

MEMORIAS

OCTAVO
CONGRESO

DE LA CONSTRUCCIÓN
& LA **ARQUITECTURA**
SOSTENIBLE

ARQUITECTURA PARA LA RECONCILIACIÓN

**25 AL 27 DE
OCTUBRE 2018**

SINCELEJO, SUCRE



Facultad de Ciencias Básicas, Ingenierías y Arquitectura
Programa de Arquitectura

OCTAVO
CONGRESO

DE LA CONSTRUCCIÓN & LA **ARQUITECTURA** **SOSTENIBLE**

ARQUITECTURA PARA LA RECONCILIACIÓN

Daniel Marín Parra
Jonathan Steven Sarmiento Rojas
Andrea Lucía Ruiz Caraballo
Jenny Milena Buelvas Salgado
Rafael Eduardo Hernández Porras
María Cristina Albis Romero
Compiladores



2018



CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DEL CARIBE - CECAR

Noel Morales Tuesca
Rector

Rodrigo Salgado Ordosgoitía
Decano de la Facultad de Ciencias Básicas, Ingeniería y Arquitectura

María Cristina Albis
Coordinadora académica del programa Arquitectura

COMITÉ CIENTÍFICO

Daniel Marín Parra
Jonathan Steven Sarmiento Rojas
Gilberto Emiro Martínez Osorio
Andrea Lucía Ruiz Caraballo
Jenny Milena Buelvas Salgado

COMITÉ ORGANIZADOR DEL CONGRESO

Daniel Marín Parra
Jonathan Steven Sarmiento Rojas
Andrea Lucía Ruiz Caraballo
Jenny Milena Buelvas Salgado
Rafael Eduardo Hernández Porras
María Cristina Albis Romero

Jorge Luis Barboza
Coordinador Editorial CECAR

ISSN: 2665-1130

DOI: <https://doi.org/10.21892/congresos.01>

Octubre, 2018

Sincelejo, Sucre, Colombia

CONTENIDO

| | |
|--------------|---|
| PRÓLOGO..... | 5 |
|--------------|---|

Daniel Marín Parra

ARQUITECTURA PARTICIPATIVA

| | |
|---|---|
| ENSAYO DE UN MÉTODO DE ARTICULACIÓN DE ASPECTOS PERCEPTIVOS Y TÉCNICOS EN LA VALORACIÓN DEL DESEMPEÑO LUMÍNICO DE LUZ NATURAL EN MODELOS DE AMBIENTES INTERIORES..... | 9 |
|---|---|

Manuela Aldana Sánchez

| | |
|---|-----|
| PARQUE URBANO OLLANTAY. INTELIGENCIA COLECTIVA Y CAPACIDAD CREATIVA PARA LA REHABILITACIÓN URBANA. | 113 |
|---|-----|

Claudia Silva Claros

| | |
|--|-----|
| JUSTICIA ESPACIAL - DERECHO A LA CIUDAD EN EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA CIUDAD | 131 |
|--|-----|

Luisa Marcela Fontalvo Torres

INNOVACIÓN EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

| | |
|---|-----|
| TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL EM ARQUITETURA: DIFERENTES COLUNAS DE BAMBU EM APLICAÇÕES ESTRUTURAIS..... | 161 |
|---|-----|

Fernando José Da Silva

| | |
|---|-----|
| MEJORAMIENTO DE UNIONES ESTRUCTURALES DE BAMBÚ-GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA LA CONFORMACIÓN DE SISTEMAS RETICULADOS | 183 |
|---|-----|

Manuel Fernando Martínez Forero

MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

MODELOS PARTICIPATIVOS PARA EL ORDENAMIENTO,
RESILIENCIA URBANA Y SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN
CIUDADES VULNERABLES: EL CASO DE LA REPÚBLICA DE CUBA ... 201

Celene Milanes Batista

BIOTECTURA: LA PUERTA HACIA UN NUEVO PARADIGMA 235

Carolina Betsabe Goijman

PRÓLOGO

La ciudad, además de una realidad tangible y física, también es, definitivamente, una construcción social que conlleva ideas y valores de un conjunto, una aglomeración de personas que construyen lo tangible y proyectan lo social, compartiendo afinidades y generando conflictos.

Los conflictos sociales se perciben cuando numerosas personas advierten que sus derechos, necesidades o valores son vulnerados, cuando las perspectivas de diferentes sectores de la sociedad se contradicen y revelan malestar, desencadenando procesos y movilizaciones que buscan solucionar lo ocurrido.

Diferentes procesos globales actuales nos han enseñado que, para la disolución de un conflicto, se hace necesario legitimar los discursos, estimular los procesos a favor de la eficacia y generar trabajo colaborativo, donde es vital la participación de todos los actores.

La evolución en la solución de problemas en la actualidad está demostrando nuevas maneras de establecer relaciones sociales basadas en la colaboración, donde la arquitectura, el diseño y la construcción se convierten en procesos que pueden ser nutridos por diferentes habilidades.

En este contexto, es vital escuchar atentamente las voces provenientes de cualquier conformación social, quienes exhiben diversas realidades y problemas complejos, pero al mismo tiempo demuestran talento, destrezas y capacidades únicas, personas líderes que encabezan el camino hacia la reconciliación, una reconciliación que se manifiesta en la arquitectura a través del diseño participativo, el entendimiento del medio ambiente, en la valoración del patrimonio, o en las políticas de gobierno enfocadas a la construcción.

El VIII congreso de la construcción y la arquitectura sostenible, organizado por el programa de arquitectura de la Corporación Universitaria del Caribe -CECAR- sede de Sincelejo, tiene como objetivo socializar

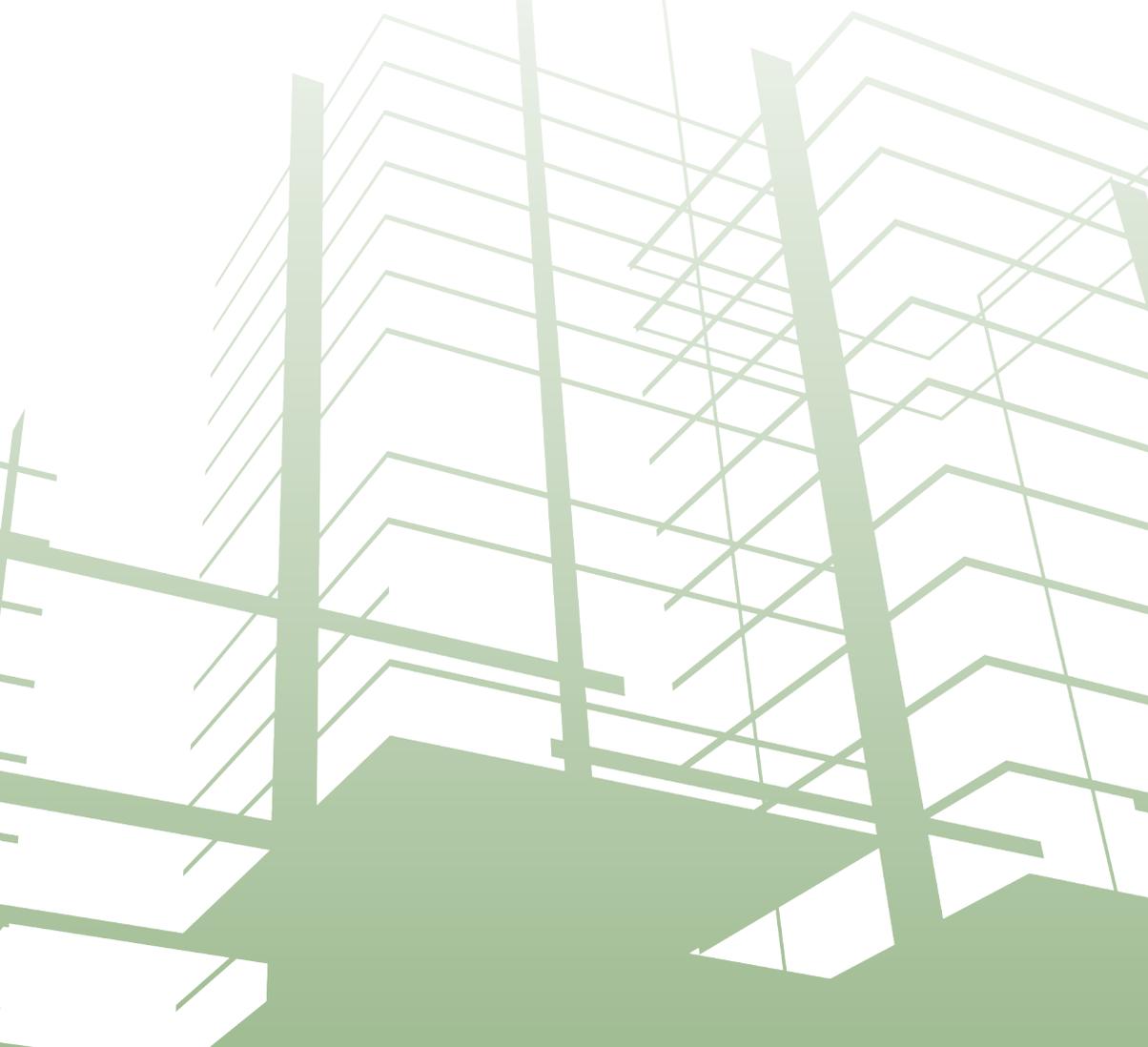
investigaciones y proyectos arquitectónicos donde la reconciliación ha sido un resultado palpable, de ahí planear acciones conjuntas destinadas a la resolución exitosa de conflictos.

Las siete investigaciones y proyectos que participaron en esta versión del congreso están enmarcados en tres categorías diferentes: “Arquitectura participativa”, “Innovación en sistemas constructivos” y “Medio ambiente y sostenibilidad”. Con esto se procura identificar iniciativas que impacten en diferentes sectores de la sociedad y que la arquitectura contribuya a la discusión del tema junto a todas aquellas disciplinas que crean pertinente su participación.

Daniel Marín Parra¹

1 Arquitecto. Magister en Proyecto Avanzado de Arquitectura y Medio Ambiente. Docente Programa de Arquitectura, Corporación Universitaria del Caribe – CECAR. Correo: daniel.marinpa@cecar.edu.co

ARQUITECTURA PARTICIPATIVA





Octavo Congreso de la Construcción y la
Arquitectura Sostenible

ENSAYO DE UN MÉTODO DE ARTICULACIÓN DE ASPECTOS PERCEPTIVOS Y TÉCNICOS EN LA VALORACIÓN DEL DESEMPEÑO LUMÍNICO DE LUZ NATURAL EN MODELOS DE AMBIENTES INTERIORES

Manuela Aldana Sánchez¹

INTRODUCCIÓN

Este trabajo presenta la integración de dos métodos de valoración de la luz en espacios interiores. Uno, es un método experimental que utiliza las gafas de realidad virtual para generar una experiencia inmersiva, con el objetivo de proporcionar un entorno alternativo para la valoración de preferencias de iluminación natural; el otro, es un método que identifica por medio de la fotografía digital de Alto Rango Dinámico (HDR), un mapa de luminancia y contraste, sobre un campo de visión. El propósito es vincular los enfoques técnicos y perceptivos de valoración, sobre siete escenarios diferentes de un mismo espacio interior, contrastando fenómenos independientes que permiten el análisis de conjuntos de datos complejos, y, correlacionando patrones de distribución de luminancia con preferencias del usuario.

Un incentivo importante de este experimento tiene que ver con reconocer la percepción del ser humano como un recurso esencial para enriquecer el proceso de diseño de espacios interiores. La traducción de valoraciones subjetivas a objetivos medibles puede facilitar la relación lineal o proporcionalidad entre variables de naturalezas diferentes. Aunque la correlación entre dos variables no implica por sí misma ninguna relación

1 Manuela Aldana Sanchez. Arquitecta. Candidata a magister en Bioclimática. Consultora Bioclimática de Exiplast S.A. Correo: manuela.al@exiplast.com.co

de causalidad (Hernández, 2010), explorar los posibles nexos que tiene la preferencia con las variables técnicas de la iluminación, permite ampliar el panorama de recursos que distingue el potencial de la experiencia como un medio prometedor para la comunicación de la luz en el diseño arquitectónico.

El objetivo de este trabajo como experimento de una metodología compuesta, es articular enfoques para el reconocimiento simple de datos técnicos lumínicos, en contraste con la valoración de las percepciones de un panel de expertos, permitió traducir y visualizar técnicamente sus preferencias, con el fin de acercar las intenciones formales del diseño con la perspectiva del observador, facilitando la integración de ambos enfoques durante el proceso de diseño.

Problemática

El proceso del diseño arquitectónico se puede ver limitado a un conjunto de restricciones que impiden responder a las necesidades o deseabilidades de los individuos en el mismo grado de refinamiento; las preferencias de los usuarios de alguna manera tienen que ser sintetizadas, y el papel principal del arquitecto es hacer este compendio de la mejor manera posible (Salazar & Gonzalez, 2012). El equilibrio entre variables y limitaciones que conducen a una solución de diseño espacial satisfactorio, no puede basarse únicamente en criterios medibles; partir de un enfoque de carácter cualitativo a la hora de diseñar, puede enriquecer significativamente la experiencia del ser humano con el espacio (Andersen, 2015).

El análisis cuantitativo y técnico del espacio arquitectónico puede ser un medio para comprender las relaciones físicas y el orden de causalidad externo (Hernández, 2010), especialmente el fenómeno de la luz natural. La luz natural influye en todos los aspectos de la vida del hombre, mediando aspectos tan esenciales como su espectro visual, su ciclo circadiano y su comportamiento (Margulis y Olendzenski, 1996). Es por esto que el diseño de luz natural en particular vincula la mirada crítica de los fenómenos físicos, articulando variables técnicas y perceptivas en sus efectos sobre el espacio.

Los sistemas métricos que demarcan la calidad en términos de desempeño lumínico al interior de los espacios, han sido bien aceptados como un recurso que delimita objetiva y cuantitativamente los niveles, y distribuciones lumínicas de un espacio, pero en términos de preferencia subjetiva y de percepción lumínica, aún se mantiene una brecha difícil de delimitar. El análisis cualitativo de la luz en un espacio arquitectónico es un proceso complejo de interpretar, pues tiene un lenguaje descriptivo y varía con cada persona, concibiendo la percepción del ser humano como una medida de valoración empírica, que reta al diseñador en su proceso proyectual.

Al tener en cuenta que la luz natural es un fenómeno físico que tiene tanta incidencia sobre la experiencia perceptiva del ser humano, aparece la necesidad de articular diferentes enfoques de valoración, permitiendo la implementación de nuevas metodologías que representen patrones, correlaciones y tendencias. La dependencia de los componentes del proceso de diseño arquitectónico no puede ser siempre objetiva, aun así, los desarrollos del mundo moderno han acelerado en gran medida estos procesos creativos y humanistas, subestimando el valor del enfoque cualitativo de la luz natural y diluyendo sus maneras de comunicarse y distinguirse con relevancia en los procesos de diseño. (Salazar & Gonzalez, 2012).

En ese mismo sentido, la capacidad de comunicar el efecto subjetivo del desempeño lumínico de un espacio interior podría presentarse como otra forma de procesar estrategias de diseño de iluminación a la inversa, en donde, si es posible entender el deseo del usuario como el objetivo que se desea despertar en el ser humano, se podrían recrear los efectos de luz necesaria o deseada, y consecutivamente, diseñar una metodología que permita consolidar los objetivos definidos a través de la forma geométrica de las entradas de luz, así:

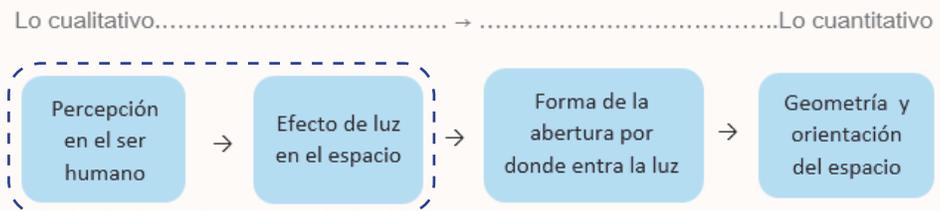


Figura 1 – Esquema que resume el procedimiento inverso propuesto en el proceso proyectivo de la luz natural en ambientes interiores. Producción del autor.

El reconocimiento de brechas entre la comunicación técnica de la luz y la preferencia visual del ser humano permite identificar baches no solo en el proceso de diseño, sino en la concepción de la teoría en la práctica, y la desarticulación de lo que se diseña con el efecto en el usuario que habitará lo diseñado.

Por todo lo anterior, la pregunta a resolver en este trabajo es:

¿Es posible relacionar por medio de un método, los aspectos técnicos de la luz natural y las preferencias lumínicas de las personas en diferentes escenarios interiores?

Objetivos

Objetivo general

Ensayar un método de articulación de aspectos **técnicos** y **perceptivos** en la valoración del desempeño lumínico de ambientes interiores.

Objetivos específicos

- **Identificar** los niveles de **luminancia** en el campo visual, para el reconocimiento de **datos técnicos** del comportamiento lumínico en diversos ambientes interiores.
- **Evaluar** aspectos de **preferencia lumínica** en ambientes interiores, a través de la valoración de las **percepciones por parte de un panel de expertos**.
- **Relacionar** los resultados de las evaluaciones **técnicas y perceptivas** de los efectos de la luz natural al interior de ambientes interiores.

Justificación

Dentro del amalgama de variables del proyecto arquitectónico, la luz natural en particular ha sido uno de los factores más significativos y determinantes dentro de los procesos del diseño arquitectónico, pues revela volúmenes y texturas que dotan de carácter las intenciones formales de un espacio, impactando no solo en su apariencia sino en la capacidad de realizar tareas visuales al interior, e influyendo en distintos comportamientos y estímulos humanos (Boyce, 1981).

La arquitectura en especial ha dispuesto de este recurso para su aprovechamiento y desarrollo, explorando formas de domesticar sus efectos y maximizar los beneficios que provee la iluminación del sol, haciendo de un recurso ilimitado, el medio de exploración de muchos otros procesos. Es por esto que la iluminación natural ha sido foco de innumerables investigaciones que proponen fuertes vínculos de la luz con los comportamientos biológicos y psicológicos del ser humano (Boyce, 1981; Evans, 2007; Fontenelle, 2008; Mardaljevic, Hescong, & Lee, 2009; Parpairi, Baker, Steemers, & Compagnon, 2002, entre otros), permitiendo comprender, como desde un enfoque cuantitativo que da respuesta a las necesidades de visibilidad, se pueden crear estrategias que enriquezcan cualitativamente la estética de los espacios.

Sin embargo, y aunque el panorama científico parece alentador, es bien sabido que durante el último siglo del desarrollo de la humanidad como sociedad, los procesos acelerados del consumo, la producción y la construcción de la infraestructura de las ciudades, han simplificado y replicado los fenómenos naturales que aportan a las condiciones de confort del ser humano, haciendo una simulación artificial de estos y homogenizando las variables que impactan el interior de un espacio, con el fin de simplificar los procesos de construcción que resuelven el desafío de vincular los espacios cerrados con su entorno.

Además, con el auge de la sistematización de fenómenos y la globalización de estándares de calidad de los ambientes interiores, surge la necesidad de unificar lenguajes, acogiendo por primera vez, algunas unidades bases de medida que puedan ser entendidas en diversos contextos, con el fin

de reconocer y unificar las formas de integrar magnitudes físicas. El siglo XX trae consigo grandes evoluciones resultantes de esta era industrial, siendo el Sistema Internacional de Unidades (SI) una de ellas, como un lenguaje que conecta perspectivas técnicas pero que diluye percepciones diversas.

Con la formalidad del SI, el manejo cuantitativo de la luz adquirió un papel protagónico a mediados del siglo XX, especialmente por el interés de garantizar “niveles uniformes de iluminación interior”, dirigiendo a la abstracción del fenómeno lumínico, y por ende, a la sustitución de la iluminación natural por la artificial, subestimando el valor del enfoque cualitativo de la luz natural y diluyendo sus maneras de comunicarse y distinguirse con relevancia en los procesos de diseño (Salazar & Gonzalez, 2012).

Tiempo después, y con la producción desmedida de las emisiones de CO₂ que generaron los hábitos modernos de los habitantes al interior de los edificios, surgieron nuevos pensamientos en torno al modo de diseñar y construir espacios, vislumbrando a principios de los años setenta, las consecuencias ambientales de la llamada “Sociedad Industrial” (Club de Roma, 1971). Con el tiempo la integración de la construcción de criterios de rendimiento en el proceso de diseño comenzó a recibir un gran nivel de atención, haciendo de la luz natural un medio imprescindible para disminuir el impacto ambiental de las edificaciones, y dirigiendo los procesos de diseño y constructivos, a una oportunidad operacional de menor consumo (IDAE., 2005). Todo este movimiento surge con mayor contundencia a finales del siglo XX, teniendo un objetivo básico e ineludible, y es que cualquier ahorro sólo puede ser efectivo si mejora las condiciones de confort y bienestar del ser humano (Andersen, 2015).

De igual manera, comprender la percepción del fenómeno físico de la luz en el ser humano, permite apreciar e influenciar positivamente el proceso de diseño (Baker & Steemers, 2013). La oportunidad de proponer un camino alternativo para relacionar el enfoque preferencial y el técnico, alineando el proceso del diseñador con los objetivos perceptivos del usuario, posibilita la proyección de un espacio que se analice desde el efecto en el ser humano antes que desde la forma.

Es por esto que con el propósito de concebir el diseño de espacios para el ser humano, surge una ola de profesionales y académicos, que analizan

los procesos de diseño con el entendimiento de las respuestas sensoriales, de confort y esencialmente subjetivas del ser humano, retomando los enfoques de las variables desde el punto de vista humano y recuperando alternativas, exploraciones e investigaciones con un enfoque cualitativo (Andersen, 2015; Kynthia, Chamilothoni. Jan, Wienold. Marilyne, 2016; Rockcastle, Chamilothoni, & Andersen, 2017).

Mujeres como Maryline Andersen, Kynthia Chamilothoni, Jennifer Veitch y Siobhan Rockcastle, representan y promueven a través de sus proyectos de investigación sobre la luz natural, la hegemonía de un diseño humano, dirigiendo la mirada a restablecer la función de los indicadores emocionales y perceptuales en un idioma claro que aporte al rendimiento arquitectónico, justificando la humanización desde lo científico, y detonando nuevas perspectivas para que la arquitectura pueda relacionar criterios cualitativos y cuantitativos de la iluminación. En la mayoría de los procesos de diseño, los arquitectos tienen que confiar en la intuición y la experiencia para evaluar los efectos lumínicos en el espacio (Andersen, 2015), abriendo paso a los proyectos de investigación que se puedan concentrar en el enfoque perceptivo como fuente de información.

Además del progreso que representa la humanización del proceso de diseño, es importante reconocer los avances que le ha permitido la tecnología a la ciencia. Recursos como la realidad virtual, la simulación de espacios virtuales y la fotografía digital, han resuelto grandes brechas de la comunicación visual, y como resultado, ha habido una tendencia creciente hacia el uso de presentaciones virtuales en la investigación. Dentro de estas han surgido indicadores para tratar de cuantificar o enmarcar la calidad de la luz, identificando relaciones entre variables físicas como el brillo y la preferencia de los ocupantes (Rockcastle & Andersen, 2013), basándose en imágenes 2D y fotografías convencionales como puntos de referencia (Veitch, 2016), e incluso en la cualificación del fenómeno de la luz por medio de renders (Newsham, Richardson, Blanchet, & Veitch, 2005), probando métodos de aproximación que aseguran que estos tipos de representación de la luz, son un medio prometedor para investigar impresiones objetivas y subjetivas, del espacio y la luz (Newsham et al., 2010; Cauwerts, 2013; Mahdavi y Eissa, 2002; Wymelenberg & Inanici, 2014).

Dentro de todos estos avances en torno a la iluminación natural, se detecta un reto desde el lenguaje, puesto que en muchos casos hablar de luz es hablar de percepción, y la percepción es consecuencia de la naturaleza subjetiva, siendo la luz, un factor que impacta fuertemente las formas en que se experimenta un espacio. Las imágenes fijas han sido parte del proceso durante décadas y finalmente, el éxito de los proyectos, se basa en representaciones realistas que permitan una experiencia versátil de lugares que aún no se han construido (Veitch, 2016).

En conclusión, los medios de representación digital y la valoración perceptual de la iluminación, adquieren cada vez más peso en el ámbito científico, pero más aún, representan una oportunidad para vincular perspectivas del diseño que puedan mejorar el desempeño ambiental en el ámbito real. La arquitectura debe funcionar con lenguajes transversales de rendimiento que acojan la mayor cantidad de enfoques, comunicando fronteras por medio de la luz natural.

Metodología

La metodología de este trabajo consiste en la valoración de los efectos de iluminación natural al interior de 7 escenarios desde dos enfoques distintos. Un enfoque técnico y otro perceptivo, desarrollado a través de dos procesos paralelos. Para el enfoque perceptivo fueron utilizadas fotos de modelos arquitectónicos haciendo uso de la realidad virtual, mientras que para el enfoque técnico fueron analizados modelos a partir de fotografías especializadas.

Los sujetos que participaron en el estudio de valoración son expertos en iluminación y el diseño de iluminación natural, algunos académicos y todos profesionales con al menos dos años de experiencia en ésta área.

A continuación, se exponen las tres etapas que describen a grandes rasgos, la secuencia que se realizó en el ensayo metodológico:

Etapa 1: Instrumentos y Objetos de estudio

La primera etapa es una etapa de contexto en donde se describen brevemente los instrumentos y materiales implementados, la presentación de los escenarios y el paso a paso de la captura de fotografías en 360 y en 2D.

Etapa 2: Levantamiento de datos

La segunda etapa presenta los flujos de identificación de datos técnicos y la valoración de percepciones, exponiendo por separado las metodologías que se hicieron de forma paralela para la presente investigación.

Etapa 3: Análisis de resultados

La etapa final se dispone a contrastar y analizar los resultados de los dos métodos de valoración en paralelo para contrastar y vincular los resultados, obteniendo un panorama que permita reforzar los vínculos entre el enfoque técnico y las preferencias visuales en los efectos de iluminación natural en ambientes interiores.

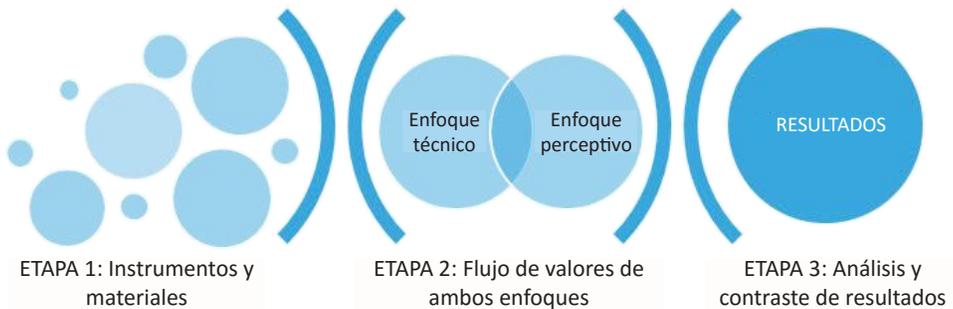


Figura 14 – Esquema resumen de las etapas de la metodología. Producción del autor

A continuación, se presenta el diagrama que resume la metodología completa, con la exposición de una secuencia bifurcada por ambos enfoques que finalmente se conectan para contrastar y relacionar los resultados obtenidos. El modelo de este ensayo toma como referencia recursos y métodos preexistentes expuestos en el marco teórico y conceptual, como flujo de trabajo alternativo que se alimenta de otras trayectorias investigativas.

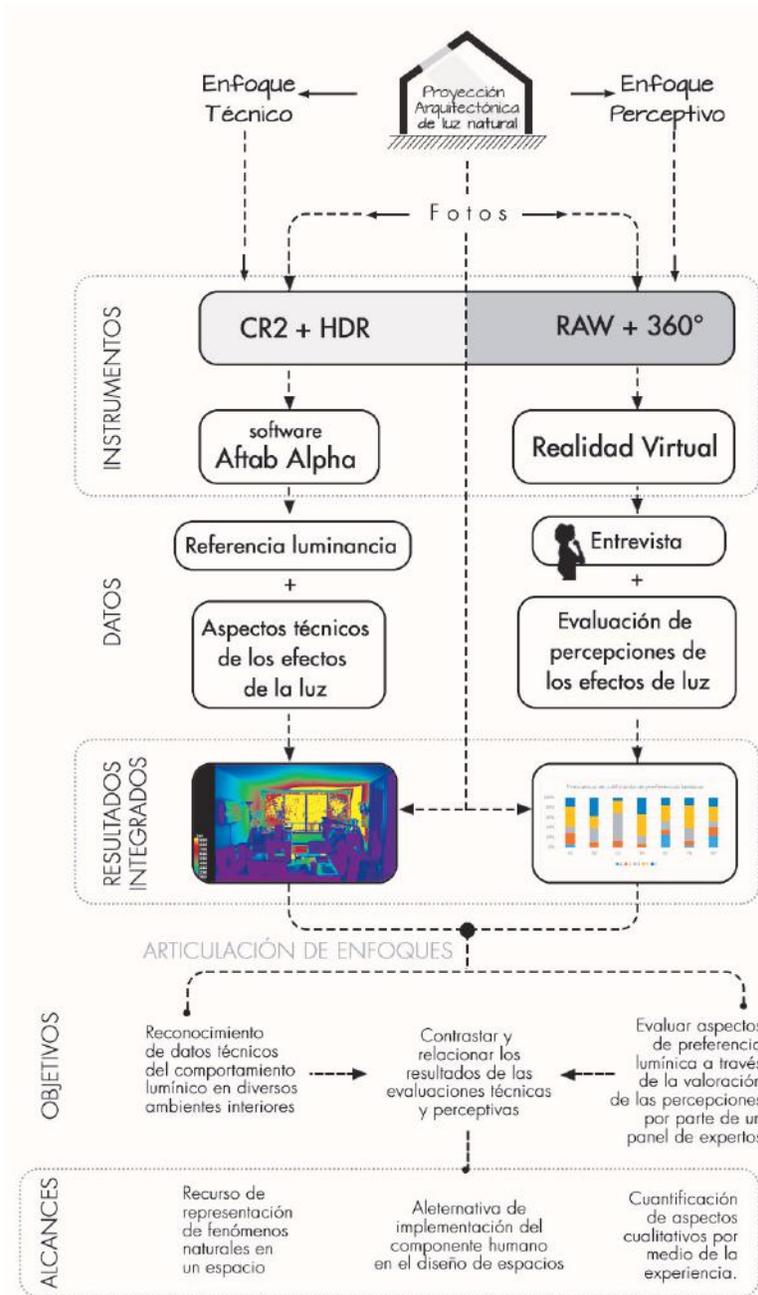


Figura 15 – Esquema resumen de la metodología. Producción del autor

Etapa 1

Instrumentos y Objetos de estudio:

INSTRUMENTOS:

Las herramientas se categorizaron a partir de su enfoque, dividiendo el proceso metodológico en dos ramas desarrolladas de manera simultánea, la técnica y la perceptiva.

