionado – 97
Figura 79: Fotografías del entorno construido – 97
Figura 80: Fotografías del predio seleccionado – 98
Figura 81: Sección topográfica general – 98
Figura 82: Predio, vista isométrica – 99
Figura 83: Variables climáticas – 100
Figura 84: Vista ingreso al proyecto – 103

Figura 85: Pautas del concepto arquitectónico – 104
Figura 86: Programa arquitectónico global – 105
Figura 87: Pautas del emplazamiento de los componentes del programa global – 106
Figura 88: Pautas formales en el diseño del SMART E-Lab – 107
Figura 89: Vista isométrica del conjunto – 108
Figura 90: Vista superior del conjunto – 109
Figura 91: Vista isométrica del Centro Tecnoagrícola y el parqueo - 110
Figura 92: Planta arquitectónica del Centro Tecnoagrícola y el parqueo – 111
Figura 93: Vista isométrica del primer nivel del SMART E-Lab – 112
Figura 94: SMART E-Lab, planta arquitectónica del nivel – 113
Figura 95: Vista isométrica del segundo nivel del SMART E-Lab – 114
Figura 96: SMART E-Lab, planta arquitectónica del nivel 2 – 115
Figura 97: Vista isométrica de las cubiertas – 116
Figura 98: SMART E-Lab, planta arquitectónica cubiertas – 117
Figura 99: Elevación oeste – 118
Figura 100: Elevación sur – 120
Figura 101: Corte A - SMART E-Lab – 122
Figura 102: Corte B- SMART E-Lab – 124
Figura 103: Corte A - Centro Tecnoagrícola – 126
Figura 104: Corte B - Centro Tecnoagrícola – 127
Figura 105: Vista ingreso principal y a la bahía vehicular – 137
Figura 106: Vista ingreso al parqueo - 137
Figura 107: Vista zonas de estar en el parque productivo - 138
Figura 108: Vista camino entre los cultivos en el parque productivo – 138
Figura 109: Vista aérea parque productivo – 139
Figura 110: Vista 1 Salón multiusos del Centro Tecnoagrícola – 140
Figura 111: Vista 2 Salón multiusos del Centro Tecnoagrícola – 140
Figura 112: Vista plaza de ingreso al Centro Tecnoagrícola – 141
Figura 113: Vista sendero al costado del jardín botánico – 142
Figura 114: Vista sendero al costado de los invernaderos – 142
Figura 115: Vista ingreso al parqueo – 143
Figura 116: Vista espacios de parqueo – 143
Figura 117: Vista galería de ingreso – 144
Figura 118: Vista exposición en la galería – 144
Figura 119: Vista jardín central – 145
Figura 120: Vista espejos de agua en el jardín central – 145
Figura 121: Vista recepción – 146
Figura 122: Vista laboratorio de prototipos – 146
Figura 123: Vista cafetería – 147
Figura 124: Vista laboratorio de experimentación recreativa – 147
Figura 125: Vista vestíbulo salón – 148
Figura 126: Salón de eventos – 148

Figura 127: Vista área de coworking – 149
Figura 128: Vista jardín botánico – 149
Figura 129: Vista sala de reuniones – 150
Figura 130: Vista área de coworking N2 – 150
Figura 131: Vista pasillo – 151
Figura 132: Vista invernaderos – 151
Figura 133: Vista área de ideación en laboratorio de investigación tipo A – 152
Figura 134: Vista área de trabajo en laboratorio de investigación tipo A – 152
Figura 135: Vista laboratorio tipo A (agricultura inteligente) – 153
Figura 136: Vista área de ideación en laboratorio de investigación tipo B – 154
Figura 137: Vista área de trabajo en laboratorio de investigación tipo B – 154
Figura 138: Vista laboratorio tipo B (agricultura inteligente) – 155
Figura 139: Detalles estructurales del SMART E-Lab – 158
Figura 140: Componentes estructurales SMART E-Lab – 159
Figura 141: Detalles estructurales del Centro Tecnoagrícola – 160
Figura 142: Detalles estructurales del Centro Tecnoagrícola – 161
Figura 143: Materiales implementados – 162
Figura 144: Pautas para el diseño del paisaje – 164
Figura 145: Planta del conjunto con el esquema de pautas para el diseño del paisaje – 165
Figura 146: Fases del desarrollo del proyecto – 167
Figura 147: Estructura organizativa - 173
Figura 148: Rutas de agua potable y reciclada nivel 2 – 176
Figura 149: Cuartos de máquinas – 176
Figura 150: Rutas de agua potable y reciclada nivel 1 – 177
Figura 151: Rutas de agua pluvial - 178
Figura 152: Espejos de agua – 178
Figura 153: Rutas de agua pluvial, cubiertas. – 179
Figura 154: Esquema bajada de aguas SMART E-Lab – 179
Figura 155: Rutas de aguas negras nivel 2 – 180
Figura 156: Superficie permeable con zacate block – 180
Figura 157: Rutas de aguas negras nivel 1 – 181
Figura 158: Rutas de aguas grises nivel 2 – 182
Figura 159: Vista a planta de tratamiento – 182
Figura 160: Rutas de aguas grises nivel 1 – 183
Figura 161: Sistema de tratamiento de aguas – 183
Figura 162: Consideraciones seguridad humana nivel 2 – 184
Figura 163: Consideraciones seguridad humana nivel 1 – 185
Figura 164: Rutas eléctricas y de telecomunicaciones - nivel 2 – 186
Figura 165: Vista a planta eléctrica - 186
Figura 166: Rutas eléctricas y de telecomunicaciones - nivel 1 - 187