Para el levantamiento de los datos de luminancia fue utilizado:

- Una cámara CANON EOS 70D
- Lente gran angular TOKINA 11-16mm
- Software Aftab Alpha
- Un Luxómetro DIGITAL UNI-T UT-383

Para el levantamiento de los datos subjetivos se contó con:

- Una cámara INSTA360 ONE
- Unas gafas de realidad virtual LOGIC 3D VR300
- 32 participantes expertos en el tema de diseño de espacios (*Panel de expertos*)
- Un modelo de *Entrevista* para la calificación y enumeración de escenarios
- Software Excel para tabulación de datos

MATERIALES:

Para ambos levantamientos se utilizó una maqueta escala 1:10, de piezas intercambiables para la creación de los diferentes escenarios de evaluación.



Figura 16 - Foto de la maqueta despiezada. Producción del autor



Figura 17 - Foto de las tapas superiores de la maqueta despiezada. Producción del autor

En los filtros de luz se usó albanene para generar el efecto difusor del material representando un filtro traslúcido en PRFV (Tejaluz Opal, Exiplast). La maqueta contó con un revestimiento monocromático blanco, que distingue unos elementos de colores y texturas colocados en el piso de la dirección en la que se dispuso el campo visual para la evaluación, como elementos de referencia para que la luz permitiera cambios sustanciales en su percepción.



Al interior de la maqueta se colocó una silla plástica monobloque color negro a escala (1:10) con la intención de afinar la percepción de realidad en todos los escenarios, componiendo un escenario semejante a una sala de estar, con una matera y una silla, esto con el propósito de vincular al espectador con un contexto real.

Figura 18 Foto de la silla utilizada al interior de la maqueta con elementos que exponen su proporción.

Efectos lumínicos para la evaluación:

REFERENTES:

Para este experimento, se determinaron una pequeña variedad de espacios arquitectónicos en función de la composición interna de la luz del día, desde la penetración directa de la luz solar a las condiciones difusas de un filtro traslúcido para la entrada de la luz natural controlada.

Todos estos espacios pueden considerarse arquitectónicamente convencionales, manteniendo dentro de la investigación casos de estudio que representen la aplicación real de los efectos de luz en obras distinguidas de la arquitectura moderna, comprendiendo la composición de la luz natural que supieron otorgar arquitectos como Tadao Ando, Álvaro Siza y Louis Khan en sus procesos de diseño. Se exponen brevemente algunos referentes en la recopilación de imágenes a continuación:

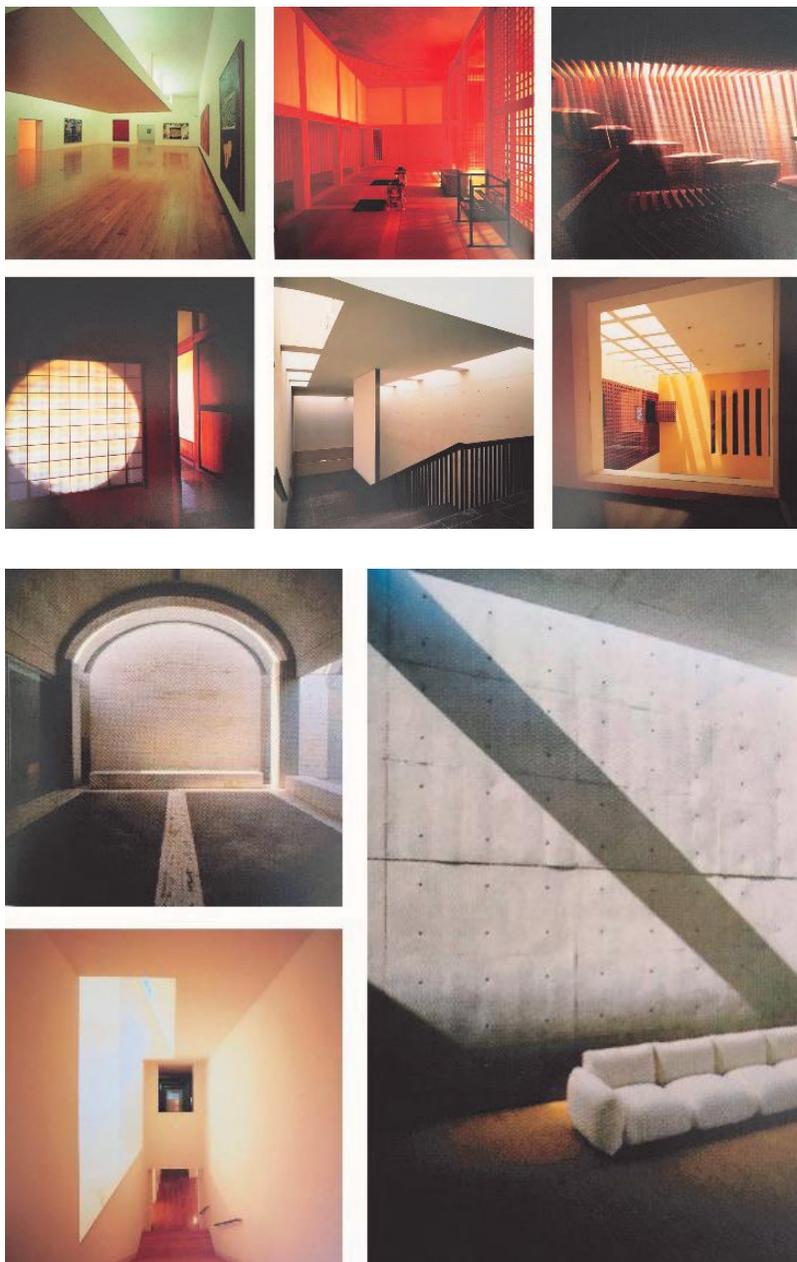


Figura 19 –Fotografías extraídas del libro *The architecture of natural light*, de Henry Plummer (2012)

ESCENARIOS:

Cada escenario distingue efectos de luz desde unas intenciones simples que no intentan exagerar desmedidamente los efectos planificados de luz. Todos estos, representan una construcción distinta del efecto lumínico, jugando con distintas superficies abiertas, tres porcentajes de abertura en el volumen y la posibilidad de filtro de la luz difusa, paso de luz directa y entrada de luz por reflexión. En la siguiente tabla se presentan los parámetros de composición de los escenarios que se eligieron con base en los referentes estudiados.

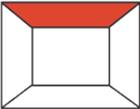
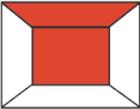
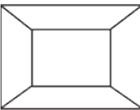
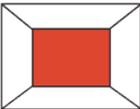
| SELECCIÓN DE ESCENARIOS A EVALUAR | | | | | |
|-----------------------------------|---|---|----------------|---|-----------------|
| ESCENARIOS | SUPERFICIE DE ABERTURA | % DE ABERTURA en el área de la envolvente | EFECTOS DE LUZ | REFERENTES | |
| | | | | PROYECTO | AUTOR |
| A1: Pérgola Directa |  | 15% | Directo | Tuskegee Chapel - Alabama, Estados Unidos | Paul Rudolph |
| B2: Pérgola Difusa | | | Difuso | Auditorio y Palacio de Congresos de Castellón - Castellón de la plana, España | Carlos Ferrater |
| C3: Calados Directa |  | 10% | Directo | Yoshijima house - Takayama, Japón | Nishida Isaburo |
| D4: Calados Difusa | | | Difuso | Water Temple - Hyōgo, Japón | Tadao Ando |
| E5: Cielo Descolgado |  | 5% | Reflejado | Kimbell Art Museum - Texas, Estados Unidos | Louis Kahn |
| | | | | Galician Centre of Contemporary Art - Galicia, España | Álvaro Siza |
| F6: Tres ventanas directa |  | 5% | Directo | Templo Tres Ventanas - Machu Pichu, Perú | Aztecas |
| G7: Tres Ventanas Difusa | | | Difuso | | |

Tabla 1 – Caracterización de escenarios. Producción del autor

El espacio de estudio fue de 4x7m, con una altura de 3m, dando como resultado un área de 28m² y un volumen de 84m³. Todos los escenarios contaron con la misma orientación, permitiendo el acceso de la luz natural desde la fachada Norte y cenital para mediar el efecto de la entrada de luz natural del medio día, del día de la sesión de fotos final (2 de junio del 2018), para una captura aproximada de asoleamiento de 38° azimut ESTE, y una altura de 67°, desde las coordenadas de la ciudad de Medellín (6°25'N, 75°34'O).

A continuación, se presentan los escenarios con sus características diferenciadoras y sus aspectos generales. Las siguientes imágenes hacen parte de una sesión de fotos alternativa que conformó parte del proceso de investigación para poner a prueba las condiciones de evaluación previas a la sesión de fotos definitiva, por eso la imagen puede verse con una escenografía diferente, pero responde a la misma composición.

Escenario A1 y B2: Tipo Pérgola:

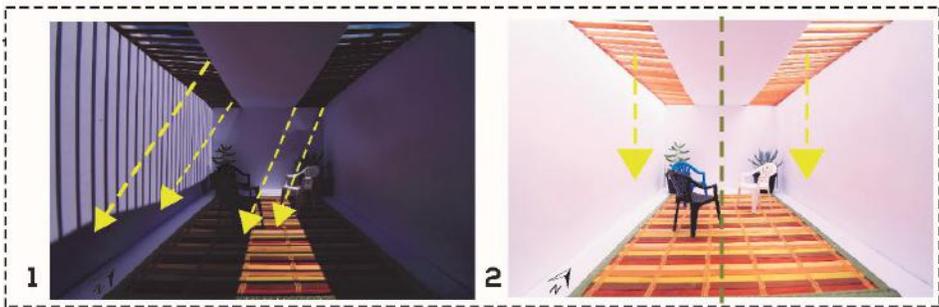


Figura 20 –Fotografías de los escenarios A1 y B2. Producción del autor.

Los primeros dos escenarios corresponden al mismo espacio pero se diferenciaron por el filtro de luz -difusa y directa-. Ambos espacios contaron con un 15% de área de abertura, concentrando la entrada del efecto de luz por los costados laterales del espacio de forma simétrica vertical.

Estos escenarios presentaron la mayor abertura propuesta, dirigiendo a una percepción que pudo parecer incómoda por deslumbramiento, teniendo en cuenta su composición.

Escenario C3 y D4: Tipo Calado:



Figura 21 –Fotografías de los escenarios C3 y D4. Producción del autor.

Estos dos escenarios también se diferenciaron por el filtro de luz difusa y directa, pero ambos espacios contaron con un 10% de área de apertura de la luz natural. El efecto de luz estuvo focalizado en la parte superior del fondo, matizando la entrada de luz a través de calados que conformaron una retícula.

Ambos escenarios permiten cierto grado de contacto con el entorno exterior, puesto que la abertura en el espacio estuvo a una altura cercana a la línea de horizonte, abstrayendo además de una imagen de fondo a considerar dentro de las percepciones de los evaluadores, una entrada de luz reflejada en las superficies blancas del exterior.

Escenario E5: Tipo Cielo Descolgado:

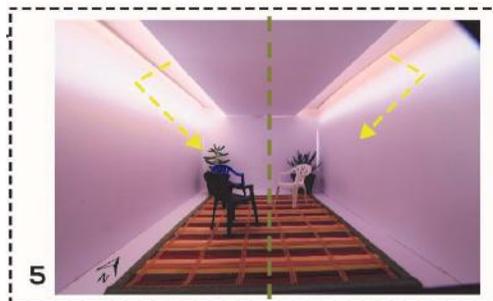


Figura 22 –Fotografía del escenario E5. Producción del autor.

El escenario E5 se diferenció de los demás por no tener la abertura de luz visible, distinguiéndose del resto de espacios significativamente. El efecto de luz entró al espacio de forma cenital indirecta, a través de luz reflejada por el cielo descolgado que quedó superpuesto a la abertura superior, esta grieta corresponde a un 5% de área de abertura en el volumen total del espacio.

Escenario F6 y G7: Tipo tres ventanas

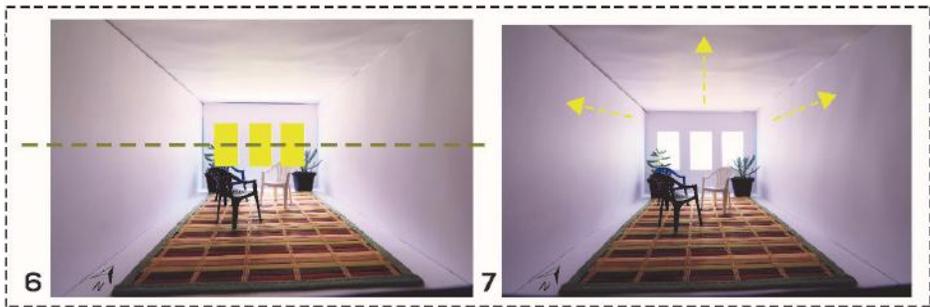


Figura 23 –Fotografías de los escenarios F6 y G7. Producción del autor.

Estos dos escenarios tuvieron la apertura de luz por tres ventanas con igual tamaño entre ellas, diferenciando un escenario del otro por el filtro de luz difusa que se pudo observar en el escenario G7. Ambos espacios contaron con porcentaje de área de abertura del 5%, con entradas de luz localizada en tres puntos que se ordenaron de forma simétrica, simulando un espacio residencial convencional que bien pudo ser un lote medianero. Es el escenario que tuvo más similitud con las entradas de luz de un espacio residencial usual.

LUGAR DEL REGISTRO DE LAS IMÁGENES:

La toma de fotografías a los escenarios se realizó en dos sesiones diferentes con el propósito de afinar métodos y medidas de las tomas de fotografías a los escenarios. Ambas sesiones se generaron en un parque infantil abierto, sin ningún elemento aledaño que pudiera generar sombra sobre la maqueta.

Para registrar las condiciones del entorno se capturó el tipo de cielo en el momento de la toma de fotografías (2 de junio del 2018) con el registro

de iluminancia respectivo para controlar los niveles de luz que hubo en el exterior y los niveles de luz que alcanzaron a penetrar el interior del espacio durante todo el procedimiento.

Cielo del escenario A1 y B2:

Cielo despejado (11:10am) – Promedio de iluminancia exterior:
128.900 lx



Figura 24 –Fotografía del cielo durante la captura de fotos en los escenarios A1 y B2.

Cielo del escenario C3 Y D4:

Cielo despejado (11:22am) – Promedio de iluminancia exterior:
127.700 lx



Figura 25 –Fotografía del cielo durante la captura de fotos en los escenarios C3 y D4.

Cielo del escenario E5:

Cielo semi-despejado (11:36am) – Promedio de iluminancia exterior:
123.000 lx



Figura 26 –Fotografía del cielo durante la captura de fotos en el escenario E5.

Cielo del escenario F6 Y G7:

Cielo despejado (11:47am) – Promedio de iluminancia exterior:
130.600 lx

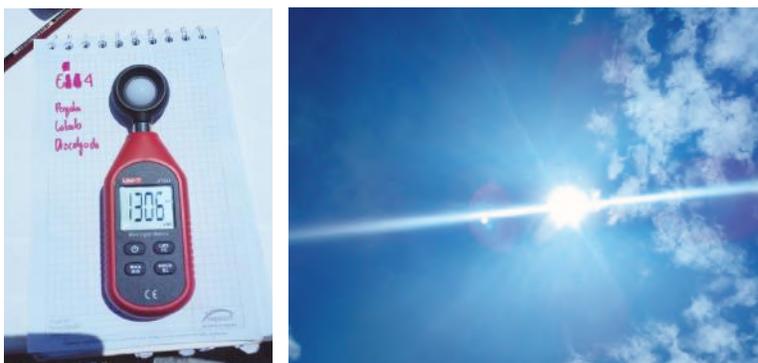


Figura 27 –Fotografía del cielo durante la captura de fotos en los escenarios F6 y G7.

Las fotografías:

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

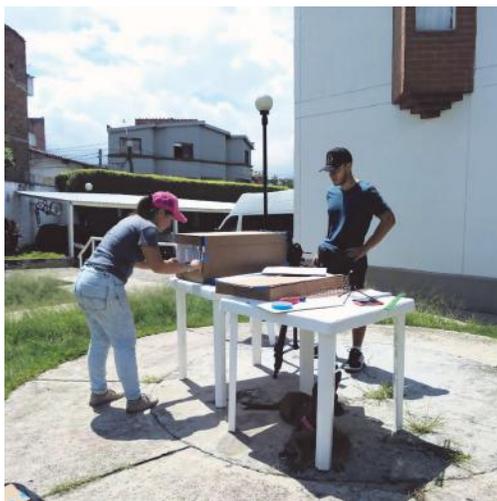


Figura 28 – Sesión de fotografías en espacio abierto.

Para mantener las mismas condiciones de luz, la toma de fotografías se realizó de manera rápida y práctica. A continuación se expone el paso a paso de cada uno de los escenarios. No sobra mencionar que los escenarios A1 y B2, C3 y D4, y, F6 y G7 son el mismo espacio, teniendo en cuenta que cada variación (efecto de luz directa y efecto de luz difusa por el filtro), generó un escenario. Para la escena E5, se siguen los mismos pasos pero al ser un espacio sin la apertura de luz visible, solo se realizó una secuencia de toma de fotografías.

Todos los escenarios se fotografiaron el mismo día en un rango de tiempo de 50 minutos, redondeando la toma de cada escenario en un promedio de 7 minutos, desafiando las variaciones del ambiente en la velocidad para atrapar las tomas, manteniendo las mismas condiciones del ambiente.

Todas las fotos fueron tomadas montadas sobre un trípode fijo, tanto para la cámara CANON EOS 70D como la INSTA360 ONE que se introduce al interior de la maqueta, para minimizar el desalinamiento y la deriva de la imagen. El lente gran angular TOKINA 11-16mm, permitió un ángulo aproximado de $93,5^\circ$ horizontalmente, $70,7^\circ$ verticalmente y $103,9^\circ$ diagonal, logrando un objetivo focal más corto, para acentuar la perspectiva, aumentando la sensación de la distancia y ampliando el campo visual de la cámara CANON EOS 70D. Los objetos al interior de los espacios y la posición de las cámaras utilizadas, se mantuvieron ubicados en el mismo punto, con el fin de que las escenas comparadas difirieran únicamente por los efectos de luz en el espacio.

Todos los escenarios contaron con recuadros de colores en el piso para aumentar la percepción del cambio de luz. Sobre uno de los recuadros color gris se colocó para todas las escenas el luxómetro UNI-T UT-383, recolectando las referencias de luz necesarias para poder calibrar posteriormente la suma de fotografías. Como premisa se mantuvo la mayor cantidad de variables controladas, cuando no fue posible, se adaptó el margen de exigencia concentrando los resultados en contextos enmarcados.

SECUENCIA de toma de Fotografías CR2/HDR - Línea de Enfoque Técnico

1. Se preparó la maqueta de la escena con el filtro difusor de luz. Esta maqueta contó con una cara abierta, ubicada en la parte trasera del escenario, pues por medio de esta superficie se ubicó la cámara CANON EOS 70D para tomar las fotos CR2, manteniendo el resto de superficie cerrada y solo permitiendo que entrara el lente en la escena, fotografiando $93,5^\circ$ del escenario en sentido horizontal y $70,7^\circ$ en sentido vertical a partir de la ubicación de la cámara.
2. Antes de cada captura de fotos, se midió el nivel de iluminancia con el luxómetro (UNI-T UT-383), tomando referencia de los niveles de luz para cada escena.
3. Se tomaron siete fotografías LDR en formato CR2 que cubrieran la medida máxima de una imagen HDR del escenario, basada en 7 paradas de rango de luminancia, tomando cada foto con una exposición distinta para construir una secuencia que asume las exposiciones de lento a rápido, obteniendo como resultado imágenes en formato CR2 con los siguientes tiempos de exposición y diafragmas.
 - 4 segundos + f/5,6;
 - $\frac{1}{4}$ segundos + f/5,6;
 - $\frac{1}{30}$ segundos + f/5,6;
 - $\frac{1}{250}$ segundos + f/5,6;
 - $\frac{1}{125}$ segundos + f/22;
 - $\frac{1}{1000}$ segundos + f/22;
 - $\frac{1}{8000}$ segundos + f/22.

4. Se reorganizó la maqueta para capturar la escena sin el filtro difusor de luz, obteniendo la escena de luz natural directa.
5. Sobre la modificación del punto 4 se repitió el punto 3.

A continuación, se exponen las 7 fotos LDR del escenario A1 para presentar el efecto que genera la configuración de la cámara en la captura de distintos tiempos de exposición en un solo espacio:



Figura 29 –Secuencia de fotografías tipo CR2 con distintos tiempos de exposición y diafragma, del escenario A1. Producción del autor.

La configuración final de la cámara relacionó tanto abertura como tiempo de exposición, todas con sensibilidad ISO en 100, sobre 7 capturas LDR en formato CR2 para cada escena de la siguiente manera:

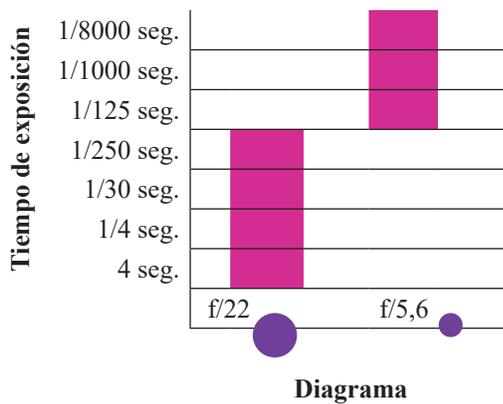


Tabla 2 – Configuración de la cámara para capturas de imágenes CR2 para conformación de HDR asumidas en la presente investigación. Producción del autor.

SECUENCIA de toma de Fotografías 360° - Línea de Enfoque Perceptivo

1. Inicialmente se preparó la maqueta con el filtro difusor de luz. Esta maqueta mantuvo todas las tapas cerradas, encerrando incluso la cámara INSTA360, puesto que esta se activó a través de Bluetooth, configurando de manera inalámbrica la exposición de cada fotografía.
2. La cámara 360 se configuró para capturar tomas con formato RAW. La primer foto fue la toma de referencia, colocando el luxómetro al interior de la maqueta con un “*post it*” que representó de forma explícita la primera toma de cada sesión, para que al revisar el rollo de fotografías se distinguiera la secuencia de fotos de la escena que se fotografió, y así consecutivamente se pudiera relacionar la cantidad de luz en un punto específico de la maqueta para calibrar la identificación de cantidades de luz en la foto HDR (secuencia posterior).
3. Se tomaron tres fotografías LDR en formato RAW, la primera con un nivel -2 de exposición, la segunda con 0 de exposición, y la última con +2 de exposición, obteniendo tres fotografías por escena 360°, que posteriormente se fusionaron a través del software GoPro Player, conformando la experiencia inmersiva en HDR.
4. Se reorganiza la maqueta para capturar la escena sin el filtro difusor de luz, obteniendo la escena de luz natural directa.
5. Sobre la modificación del punto 4 se repiten los puntos 2 y 3



Figura 30. Espacio abierto para la toma de fotografías y toma de referencia de lx al interior de la maqueta. Producción del autor.

Posterior a la captura de fotografías en formato 360°, se integraron las tres imágenes RAW por medio del software GoPro Player y Photoshop, que recibe un formato plano como abstracción del formato 360°, otorgado por la cámara INSTA360 ONE. La suma de las tres imágenes con diferente exposición permitió identificar rápidamente el formato HDR para adquirir finalmente las escenas que simularon la visión humana, esto para la experiencia inmersiva que propone el presente experimento (CreatorUp, 2017).

Las imágenes HDR que fueron extraídas de la sesión de fotos 2D con la CANON EOS 70D exhibieron una disminución notable en el brillo desde el centro de la imagen al perímetro de la imagen. Posterior al mapa de luminancias que se diagnosticó de la calibración de fotografía HDR en Aftab Alpha, se notó la disminución de la cantidad de luz, que aparentemente no correspondía con el efecto de luz capturada por la fotografía de experiencia inmersiva 360°. Este resultado puede ser el efecto que denomina Inanici y Cauwerts como “Viñeteado” (Inanici, 2006; Cauwers, 2012), en donde desde la periferia hacia el interior, se pudo reducir el nivel de luz significativamente.

Ambas cámaras, tanto la CANON EOS 70D como la INSTAONE 360 fueron montadas en trípodes a escala del procedimiento, teniendo en cuenta que al tomar la foto 360° vía Bluetooth, la cámara se introdujo en la maqueta para capturar las condiciones reales en un panorama de 360°, y que al usar la cámara CANON, se abrió una de las fachadas contrarias al escenario para capturar los 103,9° en sentido diagonal de campo visual que fueron mapeados.



Figura 31. Trípode de ambas cámaras.

La cámara 360° cuenta con dos lentes en direcciones opuestas, ambos pueden capturar un poco más de los 180° para solucionar la costura entre panorámicas lo mejor posible. La cámara principal se colocó en dirección a la abertura, siendo esta vista la que se evaluó.

Las fotografías se tomaron con una incursión cenital del sol para un día despejado, tomando rangos de iluminación exterior que oscilaron entre los 119.000 lx y los 128.000 lx, identificando tan solo un 7% de rango de holgura en la variación de la cantidad de luz al exterior.

Otro efecto que se tuvo en cuenta dentro del procedimiento de captura HDR fue el “desbordamiento luminoso”, pues incluso la mayor apertura del lente en este estudio ($f/22$), tuvo un alcance luminoso limitado, que en condiciones de exceso de luz, genera una mancha distorsionada sobre la fotografía que no correspondió a lo observado a través de la realidad virtual. Teniendo en cuenta que esto puede asumirse como un defecto que responde a la capacidad de la cámara, se omitieron las zonas manchadas para tomar referencias de luminancia o contrastes que pudieron haber entrado en el análisis de datos de los resultados finales.

La toma de fotografías se realizó en dos sesiones de fotos. La primera se realizó el 12 de mayo, en donde se reconocieron factores importantes a tener en cuenta en el experimento para ajustar las condiciones de la maqueta con el entorno y lograr capturar todos los datos relevantes. La segunda se realizó el 2 de junio durante el transcurso de la mañana, aunque se percibieron cambios menores en el ángulo del sol en este periodo, se tuvo en cuenta que las condiciones del cielo eran óptimas para mantener rangos estables de iluminación natural, dado el cielo despejado.

Etapa 2

Levantamiento de datos:

Esta etapa corresponde a la extracción de valores del enfoque técnico.

PROCESO DE IDENTIFICACIÓN DE LUMINANCIA Y CONTRASTE:

La técnica fotográfica de imágenes de alto rango dinámico utilizada en el presente proyecto de investigación, utilizó las siete tomas con variación del enfoque de cada escena, conformando una secuencia que contiene diferentes pixeles con la exposición adecuada, subexpuestos y sobreexpuestos (Reinhard et al., 2001), identificando para cada escenario, cantidad y distribución de luminancias, para poder finalmente, distinguir los contrastes en cada ambiente evaluado.

Es por medio del software Alpha Aftab, por el cual se vincularon las 7 capturas LDR en formato CR2, con el fin de construir un mapa de colores falsos, los cuales representan los rangos de variación de la luminancia (Inanici, 2006), a partir de una referencia de luz previamente identificada en la escena real, con un sensor medidor de luz (luminancímetro, luxómetro u otro).

A continuación, se presenta brevemente los pasos que se siguieron para calibrar y realizar el mapa de falso color en representación de los niveles de luz:

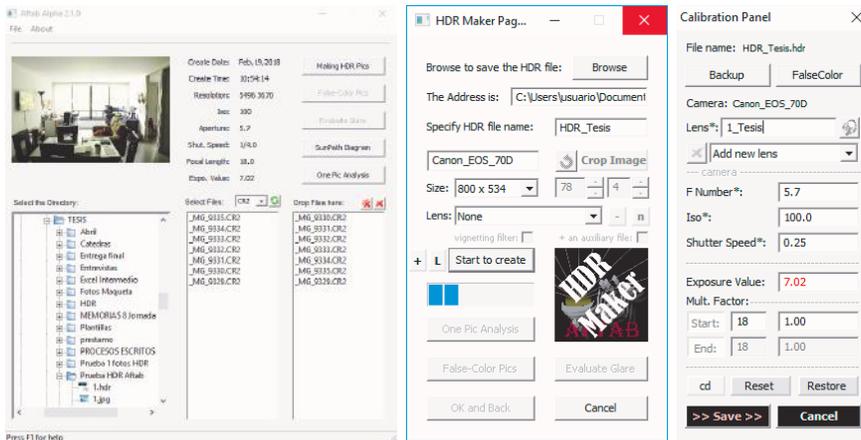


Figura 32 – Ventana inicial en donde se introducen las fotos en formato CR2 o RAW y proceso de calibración de la imagen. Producción de Aftab Alpha y el autor.

El software permite montar menos o más fotos de las que se presentan en este trabajo de investigación, se recomiendan que sean mínimo 3 fotos para resultados válidos. Es posible configurar algunos datos como el nombre del lente y el tamaño formato.

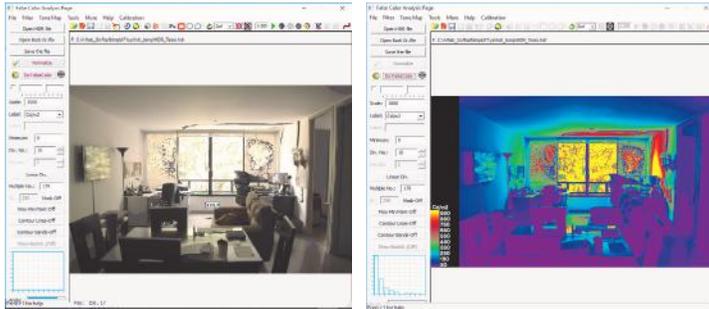


Figura 33 – Referencia de luz en la imagen y construcción de mapa de falso color. Producción de Aftab Alpha y el autor.

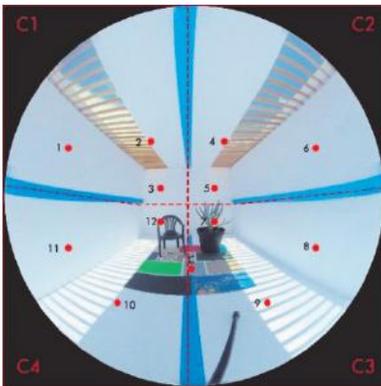


Figura 34 – Representación de referencia de 12 puntos dentro de cada una de las escenas. Producción del autor.

El software presenta varias formas de representar el análisis de luminancia detectado en la imagen, incluso permite que la barra de convenciones de color responda a distintas escalas y niveles de candela o de lux, construyendo diversidad de resultados según la necesidad.

A partir de estas herramientas se tomaron en consideración doce puntos ubicados en todas las superficies de cada escena, consiguiendo tres puntos organizados simétricamente para cada cuadrante, de modo que se mantuviera una tabulación ordenada de los niveles de luz.

Flujo de valoración por percepción:

Esta etapa corresponde a la evaluación de valores del *enfoque perceptivo*. Para este experimento se fotografiaron 7 escenarios en total, todos aprovecharon las mismas condiciones de luz natural. El flujo de valoración cualitativo es simultáneo al flujo de identificación cuantitativa del capítulo anterior.

PANEL DE EXPERTOS:

Los participantes del experimento de valoración se consolidaron como el *Panel de Expertos* por ser diseñadores de espacios que enfatizan en las propuestas de iluminación o académicos de la iluminación que se han especializado por años en este estudio. La valoración se realizó con 32 participantes, 15 mujeres y 17 hombres. De los 32 participantes el 66% tiene entre 20 y 29 años y el 34% tiene entre 30 y 55 años. El promedio de edad fue de 28,21 años.

De los participantes, 18 dijeron ver bien, 5 dijeron tener Miopía, 2 Astigmatismo y, 7 Miopía y Astigmatismo, concentrando la participación de personas con alguna patología visual en un 44% y los que dijeron tener buenas condiciones visuales en un 56%.

La toma de valoración se hizo a través de unas gafas de realidad virtual que permitieron hacer portátil la experiencia inmersiva, permitiendo llegar a más personas, con énfasis diversos, en poco tiempo.

A continuación, se representa en gráficas porcentuales, la participación del Panel de Expertos según su lugar de trabajo, su profesión y su énfasis profesional:

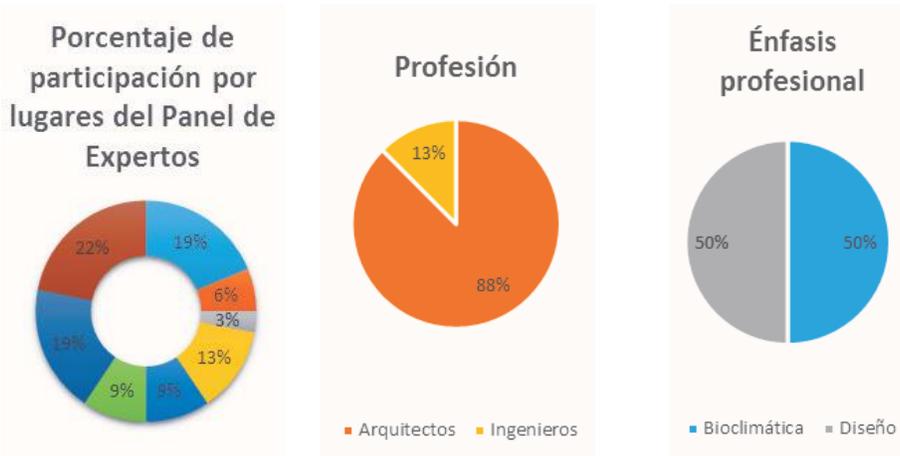


Figura 35 – Representación del porcentaje de la diversidad y la proporción de los lugares de donde pertenecen los evaluadores (Panel de Expertos), su profesión y su énfasis laboral manifestado.

PROCESO DE LA VALORACIÓN POR PERCEPCIÓN:



La duración de la entrevista de valoración fue de 10 minutos por cada participante, realizadas en citas programadas en cada oficina o en sus casas. Al comienzo de cada sesión se pidió a cada participante que se pusiera cómodo, se le explicó cómo a través de las gafas se inmergirían en 7 escenarios distintos del mismo espacio proyectado para CONVERSAR, con el fin de que no tuvieran una actividad que les demandara alta agudeza visual y pudieran contemplar el efecto de luz en el espacio. Cada entrevista solicita los datos demográficos sobre su nombre, edad y énfasis profesional, además, se les solicitó información acerca de su salud visual, en caso de que tuvieran cualquier tipo de deficiencia. A cada participante se le pidió que usara lentes de contacto o anteojos si era necesario, para garantizar la veracidad visual de su evaluación.

Mientras que cada sujeto observó a través de las gafas de realidad virtual los 7 escenarios, se le fueron leyendo las preguntas de calificación y enumeración para que respondiera de forma oral cada una de sus respuestas, manteniendo su concentración inmersa en la experiencia virtual.

Para la encuesta se establecieron rangos de 5 posibilidades de respuesta en la calificación, para mejorar ajuste a las curvas de normalidad, siendo 5 alta preferencia, 4 media preferencia, 3 indiferente, 2 poca preferencia y 1 nada de preferencia.

Durante el proceso de calificación de preferencias, no se mencionaron conceptos del tipo “bueno o malo” ya que la escala de este tipo de mediciones no es comparativa, y se pretendió que el evaluador tomara su propio juicio sin ningún tipo de influencia.

A continuación, se presenta la entrevista realizada:

ENTREVISTA DE VALORACIÓN DE LUZ NATURAL EN EL ESPACIO

Nombre: _____

Edad: _____

Profesión: _____

Fecha: _____

Los siguientes escenarios representan un espacio para conversar, ubicado en la ciudad de Medellín, con unas condiciones de confort estables, a continuación se hacen unas preguntas para calificar cada escenario.

1. Según tus preferencias sobre el efecto de luz natural al interior de cada espacio, califica de 1 a 5 cada escenario presentado a través de las gafas de realidad virtual, siendo 5 muy preferido y 1 nada de preferido.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Escenario 1 - PÉRGOLA con Luz directa | | | | | |
| Escenario 2 - PÉRGOLA con Luz difusa | | | | | |
| Escenario 3 - CALADOS con Luz directa | | | | | |
| Escenario 4 - CALADOS con Luz difusa | | | | | |
| Escenario 5 - CIELO DESCOLGADO | | | | | |
| Escenario 6 - TRES VENTANAS con Luz directa | | | | | |
| Escenario 7 - TRES VENTANAS con Luz difusa | | | | | |

2. A continuación enumera en orden de preferencia los escenarios, empezando por el que más te gusta al que menos te gusta.

Figura 36 – Entrevista usada para recopilación de valoraciones. Producción del autor

Las entrevistas de valoración fueron realizadas a mediados del mes de julio del 2018 en lugares de la ciudad de Medellín. Los sujetos fueron voluntarios no remunerados que fueron reclutados por correo electrónico, redes sociales y/o llamadas de invitación. El estudio se llevó a cabo para cada participante en un espacio fresco y silencioso, con el fin de minimizar los factores de dispersión que pudieran afectar la experiencia inmersiva.

Cuando estuvieron listos, y hubieran calificado independientemente cada uno de los escenarios por medio de la realidad virtual, se les pidió a los participantes que se quitaran las gafas y se les presentó las fotos impresas de los siete escenarios representados en orden aleatorio para que, organizar de mayor a menor gusto los escenarios, visualizando el panorama completo posterior a la experiencia de realidad virtual. Esto pretendió un análisis comparativo que permitiera diferenciar o “desempatar” los resultados finales de la valoración que otorga inicialmente la calificación.



Figura 37 – Fotografía de una de las arquitectas participando de la experiencia inmersiva y la entrevista

Los evaluadores manifestaron en general sentirse bien con el experimento. Al ser un proceso de recopilación de datos manual y presencial, se encontraron las oportunidades de conocer otras percepciones de la realidad virtual expuesta, diferentes a las que la entrevista solicita. Entre los comentarios más valiosos aparecieron preguntas acerca del tiempo, la temperatura y la compañía de la situación simulada, exponiendo cómo el ser humano se conecta con todos los factores que influyen su experiencia del espacio, sobrepasando las características de la estética espacial, y comprendiendo que el mundo de la percepción es transversal a una diversidad de factores físicos y psicológicos.

Etapa 3

Los Resultados

Análisis de resultados:

RESULTADOS TÉCNICOS DE LUMINANCIA:

Lo que se va a identificar desde el enfoque técnico es la distribución y proporción de luminancias (cd/m^2) en el espacio y el contraste de 13 puntos de referencia que coinciden por ubicación en todas las escenas, describiendo fenómenos cuantitativos del desempeño lumínico que suceden en cada una de las escenas.

Para la presentación de las imágenes con falso color, se exponen dos versiones del mismo escenario pero con diferentes escalas de convención, con el propósito de tener un mismo rango de medida tanto para las escenas que presentan niveles de luminancia inferiores a $1000 \text{ cd}/\text{m}^2$, como para las escenas con niveles que alcanzan o superan los $3000 \text{ cd}/\text{m}^2$.

ESCENARIO A1

El escenario A1 se distinguió por la definición equilibrada de sus altos contrastes, dada la apertura de luz directa cenital, esto se puede explicar por el porcentaje de abertura, paso de luz directa y hora en la que fueron tomadas las fotografías, siendo casi al medio día con cielo despejado. Por las condiciones mencionadas, se consideró que la imagen que mejor representa el desempeño lumínico es la imagen de falso color con escala de $0\text{-}3000 \text{ cd}/\text{m}^2$. Esta presenta una gama de colores fríos que distinguen niveles de luminancia que van entre 150 y $1050 \text{ cd}/\text{m}^2$, pero permite la diferenciación de las franjas amarillas que alcanzan más de $3000 \text{ cd}/\text{m}^2$, exponiendo una

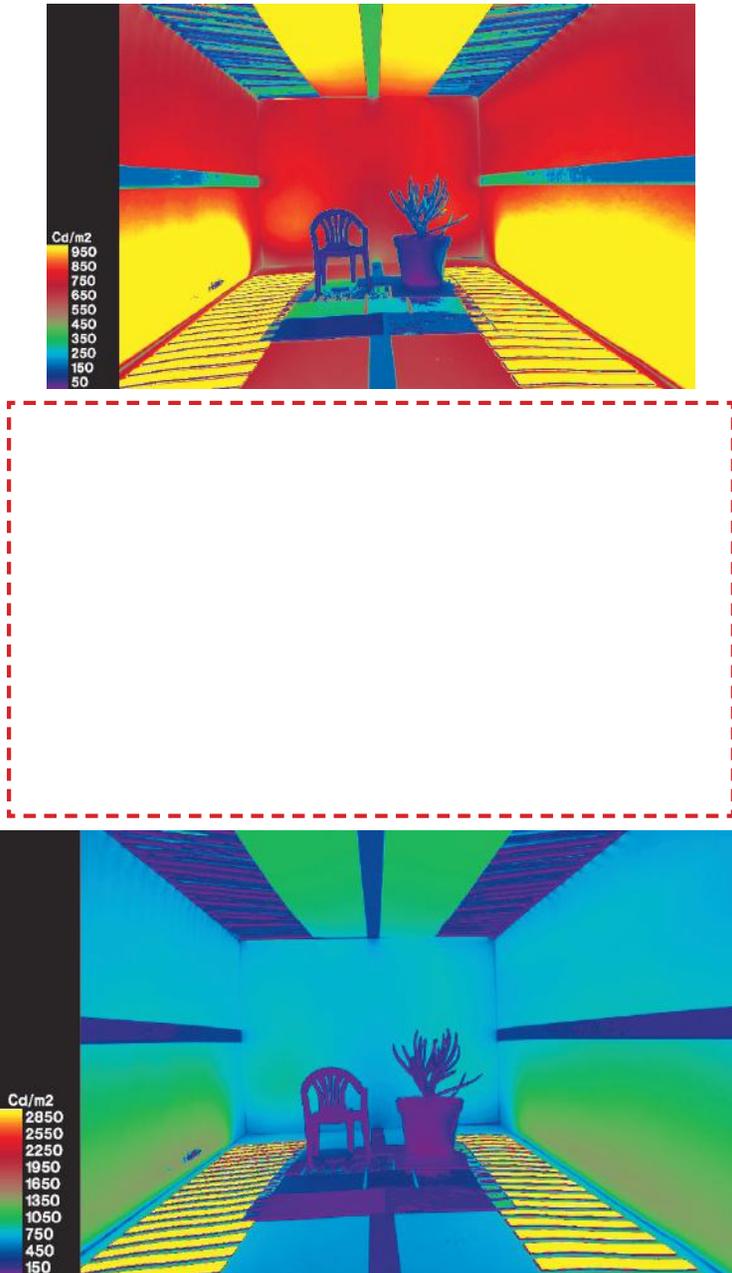
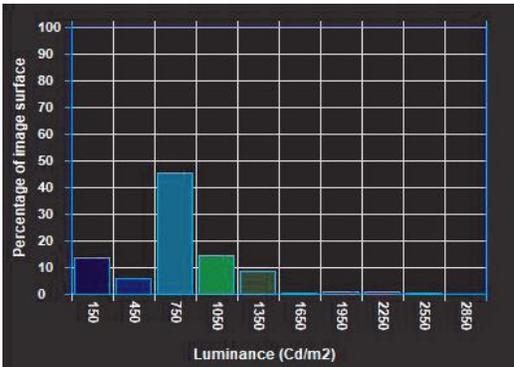


Figura 38 – Mapa de color representando los diferentes niveles de luminancia en el escenario A1 con distintas escalas de convención. Producido por Aftab Alpha y el autor.



Producido por Aftab Alpha y el autor.

- Valor de luminancia promedio: 884,08 cd/m²
- Valor de luminancia máximo: 4167,12 cd/m²
- Valor de luminancia mínimo: 1,47 cd/m²
- Porcentaje total de área de luminancia identificada: 97.8%

Figura 39 – Porcentaje de área por Niveles de luminancia capturados en el escenario A1.

La identificación de contrastes sobre los puntos de referencia de cada escenario son producto de la referencia del luxómetro durante la sesión de fotografías + la calibración de la imagen HDR en el software Aftab Alpha y + la identificación de luz en el resto de superficies generado por el mismo software. Se consideró una selección de 12 puntos distribuidos simétricamente por todas las superficies y un punto de referencia (C:0) para una toma de datos controlada.

El punto 9 se ubica estratégicamente debajo de la superficie iluminada con luz directa para recopilar todos los datos convenientes para el análisis de desempeño lumínico cuantitativo.

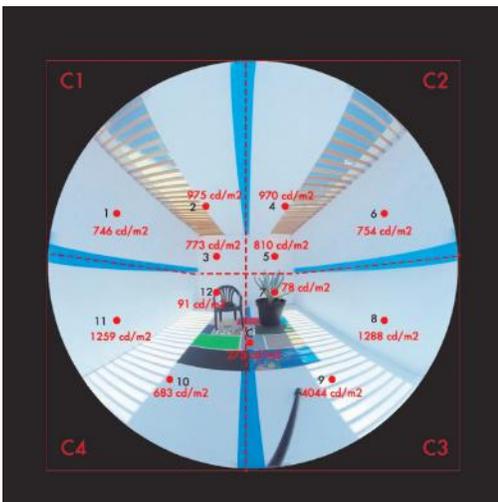


Figura 40 – Referencia de luminancias en 12 puntos del escenario A1. Producido por Aftab Alpha y el autor.

En el análisis gráfico de contrastes sobre los puntos de referencia del escenario A1, el valor de luminancia que está ubicado en el punto de referencia 9, dista significativamente de los demás, marcando un nivel de altos contrastes de 1:52 que se evidencia igualmente en la imagen de falso color.

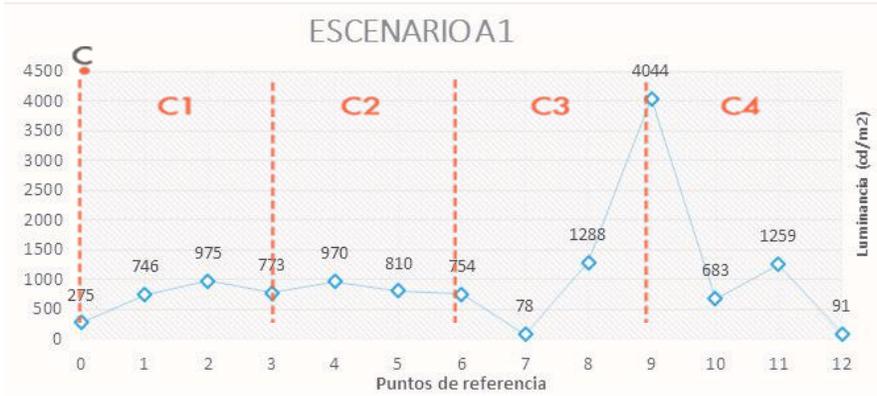


Tabla 3 – Presentación de puntos de referencia de luminancias reconocidas en la imagen anterior.

ESCENARIO B2

El escenario 2B se analiza al igual que el escenario A1 en la imagen de falso color de escala 0-3000 cd/m², respondiendo a los mismos puntos de comparación para proporcionar unidades de medida con un porcentaje de área de abertura del 15%. El filtro de iluminación natural difuso tiene un gran impacto sobre la cantidad y el efecto de luz que entra al espacio, suavizando los contrastes y homogenizando sustancialmente el efecto lumínico de la escena.

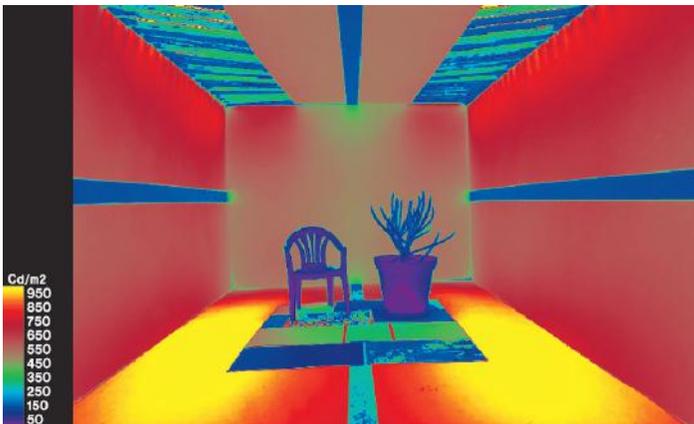
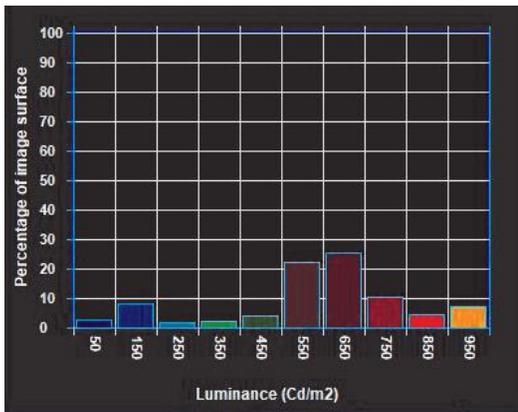




Figura 41 – Mapa de color representando los diferentes niveles de luminancia en el escenario B2, con distintas escalas de convención. Producido por Aftab Alpha y el autor.



- Valor de luminancia promedio: 593,22 cd/m^2
- Valor de luminancia máximo: 2092,51 cd/m^2
- Valor de luminancia mínimo: 1,3 cd/m^2
- Porcentaje total de área de luminancia identificada: 95,88%

Figura 42 – Porcentaje de área por Niveles de luminancia capturados en el escenario B2.

Producido por Aftab Alpha y el autor.

El promedio de luminancias queda en casi $600\text{cd}/\text{m}^2$ con un rango de contraste exponencialmente menor al escenario anterior (A1). A pesar de que el punto de referencia (C:0) es superior, las condiciones lumínicas de todo el escenario como conjunto quedan concentradas en un rango más cerrado, presentando un contraste 1:21 menor a mayor punto de referencia y evidenciado en el mapa de falso color.

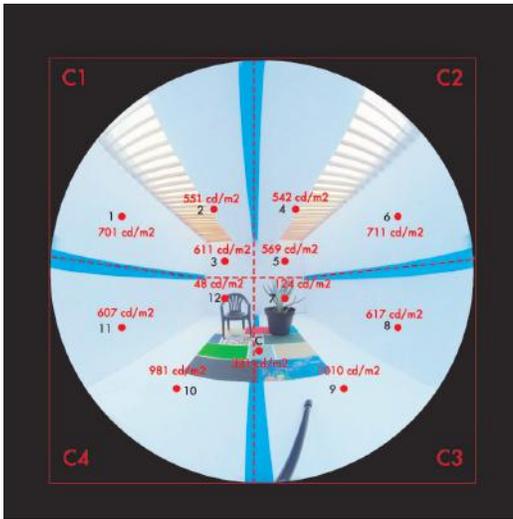


Figura 43 – Referencia de luminancias en 12 puntos del escenario B2. Producido por Aftab Alpha y el autor.

El análisis de contrastes sobre los puntos de referencia del escenario B2, presentan dos puntos con alto grado de luminancia (9 y 10) y dos puntos con bajo grado de luminancia (7 y 12), pero en general, el grado de diferencia entre el conjunto total de puntos de mantiene menor. El punto de referencia identificado en la sesión de fotografía corresponde en la imagen al punto C y en el gráfico al punto 0.

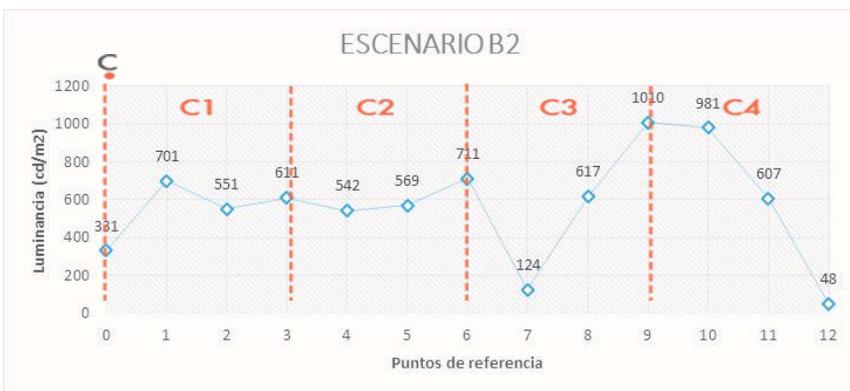


Tabla 4 – Presentación de puntos de referencia de luminancias reconocidas en la imagen anterior.

ESCENARIO C3

El escenario C3 es uno de los tres escenarios de siete que permite el contacto con el exterior, presentando una característica que dinamizó los resultados tanto cuantitativos como cualitativos, pues es el primer escenario que fomenta un vínculo con elementos externos a la altura del observador, en este caso se alcanza a ver un parque para niños y un muro blanco, contando con una variable genera cierto grado de influencia sobre la iluminación que distingue el mapa de falso color del interior de la escena. Este escenario se mide desde la escala de convención de 0-1000cd/m², para poder distinguir la diversidad de colores y por ende de niveles de luz.

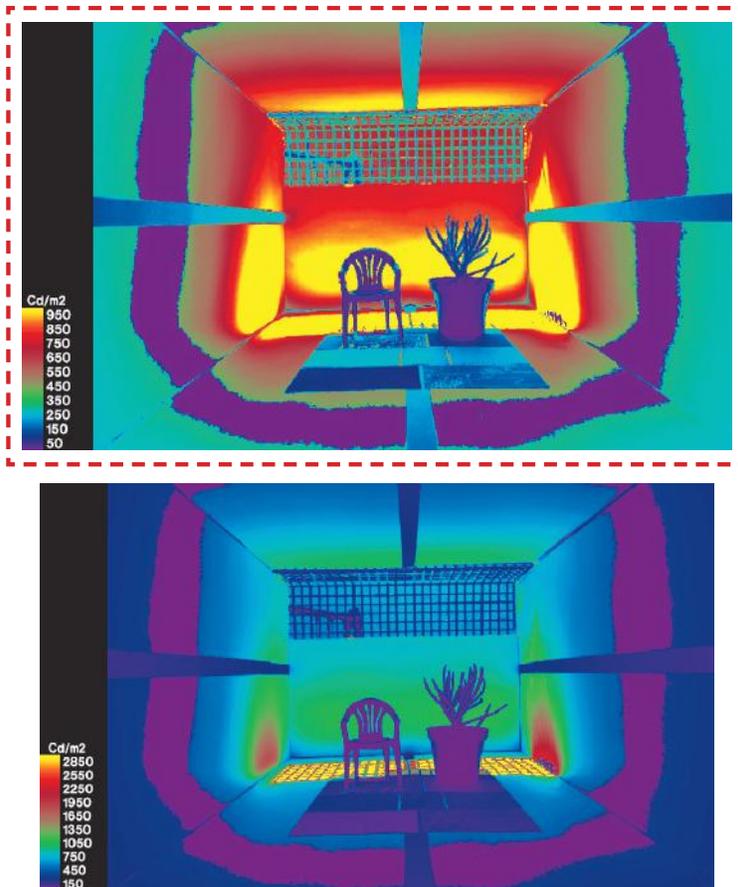
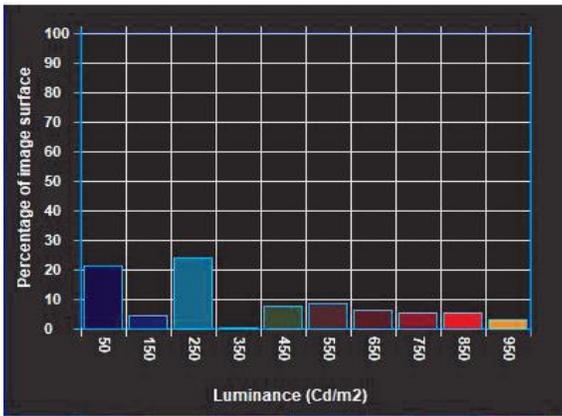


Figura 44 – Mapa de color representando los diferentes niveles de luminancia en el escenario C3, con distintas escalas de convención. Producido por Aftab Alpha y el autor.

Al tener una abertura concentrada al final del espacio, este escenario concentra saltos de altos contrastes que conforman un ambiente lumínico heterogéneo en variedad de niveles de luz. Como se mencionó anteriormente, las manchas moradas que enmarcan la abertura principal de luz, es una falla del lente de la cámara que otros investigadores han llamado “desbordamiento lumínico”, al ser un defecto de la herramienta, no se asume como dato a tener dentro de las referencias integradas.



Producido por Aftab Alpha y el autor.

- Valor de luminancia promedio: 454,58 cd/m²
- Valor de luminancia máximo: 6900,45 cd/m²
- Valor de luminancia mínimo: 2,55 cd/m²
- Porcentaje total de área de luminancia identificada: 94,1%

Figura 45 – Porcentaje de área por Niveles de luminancia capturados en el escenario C3.

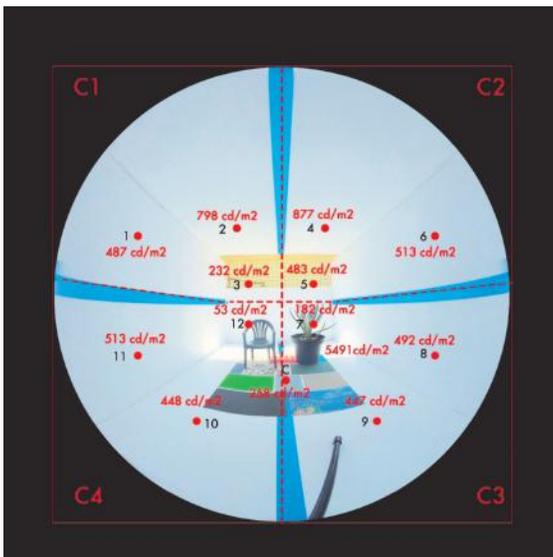


Figura 46 – Referencia de luminancias en 12 puntos del escenario C3. Producido por Aftab Alpha y el autor.