Programa arquitectónico detallado

Componente	Espacios	Descripción	Área unitaria	Cantidad	Subtotal	Total	%
General	Lobby N1	Espacio para la recepción de visitantes, facilitación de información y de espera/estar y distribuidor a las otras áreas	7	1	7	748	19,61
			32	1	32		
			10	1	10		
	Lobby N2	Espacio para la espera/estar y distribuidor a las otras áreas	87				
	Salón de eventos	Espacio para realizar actividades, conferencias, trabajos grupales, exposiciones, etc. Con una bodega y un cuarto de proyección	194	1	194		
	Vestibulo eventos / galería	Espacio de espera y transición al salón de actividades	78	1	78		
	Sala de reuniones general	Espacio para realizar reuniones de hasta 20 personas	48	1	48		
	Sala de reuniones 1	Espacio para relaizar reuniones de has 6 personas	16	1	16		
	Sala de reuniones 2	Espacio para relaizar reuniones de has 6 personas	16	1	16		
	Área trabajo colaborativo N1	Área trabajo colaborativo N1	53	1	53		
	Área trabajo colaborativo N2	Área trabajo colaborativo N2	69	1	69		
Laboratorio de prototipos	Espacio para servicios de impresión 3D	61	1	61			
Galería exterior	Espacio de transición de a un edificio a otro, o bien en los vestíbulos, donde se exhiben ciertas temáticas, productos, datos, etc	164	1	164			
Experimentación recreativa	Lab. Experimentacion 1	Espacio de experimentación y aprendizaje de distintas iniciativas - "aprender haciendo"	63	1	63	249	6,53
	Lab. Experimentacion 2	Espacio de experimentación y aprendizaje de distintas iniciativas - "aprender haciendo"	63	1	63		
	Lab. Experimentacion 3	Espacio de experimentación y aprendizaje de distintas iniciativas - "aprender haciendo"	123	1	123		

4.5 Anexos

Componente	Espacios	Descripción	Área unitaria	Cantidad	Subtotal	Total	%
Investigación	Lab Agricultura inteligente	Espacio para el desarrollo de investigación e innovación	200	1	200	805	21,10
	Lab Turismo 4.0	Espacio para el desarrollo de investigación e innovación	135	1	135		
	Lab Capacidad humana y monitoreo de la salud	Espacio para el desarrollo de investigación e innovación	188	1	188		
	Lab Materiales base planta	Espacio para el desarrollo de investigación e innovación	179	1	179		
	Lab Territorios inteligentes	Espacio para el desarrollo de investigación e innovación	103	1	103		
Administración	Oficina director		21	1	21	55	1,44
	Oficinas compartidas		34	1	34		
Cafetería	Cocina	Preparación	17	1	17	71	1,86
	Comedor	Mesas 4 sillas	54	1	54		
Servicios generales	Cuartos humedos	Batería sanitaria N1.1	21	2	42	322	8.44
		Batería sanitaria N1.2	22	2	44		
		Batería sanitaria N2.1	32	2	64		
		Batería sanitaria N2.2	24	2	48		
		Aseo N1	8	1	8		
		Aseo N2	6	1	6		
	Cuartos de servicio	C. Mecánico Edificación	9	1	9		
		C. Mecánico reciclaje	9	1	9		
		C. Eléctrico N1	9	1	9		
		C. Eléctrico N2	10	1	10		
		C. Telecomunicaciones N1	9	1	9		
		C. Telecomunicaciones N2	10	1	10		
		C. Residuos N1	11	1	11		
		C. Residuos N2	15	1	15		
	Salón colaboradores	Comedor	14	1	14		
		Baño	4	1	4		
	Jardín botánico	Invernadero	Exposición de plantas	312	1		
Jardín central		"Islas de vegetación"	429	1	429		
Circulación	General	Pasillos N1	276	1	276	706	18.51
		Pasillos N2	375	1	375		
	Escaleras	Escalera principal	23	1	23		
		Escalera secundaria	21	1	21		
	Ascensores	Ascensor principal	4	1	4		
		Montacargas	7	1	7		
TOTAL						3815	100

Componente	Espacios	Descripción	Área unitaria	Cantidad	Subtotal	Total	%
Parque productivo	Centro tecnagrícola	Vestíbulo	24.12	1	24.12	4214.67	31.08
		Oficinas	16.25	1	16.25		
		Aula multiusos	90	1	90		
		Sanitarios H	5	1	5		
		Sanitarios M	5	1	5		
		Aseo	2.3	1	2.3		
		Bodega	33	1	33		
	Cultivos	Cultivos / vegetación de exposición	3814	1	3814		
	Invernaderos	Cultivo	75	3	225		
	Obras exteriores	Caminos	Aceras	272	1		
Zonas de estar / descanso			104	1	104		
Boulevard / calle de servicio			1086	1	1086		
Ingreso		Plaza de ingreso	121	1	121		
		Bahía de llegada	40	1	40		
Parqueo		Parqueos tradicionales	794	1	794		

Zonas verdes	Jardines	Espacio de zona verde que no está dedicado al cultivo				4389.33	32.36
Zona de cultivo	Cultivos	Espacio dedicado a la siembra				3814	28.12
Huella edificaciones		Toda área no permeable				5358.67	39.51