Además de los 13 puntos de referencia, se toma un punto justo en el área de mayor concentración de deslumbramiento, pero incluso, el resultado del software, tira datos mayores de alto grado luminancia, alcanzando casi las 7000 cd/m², y consiguiendo el contraste más alto de todos los escenarios, en 1:104.

A pesar de que este escenario permite el contacto con el exterior, el deslumbramiento que concentra el fondo del escenario es en definitiva, el mayor foco de distinción del escenario C3.



Tabla 5 – Presentación de puntos de referencia de luminancias reconocidas en la imagen anterior.

ESCENARIO D4

El escenario D4 mantiene una diversidad de aspectos lumínicos, pero a diferencia del escenario con luz directa, este filtro de luz difusa reparte la cantidad de luz de forma más equilibrada. Aun así se distingue igualmente el foco de deslumbramiento, pero disminuyendo el nivel de contraste en comparación al anterior (1:58).

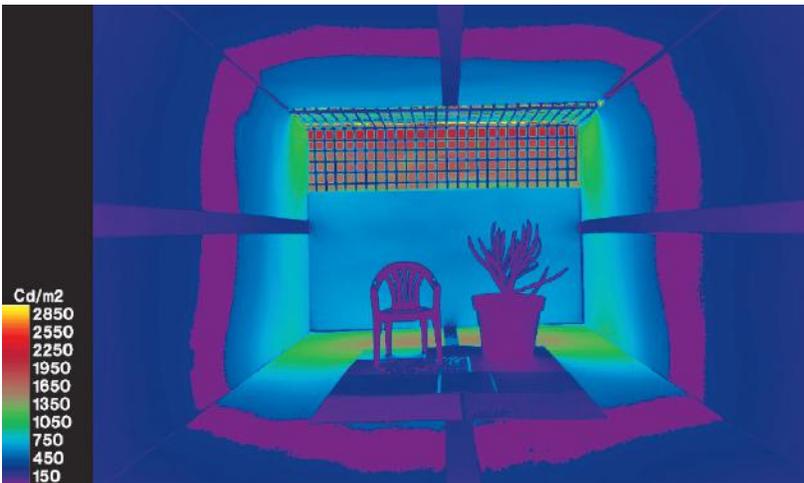
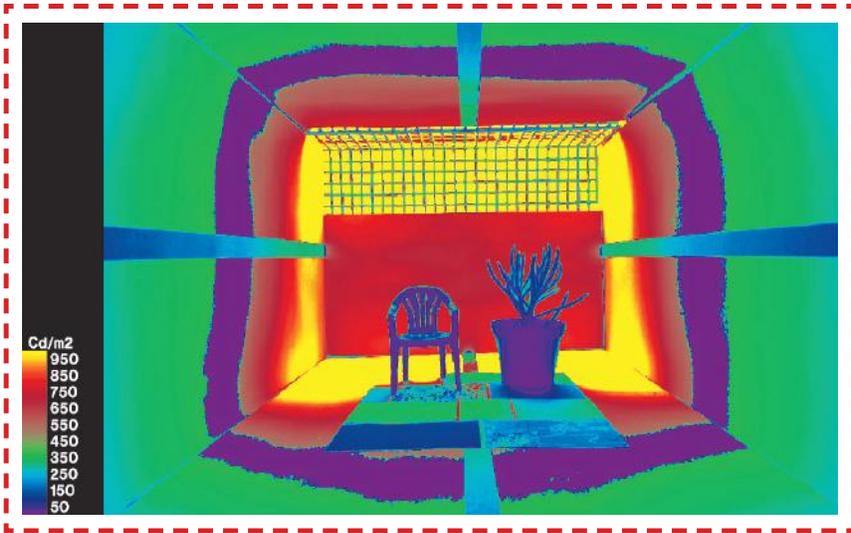
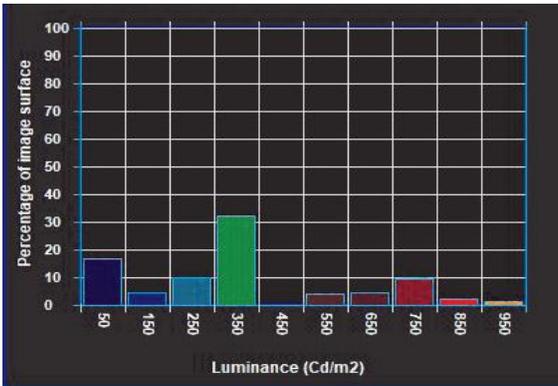


Figura 47 – Mapa de color representando los diferentes niveles de luminancia en el escenario D4, con distintas escalas de convención. Producido por Aftab Alpha y el autor.



Producido por Aftab Alpha y el autor.

- Valor de luminancia promedio: 460,75 cd/m²
- Valor de luminancia máximo: 4945,77 cd/m²
- Valor de luminancia mínimo: 3,08 cd/m²
- Porcentaje total de área de luminancia identificada: 92,23%

Figura 48 – Porcentaje de área por Niveles de luminancia capturados en el escenario D4.

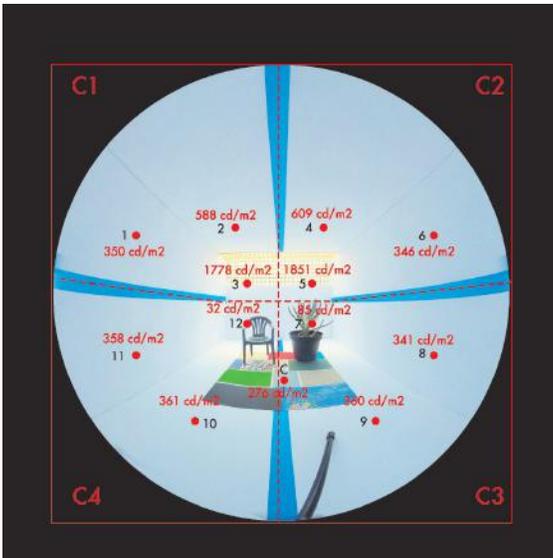


Figura 49 – Referencia de luminancias en 12 puntos del escenario D4. Producido por Aftab Alpha y el autor.

El análisis de contrastes sobre los puntos de referencia 3 y 5 expone el nivel de luminancia directamente sobre la entrada de luz, pero según el software Aftab Alpha, hay un grado mayor que llega casi a los 5000 cd/m².

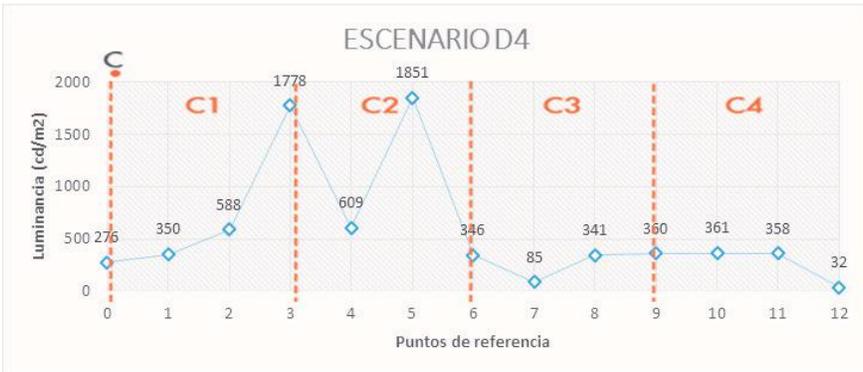
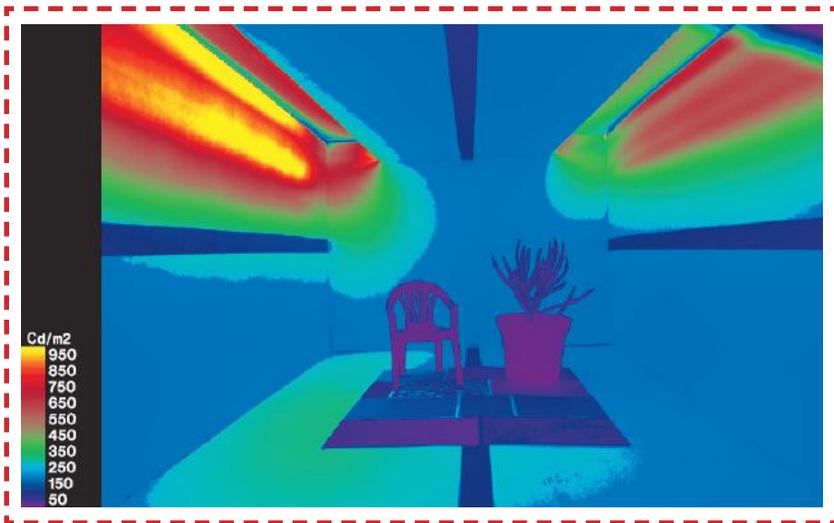


Tabla 6 – Presentación de puntos de referencia de luminancias reconocidas en la imagen anterior.

ESCENARIO E5

Para la escena E5 se asume la escala de luminancia que va de 0-1000 cd/m² pues esta escena mantiene unas condiciones de luz bajas y controladas, aun así, se alcanza a definir una marca de posible deslumbramiento en la parte superior izquierda del escenario, demarcada tal vez por la incursión solar del momento de la foto (11:36am), en donde el sol se encontraba acostado hacia el oriente 23° aproximadamente del punto más alto de la esfera celeste (mirar capítulo de Los escenarios).



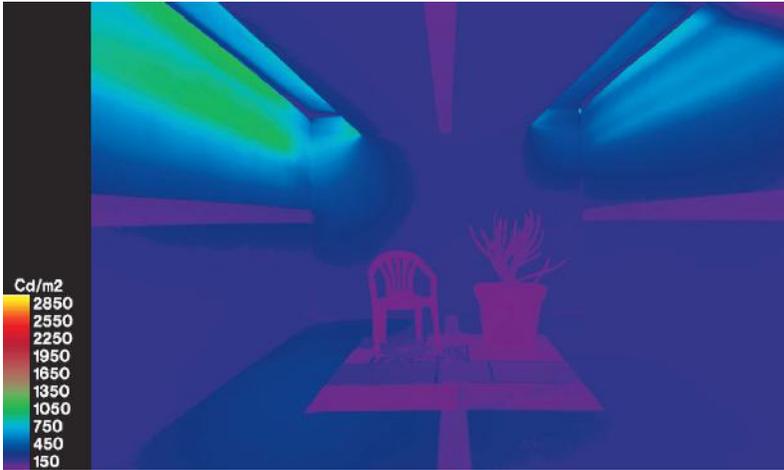
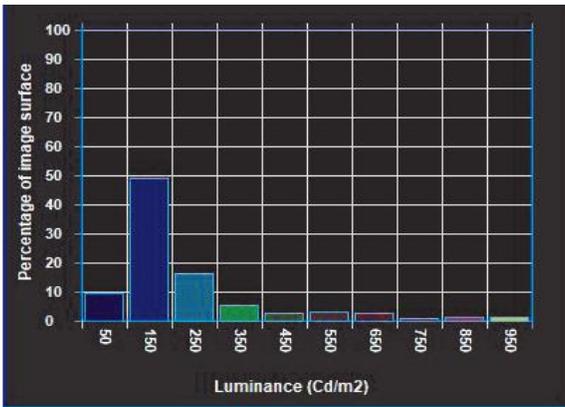


Figura 50 – Mapa de color representando los diferentes niveles de luminancia en el escenario E5, con distintas escalas de convención. Producido por Aftab Alpha y el autor.



Producido por Aftab Alpha y el autor.

- Valor de luminancia promedio: 272,69 cd/m²
- Valor de luminancia máximo: 1315,29 cd/m²
- Valor de luminancia mínimo: 4,45 cd/m²
- Porcentaje total de área de luminancia identificada: 99,39%

Figura 51 – Porcentaje de área por Niveles de luminancia capturados en el escenario E5.

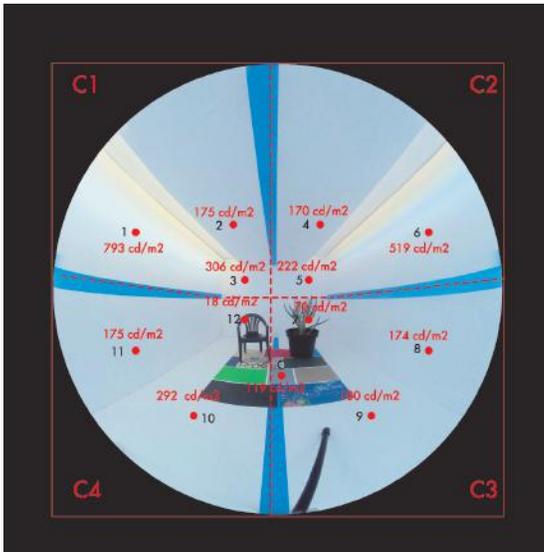


Figura 52 – Referencia de luminancias en 12 puntos del escenario E5. Producido por Aftab Alpha y el autor.

Sobre el análisis de contrastes de los puntos de referencia del escenario E5, se visualiza un pico de alto contraste, pero aun así, los valores se mantienen concentrados en un rango que según Aftab Alpha, no supera las 1315,29 cd/m², aunque dentro de los 12 puntos de referencia se distinga un rango más cerrado (1:44). A pesar de que aparecen valores altos de luz, la luminancia promedio es de tan solo 272,69cd/m², identificando este escenario como el escenario menos iluminado de todos.



Tabla 7 – Presentación de puntos de referencia de luminancias reconocidas en la imagen anterior.

ESCENARIO F6

El escenario F6, al igual que el escenario C3, permite el contacto con el exterior, haciendo de esta escena otro resultado interesante por el vínculo exterior y la diversidad de colores que muestra el mapa de falso color, caracterizando un escenario que aparenta contener altos contrastes.

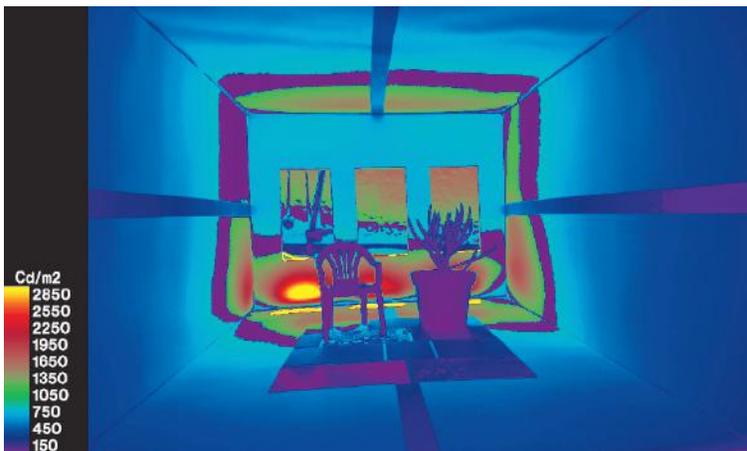
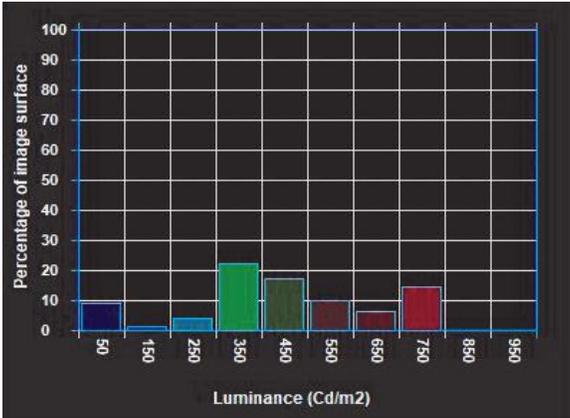


Figura 53 – Mapa de color representando los diferentes niveles de luminancia en el escenario F6, con distintas escalas de convención. Producido por Aftab Alpha y el autor.



Producido por Aftab Alpha y el autor.

- Valor de luminancia promedio: 552,87 cd/m²
- Valor de luminancia máximo: 16743,66 cd/m²
- Valor de luminancia mínimo: 6,79 cd/m²
- Porcentaje total de área de luminancia identificada: 90,27%

Figura 54 – Porcentaje de área por Niveles de luminancia capturados en el escenario F6.

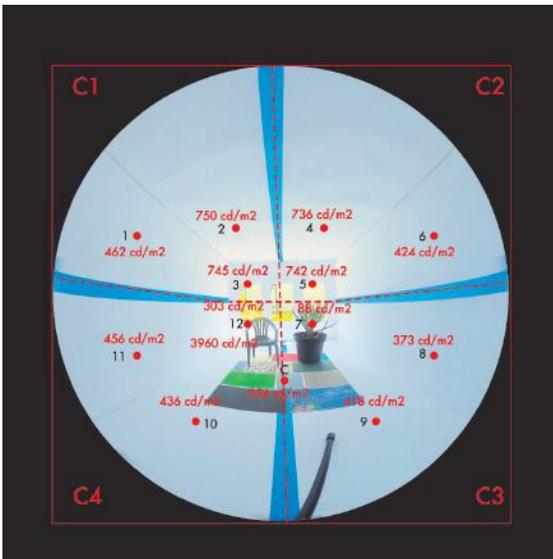


Figura 55 – Referencia de luminancias en 12 puntos del escenario F6. Producido por Aftab Alpha y el autor.

Posterior a interpretar los niveles de luminancia que produce Aftab Alpha, se da cuenta de que el promedio, aunque controlado, lanza niveles altos de luz, que para decirlo de otro modo, denotan un escenario diverso lumínicamente pero en un rango controlado de varianza estándar de iluminación.

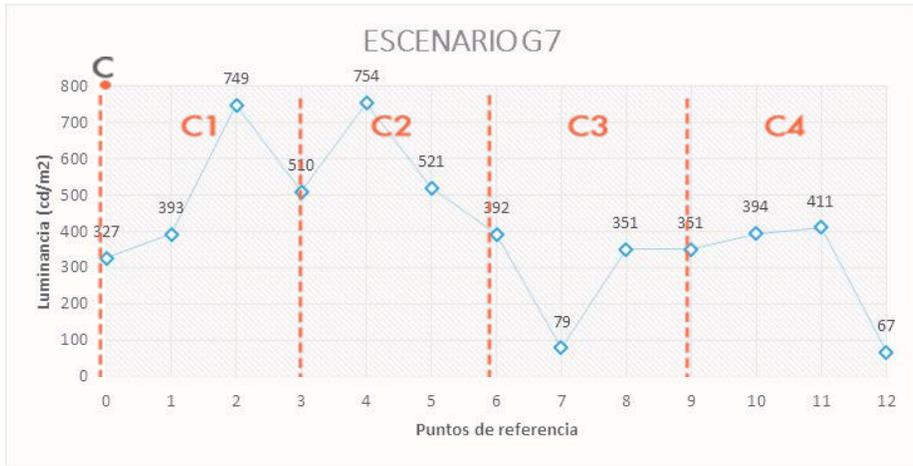


Tabla 8 – Presentación de puntos de referencia de luminancias reconocidas en la imagen anterior.

ESCENARIO G7

El escenario F7, como el escenario B2 y el D4, es un escenario que suaviza muchísimo los efectos extremos de luz, mitigando posibles deslumbramientos, pero homogenizando tanto el ambiente, que tiene el riesgo de volverse lumínicamente monótono. Así como en las escenas C3, D4 y F6, esta escena presenta manchas de “desbordamiento lumínico”, diagnosticando nuevamente un error de cámara que surge, coincidentalmente con todas las escenas en donde el lente puede apuntar a objetivos de altos niveles de iluminación, como si esto quemara los rangos que se acercan a los niveles altos de luz.

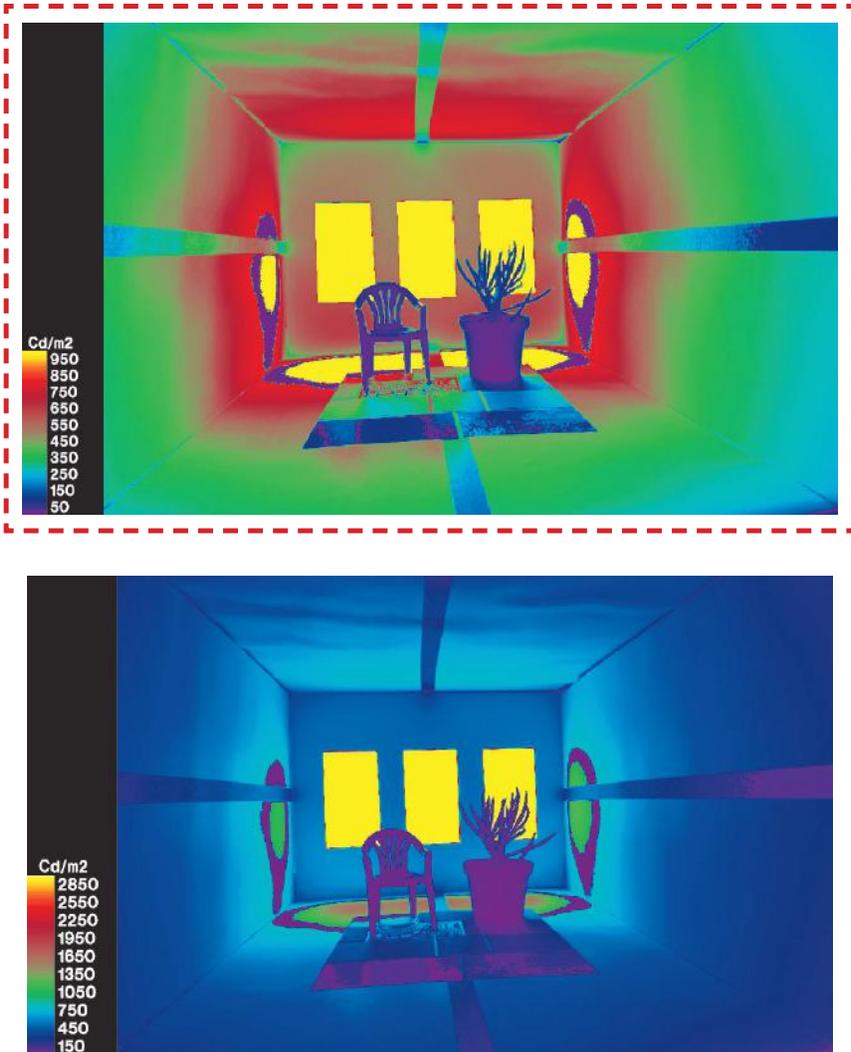
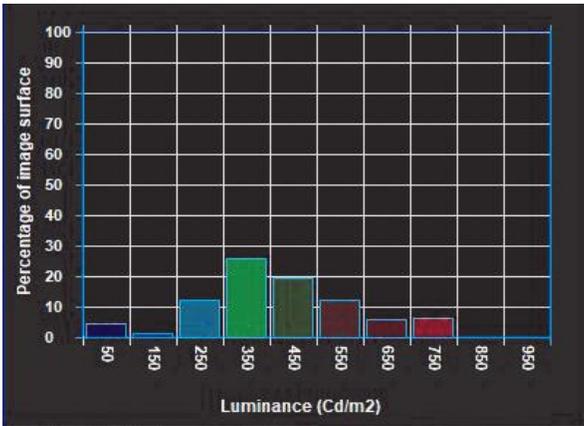


Figura 56 – Mapa de color representando los diferentes niveles de luminancia en el escenario G7, con distintas escalas de convención. Producido por Aftab Alpha y el autor.



Producido por Aftab Alpha y el autor.

- Valor de luminancia promedio: 575,57 cd/m²
- Valor de luminancia máximo: 5164,15 cd/m²
- Valor de luminancia mínimo: 6,9 cd/m²
- Porcentaje total de área de luminancia identificada: 94,67%

Tabla 9 – Presentación de puntos de referencia de luminancias reconocidas en la imagen anterior.

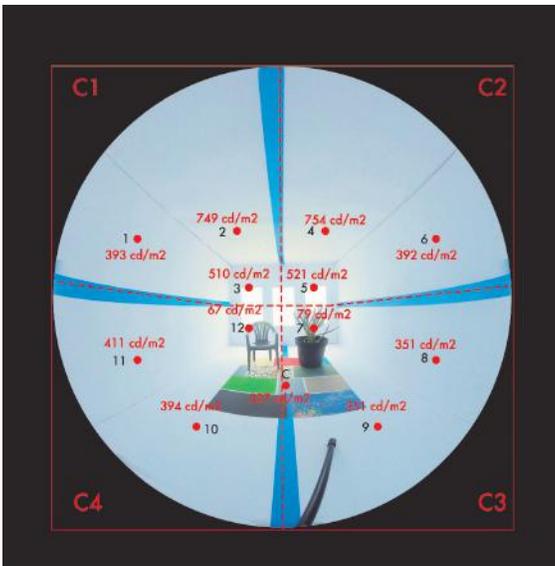


Figura 57 – Porcentaje de área por Niveles de luminancia capturados en el escenario G7. Figura 58 – Referencia de luminancias en 12 puntos del escenario G7. Producido por Aftab Alpha y el autor.

El análisis de contraste por puntos de referencia deja ver un promedio de puntos muy concentrados, pero el diagnóstico de Aftab Alpha tira niveles mayores que los que pudieron registrar los puntos de referencia, haciendo de esta teoría de contrastes algo que puede obtener otra perspectiva y mayor profundidad, aun así, este escenario se ubica como el escenario con menor contraste de todos (1:11).

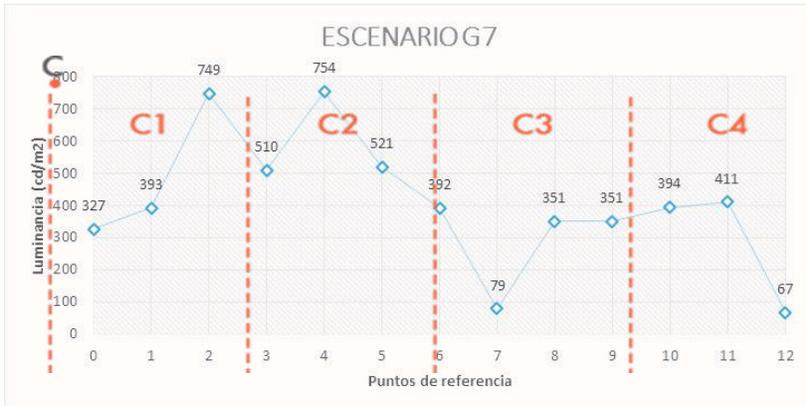


Tabla 9 – Presentación de puntos de referencia de luminancias reconocidas en la imagen anterior.

RESULTADOS DE PERCEPCIÓN DE PREFERENCIAS:

Por medio del recurso de la realidad virtual se extrajeron datos de preferencia abierta a través de la experiencia inmersiva, presentando en los resultados a continuación, una mirada simple de las variaciones entre las imágenes cuantitativas y las calificaciones de los sujetos.

Posterior a la evaluación e identificación de valores del desempeño lumínico se observa la distribución de las respuestas para cada escenario en un panorama que permita identificar promedio total, diferencia y desviación estándar, suministrando información para determinar la precisión y escalando proporciones de valor.

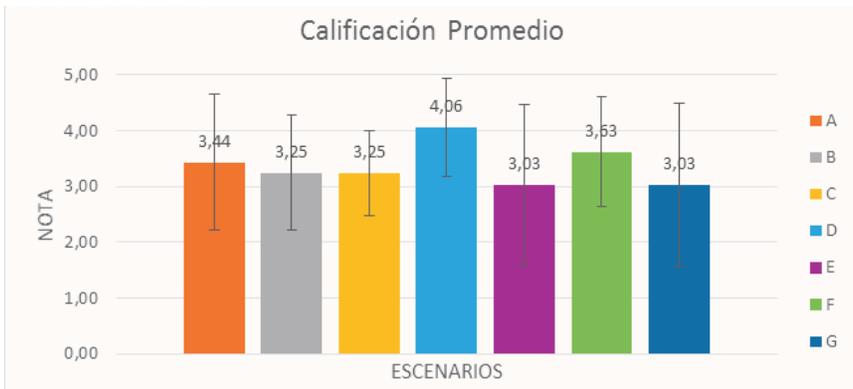


Figura 59 – Resultado de calificación promedio de Escenarios con Desviación Estándar

El anterior gráfico nos presenta la calificación total promedio de todos los escenarios, distinguiendo uno de otro escenario por diferencias que se mantienen en un rango de un poco más del 20%. El escenario mejor calificado fue el D4, con una calificación promedio de 4,06 y una desviación estándar de 0,88, otorgando veracidad a la variabilidad de su calificación en común.

| Puesto | Calificación | Escenario |
|-----------|--------------|-----------|
| P1 | 4,06 | D4 |
| P2 | 3,91 | B2 |
| P3 | 3,63 | F6 |
| P4 | 3,44 | A1 |
| P5 | 3,25 | C3 |
| P6 | 3,03 | G7 |
| P7 | 3,03 | E5 |

Tabla 10 – Orden de mejor a peor calificado con resultados del promedio total

En el segundo puesto aparece el escenario B2, con una calificación de 3,91 y una variación estándar de 1,03, seguido del escenario F6, con variación estándar de 0,98. El cuarto mejor calificado es el escenario A1 con 3,44, pero con una desviación estándar de 1,22, hace que este promedio quede muy abierto. De quinto lugar queda el C3, con la variación estándar más cerrada en 0,76 y los últimos dos puestos son para G7 y E5 respectivamente, con una variación estándar alta que desempata el último lugar, otorgando el puesto de peor calificado al escenario G7. Para representar mejor estos resultados, se presenta a continuación cada escenario con una barra que equivale al total de sus calificaciones en orden y dimensión.

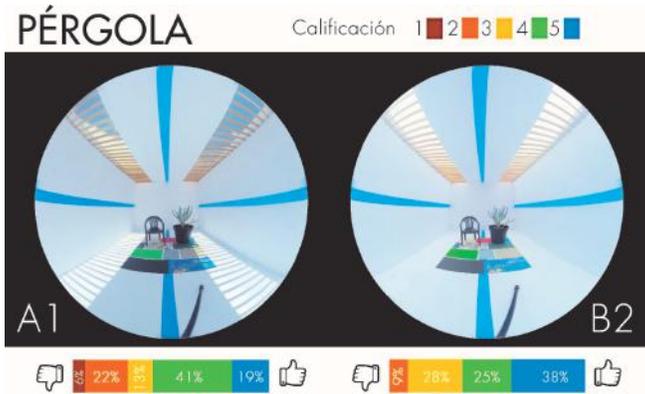


Figura 61 – Presentación de escenarios A1 y B2 (% de calificación). Producción del autor.

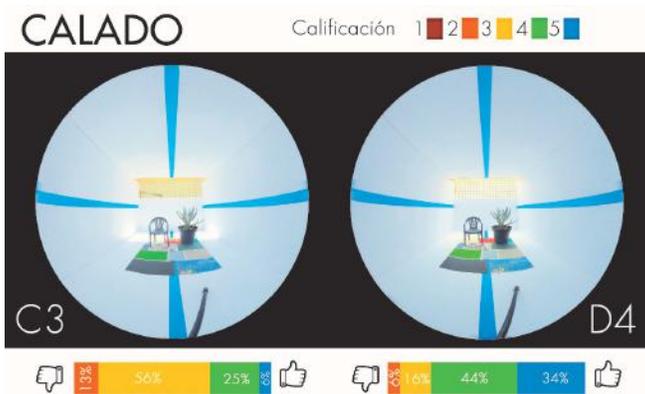


Figura 62 – Presentación de escenarios C3 y D4 (% de calificación). Producción del autor.



Figura 63 – Presentación del escenario E5 (% de calificación). Producción del autor.

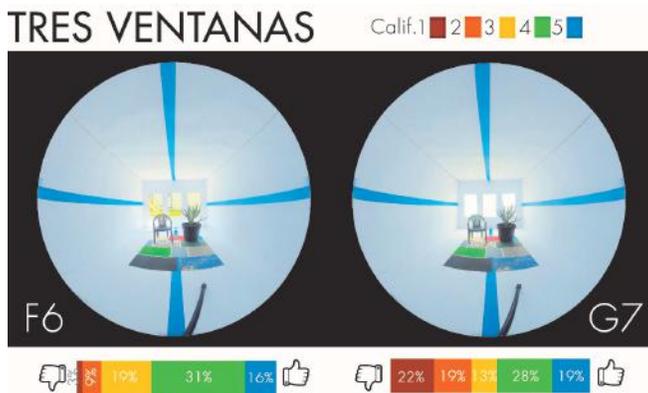


Figura 64 – Presentación de escenarios F6 y G7 (% de calificación). Producción del autor.

Para distinguir las diferencias que tienen los escenarios por su enumeración, se generó un diagrama de enumeración promedio que permite visualizar rápidamente, el panorama de cada uno de los escenarios y todos a la vez, describiendo gráficamente el número de frecuencias en que los escenarios fueron elegidos en cada puesto (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7), siendo P1 el preferido y P7 el menos preferido. Esta parte de la evaluación permitió visualizar mejor la brecha de preferencias de iluminación por enumeración. Se presenta a continuación:

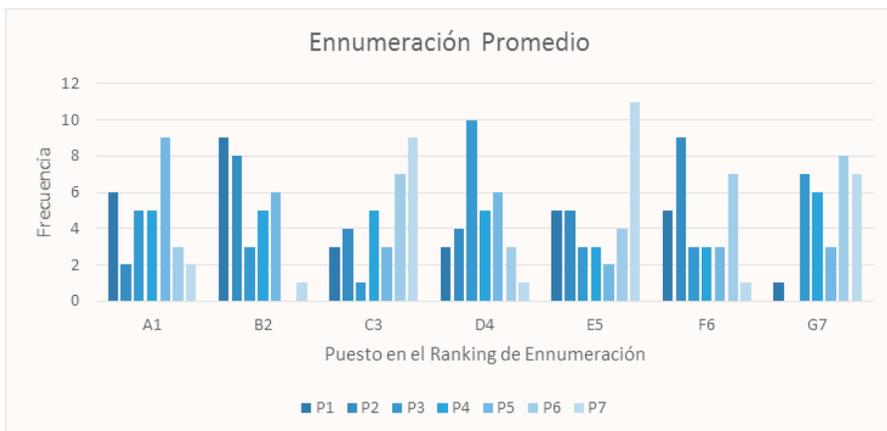


Tabla 11 – Resultado de enumeración promedio de los Escenarios otorgada por el Panel de Expertos

Los resultados que presenta el gráfico nos muestran las frecuencias en que los distintos escenarios fueron elegidos en cada uno de los lugares, presentando los siguientes resultados:

| Puesto | Escenario | Calificación |
|-----------|-----------|--------------|
| P1 | B2 | 3,91 |
| P2 | F6 | 3,63 |
| P3 | D4 | 4,06 |
| P4 | C3 | 3,25 |
| P5 | A1 | 3,44 |
| P6 | G7 | 3,03 |
| P7 | E5 | 3,03 |

Tabla 12 – Orden de mejor a peor enumerado con resultados promedio del total

La entrevista se mantuvo alineada de forma que los evaluadores dieran una nota sin visualizar la totalidad de los escenarios, de modo que la enumeración pudiera vincular estas calificaciones previamente otorgadas, aun así, se vislumbró cierta falta de coherencia en los primeros lugares de ambos panoramas de calificación (calificación y enumeración). Esta pequeña incoherencia se presenta en un gráfico a continuación:

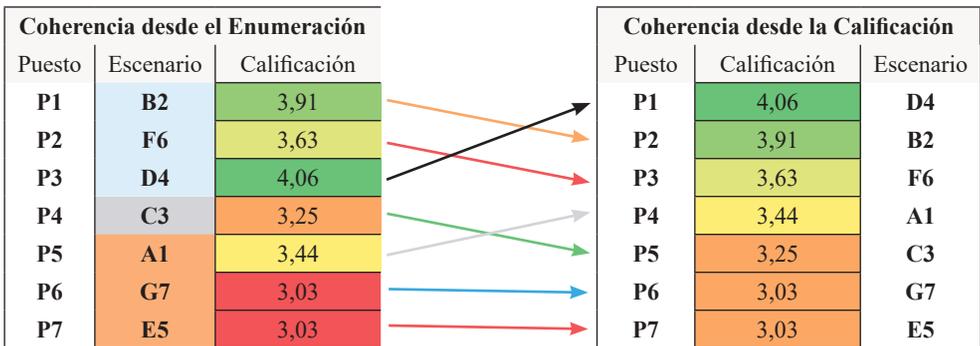


Tabla 13 – Gráfica de coherencia entre calificación y coherencia. Producción del autor

Medir la coherencia desde ambos tipos de valoración (calificación y enumeración) nos permite sacar las siguientes conclusiones para corroborar la veracidad y el sentido del proceso metodológico:

- El que quedó en primer puesto por Enumeración, quedó de segundo por Calificación
- El que quedó de primer puesto por Calificación, quedó de tercero por Enumeración
- El último puesto de Calificación y Enumeración, coincidió

RELACIÓN DE RESULTADOS:

A continuación, se presenta la recopilación de los datos técnicos y perceptivos de los 7 escenarios, resumiendo en tablas la tabulación de información para dar un panorama que permita un entendimiento integrador de esta metodología. La siguiente tabla es la recopilación de la identificación de 13 puntos de referencia en cada escenario, como una de las estrategias que tuvo el proceso metodológico para entender mejor la información:

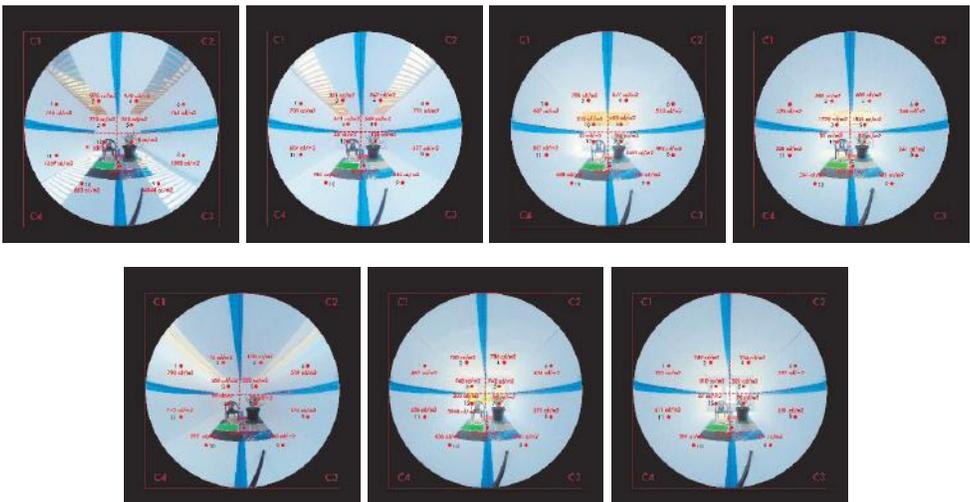


Figura 65. Fotografías con la identificación de 13 puntos de referencia para tomar Luminancia

| PUNTOS | Luminancia (cd/m ²) | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------|------|------|------|-----|------|-----|
| | A1 | B2 | C3 | D4 | E5 | F6 | G7 |
| Pto. C: 0 | 275 | 331 | 258 | 276 | 119 | 354 | 327 |
| 1 | 746 | 701 | 487 | 350 | 793 | 462 | 393 |
| 2 | 975 | 551 | 798 | 588 | 175 | 750 | 749 |
| 3 | 773 | 611 | 232 | 1778 | 306 | 3960 | 510 |
| 4 | 970 | 542 | 877 | 609 | 170 | 736 | 754 |
| 5 | 810 | 569 | 5491 | 1851 | 222 | 742 | 521 |
| 6 | 754 | 711 | 513 | 346 | 519 | 424 | 392 |
| 7 | 78 | 124 | 182 | 85 | 70 | 88 | 79 |
| 8 | 1288 | 617 | 492 | 341 | 174 | 373 | 351 |
| 9 | 4044 | 1010 | 447 | 360 | 180 | 418 | 351 |
| 10 | 683 | 981 | 448 | 361 | 292 | 436 | 394 |
| 11 | 1259 | 607 | 513 | 358 | 175 | 456 | 411 |
| 12 | 91 | 48 | 53 | 32 | 18 | 303 | 67 |
| Contraste Mín/máx. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 52 | 21 | 104 | 58 | 44 | 45 | 11 |

Tabla 14 – Recopilación de puntos de referencia de luminancias en todos los escenarios.

Esta tabla de referencias no se consideró muy útil, dado que el programa evaluado no exigía cantidades específicas de luz, entonces la identificación de puntos puede reemplazarse por un promedio de valores máximos, mínimos y promedios. Sin embargo, esta estrategia puede ser útil para evaluar lugares que tengan requisitos de distribución lumínica específicos, siendo una estrategia eficiente para distinguir luminancia en distintos objetivos espaciales.

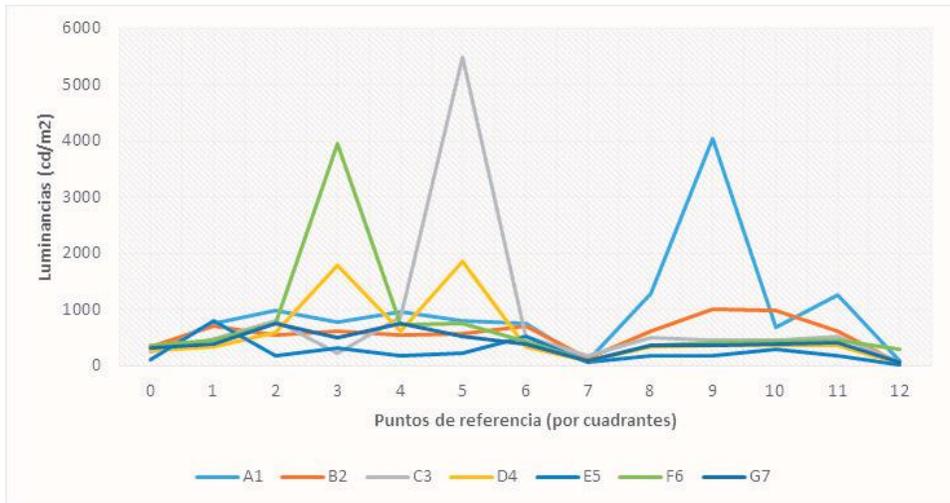


Tabla 15 – Gráfica de integración de todos los puntos de referencia de luminancia de los 7 escenarios. Producción del autor.

En la superposición de las luminancias de todos los escenarios se exponen tres picos mayores en los escenarios C3 (punto 5), A1 (punto 9) y F6 (punto 3), distinguiendo aquellos con mayor contraste de todas las escenas. Justo estos tres escenarios son los que cuentan con el efecto de luz directa, vinculando la posibilidad de deslumbramiento por acceso de radiación directa excesiva al interior del espacio. Para el resto de escenarios se mantiene un rango medianamente concentrado en los valores inferiores a 1000cd/m², exceptuando por los escenarios D4 (puntos 3 y 5) y B2 (puntos 9 y 10) que sobresalen de los demás. Estos escenarios corresponden a la Pérgola y los Calados con luz difusa, dos tipologías que se ven más expuestas a una subida de radiación por la exposición cenital de entrada de luz.

Para comprender mejor las preferencias de cada escenario se construye el siguiente gráfico de barras que permite proporcionar la totalidad de las calificaciones por escenario según las frecuencias de su calificación, reconociendo cromáticamente la proporción de todas las notas de valor en un panorama que muestra todos los escenarios, comprendiendo mejor la causa de la desviación estándar que se expone en gráficas previas.

Se notan otros datos, como que los escenarios B2, C3 y D4 no tuvieron ninguna calificación en 1, o que ninguna proporción se repite, distinguiendo la diferencia de percepciones del efecto de luz generadas en los evaluadores.

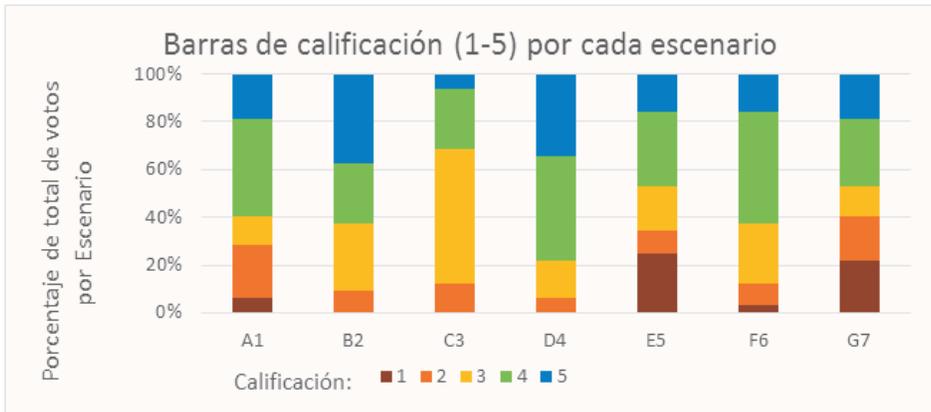


Tabla 16 – Gráfica de integración de las barras de calificación para cada escenario

Las figuras 66 y 67 son parte de una gráfica relevante e interesante, pues presentan la integración de datos de luminancia promedio, máxima y mínima que construye el software Aftab Alpha, a partir de la metodología presentada anteriormente, en contraste con la calificación y puesto promediado en el que resultó cada escenario, vinculando en una sola gráfica ambos panoramas para poder comprender el trasfondo del proceso de esta investigación.

En cuanto a comparación de luminancia sobre todos los escenarios, se distingue que hay la luminancia promedio se mantiene en un rango relativamente cercano, sobresaliendo el escenario A1 con un promedio alto de 884,08cd/m², y el escenario E5 con un promedio bajo de 272,69cd/m².

En cuando a contrastes entre los valores de luminancia mayores y los promedios, aparecen las diferencias más notables, especialmente en los escenarios con entrada de luz directa, sacando picos de luz tan altos, que amplía la paleta de colores falsos que identifica la diversidad de cantidad de luz por escenarios. No sobra mencionar que los dos primeros escenarios tienen una escala cromática que representa de 0-3000 cd/m², el resto tiene una escala de 0-1000 cd/m².

El escenario más veces postulado con el primer lugar de preferencia es el B2, presentando un contraste entre el valor máximo de luminancia y el promedio de 1:4, consolidando este escenario como el que tiene el contraste más bajo. Este mismo escenario es el segundo mejor calificado de todos.

Por otro lado, el escenario mejor calificado que es el D4, que tiene un contraste entre el valor máximo y el promedio de 1:11, manteniéndose bajo relativamente. Este escenario quedó postulado en tercer lugar de preferencia por el Panel de Expertos.

Una de las sorpresas o ambivalencias de este ejercicio, es que el escenario que quedó en segundo lugar del ranking de preferencias es el escenario F6. Este tiene el contraste más alto (1:30) de todos los escenarios. Uno de los motivos de su preferencia puede tener que ver con el contacto que este escenario permite con el exterior, además de que es el escenario que más se parece a un espacio residencial, respaldando la teoría de la percepción que se expone en el marco conceptual es cierta, pues finalmente las experiencias personales de los evaluadores pueden influir sus preferencias.

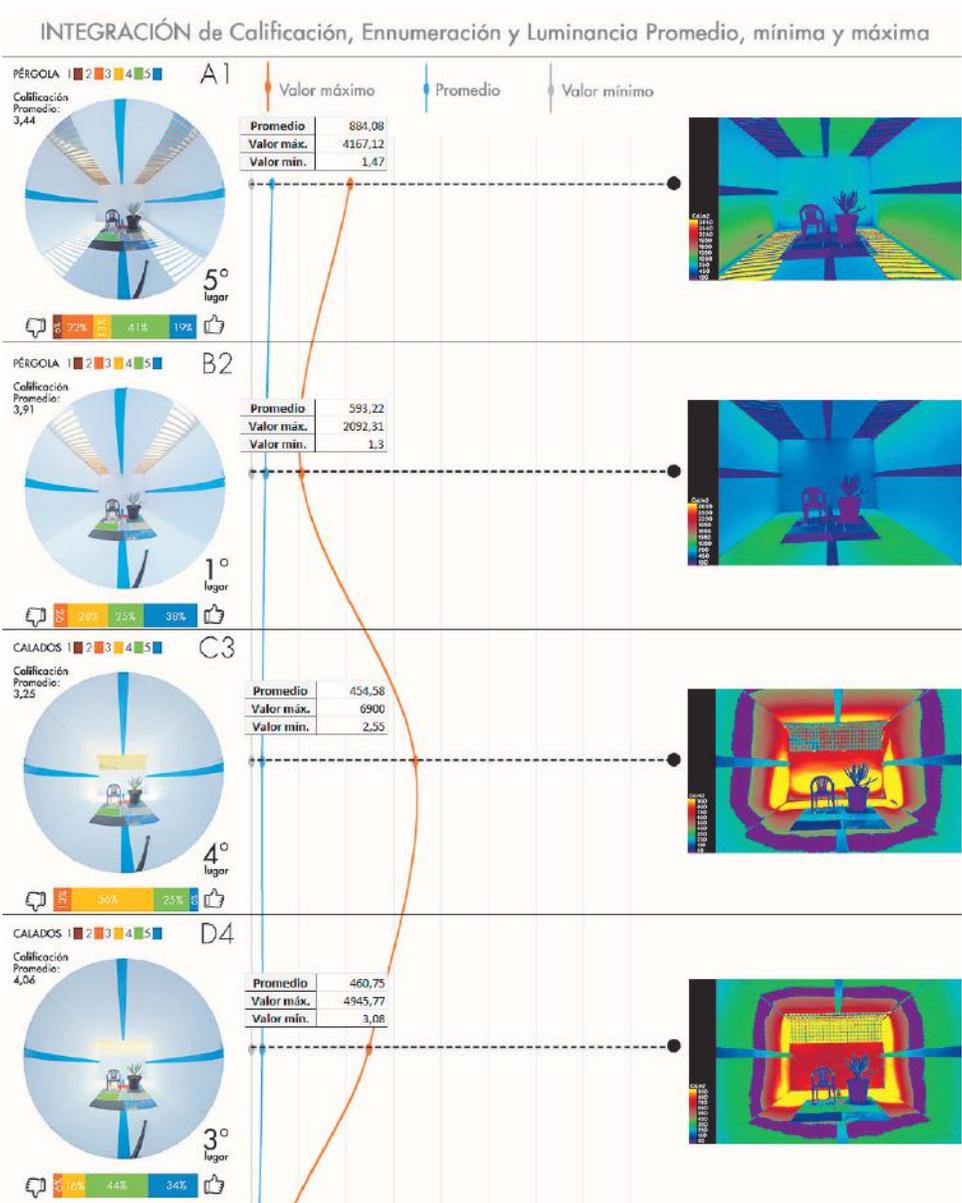


Figura 66 – Integración de datos de luminancia promedio, máximo y mínima, en contraste con la calificación y enumeración por preferencia otorgada por el Panel de Expertos. Escenarios A1, B2, C3 y D4. Producción del autor.

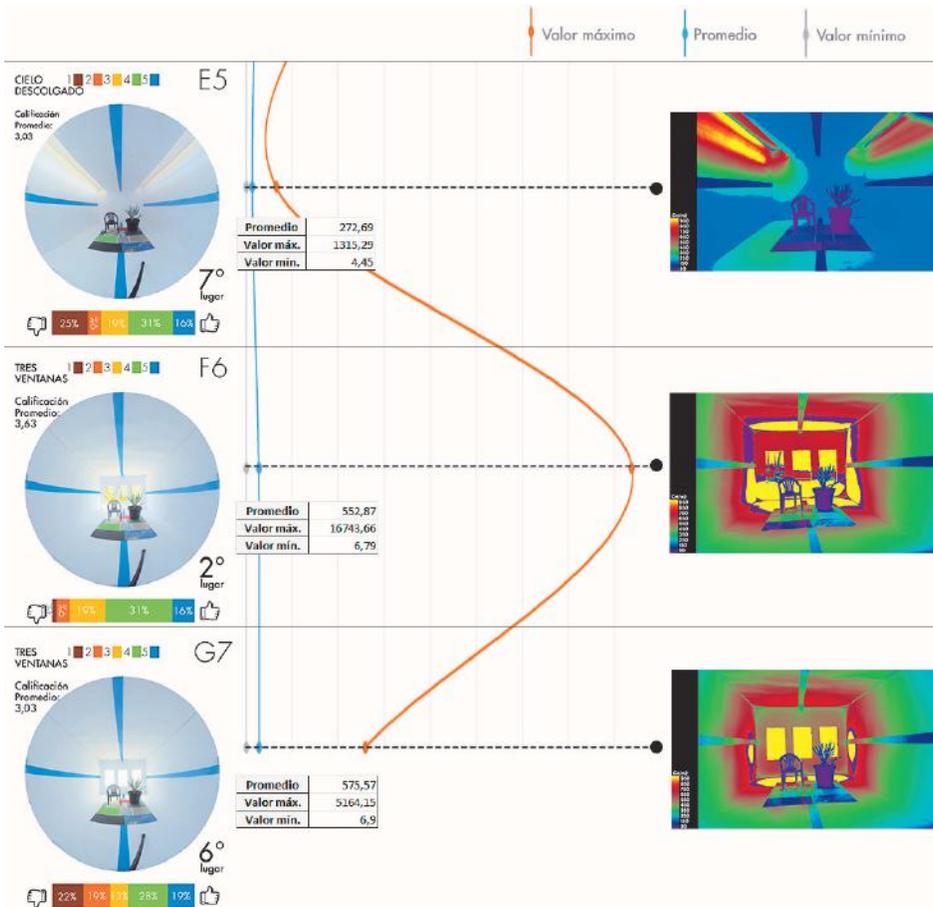


Figura 67 – Integración de datos de luminancia promedio, máximo y mínimo, en contraste con la calificación y enumeración por preferencia otorgada por el Panel de Expertos. Escenarios E5, F6 y G7. Producción del autor.

Por otro lado, los escenarios menos preferidos por calificación y contraste (G7 y E5) tienen contrastes bajos. 1:9 y 1:5 respectivamente, desconfigurando la idea dentro de la investigación, de que a menor contraste mayor preferencia. Una teoría de la explicación a estos resultados como los escenarios menos preferidos, tiene que ver con la monotonía del ambiente lumínico, y mas que nada, la falta de contacto con el exterior, pues a pesar de la presencia de luz, los evaluadores manifestaron sentirse significativamente atraídos por aquellos espacios en donde percibían las fuentes de luz.

TENDENCIAS:

La tabla a continuación distingue por etnografía y perfil profesional las diferentes calificaciones promedios de la población de evaluadores que participaron en la entrevista de este proyecto de investigación, permitiendo identificar diversidad desde su énfasis, enfoque, estado de visión, género e incluso edad. Aunque la cantidad de personas encuestadas (32) no es representativa, la separación de estos datos por segmentación permite observar algunas tendencias, principalmente en la lectura de preferencias diversas que representan tan solo siete escenarios, diversificando el panorama que objetiviza el placer visual dentro del entendimiento de la percepción como rama subjetiva que requiere de la experiencia para enmarcar su predicción.

| Escenarios y valores A | | PÉRGOLA | | CALADO | | CIELO DESC. | TRES VENTA- NAS | |
|--------------------------------------|---------|---------|--------|--------|--------|----------------|--------------------|--------|
| | | B | C | D | E | F | G | |
| Illuminancia externa | Lx | 128900 | 119699 | 127700 | 128500 | 123000 | 130600 | 127300 |
| Transmitancia de luz | % | 2% | 3% | 2% | 2% | 1% | 3% | 3% |
| Illuminancia | Lx © | 2982 | 3569 | 2785 | 2976 | 1283 | 3819 | 3529 |
| Luminancia | cd/m2 © | 277 | 331 | 258 | 276 | 119 | 354 | 327 |
| Contraste | </> C | 52 | 21 | 104 | 58 | 44 | 45 | 11 |
| Edad: 20-29 | 66% | 3,33 | 3,8 | 3,14 | 4,19 | 3,14 | 3,47 | 3,09 |
| Edad: 30-55 | 34% | 3,64 | 4,09 | 3,45 | 3,82 | 2,82 | 3,91 | 2,91 |
| Género: Femenino | 47% | 3,73 | 4,07 | 3,4 | 3,8 | 2,8 | 3,73 | 3 |
| Género: Masculino | 53% | 3,18 | 3,76 | 3,12 | 4,29 | 3,24 | 3,53 | 3,06 |
| Estado Visión: Ve bien | 56% | 3,28 | 3,72 | 3,11 | 3,94 | 2,72 | 3,44 | 2,67 |
| Est. Visión: Miopía y/o Astigmatismo | 44% | 3,64 | 3,67 | 3,43 | 4,21 | 3,43 | 3,86 | 3,5 |
| Arquitectos | 88% | 3,46 | 3,96 | 3,32 | 4,04 | 3,07 | 3,71 | 3,25 |
| Ingenieros | 13% | 3,25 | 3,5 | 2,75 | 4,25 | 2,75 | 3 | 1,5 |
| Bioclimática | 50% | 3,63 | 3,88 | 3,06 | 4,31 | 3,75 | 3,63 | 3,06 |
| Diseño | 50% | 3,25 | 3,94 | 3,44 | 3,81 | 2,31 | 3,63 | 3 |

Tabla 17– Recopilación de valores técnicos y preferencias por tendencias. Producción del autor.

Esta tabla presenta datos promedios de calificación que más que resultados finales, son un medio de representación del proceso metodológico, para la visualización y el entendimiento de las variables técnicas en contraste con la calificación perceptual, construyendo una gráfica de enfoques integrados de análisis que permitirán explotar la metodología como fuente valiosa de información.

DISCUSIÓN

Posturas Metodológicas

Aunque los resultados de este trabajo de investigación son un diagnóstico descriptivo de una asociación de variables distintas, el propósito final se concentra en reconocer las preferencias del individuo, identificando cuantitativamente las respuestas que podrían mejorar la experiencia lumínica de un tipo de usuario.

Varios estudios han discutido la importancia del efecto perceptivo de la luminancia para la el ser humano, pero el tramo de entendimiento de la percepción de preferencia lumínica es un camino que apenas comienza a alinear sus pasos científicos, tejiendo procesos de investigación que abordan diferentes panoramas y recursos de una era con tecnologías cada vez más avanzadas.

Las proporciones de luz que recomiendan las distintas métricas son una herramienta clave para la articulación de componentes de la luz en el proceso proyectual y operación de un edificio, pero es en los procesos de investigación en donde surgen las metodologías que apoyaran finalmente la práctica. Las proporciones de luminancia se basan en promedios que se reconocen dentro de un campo visual. Esto significa que las diferencias relativas entre las luminancias de un espacio completo no se toman en consideración. La luminancia promedio podría representar un campo de visión con luminancias muy suaves y en un campo de visión con una ventana y luminancias variables, podría darse el caso de que la luminancia promedio sea la misma en ambos, pero se espera que tengan efectos muy diferentes en los sujetos.

Un aspecto de valor que hizo falta asumir en este trabajo de investigación fue el entendimiento de la luz solar desde su naturaleza dinámica, pues este es un recurso en constante movimiento, un factor de gran peso para la influencia sobre las percepciones del ser humano, que permite el vínculo de la humanidad con el tiempo, el exterior y otros fenómenos naturales que influyen enormemente en la percepción personal y que este proyecto de investigación no alcanzó a mencionar.

Mientras que la iluminación natural tiene un fuerte impacto en la salud humana y el bienestar, y una asociación (subjetiva) innegable con el deleite emocional y la calidad percibida de un espacio, también es altamente dinámica y de naturaleza variable. Hay que reconocer, que la captura de ambientes de luminancia y su valoración perceptual, ya atendía a suficientes variables del fenómeno físico y personal para una investigación. Esta es una apreciación que queda como proyecto a analizar en un futuro cercano a nivel personal.

En otros aspectos que abstrae la captura estática de iluminación, varios autores han realizado pruebas que reconocen la importancia de la distribución de la luminancia en un espacio (Wymelenberg & Inanici, 2014; Alrubaih et al., 2013; Cuttle, 2015), coincidiendo en la conclusión que dice que la distribución de luminancias en un espacio es un factor importante para la satisfacción del usuario y las percepciones del brillo.

En cuanto a la metodología, es importante hablar de varios aspectos, comenzando por la realidad virtual. Los hallazgos junto con la movilidad que ofrece la tecnología de la realidad virtual son alentadores para una amplia gama de posibles aplicaciones a través de la experiencia visual, sin embargo, al tener unos lentes de gama económica que no contaban con pantalla propia sino con la pantalla del celular, podrían distinguir rangos de luz limitados, haciendo de la veracidad de la experiencia virtual a la real, algo por pulir.

El tamaño de la muestra (32 participantes) de la entrevista fue adecuado para detectar efectos (medianos a grandes), pero limitando la identificación de un efecto de pequeña magnitud. Sin embargo, tal efecto, sería desapercibido ante algo perceptible a simple vista de un observador, y por lo tanto, es poco probable que afecte los hallazgos generales y la usabilidad del método experimental propuesto.

Es importante tener en cuenta que estos hallazgos no se pueden generalizar a otros parámetros sin un contexto premeditado y una mayor investigación de las medidas a evaluar.

Fundamentación teórica y autores de referencia

MARCO TEORICO

El marco teórico de la presente investigación comprende el fenómeno físico de la luz, y algunos términos importantes e ideas base para el contexto técnico de la metodología expuesta.

La luz natural como fenómeno físico

La luz visible es una región del espectro electromagnético cuyas ondas tienen una longitud de onda que va desde el violeta (380 nm), al rojo (780 nm). Esta pequeña región del espectro es la energía que percibe el ojo humano y nos permite ver los objetos: el espectro visible (IDAE., 2005).

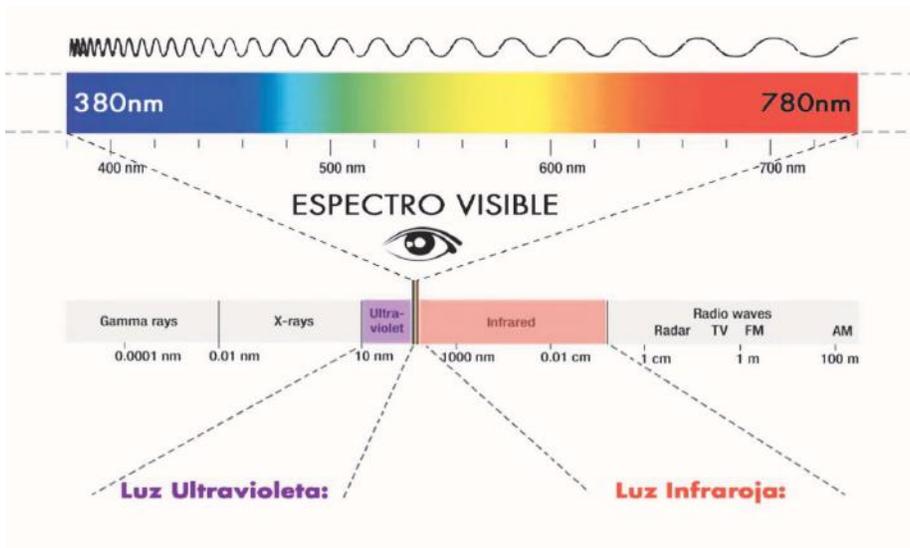


Figura 3 – El fenómeno físico de la luz. Producción del autor

La luz natural es entonces una fuente luminosa muy eficiente que cubre todo el espectro visible y más, proporcionando además de energía, visibilidad, con un rendimiento de colores perfecto, variaciones de intensidad, nitidez y distribución de luminancias, que enriquecen las características de los objetos y los espacios que ilumina.

La disponibilidad y características de la luz natural dependen de la latitud, condiciones meteorológicas, época del año y del momento del día. Es sabido que la cantidad de luz natural recibida en la tierra varía con la situación, la proximidad a las costas o tierra adentro. Además el clima y la calidad del aire también afectan la intensidad y duración de la luz natural. De ahí que, según los climas, la luz natural pueda ser predecible o muy impredecible.

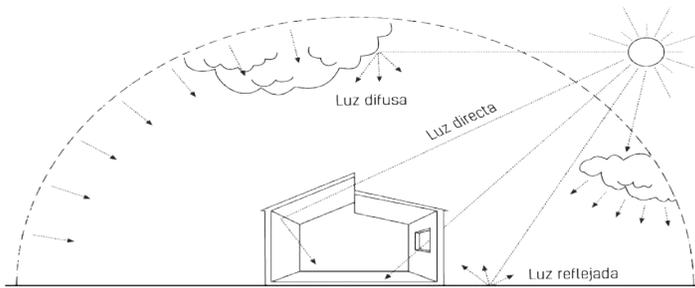


Figura 4 – Formas de la luz. Producción original de Francis D.K. Ching

La luz natural consta de tres componentes:

- El haz de luz directo, procedente del sol.
- La luz difusa, en la cual la fuente exacta no puede ser vista como en el caso de un día nublado y que es dispersada por refracción y/o reflexión.
- La luz procedente de reflexiones, resultado del cambio de dirección de una onda magnética, que al estar en contacto con la superficie de un cuerpo, no es absorbida por el mismo.

Usar la luz natural como fuente de iluminación de tareas diversas, requiere medidas especiales para manejar esta fuente cambiante dinámicamente (IDAE., 2005). Para complementar la teoría adoptada en este trabajo de investigación se presentan algunos conceptos para entender mejor el fenómeno de la luz.

Iluminancia

La iluminancia es un término que describe la medición de la cantidad de luz cayendo (iluminando) y expandiéndose en una superficie determinada. La iluminancia se refiere a un tipo específico de medición de luz, siendo la medida fotométrica más utilizada para cuantificar la luz de los espacios. Su unidad es el Lux (lx). Según el SI equivale a la iluminación de una superficie que recibe el flujo luminoso normal y uniforme con la intensidad de 1 lumen/m² (C. Reinhart, 2014, p. 79).

$$\text{Iluminancia} = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Área}} \quad \text{Unidad (Iluminancia)} = \text{Lux} = \text{lumen /m}^2$$

La iluminancia puede ser evaluada sobre superficies horizontales o verticales según la variable que se desee analizar. Para temas de distribución lumínica se utilizan planos de trabajo o superficies de piso a diferentes alturas y para factores humanos se evalúan planos verticales a la altura visual del observador (Giraldo, 2018).

Luminancia

La fotometría define la luminancia como la densidad angular rectangular y superficie del flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada. Alternativamente, también se puede definir como la densidad superficial de intensidad luminosa en una dirección dada (Schiffman, 2011).

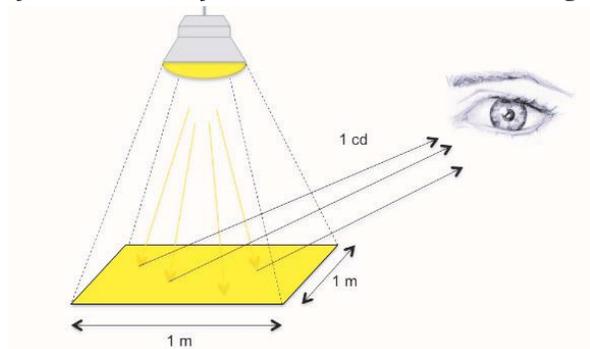


Figura 5 – Representación de la luminancia. Imagen recuperada de internet: <http://www.efectoled.com/blog/que-es-la-luminancia/>

La luminancia, también conocida como *brillo luminoso*, indica cuánta energía luminosa puede ser percibida por el ojo humano, considerando este término relevante en la percepción sensorial, pues podría ser el equivalente psicológico del fenómeno, vinculando la luz que percibe el ser humano de su entorno exterior, con su propia experiencia de luz en el espacio (Pinto, Martín-sánchez, & Martín-sánchez, 2012).

La diferencia de *brillo*, entre las superficies iluminadas y sombreadas, contribuye a nuestra comprensión de la espacialidad. Además, la distribución espacial de la luz también es extremadamente importante para la espacialidad, pero también la orientación y la atmósfera (Fontenelle, 2008).

El ojo humano se puede adaptar a distintos niveles de luminancia, pero requiere de un determinado tiempo para adaptarse a cada variación de nivel (Boyce, 1981). La luminancia se puede medir con un luminancímetro, que traduce el brillo fotométrico a una corriente eléctrica proporcional a este. La unidad SI para luminancia es candela/metros cuadrados (cd/m^2).

Contacto con el exterior



Figura 6 – Pintura “Muchacha a la ventana”, Salvador Dalí (1925)

La interacción del ser humano con el espacio exterior a través de las aberturas de un espacio es un objeto fuerte de estudio, no solo por la distancia del enfoque y la variabilidad de la imagen percibida, sino por la percepción de placer que representa la visualización del paisaje en el ser humano, influyendo características positivas del comportamiento de los ocupantes y vinculando el espacio interior con las condiciones exteriores.

El fototropismo es el movimiento de ciertos organismos como respuesta al estímulo de la luz (Yela, 1995), respaldando la tendencia involuntaria del ojo humano para dirigir la mirada hacia las fuentes de luz,

razón por la cual, el contacto con el exterior es una herramienta para generar campos visuales de interés y renovación mental para las personas al interior de un espacio (Giraldo, 2018).

Campo Visual

El campo visual es entendido como la porción del espacio medida en grados, que se percibe manteniendo fijos la cabeza y los ojos (Panero & Zelnik, 1996). Cuando la visión se hace con ambos ojos se cruzan campos de visión, conformando el campo binocular, alcanzando una amplitud de 60° en cada dirección (NTC, 2010). Otras fuentes exponen el campo visual estático en un ángulo de 180° en la panorámica horizontal y 120° en la panorámica vertical, dentro de estos límites el objeto visual o campo central se limita a 2° y el entorno inmediato es de 40° aproximadamente (Tilley, 1993); los colores aunque depende de la situación, empiezan a desaparecer entre 30° y 60° de la línea visual (Panero & Zelnik, 1996).

Sin embargo, en los últimos años se habla sobre campo visual dinámico, entendiendo que el comportamiento de la mirada no es fijo, ni se direcciona solo a una superficie de trabajo, por lo tanto, el ojo trabaja a diferentes distancias focales (Quevedo, Aznar-Casanova, Merindano & Solé, 2010).

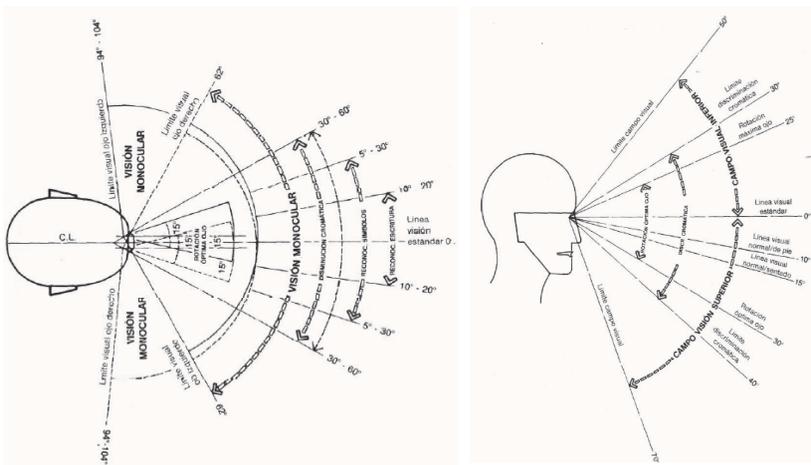


Figura 7 – Extraída del libro: *Las Dimensiones Humanas en los Espacios Interiores. Estándares antropométricos* (Panero & Zelnik, 1996).

Contraste:

El contraste mide la disminución relativa de la luminancia en una imagen. Esta altamente correlacionado con el gradiente de intensidad. Puede definirse local o globalmente (Beghdadi & Negrate, 1988). El contraste es la diferencia de luminancia entre un objeto y su entorno o entre diferentes partes de una superficie o un objeto (Guasch, Forster, Ramos, Hernández & Smith, 1998).

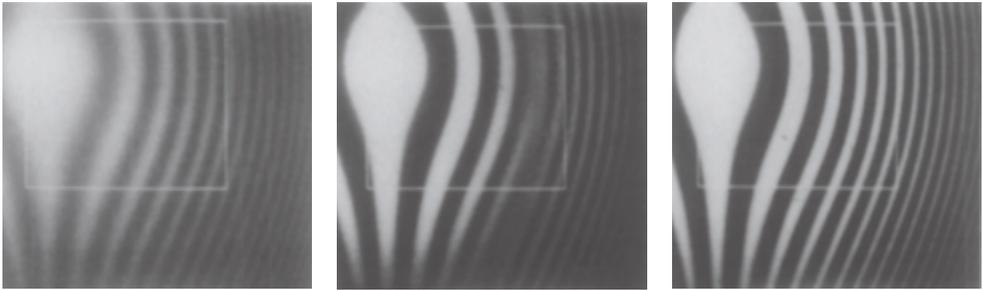


Figura 8 - Diferencias de contraste en una imagen con vista superior de un terreno simulado – Extraída de la investigación: Contrast enhancement technique base don local detection of Edges (Beghdadi & Negrate, 1988)

El proceso de visual es una combinación de dos sistemas: el sistema óptico y el sistema de interpretación. Este último tiene un proceso que comienza en la retina, donde comienza nuestra interpretación de la luz (Fontenelle, 2008). Un panorama completo de una escena iluminada, se nota vastamente enriquecido por sus factores de contraste, principalmente por la paleta de información que este fenómeno nos puede dar, no solo en diferencias de luz sino en la profundidad, y forma del espacio y en los filtros y la ubicación de la fuente de luz.

MARCO CONCEPTUAL

El marco conceptual, comprende la historia del diseño de la luz como el contexto que explica el valor y la ruptura de los enfoques de luz analizados en este proyecto de investigación. Posteriormente expone la luz desde lo cualitativo, lo cuantitativo y la trayectoria científica para esta articulación de miradas.

Historia del diseño de la luz

Desde tiempos remotos, la domesticación de la luz ha sido un reto para la humanidad, resolviendo a través su entendimiento, la posibilidad de adquirir visibilidad y calor al interior de los espacios que refugian a los seres humanos de la intemperie. Hemos transformado gradualmente nuestro hábitat y modo de vida, comprendiendo en la envolvente arquitectónica, una forma de poder controlar el entorno físico que nos rodea (Saint-Gobain & Vieille, 2016).

Han sido varios los ejemplos en la arquitectura de la jerarquía de la luz como variable esencial: Los edificios religiosos articulan delicadamente su arquitectura con el movimiento de la luz del sol, haciendo una alegoría a lo “divino” por medio de la iluminación, los patios romanos aprovecharon la incursión solar como recurso primordial para iluminar estratégicamente los espacios, la arquitectura moderna destacó la utilización del “muro cortina”, que trabaja como continuidad del espacio donde la luz penetra y rebota por todo el espacio de forma uniforme, entre otros casos en donde la arquitectura es definida en gran medida por la luz (Castillo Martínez de Olcoz, 2005).

En la trayectoria de la luz en la historia de la arquitectura, la representación de la luz en el espacio se mantiene como testigo inefable del desarrollo de nuestra evolución, exponiendo en el esquema siguiente, un resumen de como con las exploraciones de la historia, filtran su trayectoria con embudos cada vez más precisos según el contexto social, cronológico y el campo de acción, explotando aspectos dinámicos de la luz como el movimiento y las percepciones técnicas, pero mecanizando procedimientos que anteriormente mantenían la proyección de la luz vinculada a la experiencia sensible del diseñador.



Figura 9 – Línea de tiempo de la luz en la arquitectura– Imagen construida por el autor

Dentro de la línea de tiempo del desarrollo de la luz, la industrialización de finales del siglo XVIII marcó el inicio de un gran cambio en el modo de vivir de la gente. Nuevos materiales de construcción, nuevas fuentes de energía y la invención de la electricidad dieron cabida a los sistemas de iluminación artificial, acrecentando el deseo de controlar mejor los fenómenos físicos que determinaban un espacio (Saint-Gobain Ilustraciones, & Vieille, 2016).

A principios del siglo XX el confort en interiores y el bienestar pasan a ser temas concretos a tener en cuenta, disponiendo del mundo científico para enriquecer los enfoques que tiene la iluminación natural al interior de los espacios. Las investigaciones de la luz y el ser humano se vuelven cada vez más relevantes y comunes en el medio científico, como el enfoque biológico de la luz natural en la salud (Boyce, 1981; Li, Cheung, Cheung, & Lam, 2010; Kleindienst & Andersen, 2012), los efectos no visuales de la luz en el ser humano (Linhart & Scartezzini, 2011; Konis, 2016), la influencia de la luz natural en la percepción de los objetos y el espacio (Cuttle, 2015; Kynthia, Chamilothori. Jan, Wienold. Marilyn, 2016), y la eficiencia energética a través de la iluminación natural respondiendo al confort humano (Esquivias Fernández, Moreno, & Fernández Expósito, 2014; Linhart & Scartezzini, 2011; Mardaljevic et al., 2009), entre otros., promoviendo una era de descubrimientos valiosos para el mundo del diseño de la iluminación natural.

La influencia de la luz en la arquitectura se puede considerar desde dos perspectivas básicas. La del arte y la ciencia, la emoción y la cantidad, la espiritual y la terrenal. Castillo de Martínez de Olcoz, nos enseña en su investigación *El sentido de la Luz*, que estos roles se han entrelazado, pero desde la era de la Ilustración comenzaron a separarse y a ser campos que se entienden distintos; y en esa separación, se perdió una comprensión holística del papel de la luz.

La relación entre luz y arquitectura es equiparable a la relación luz-hombre, entendiendo la arquitectura como una prolongación humana que viste y protege al hombre de las fuerzas de la naturaleza. Existe una dependencia fuerte por la energía eléctrica que ha transformado los hábitos de vida y así mismo, interferido con los ciclos vitales. El hecho de disponer de la electricidad para el desarrollo de la arquitectura, fue un acto decisivo en la ruptura del entendimiento de la luz natural en los procesos de diseño, especialmente en el contexto moderno que busca unificar los rangos que cuantifican la percepción de calidad (Castillo Martínez de Olcoz, 2005).

No solo la iluminación artificial afectó en gran medida las formas de diseñar en relación con los fenómenos naturales, y especialmente con la iluminación del sol, sino la masificación que advino con la era posterior a la industrialización, en donde la adquisición de bienes y aumento de la capacidad financiera de gran parte de la población (Dabat, A., 2009), estimuló la demanda de la propiedad y así mismo la construcción de edificios masivamente, obligando a los ejecutores de este gremio a desatender detalles esenciales para la relación de un espacio con su entorno.

La suma de estos factores históricos aporrecó el hilo que nos permitía vincular la luz como expansión de la energía del sol, como un enlace básico que antecedía el entendimiento del hombre. Es entonces la evolución y el crecimiento de la sociedad el filtro de nuevas manifestaciones que no deberían sesgar la relación básica que tiene el hombre con el mundo natural.

La luz desde lo cualitativo

El arte

La luz ha sido un elemento esencial, no solo en fenomenología ambiental, sino en la arquitectura y el arte. Para la era del renacimiento (1300 – 1600DC), el mundo del arte redescubre la luz en su composición artística para destacar elementos específicos, representando emociones e intenciones trascendentales a través de técnicas como el claroscuro o el expresionismo alemán (Castillo Martínez de Olcoz, 2005)

La representación de la luz ha sido una preocupación constante de los artistas para conseguir crear una sensación de realidad, pintores como Goya, Rembrandt y Vermeer nos presentan el universo infinito que pueden crear los distintos contrastes de luz y sombra en el arte, consolidando grandes composiciones de iluminación para crear percepciones de realidad, misterio, deseo, y básicamente para vincular emocionalmente al espectador.

Vermeer, es uno de los artistas que mejor juega con la iluminación; en sus obras introduce la luz a través de las ventanas, dejando el resto de la estancia en penumbra, vinculando al artista holandés con la posibilidad de haber estado familiarizado con la ciencia óptica de su época. Las pinturas de Vermeer producen una sensación de profundidad que posibilita que el motivo se vuelva transparente, que las cosas existan por sí mismas, sin necesidad de ser miradas. Se evita pues destacar la figura o motivo para crear una ilusión de profundidad o perspectiva, y en vez de ello se prima la presencia por encima de la representación. La que solo puede dar la luz natural (Roa, J., 2011).

Rembrandt, reconocido como uno de los artistas más conocedores de la luz en el arte, consigue una definición dramática de luces y sombras en sus obras, que en los retratos otorgaba calidad de profundidad, otorgando la sensación de una suavidad en las texturas que en la completud de la escena se vuelve casi agresiva por su realidad atmosférica y la inquietante potencia de la luz por encima de la mera representación.

Goya, aparece más tarde como un artista experimentado en el uso de la luz, dominante y ambicioso, entendiendo la luz de forma casi científica, como lo fue también para Caravaggio y Velázquez, “presente en la esencia de

sus obras” (Mena, M. 2012). En su obra *Los fusilamientos en la montaña del Príncipe Pío*, Goya logró tal comunicación de la luz, que la hace ver cruel y represiva, como un símbolo que se funde con la experiencia que representaba la guerra de la independencia española para la época (1808), otra muestra del poder que tiene la luz en la percepción profunda del ser.



Figura 10 - 'Los fusilamientos en la montaña del Príncipe Pío', Francisco de Goya, 1814.

La percepción:

Cuando se trata de análisis de iluminación, muchos expertos consideran que la calidad de la luz solo se puede abstraer de aspectos físicos y aplican sus principios a realizar mediciones. A menudo basan sus ideas en un nivel de luz numérico y escalado, discutido en cantidad de lux o cd/m^2 , que puede ser comparado y detectado por instrumentos. Sin embargo, si se mira más profundamente la relación del ser humano con la luz, comprende un campo más complejo, pues la energía que se puede medir no es tan confiable y comparativa como nuestros sentidos (Fontenelle, 2008).

Como se presentó en el capítulo anterior, la luz es una fuente de sensaciones diversas que alimentan significativamente cualquier experiencia,

bien sea con el espacio, con otras personas o con la sensibilidad que nos conecta con el mundo de formas difusas y aun, desconocidas.

La percepción es un proceso simple que estimula, y en el estímulo está la información. Según la perspectiva ecológica de Gibson, actualmente existen teorías modernas para las que la interacción con el entorno no sería posible en ausencia de un flujo informativo constante, al que se denomina percepción (James J. Gibson, 1979).

La percepción puede definirse como el conjunto de procesos y actividades relacionados con la estimulación que alcanza a los sentidos, mediante los cuales obtenemos información respecto a nuestro hábitat, las acciones que efectuemos en él y nuestros propios estados internos, entendiendo la percepción de un individuo desde lo subjetivo, lo selectivo y lo temporal (Vernon, 1979):

- Es **Subjetiva**, ya que las reacciones a un mismo estímulo varían de un individuo a otro. Ante un estímulo visual, se derivan respuestas. Una imagen puede significar distintas cosas para unos individuos, dependiendo de sus necesidades en ese momento, de su cultura y sus experiencias.
- La condición de **Selectiva**, es consecuencia de la naturaleza subjetiva de la persona que no puede percibir todo al mismo tiempo y selecciona su campo perceptual en función de lo que desea percibir.
- Lo **Temporal**, es debido a que la percepción es un fenómeno a corto plazo. La forma en que los individuos llevan a cabo el proceso de percepción evoluciona a medida que se enriquecen las experiencias, o varían las necesidades y motivaciones de los mismos.

Dicha temporalidad permite al diseñador cambiar la percepción del usuario sobre el espacio mediante la variación de cualquiera de los elementos que conforman un espacio. La usabilidad del espacio se considera como la habilidad del usuario para reconocer en el espacio las funciones que le permitan llevar una tarea o disposición con éxito, pero la experiencia, le otorga una visión más amplia, observando la interacción completa del individuo con

el ambiente, así como los pensamientos, sentimientos y percepciones que resultan de esa interacción (Tom Tullis, 2008).

Todas las percepciones que tenemos, son el resultado de nuestra experiencia. Finalmente, y aunque la percepción es un enfoque difícil de comprender, se toma en cuenta que la presentación de escenarios simples, será una de las estrategias claves para que a interpretación de las preferencias quede concentrada en aspectos medibles. Además se da cuenta que es necesario guiar las percepciones de las personas que puedan participar de la evaluación de la metodología.

Lo humano

La luz diurna dinámica y la iluminación artificial controlada pueden afectar no solo las distintas condiciones físicas medibles en un espacio, sino también instigar y provocar diferentes estados de ánimo y experiencias visuales. Debido a la luz, es posible percibir diferentes atmósferas en el mismo entorno físico, constituyendo un elemento fundamental para el diseño de espacios y, por lo tanto, jugando un papel importante en la discusión de la calidad en la arquitectura (Fontenelle, 2008).

El confort visual va mucho más allá del simple hecho de ser capaces de ver lo suficientemente bien como para poder llevar a cabo una tarea. Poder describir el efecto de luz plenamente, requiere analizar muchos aspectos, como su fuente, su distribución, su intensidad, tono y color. Ser capaces de controlar los niveles de luz es también clave para el confort visual, tanto la escasez como el exceso de luz pueden provocar malestar. Un fuerte contraste o grandes cambios en los niveles de luz, pueden causar estrés y fatiga, ya que el ojo humano está adaptándose constantemente a los niveles de luz (Saint-Gobain et al., 2016).

La visión es el sentido primario a través del cual experimentamos los espacios y la luz es el medio que nos permite percibir la arquitectura, la forma, la textura y el color (Baker & Steemers, 2013). En las últimas décadas, las investigaciones recientes se han concentrado en enfoques alternativos para evaluar la luz, especialmente en estos tres temas, como métricas de rendimiento principales del enfoque humano:



- *Confort*
- *Bienestar o potencial de la salud*
- *Placer visual*

Figura 11 – Efectos de la luz no visuales. Recuperado de la investigación: Unweaving the human response in daylighting design, Marilyne Andersen, 2015.

CONFORT

No hay una definición universal de confort, ya que se trata de un tema relativamente complejo, aun así, hoy en día existe un consenso importante al señalar varios factores como claves para diseñar entornos visualmente confortables, como la disposición de vista al exterior, y de luz natural en cantidad suficiente, la distribución uniforme y una buena combinación de luz natural y artificial (Saint-Gobain et al., 2016).

Entender las actividades que se realizarán al interior del espacio ayuda a concretar los niveles de luz que se necesitarán para sentir confort en la ejecución de dicha actividad. Incluso la estética de los espacios o los materiales de los acabados, afectan la percepción que tengamos de la luz en los espacios, haciendo del proceso de diseño confortable, un camino un tanto más complejo.

BIENESTAR

Los aspectos biológicos de la luz natural están relacionados al sistema de órganos, tejidos y a funciones bioquímicas del cuerpo, como el órgano visual y los fotorreceptores del ojo, a temperatura del cuerpo, la regulación de las hormonas de cortisol, la melatonina y los ritmos circadianos (Van Bommel & Van del Beld, 2004).

Los aspectos fisiológicos corresponden a la percepción de los órganos de los sentidos para captar señales que permitan al cerebro, establecer a través de estímulos comparaciones de diferentes interacciones con el ambiente. En este caso los ojos perciben información a través de la luz y se traduce en respuestas visuales, motrices o mentales, algunas de estas percepciones pueden ser magnitudes cuantificables en forma directa y otras susceptibles de ser evaluadas desde lo cualitativo (Giraldo, 2018).

PLACER

En el marco de la investigación, la percepción de placer visual se ha salido de la línea objetiva, puesto que en el caso de una valoración de este enfoque al interior de un espacio, los resultados podrían estar influidos por múltiples factores, como por ejemplo, la tarea a realizar (Yarbus AL, 1967), el contexto (Torralba A, et al., 2006), o factores individuales como el nivel de cansancio del participante o la presencia de enfermedades conocidas y desconocidas (Andersen, 2015).

La percepción de luz es incuestionablemente un aspecto importante del rendimiento visual y la sensación de agrado; el placer que genera una buena iluminación, vincula al usuario rápidamente con el espacio que lo rodea, estimulando la vista, despertando la sensación psicológica de bienestar, generando gusto o agrado, disponiendo de información para notar otros fenómenos, como la sensación térmica, y hasta incentivando a la creatividad o la permanencia extendida, siendo en cualquier caso la luz un medio para mejorar exponencialmente cualquier lugar, pactando las formas en que se experimenta el espacio, con las percepciones de placer en el lugar.

Algunas investigaciones han demostrado recientemente que las variaciones de la intensidad de la luz permiten comprender mejor la disposición de un lugar, afectando directamente la sensación de agrado o de conexión con cualquier lugar (Chamilothori, Wienold, & Andersen, 2018; Report, 2011).

La luz desde lo cuantitativo

Sin lugar a dudas, la luz natural es una de las variables esenciales del proyecto arquitectónico, y ha despertado la necesidad de comunicar y poder calcular sus niveles al interior de los espacios. Esto ha dado lugar a la cuantificación de luz como un método clave para los procesos de diseño, facilitando la creación de múltiples herramientas para predecir los niveles de luz natural en los edificios. (Iversen et al., 2013).

El Sistema Internacional de Unidades, abreviado SI, es el sistema de unidades que se usa en casi todo el mundo, para unificar y comunicar cuantitativamente fenómenos físicos fundamentales. El SI surgió para dar coherencia a una gran variedad de subsistemas de unidades que dificultaban el comercio y la transferencia de resultados de mediciones, basados en artificios y medidas particulares, definidos sin mayor rigurosidad científica. En Colombia se establece progresivamente la implementación del Sistema Internacional de Unidades en la Ley 1480 del 2011 (Estatuto de Protección al Consumidor), haciendo más eficiente y competitiva la industria nacional.

En 1979, en la 16° Conferencia General de Pesas y Medidas, se define oficialmente la *Candela* como la intensidad luminosa, en una dirección dada de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} Hz y cuya intensidad energética en esa dirección es de $1/683$ watt por esterorradián.

Aunque la cuantificación del fenómeno de la luz ha consolidado un panorama más claro y preciso para las decisiones sobre la calidad de los espacios, el presente trabajo es una apuesta para enriquecer enfoques no medibles del mismo campo de investigación, acercando las variables técnicas a la preferencia perceptual.

Lo técnico

El panorama técnico de la luz se presenta en este trabajo de investigación desde dos puntos de vista. El primero, es la luminancia como fenómeno que interactúa directamente con la percepción de la vista; y el segundo, es el contraste como efecto capaz de dinamizar la escena lumínica y relacionarla entre sí como un solo panorama que distingue el campo visual.

Las investigaciones que se han expuesto en este trabajo hablan del análisis de luz en imágenes, desde dos tipos de medidas que son comúnmente utilizadas para cuantificar la luminancia y el contraste: una que dependen de medidas globales e integra toda la escena para un panorama completo, y otra que dependen de medidas locales para identificar puntos de referencia precisos. Las medidas globales con mayor frecuencia se basan en dos puntos únicos de brillo y oscuridad extremos, teniendo en cuenta la diferencia en los valores de luminancia máximos y mínimos. Otros métodos tienen en cuenta los valores medios de luminancia en lugar de los extremos, y la desviación estándar. Si bien estas medidas de luminancia y contraste proporcionan un único valor comprensible, no pueden predecir con eficacia el contraste entre dos imágenes que varían en composición, respaldando la idea de partir de una imagen estática para mayor precisión tanto en identificación de variables como en evaluación de preferencia de iluminación.

Aunque existe una gama de métodos, todavía hay poco consenso sobre cómo producir un solo número que represente la percepción de luz y contraste de una imagen a través de píxeles localizados o valores de vecindario. Por otro lado, un solo número es una medida compacta que se puede comparar con experimentos subjetivos, que a menudo producen otro valor único de las encuestas de ocupantes (Rockcastle & Andersen, 2014).

Modo de Alto Rango Dinámico (HDR)

Con el advenimiento de la imagen HDR, se ha hecho posible producir fotografías y representaciones digitales con un rango más amplio de datos de luminancia que capturan con mayor precisión una escena desde el punto de vista de un ocupante (Newsham GR, Richardson C, Blanchet C, Veitch JA, 2005), permitiendo la cabida a nuevas interpretaciones de la medición de la luz reflejada en los espacios a través de fotografías que capturan una escena de manera instantánea desafiando la variabilidad del fenómeno natural con la incursión solar y los cambios climáticos, y filtrando la captura de escenas de mayor interés.

Existen cámaras de rango dinámico alto para el mercado profesional, pero son muy costosas. Una solución más asequible para fotografías de alto rango dinámico (HDR) es combinar múltiples fotografías tomadas con distintos

tiempos de exposición en formato **RAW** o **CR2**, que junto con un software diseñado para el integrar imágenes LDR, como Aftab Alpha. Las imágenes HDR resultantes se pueden calibrar contra la luminosidad puntual. Mediciones tomadas en el momento de la captura de imágenes para producir mapas de luminancia (Inanici, 2006). Esta solución se vuelve un método atractivo para los investigadores debido a su bajo costo relativo en comparación con el uso de sensores comúnmente usados para rectificar medidas de fenómenos de la luz, puesto que los recursos para construirlo están ampliamente disponibles (Cámara profesional + Fotoreceptor + Software Aftab Alpha).

Los archivos **CR2** (Canon Raw Version 2) ofrecen un formato de imagen **RAW** utilizado por las cámaras Canon. Dicho formato almacena información del sensor directamente en el dispositivo de almacenamiento. No puede visualizarse fácilmente como un archivo JPG o PNG. Las imágenes almacenadas en formatos RAW pueden editarse en el proceso de postproducción con mucho mayor detalle y una pérdida de calidad menor. En cambio, la edición de archivos JPG u otros formatos de imagen reduce la calidad considerablemente. Las imágenes CR2 no están preparadas para imprimirse directamente y no pueden modificarse sin un programa editor de mapa de bits. Las imágenes RAW son equivalentes a una versión digital de los negativos fotográficos.

Las imágenes RAW tales como las del formato CR2 son procesadas por un conversor específico en una amplia gama interna de color antes de convertirse a un formato de archivo fácil de imprimir, enviar, cargar y descargar. Los colores de las imágenes RAW tales como las contenidas en los archivos CR2 se graban en 12 o 14 bits y utilizan una compresión sin pérdida. El formato CR2 surgió tras el formato CRW que Canon utilizaba en sus modelos 350D, 1D, G9 y 20D. Los archivos CR2, basados en el formato de archivo TIFF, pueden tratarse de forma similar y fueron compatibles con diversos programas (CANON, 2012).

El mayor aporte de la imagen HDR dentro de este tema de investigación es la cuantificación de la percepción de la luz, con la correlación de factores como el tamaño de la vista, la luminancia promedio y la diversidad de luminancia con la percepción por tendencias.

Cuando se adapta en el rango fotópico, el ojo humano puede detectar niveles de luminancia en un rango de $10(\log)8$ y con 106 niveles de resolución (Boyce, 1981). Las tecnologías convencionales de captura y visualización de imágenes, sin embargo, no concuerdan con la capacidad de resolución del sistema visual humano. Un monitor de pantalla de cristal líquido (LCD) convencional puede presentar niveles de luminancia de hasta 300 cd/m^2 , con solo 256 niveles de luminancia distintos. Afortunadamente, existen tecnologías para aumentar el rango dinámico tanto para la captura de imágenes como para la visualización (Veitch, 2016).

Jennifer A Veitch, nos presenta en su investigación *Research matters: HDR making Strides*, tres experimentos usando pantallas HDR. Esta integración de pruebas, pone en contraste tres evaluaciones de percepción de la luz por medio de distintos medios, comparando dos versiones de pantallas HDR, con una versión de imagen convencional, en contraste con el escenario real (ubicado en el mismo edificio donde se realizaron las fotografías), calificando lo que vieron en cuatro escalas semánticas diferenciales (tenue – brillante, no uniforme – uniforme, desagradable – agradable, deslumbrante – no deslumbrante), exponiendo finalmente que las percepciones en HDR tuvieron una desviación estándar mínima en relación con los escenarios reales, y en contraste con las imágenes convencionales, a continuación se presenta un cuadro resumen resultado de la evaluación de dos de los escenarios (Veitch, 2016).

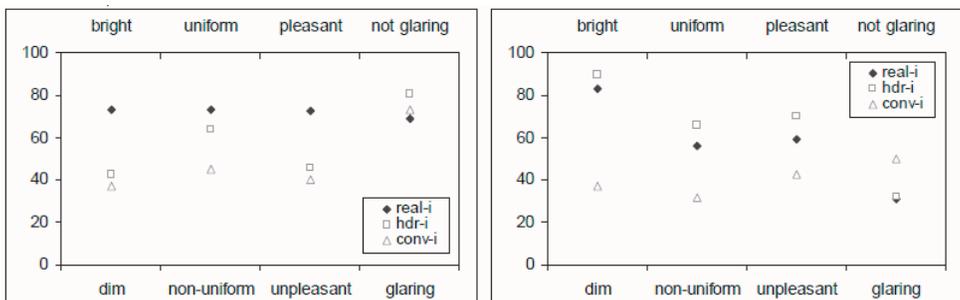


Figura 13 – Recuperada de la investigación *Research Matters: HDR making strides* (Veitch, 2016)

Este experimento, respalda la precisión que se puede lograr para la evaluación de percepción de luz por medio de la fotografía HDR, en contraste con la experiencia dentro de un espacio real, presentando un marco teórico sólido para la elección del modo HDR como punto de partida de valoración.

Dentro de las investigaciones se encontraron componentes importantes para tener en cuenta en la construcción de imágenes HDR, entre ellas un concepto emergente conocido como *desbordamiento luminoso* (Jakubiec, 2015), una condición donde el rango dinámico de la fotografía HDR es menor que la verdadera gama luminosa de la realidad visual. Específicamente, *desbordamiento luminoso* es un concepto importante para los investigadores de confort visual a ser conscientes de como reducciones de luminancia pico reducirá medidas derivadas del contraste, el componente directo de iluminación imagen calculada y la gama de valores previstos detectados por indicadores de malestar visual (A, K, M, & A, 2016)

Otro ejemplo de investigación con el recurso de la fotografía digital en modo HDR, fue el de Rockcastle y Andersen, quienes presentaron en el 2013, a través de fotografías, una estudio que relaciona las variables de tiempo y contraste de la luz natural al interior de un espacio, haciendo visible a través de una cámara y un temporizador, configuraciones diversas y efímeras de la luz y la sombra en un ambiente interior (Rockcastle & Andersen, 2013), obteniendo múltiples referentes científicos que han confiado en este método para capturar aspectos de luz dentro de un marco práctico y fiel a la realidad.

Aftab Alpha

Aftab Alpha es un software basado en Python que utiliza algunos comandos Radiance para crear y analizar imágenes HDR basadas en puntos referidos de luz de una escena real fotografiada.

Dado que todas las cámaras normales tienen limitaciones en cuanto a que no pueden capturar un amplio rango dinámico de luminancia de una escena real, este software permite armar una secuencia de fotos LDR (bajo rango dinámico) capturadas de forma manual con distintos tiempos de exposición y diafragma para crear una imagen HDR (alto rango dinámico) que incluye todo el rango.

El software construye rápidamente mapas de color que proporcionan información de la luz en las superficies del espacio capturado por medio de la fotografía digital, optimizando la lectura de datos técnicos a través de una imagen con valores de luminancia (cd/m^2) o iluminancia (lx) referenciados por convenciones de color.

Además de las herramientas de calibración de cámara, ensamblaje HDR y análisis HDR, el software tiene algunas otras herramientas útiles, como la interfaz *Evalglare* para realizar la evaluación del deslumbramiento para las imágenes HDR importadas y también la página de creación de diagramas de sol *Sunpath* (MIRI., 2012).

Existen varios softwares que ensamblan fotos LDR para crear una imagen HDR, los más conocidos son Photosphere, WebHDR, wxfalsecolor, hdrscope y Aftab Alpha. Las técnicas de mapeo de luminancia proporcionan mucha más información sobre un entorno luminoso que un número limitado de mediciones. Sin embargo, existe la necesidad de determinar técnicas prácticas y adecuadas para el análisis de datos que puedan usarse para analizar rápidamente la información y proporcionar retroalimentación útil para las decisiones de diseño de iluminación y estrategias de control.

Investigaciones actuales en torno a ambos enfoques

Cuando se investigan los efectos de la iluminación sobre las impresiones perceptivas de un ambiente interior, el entorno virtual debe corresponderse con datos fotométricos precisos. Aunque en la última década se ha realizado un número considerable de investigaciones para comparar y validar métodos que apunten a combinar preferencia y técnica de la luz, los métodos existentes encontrados, que cuentan con la inmersión del usuario dentro del entorno virtual son realmente pocos (Chamilothori et al., 2018).

Algunos hallazgos en investigaciones que han estudiado la evaluación de la percepción de la luz natural, son consistentes en señalar que los ocupantes parecen preferir ambientes luminosos, no uniformemente iluminados con cierta diversidad de luminancia (Parpairi, Baker, Steemers, & Compagnon, 2002; Wymelenberg & Inanici, 2014).

En este orden de ideas este trabajo de investigación considera construir una serie de escenarios que puedan representar efectos de luz en un grado controlado pero que se diferencia estratégicamente entre escenas por su porcentaje de abertura, su distribución de luz y su efecto de luz, influyendo en la percepción de preferencia por tendencias que permitan entender el punto de vista de los evaluadores en cada uno de los escenarios. A continuación, se argumenta desde lo científico los métodos adoptados en este trabajo para lograr una articulación de miradas en torno a la luz al interior de ambientes arquitectónicos.

Métodos de calificación subjetiva

El interés por relacionar variables y superponer sus componentes, le da apertura a nuevas perspectivas del mundo científico. Las exploraciones del siglo XXI entorno al entendimiento de la luz natural y su impacto en el ser humano adquieren relevancia, reconociendo el tema de la percepción visual como un factor clave a la hora de valorar la calidad lumínica de un espacio, aun así, no ha habido hasta el momento gran exploración de los medios de cuantificación de la luz desde un enfoque perceptivo, que abarque la integración de recursos que mejoren la valoración detallada y en el caso perceptivo, desde una experimentación inmersiva, para alcanzar un mayor grado de refinamiento.

La oportunidad de conectar recursos de representación técnica y cuantitativa con la identificación de marcos preferenciales de los usuarios en torno a la valoración de efectos de la luz es amplia y competitiva dentro de los procesos proyectuales, validando cada vez más la experiencia del usuario como objetivo principal.

Para las investigaciones del comportamiento subjetivo, varios teóricos se han ingeniado modelos de medición que se centran en el concepto o la percepción de individuos, determinando datos que por otros medios serían difíciles de alcanzar, como las *Escalas de Likert* o el *Diferencial Semántico*; estos métodos han sido desarrollados como un medio de visualización que busca representar gráficamente las diferentes connotaciones asociadas a una percepción, concentrada en una palabra para diferentes individuos.

Los estudios han demostrado que la luz natural al interior de los espacios, tiene un impacto significativo en el comportamiento de los ocupantes de un edificio, y viceversa. En el 2008, Cetegen, Veitch y Newsham relacionaron en una investigación la luminancia promedio con la ligereza percibida, y la diversidad de luminancia con el interés visual, aprovechando las imágenes digitales en modo HDR para correlacionar factores cuantitativos con la percepción de la satisfacción lumínica de los ocupantes a partir de fotos en 2D y lo establecido en sus encuestas (Cetegen D, Veitch JA, Newsham GR, 2008).

Han sido pocos los estudios que abordan los impactos de la distribución de luz natural en el campo visual de un ocupante, Parpairi et al., (2002) propone mediciones espaciales para cuantificar la diversidad de vistas. Sus hallazgos revelaron una relación entre las calificaciones de mayor preferencia por los escenarios de gran diversidad luminosa medida (Parpairi et al., 2002).

Otros estudios han utilizado algoritmos genéticos para predecir las preferencias de los ocupantes hacia la luminancia y la uniformidad promedio dentro de un entorno simulado, como un render (Newsham GR, Richardson C, Blanchet C, Veitch JA, 2005). Aunque estos hallazgos son consistentes al señalar que los ocupantes parecen preferir ambientes brillantes, iluminados de forma no uniforme con cierta diversidad de luminancia (Wymelenberg & Inanici, 2014; Parpairi et al., 2002), ninguno de estos estudios abordó la cuestión desde la experiencia inmersiva que le permite al evaluador controlar sus movimientos y ampliar el panorama de evaluación.

La primera es un experimento que utiliza la realidad virtual para recopilar evaluaciones subjetivas de escenas arquitectónicas iluminadas con luz natural, intentando identificar, cuantificar o predecir los impactos perceptivos de la luz natural en las personas, a través de un algoritmo que predice la preferencia del usuario por distintos escenarios que exponen el desempeño lumínico (Rockcastle et al., 2017), reconociendo en un sistema métrico otras variables como el agrado, el interés y la complejidad.

La segunda investigación aunque sigue priorizando la percepción de preferencias del usuario como base de la exploración, está más concentrada en una evaluación que identifique la diferencia de percepciones entre la experiencia inmersiva de un escenario real y la experiencia inmersiva de

un escenario virtual (Chamilothori et al., 2018), facilitando la secuencia de pasos a seguir a la hora de recrear una experiencia inmersiva y adaptarla en el ejercicio de valorar preferencias fieles a las experiencias humanas reales.

La mayoría de investigaciones analizadas utilizaron la entrevista, encuesta o el cuestionario oral como medio clave para recopilar las percepciones de la gente. Siendo uno de los métodos principales métodos de recopilación de datos y conformando una alternativa útil y sencilla para fines prácticos (Cetegen D, Veitch JA, Newsham GR, 2008). La recopilación de estos datos se ha analizado desde la propuesta estructural que se desea proyectar en la persona entrevistada.

En el presente trabajo, se propició que a la hora de hacer las entrevistas por realidad virtual, los evaluadores manifestaran su estado para dirigir su disposición a un momento confortable, y que de esta manera, se pudieran concentrar principalmente en los efectos de luz. Inclusive se consideró usar audífonos para desconectar al evaluador del mundo exterior, pero por facilidades técnicas esta idea se descartó. Con cada personaje evaluado se contó con un espacio tranquilo y silencioso para hacer la encuesta de realidad virtual, como su casa o su espacio de trabajo. En general, todos manifestaron sentirse bien antes y después de hacer la entrevista, manteniendo en lo posible, la toma de medidas subjetivas, de una manera agradable y donde los evaluadores se sintieran a gusto.

Realidad Virtual

Una barrera importante en la aceleración del conocimiento en este campo es la dificultad de controlar la variación de las condiciones luminosas en los estudios experimentales. Aunque la luz del día se identifica como uno de los factores impulsores en el diseño arquitectónico (Zumthor 2006; Holl y otros 2011), actualmente no existen métodos que nos permitan visualizar y evaluar la dinámica y la complejidad de la luz del día en el espacio, reproduciendo verdaderamente la experiencia del usuario, excepto cuando este espacio esté terminado y construido. Sin embargo, usar entornos reales para investigar la percepción humana es complejo en cuanto a parámetros y recursos, mientras que la investigación de la iluminación natural se enfrenta al problema particular de las condiciones que cambian con el tiempo, como

el clima y el cielo (Bülow-Hübe 1995; Newsham y otros 2010; Chamilothoni et al., 2018)

Para acercarse a resolver esta limitante, aparece una de las herramientas más novedosas de los últimos tiempos, con el aprovechamiento de la Realidad Virtual como alternativa en estudios que investigan los efectos de la composición de la luz del día sobre la percepción subjetiva del espacio virtual, mostrando de forma práctica y a través de un modelo o una fotografía, distribuciones de patrones de luz diurna (Chamilothoni et al., 2018; Rockcastle et al., 2017; Musca & Stott, 2017).

Hasta ahora, los usos más visibles de la realidad virtual en la arquitectura han sido la comunicación entre el arquitecto y el cliente, y muchos clientes han encontrado que tales demostraciones inmersivas representan una gran mejora en la comprensión del propósito de diseño de sus arquitectos (Musca & Stott, 2017).

Según Rockcastle, Chamilothoni y Andersen, personajes que han estado ahondando en el tema durante la última década, muy pocos estudios han utilizado una pantalla de realidad virtual inmersiva en la investigación de impresiones de iluminación (Heydarian et al., 2016). Ellas demostraron en su estudio *An Experiment in Virtual Reality to Measure Daylight* (Rockcastle et al., 2017) que el rendimiento del usuario en la identificación de objetos, la velocidad de lectura y la comprensión en un espacio, era similar en un entorno real, comprobando la eficiencia del método en la percepción de experiencia inmersiva, su eficacia como recurso de comunicación de la luz y la oportunidad de promover un medio que sigue siendo experimental, pero que parece muy prometedor para su uso como sustituto de entornos reales en la investigación.

Articulación de enfoques

El recurso de la luz natural, como fenómeno de gran influencia en el campo del diseño, implica una cantidad de impactos en el hombre, que se vuelve un objetivo de investigación en múltiples perspectivas. Los arquitectos entienden la importancia de la luz natural también en su capacidad para generar una atmósfera, revelar el diseño, dibujar una coreografía de la geometría y la luz, dar textura a los volúmenes construidos o añadir cierta dinámica a

un ambiente monótono (Andersen, 2015); en otras palabras, la luz permite mejorar el interés visual que finalmente proporciona placer emocional.

Han surgido algunas medidas para tratar de cuantificar la “calidad de la luz” mediante la identificación de una relación entre el brillo, contraste y preferencia de los ocupantes (Newsham et al., 2005; Cheung & Chung, 2008; Wymelenberg & Inanici, 2014; Parpairi, Baker, Steemers, & Compagnon, 2002), aportando índices que pueden proveer recursos a la práctica proyectual, pero que en el campo de acción, no se ven reflejados en los procesos de diseño arquitectónico. Esto puede ser por falta de conocimiento o de practicidad, haciendo que la cuantificación de lo cualitativo sea una apuesta arriesgada, y que debe ser comunicada desde la claridad y la practicidad de su función, haciendo que estos procesos tengan mayor relevancia en la ejecución proyectual de la iluminación en el campo real.

Es entonces evidente, que las pruebas experimentales del método de valoración perceptiva son un reto para el diseño y la construcción, pues estos campos buscan resultados prácticos y objetivos, abriendo una puerta a la adecuación de entornos sustitutos de los espacios reales diurnos en experimentos que investigan la percepción a través de la experiencia.

Este trabajo introduce la realidad virtual como un método novedoso para articular enfoques, siendo este el recurso de numerosas investigaciones que se han valido de él para la evaluación subjetiva de la iluminación (Chamilothori et al., 2018; Heydarian et al., 2015; Musca & Stott, 2017; Rockcastle et al., 2017) comprendiendo la experiencia visual como un lenguaje atractivo y simple que se puede ejecutar fácilmente.

No sobra tener en cuenta aquello que Kynthia Chamilothori menciona en una de sus investigaciones, pues dice que “La idea es que la realidad virtual debe apoyar, no reemplazar, la intuición del arquitecto”, manteniendo este recurso como un medio que debe ser bien interpretado. El objetivo es ayudar a la arquitectura a desarrollarse más allá de lo puramente visual en algo más fenomenológico. La comprensión de las respuestas fisiológicas de las personas podría avanzar enormemente nuestra comprensión de cómo la arquitectura influye en la percepción y el comportamiento humanos.

Articular los enfoques del usuario y el diseñador resulta esclarecedor, cuando consideramos el impacto positivo que ofrece la realidad virtual para comunicar la preferencia del ocupante. Abordar la luz desde lo cualitativo y cuantitativo puede dar apertura a otros panoramas, que vinculan incluso a diversas profesiones que no están directamente emparentadas con la construcción o la academia, entendiendo los desarrollos de conocimiento de la luz natural en sentidos transversales a la arquitectura, multiplicando el entendimiento de más profesionales que intervienen en la construcción de las ciudades y que gracias a un recurso del lenguaje de comunicación visual, pueden anteponer la calidad de los ambientes iluminados con luz natural.

La interacción de los factores de evaluación debería estar ligada al sentido común del arte de proyectar, favoreciendo siempre la comodidad ambiental, el uso racional de energía y la viabilidad de recursos, encontrando a través de múltiples enfoques de la arquitectura, una exploración inteligente para relacionar a las comunidades con su entorno, e integrar todos los puntos a los que es tangente el habitar.

Más allá de su complementariedad en el apoyo a un marco de rendimiento de iluminación natural unificado, los dos modelos propuestos con respecto a los efectos no visuales y la luz del día perceptual incorporan aspectos altamente innovadores por sí mismos. El modelo de respuesta a la luz, representa un primer intento de describir funcionalmente el mecanismo subyacente de los efectos directos no visuales, que promete ser un nuevo enfoque para apoyar el diseño de iluminación saludable una vez que se hayan llevado a cabo nuevas investigaciones para refinar y validar el modelo propuesto (Amundadottir et al., 2013).

Conclusiones

Este documento introdujo un estudio experimental que utiliza las escenas inmersivas de Fotografía HDR para la identificación de cantidades y distribución lumínica al interior de varios espacios, y la valoración de percepciones de preferencias a través de la experiencia inmersiva que proporciona la realidad virtual de los mismos. El motivo de recoger datos objetivos y subjetivos, permitió introducir una relación de enfoques en la investigación de la luz natural desde la perspectiva del ser humano, enriqueciendo otras miradas en los procesos de diseño y explorando otras alternativas para la comunicación de intenciones espaciales desde la experiencia.

Durante la identificación de valores de luminancia, se notó que una distribución de luminancia no uniforme hace que un espacio genere cierto interés en los profesionales con énfasis en diseño, pero que aquellos espacios con distribución homogénea y contrastes bajos, fueron preferidos por los profesionales con énfasis bioclimáticos, respaldando tal vez, la idea de que unos buscan el deleite visual de los espacios y los otros, la calidad controlada de los niveles de luz. Esta es una hipótesis que puede analizarse con mayor profundidad, sin embargo, es una conclusión interesante que surge durante el proceso de valoración.

Uno de los beneficios de usar imágenes para juicios de apariencia es un mayor control sobre la escena; cada participante puede ver exactamente la misma imagen. Tanto la realidad virtual en HDR como la fotografía digital conformando el HDR permitieron visualizar unas condiciones cercanas a la realidad, demostrando que existen formas asequibles de representar fenómenos visualmente como herramientas valiosas para la comunidad de diseño iluminación en la arquitectura.

A pesar de que no se pudo construir una idea contundente que correlacionara la luminancia con la preferencia, se distinguen variables de peso para las calificaciones de preferencia en los espacios, tales como que la homogeneidad de luz en los espacios interiores tiene buen grado de preferencia dentro del panel de expertos, siempre y cuando se pueda visualizar el origen de luz dentro de la escena. Las escenas que permitieron el contacto con el exterior despertaron cierto grado de interés, atribuyendo al escenario F6 la

segunda posición de preferencia por su vínculo con el entorno a altura del espectador. La percepción del encierro que generaron escenarios como el E5 o el G7 sobresalió por las bajas calificaciones de preferencia, además, los evaluadores manifestaron que se sentían en “un manicomio, o un consultorio”, aludiendo a una sensación de angustia por sentirse encerrados.

La comparación de clasificaciones subjetivas de siete escenas con la identificación cuantitativa y técnica de la luz, permitió vincular calificaciones según el perfil del evaluador, encontrando tendencias parecidas entre oficinas, o calificaciones altas y bajas en común entre colegas de énfasis, respaldando la idea del entorno influyendo sobre la percepción del profesional.

Uno de los alcances proyectados de este trabajo fue promover una mirada inversa del proceso de diseño, comenzando desde el usuario final del problema y diseñando al revés para identificar qué aspectos de diseño y parámetros cuantitativos pueden afectar en su percepción del lugar. Es pues una conclusión reconfortante, evidenciar que este método es una herramienta eficiente para identificar preferencias visuales del ser humano, aunque estas preferencias estén influenciadas por demasiadas variables. Esta valoración de preferencias por percepción puede conformar los efectos de luz y otros atributos que podrán enriquecer los espacios construidos, dirigiendo a un objetivo más claro en la forma geométrica de las aberturas, del espacio, incluso de sus acabados interiores y su orientación.

Mientras que algunos estudios anteriores han utilizado imágenes rectangulares en 2D para capturar emociones de la percepción de la luz, este es el primer estudio de tipo valorativo-perceptivo en contraste con identificativo-técnico, que utiliza el enfoque virtual inmersivo en contraste con la fotografía en modo HDR, para la recolección de datos de naturalezas diferentes.

Finalmente se resumieron las conclusiones así:

- Aunque se comprobó que la identificación de aspectos técnicos y la valoración de preferencias lumínicas no tiene asociación lineal, se distinguieron preferencias en escenas con iluminación homogénea en dónde se pudiera hacer contacto con el exterior de los ambientes.
- Esta metodología permite identificar preferencias cuantitativamente, más no parametrizar tendencias.

- Aunque no existe correlación entre valoración de enfoques, se encontraron tendencias cuantitativas parecidas entre calificaciones de evaluadores provenientes del mismo lugar, o valoraciones altas y bajas en común entre colegas de énfasis, respaldando la teoría de la influencia del entorno sobre la percepción del profesional.
- La valoración de preferencias se enmarca de formas diversas y subjetivas, en algunos casos los evaluadores complementaron el contexto de su experiencia inmersiva preguntando por el tiempo, el clima y la compañía, haciendo compleja la homogenización de experiencias de evaluación.
- Esta metodología es útil en casos en donde el diseñador o investigador quiera identificar preferencias cualitativas de forma técnica, ya sea para fines del proceso de diseño o para profundizar en los aspectos “placenteros” o “emocionales” que hay detrás de determinadas cantidades y distribuciones de luz en un espacio que pueda ser fotografiado.
- Es probable que el factor que más influyó en la valoración perceptiva de la metodología fue el diseño de la abertura más que el efecto de luz, vinculando la mirada del espectador con el contacto exterior o no, jugando con texturas y simetrías que pudieron distraer el propósito real del ejercicio.
- Esta metodología se puede replicar fácilmente, teniendo conocimiento de las variables y controlando los factores de valoración.

PERSONALES:

El objetivo general de este ejercicio es ensayar un método de valoración que articula aspectos técnicos y perceptuales de la iluminación natural en ambientes interiores, pero finalmente el alcance era conocer y reconocer otros universos de la perspectiva como un medio para enriquecer mi propia visión.

Trazar un método para vincular lo cualitativo y lo cuantitativo en la iluminación es un tema interesante de investigación que se ha abordado infinitas veces, pero desde el campo laboral personal del autor, acercar la percepción humana a los procesos técnicos, permite enlazar la figura

profesional del diseñador con el usuario, enriqueciendo procesos mecánicos de humanidad.

Asociar interpretaciones de los efectos de la luz, trazando una opción para vincular rangos cuantitativos y preferencias, promueve el desarrollo de nuevos modos de entender la iluminación natural en torno a las preferencias humanas y le ofrece al mundo científico una metodología que conecte unidades de medida de formas simples con el propósito final de disminuir la brecha del lenguaje entre enfoques de iluminación natural.

RECOMENDACIONES

La presente investigación presenta varias limitaciones que al mismo tiempo, permitieron enmarcar los alcances y el desarrollo de esta. El ensayo de un método para vincular enfoques distintos en una cantidad limitada de espacios con determinadas características y una sola orientación, puede limitar las conclusiones a un marco muy cerrado. Todavía sigue vigente la necesidad de identificar los parámetros físicos apropiados para evaluar la cantidad de luz natural en diversos casos de estudio.

Por otro lado se reconocen limitaciones por la precisión de la medición de luminancia, teniendo en cuenta que se tomaron las medidas con un Luxómetro y no con Luminancímetro, y que el mercado ofrece herramientas más precisas pero difíciles de conseguir por presupuesto elevado.

Las exposiciones se tomaron de lento a rápido a partir de los 4 seg. Inanici recomienda que estas velocidades se tomen cada mitad de tiempo de exposición, multiplicando la cantidad de capturas así: 4s, 2s, 1s, 1/2s, 1/4s, 1/8s, 1/15s, 1/30s, 1/60s, 1/125s, 1/250s, 1/500s, 1/1000s, 1/2000s, 1/4000s, 1/8000s (A et al., 2016).

Por cuestiones de tiempo, el número de capturas conseguidas en el presente trabajo de investigación fue de 1/8 de cada próxima exposición, capturando solo 7 tomas con distinta exposición por escena, asumiendo la curva de error que esto puede generar como parte de un proceso práctico, sin embargo, se recomienda que para una próxima investigación se puedan tomar las 16 capturas por escena que sugiere Inanici.

Otro aspecto a reconocer de la metodología es que la evaluación de luminancias con la experiencia inmersiva fue realmente de 180°, puesto que se le solicitó a los participantes mirar hacia el costado de la abertura, distinguiendo tan solo en las escenas HDR 2D, una dirección del campo de visión de 120°, limitando los alcances del recurso 360 de las gafas de realidad virtual a la mitad. Además se identifica que la costura entre la mirada norte y la sur de la fotografía 360 y el trípode que queda visible, puede generar dificultad para sentirse realmente al interior de este espacio, despertando duda o influenciando la toma de valoraciones.

La investigación *Adequacy of Immersive Virtual Reality for the Perception of Daylit Spaces: Comparison of Real and Virtual Environments* (Chamilothori et al., 2018) identificó en su investigación que existen algunas limitaciones por percepciones que no permiten la experiencia inmersiva en la realidad virtual, como la posible incomodidad térmica o auditiva que se podría sentir fuera de la escena virtual, teniendo en cuenta que esta solo está dirigida a responder a la vista, haciendo de las respuestas, como lo respalda también la teoría de la percepción, una suma de una cantidad incontrolable de factores que estimulan e influyen en la respuesta de preferencia.

Estas apreciaciones encontradas en otros trabajos de investigación incentivan la importancia de realizar este trabajo de investigación, como una oportunidad para estudiar, analizar y revalorar la experiencia del usuario con la luz natural en el proceso de diseño, pero también sus conclusiones son asimiladas desde la incertidumbre de la simulación de una verdadera experiencia de luz natural.

Un estudio de Van der Spek y Houtkamp (2008), que induce a la simulación de una enfermedad, descubrió que la evaluación de las dimensiones ambientales de la excitación y el placer se veía afectada por la incomodidad física de los participantes; un hallazgo relevante para el uso de la realidad virtual como herramienta de investigación empírica, enfatizando la necesidad de un análisis multicriterio para la adecuación de la realidad virtual como un sustituto de entornos reales.

Algo que si es posible comprobar es que la realidad virtual brinda una oportunidad rápida y sencilla de comunicar información espacial y los efectos de los fenómenos visuales en el ambiente, pero no sobra explorar con mayor

profundidad el estudio de todos los sentidos que despierta el placer visual y la percepción de la luz en el ser humano. El universo de los estímulos que impactan la experiencia de los espacios, es una oportunidad increíble de afiliarse con los hábitos de una población objetiva y enriquecer su calidad de vida desde lo más intangible como es su percepción de sentirse bien.

Es importante reconocer que las variables que hacen parte de este experimento de valoración son diversas y es complejo controlar que las percepciones se enmarquen únicamente en lo lumínico, haciendo un poco complejo la asociación de factores cualitativos y cuantitativos, aun así, el proceso y los resultados que pudieron evidenciar las gráficas, son un recurso interesante que puede tener múltiples análisis. Aquí se evidencian los que el autor identificó de su interés.

Es difícil establecer un umbral bidireccional que vincule percepciones de preferencias con aspectos técnicos, debido a diversos enfoques conocidos de la percepción (selección, temporalidad e interpretación), pero construir una asociación de estos valores permite reconocer un mundo de nuevas posibilidades en el proceso proyectual de espacios iluminados con luz natural.

Las entrevistas se realizan a arquitectos y diseñadores como parte de un gremio que aplica, interactúa y proyecta desempeño lumínico al interior de un espacio. La delimitación del sistema puede ser subjetiva cuando el análisis es realizado por un solo juez o actor, esto no indica que no sean válidos los criterios definidos, no obstante el juicio de expertos y la interacción grupal reducen la vaguedad y la ambigüedad del análisis, lo que permite determinar los criterios esenciales para la evaluación y establecer las relaciones de influencia o dependencia entre ellos. Se recomienda que para un uso futuro de esta metodología, los evaluadores sean los usuarios objetivos que permitan afinar los resultados para producto enmarcado en productos de interés.

El desarrollo futuro de este enfoque inmersivo centrado en la percepción del ser humano, puede ayudar a los diseñadores a comprender los impactos de la luz natural en las evaluaciones subjetivas de ambientes interiores. Se necesita una muestra más amplia de espacios arquitectónicos, sujetos y condiciones del cielo en estudios futuros para validar aún más la generalización de estas medidas en una amplia gama de condiciones espaciales y antecedentes de ocupantes.

Finalmente se resumieron las recomendaciones así:

- La metodología asume datos específicos para un ensayo de valoración práctico y controlado en una maqueta. Es por esto que se recomienda que para el momento de la reproducción de esta metodología, el investigador o diseñador conozca y dirija cada variable, de manera que el resultado sea lo más cercano a la realidad.
- La metodología puede replicarse en espacios construidos, siempre y cuando se lleve un seguimiento de las condiciones de luz exterior para poder valorar distintos escenarios con parámetros iguales.
- Se recomiendan sensores de medición de buena calidad, excelente factura en maqueta (en caso de realizar la metodología sobre un prototipo) y elegir un día con cielo despejado para minimizar varianzas irregulares en los resultados.
- Aunque el juicio de expertos y la interacción grupal reducen la vaguedad y la ambigüedad del análisis de valoración perceptivo, se recomienda que para un uso futuro de esta metodología, los evaluadores sean los usuarios objetivos o perfiles de estudio de interés.
- Se recomienda almacenar de forma ordenada los datos conseguidos, de modo que la tabulación y verificación de resultados entre variables se pueda dar de forma verás y práctica.

Referencias Bibliográficas

- A, J., K, V. den W., M, I., & A, M. (2016). Accurate Measurement of Daylit Interior Scenes using HDR Photography, (2006), CIE (International Commission on Illumination) 201.
- Alrubaih, M. S., Zain, M. F. M., Alghoul, M. A., Ibrahim, N. L. N., Shameri, M. A., & Elayeb, O. (2013). Research and development on aspects of daylighting fundamentals. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, 494–505. <https://doi.org/10.1016/j.RSER.2012.12.057>
- Andersen, M. (2015). Unweaving the human response in daylighting design. *Building and Environment*, 91, 101–117. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.03.014>
- Baker, Nick; Steemers, K. (2013). *Dayligh Design of Buildings*.
- Beghdadi, A., & NEGRATE, A. L. (1988). Contrast Enhancement Technique Based on Local Detection of Edges, 1–13. Retrieved from file:///C:/Users/sergeiu/OneDrive/Documents/Papers/ Contrast Enhancement Technique Based on-1988-10-28.pdf%5Cnpapers://b6c7d293-c492-48a4-91d5-8fae456be1fa/Paper/p11842
- Boyce, P. R. (1981). *Human Factor in Lighting* (Third Edit).
- Castillo Martínez de Olcoz, I. J. (2005). El sentido de la luz. Ideas, mitos y evolución de las artes y los espectáculos de luz hasta el cine. *Departament de Disseny I Imatge*.
- Chamilothori, K., Wienold, J., & Andersen, M. (2018). Adequacy of Immersive Virtual Reality for the Perception of Daylit Spaces: Comparison of Real and Virtual Environments. *Leukos*, 1–24. <https://doi.org/10.1080/15502724.2017.1404918>
- Cheung, H. D., & Chung, T. M. (2008). A study on subjective preference to daylit residential indoor environment using conjoint analysis. *Building and Environment*, 43(12), 2101–2111. <https://doi.org/10.1016/j.BUILDENV.2007.12.011>
- Cuttle, C. (2015). *Lighting design: A perception-based approach*. *Lighting Design: A Perception-Based Approach*. <https://doi.org/10.4324/9781315756882>

- Esquivias Fernández, P. M., Moreno, D., & Fernández Expósito, R. M. (2014). Ahorro Energético Y Confort Lumínico: La Protección Solar En El Paradigma De La Arquitectura Actual. *Greencities*, (Edición), 17. Retrieved from <http://igc.malaga.eu/opencms/export/sites/igc/galeria-descargas/b5ee1242-c934-11e7-80be-005056935053/21.-Ahorro-energetico-y-confort-luminico.pdf>
- Evans, J. M. (2007). The Comfort Triangles: A New Tool for Biocliatic Design, (September), 315.
- Fontenelle, C. V. (2008). The importance of lighting to the experience of architecture - the lighting approach in architectural competitions, (December).
- Giraldo, V. (2018). Ensayo metodológico para la evaluación simultanea de suficiencia lumínica, probabilidad de deslumbramiento y efectos no visuales en la salud con iluminación natural en oficinas, 1–172.
- Hernández, L. I. (2010). Teoría del Análisis Cualitativo del Espacio Geográfico. México: “Espacio Geográfico”, Revista Electrónica de Geografía Teórica.
- Heydarian, A., Carneiro, J. P., Gerber, D., & Becerik-gerber, B. (2015). Immersive virtual environments , understanding the impact of design features and occupant choice upon lighting for building performance. *Building and Environment*, 89, 217–228. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.038>
- IDAIE., C. C. (2005). *Guía Técnica Aprovechamiento de la Luz Natural de Edificios*.
- Iversen, A., Roy, N., Hvass, M., Jørgensen, M., Christoffersen, J., Osterhaus, W., & Johnsen, K. (2013). *Daylight calculations in practice*.
- James J. Gibson. (1979). The Ecological Approach to Visual Perception.
- Kynthia, Chamilothori. Jan, Wienold. Marilynne, A. (2016). Daylight patterns as a means to influence the spatial ambience : a preliminary study ., (September).
- Linhart, F., & Scartezzini, J. L. (2011). Evening office lighting - visual comfort vs. energy efficiency vs. performance? *Building and Environment*, 46(5), 981–989. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.10.002>

- Mardaljevic, J., Heschong, L., & Lee, E. (2009). Daylight metrics and energy savings. *Lighting Research and Technology*, 41(3), 261–283. <https://doi.org/10.1177/1477153509339703>
- Musca, T., & Stott, R. (2017). *Cómo la realidad virtual está ayudando a los investigadores a entender la fenomenología detrás de la luz en la arquitectura*. Retrieved from <https://www.archdaily.com/879817/how-vr-is-helping-researchers-understand-the-phenomenology-behind-light-in-architecture>
- Newsham, G. R., Richardson, C., Blanchet, C., & Veitch, J. A. (2005). Lighting quality research using rendered images of offices. *Lighting Research & Technology*, 37(2), 93–112. <https://doi.org/10.1191/1365782805li132oa>
- Panero, J., & Zelnik, M. (1996). Las Dimensiones Humanas en los Espacios Interiores. Estándares antropométricos. *Zhurnal Eksperimental'noi I Teoreticheskoi Fiziki*, 321. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Parpairi, K., Baker, N. V., Steemers, K. A., & Compagnon, R. (2002). The Luminance Differences index: A new indicator of user preferences in daylight spaces. *Lighting Research & Technology*, 34(1), 53–66. <https://doi.org/10.1191/1365782802li030oa>
- Pinto, G., Martín-sánchez, M., & Martín-sánchez, M. T. (2012). Sistema Internacional de Unidades : resumen histórico y últimas propuestas, 108, 236–240.
- Report, S. (2011). Perceptual spatial analysis of colour and light.
- Rockcastle, S., & Andersen, M. (2013). Annual Dynamics of Daylight Variability and Contrast, 9–23. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5233-0>
- Rockcastle, S., & Andersen, M. (2014). Measuring the dynamics of contrast & daylight variability in architecture: A proof-of-concept methodology. *Building and Environment*, 81, 320–333. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2014.06.012>
- Rockcastle, S., Chamilothoni, K., & Andersen, M. (2017). An Experiment in Virtual Reality to Measure Daylight-Driven Interest in Rendered Architectural Scenes. *Building Simulation*, 2577–2586.

- Saint-Gobain, E. B., Ilustraciones, S., & Vieille, T. (2016). AMBIENTE EN INTERIORES Y BIENESTAR El comic de Saint-Gobain sobre Multi-Confort.
- Salazar, J. H., & Gonzalez, A. (2012). La luz natural en la arquitectura. *Ude-lar*, 1–35.
- Schiffman, H. (2011). La Percepción Sensorial. *Limusa Wiley*, 240.
- Tom Tullis, B. A. (2008). Measuring the user experience.
- Veitch, J. A. (2016). Research Matters : HDR making strides Research Matters : HDR making strides NRCC-52663, (January 2009).
- Vernon, M. D. (1979). *Psicología de la percepción* (Ediciones). Buenos Aires.
- Wymelenberg, K. V. A. N. D. E. N., & Inanici, M. (2014). A Study of Luminance Distribution Patterns and Occupant Preference in Daylit Offices A Study of Luminance Distribution Patterns and Occupant Preference in Daylit Offices, (May).
- Yela, M. (1995). La estructura de la conducta. Estímulo, situación y conciencia. <https://doi.org/10.4270/ruc.2010216>

PARQUE URBANO OLLANTAY. INTELIGENCIA COLECTIVA Y CAPACIDAD CREATIVA PARA LA REHABILITACIÓN URBANA.

Claudia Silva Claros¹

Problemática

Como en otras ciudades en el mundo, Cochabamba actualmente vive un crecimiento acelerado y sin adecuación a estrategias de desarrollo urbano. En poco tiempo la mancha urbana se ha extendido hacia zonas inimaginables y el espacio destinado al encuentro y convivencia entre ciudadanos se ve disminuido, relegado e incluso avasallado. Como resultado, se va deteriorando el equilibrio natural y la capacidad de soporte del territorio de asentamientos humanos y actividades.

Por otra parte, prima una tendencia por emplazar los equipamientos de mayor importancia en el centro de la ciudad o en zonas de mucha afluencia turística. Si bien esto no parece representar un problema de gran escala, no se encuentra en concordancia con nuevos modelos urbanos, donde la ciudad descentralizada es más sostenible y democrática.

Es así que los centros urbanos se saturan de infraestructura y actividades, sucediendo lo opuesto en zonas periféricas; una evidente marginalización con ausencia de proyectos de mejoramiento, intervención y revitalización barrial.

“El Barrio de las Heroínas”, marca barrial de Villa Coronilla, es uno de los muchos lugares en Cochabamba que, a pesar de su cercanía con el centro y su relevancia histórica, ha sido escasamente atendido en los últimos años: hace más de casi dos décadas que no se realizan obras de mejoramiento barrial pero además existe un imaginario circundante de conflictividad social, seguridad y deterioro ambiental.

1 Claudia Elizabeth Silva Claros. Arquitecta. Master en Proyecto Avanzado de Arquitectura y Ciudad - Especialidad Intervención en la Ciudad. Proyecto mARTadero - Colectivo TAU (Taller de Acupuntura Urbana), Cochabamba. Correo: clau.silva.claros@gmail.com



Figura 1. Vista aérea de Villa Coronilla, con el Rio Rocha y la Colina de San Sebastián en los alrededores.

Las actividades de procesamiento de carne a causa de la presencia del ex matadero municipal, con los problemas higiénicos que conllevaban fueron los primeros impulsores de un proceso de degradación del barrio iniciado en 1925. Por otra parte “La serpiente negra”, canal que durante años fue la vía de evacuación de los residuos del ex matadero (cerrado en 1992) y de las fábricas de cuero instaladas en la zona, instalación de lenocinios y colectivos marginados son algunos de los muchos elementos que generan una clara división entre el centro y ésta zona ubicada al sur de la ciudad.

Dicha división afecta la realidad de sus habitantes frente al resto de la población; jóvenes y niños no cuentan con espacios adecuados de recreación como plazas, parques y áreas deportivas. Su barrio no es un lugar que les permite desarrollarse y crecer íntegramente, dónde se aprende a convivir con otros, respetar diferencias, cuidar el bien público y apropiarse del mismo como parte de un derecho ciudadano. Todo lo contrario, los alrededores son espacios agrestes, considerados como zonas peligrosas, que se encuentran en una situación de subordinación respecto al liderazgo del centro en términos económicos, de producción cultural y de presencia en el imaginario colectivo.



Figura 2. Visualización de la situación actual de Villa Coronilla, usos, funciones y medioambiente.

A pesar de estas realidades, la existencia de núcleos de cambio en el entorno, han permitido identificar potencialidades y oportunidades que puedan ser detonantes de transformación urbana y social. En este sentido, la presencia del proyecto mARTadero “Vivero de las Artes” ubicado en el antiguo matadero municipal desde 2003, ha sido de vital importancia ya que *“demuestra el enorme y frecuentemente olvidado potencial de arte y cultura como agentes de cambio, desplegado en un lugar de muerte que se va llenando de vida, a través de una apropiación comunitaria de un espacio que –justamente por eso- se va convirtiendo en patrimonio”*.²

2 GARCÍA, Fernando (2009) Proyecto mARTadero: Vivero de las Artes, Un espacio ejemplar de gestión cultural. FAUTAPO-Fundación Imagen, Cochabamba, p. 5



Figura 3. Movimiento artístico/cultural proyecto mARTadero, Villa Coronilla. CONART 2018

En un barrio donde las ausencias son el común denominador, contar con un espacio único y provocador ha permitido que la población se vaya involucrando en la generación de nuevas ideas, estrategias y proyectos. Cada vez más convencidos del potencial creativo colectivo, el derecho a la ciudad y a los espacios que ésta ofrece.

El pensamiento crítico y reflexivo impulsado por mARTadero, motivó a la conformación de un grupo multidisciplinar que puso en evidencia la falta de espacios adecuados para jóvenes que realizan disciplinas urbanas tales como: Skateboarding, Parkour, Hip Hop, Break dance. Se determinó que dichos colectivos representan un grupo no deseado y continuamente expulsado de la ciudad, ya que son vinculados con actos de tipo vandálicos, por lo que resultaba importante plantear soluciones sinérgicas de transformación social y resignificación del espacio para que éste pueda ser utilizado por todos.

Propósito y objetivo

Si el espacio público es el lugar para la expresión y apropiación social por excelencia, que alberga el cotidiano transcurrir de la vida colectiva, su recuperación es un deber no solamente de aquellos que tienen entre sus competencias diseñarlo, sino también de todos los beneficiarios del mismo,

es decir, la ciudadanía en general. Es el espacio que da identidad y carácter a una ciudad, permitiendo así reconocerla y vivirla, pero además es el lugar que conserva la memoria de sus habitantes en espacios naturales, culturales, patrimoniales, entre otros.

Frente al conflicto del espacio público, los nuevos modelos de planificación basados en procesos participativos “de abajo hacia arriba” representan un giro en el sistema, donde los usuarios se involucran en la gestión y diseño de su entorno. Esto permite obtener proyectos integrales que se espera se conviertan en modelos innovadores a seguir en el ámbito local, nacional e internacional.

Bajo estas premisas, el proyecto mARTadero en conjunto con los vecinos de Villa Coronilla y las comunidades creativas de jóvenes CCLAB, identificaron la necesidad de revitalizar el barrio a través de intervenciones creativas en vacíos urbanos con altísimo potencial.

Se planteó diseñar un parque urbano inclusivo que permita la realización de disciplinas urbanas, promoviendo así la sinergia de usos. La propuesta se emplazó en la calle Ollantay, paralela al proyecto mARTadero; una oportunidad única pensada para dicha infraestructura vial infrautilizada, en condiciones insalubres e inseguras.



Figura 4. Vista de la zona de emplazamiento para el parque urbano sobre la calle Ollantay, paralela al proyecto mARTadero.

Un parque urbano, lugar de encuentro que busca:

- Dotar de infraestructura alternativa para jóvenes que no cuentan con espacios adecuados, donde se ponga en valor las disciplinas urbanas que realizan.
- Recuperar y resignificar el espacio, poner en valor las lógicas de inteligencia colectiva, capacidad creativa y trabajo en equipo multidisciplinar.
- Recuperar el espacio público perdido frente al vehículo motorizado. Generar una red de espacios urbanos, vinculados al arte y la cultura.

Justificación

Más allá del imaginario existente sobre Villa Coronilla, existe un barrio con características únicas (historia, elementos naturales, espacios artístico/culturales) y capacidad creativa así como también gestión barrial.

Su nombre hace referencia a la historia de Cochabamba, puesto que, en sus alrededores, específicamente la Colina de San Sebastián se dio una de las batallas más importantes del movimiento libertario. En 1812, las fuerzas del general realista José Manuel de Goyeneche, luego de vencer en la Batalla de Pocona, cercaron la ciudad. Las mujeres cochabambinas, viéndose desprotegidas y sin ejército patriótico, decidieron dar resistencia a los españoles, muriendo en una batalla heroica.

Hoy en día, la existencia de elementos naturales de gran importancia como la Colina de San Sebastián y el Río Rocha –articulador de la ciudad- y las diferentes infraestructuras de tipo artístico/educativo como la Academia Musical Man Césped y la Escuela de Bellas Raul G. Prada le otorgan un carácter único, con potencial de convertirse en un eje dinamizador de arte y cultura en una zona tan desfavorecida.

Por sobre todo lo anterior, aquello que ha permitido a Villa Coronilla apostar por un mejor futuro es el reconocimiento de un necesario cambio social, responsable y creativo a partir del trabajo conjunto con la plataforma vecinal, proyecto mARTadero y las comunidades creativas CCLAB.



Figura 5. Compromiso social y construcción colectiva de futuro. Elementos clave para mejorar la calidad de vida de las personas.

El interés demostrado especialmente por jóvenes, permitió comprender que cada vez más, éstos se involucran en actividades que les sirva como forma de expresión: artes escénicas, artes visuales, música y disciplinas urbanas. Esto representa en su vida un espacio para el crecimiento personal, donde pueden interactuar con otros, aprender sobre trabajo en equipo pero además disciplina y constancia, todas cualidades de gran importancia para un desarrollo integral.

Sin embargo, en lo que respecta a disciplinas urbanas, la aceptación hacia éstas es aún reducida. Actividades alternativas como parkour, skate, hiphop, break dance, y otras, no reciben el mismo apoyo que aquellas de tipo “convencional”, por lo que no existe infraestructura para la realización de las mismas.



Figura 6. Actividades de integración entre jóvenes del barrio que realizan disciplinas urbanas.

Dicha realidad representaba una oportunidad, una necesidad y un reto, mismo que exigía una solución sinérgica para hacer frente a la ausencia de áreas verdes y espacios de recreación. De esta manera, surgió el proyecto de Parque Urbano Ollantay, un espacio que invita a la interacción, dentro de un contexto que respeta las diferencias, es accesible y garantiza una zona de esparcimiento para el barrio, creativo, saludable y seguro.

La presencia de un nodo recreativo como el Parque Urbano Ollantay en Villa Coronilla es vital para la revalorización de dicho barrio y sus alrededores, puesto que no solamente aporta espacios de encuentro que fomentan las relaciones entre gente de diversos intereses y capacidades, sino que además promueve la integración de la zona y la ciudad. La implementación de dicho proyecto representa una oportunidad de recreación alternativa, facilitando un espacio diverso que dota de identidad al barrio y sus habitantes.

Metodología

Es indudable que la presencia del proyecto mARTadero en Villa Coronilla ha sido un detonante para una serie de transformaciones que hoy le otorgan otra imagen al lugar. Para entenderse entre ambos, inicialmente fue necesario conocerse y trazar objetivos comunes, motivo por lo que se fortaleció la plataforma vecinal, trabajando conjuntamente con el área de Acción Urbana para cambiar el imaginario negativo y demostrar lo contrario; la existencia

de un barrio activo, organizado y reflexivo, que se ha sumado al movimiento artístico cultural promovido por el “Vivero de las Artes”.

Más de una década visualizando posibilidades, que comenzaron con la idealización de un gran eje estructurador denominado Paseo de las Artes que vincularía Villa Coronilla con el barrio vecino de Gerónimo de Osorio y por ende con el centro urbano de Cochabamba. Una serie de nodos que devolverían la calle al peatón, pensados para exposiciones, encuentros, ferias barriales, entre otros.

Posteriormente los esfuerzos y capacidad creativa se concentraron en la limpieza, recuperación y revitalización de zonas potenciales como áreas verdes. La más importante, la Plaza de los Arrieros, atrio principal hacia el edificio del antiguo matadero municipal (hoy proyecto mARTadero) y primera plaza de acceso al barrio. Actualmente ha sido intervenida y se configura como un área verde de gran presencia que mejora la lectura espacial del barrio.

El siguiente paso, recuperar vacíos urbanos para darles un nuevo uso y así dotar de espacio público a la comunidad. Ya que la aceptación hacia actividades urbanas fue siempre amplia en Villa Coronilla, se apostó por un proceso participativo, iniciando con encuentros llamados “Bloqueo de ideas” (organizados por Proyecto mARTadero, Área de Interacción Social mARTadero y Secretaria de Culturas) donde inicialmente las comunidades de jóvenes skaters reflexionaron sobre la necesidad de infraestructura digna y apta para disciplinas urbanas. Posteriormente se involucraron otras comunidades y en conjunto plantearon las premisas de lo que podría ser un espacio recreativo.

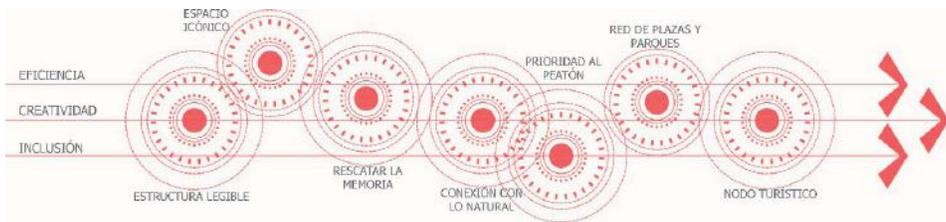


Figura 7. Esquema de premisas para el parque urbano.

Dichos encuentros permitieron afirmar el potencial de la calle Ollantay, paralela al proyecto mARTadero, que por años ha sido un espacio en desuso, donde se acumula la basura y buses de gran tamaño estacionan sobre la

misma, pero además el perfil es excesivo para el flujo y frecuencia vehicular que recibe. La oportunidad era evidente, por lo que se determinó conformar un equipo entre proyecto mARTadero, colectivo TAU (Taller de Acupuntura Urbana) y colectivos de jóvenes, para así establecer las premisas de un parque urbano que sea ejemplo de integración, buscando:

- Apropiación responsable de espacios que pertenecen a la comunidad.
- Creación de un espacio multifuncional público a favor de personas de todas las edades, mismo que traerá consigo nuevas experiencias y enseñanzas.
- Interacción más directa con la población y la comunidad local.
- Promoción de actividades alternativas para jóvenes y niños (alternativa de expresión cultural y de canalización de energías y talentos, impulsando valores y disciplina).
- Movimiento de usuarios propios y ajenos al lugar.
- Descentralización de las comunidades de jóvenes que practican distintas artes urbanas en espacio no aptos.
- Promoción de festivales urbanos y culturales abiertos a toda la comunidad.
- Mejora del entorno natural mediante la creación de nuevas áreas verdes y su correspondientes forestación.
- Mejora de la calidad urbana y seguridad.
- Fomento de valores tales como la inclusión, integración, respeto y creatividad.

Con el objetivo de mostrar la fuerza que tienen las disciplinas urbanas alternativas se festejaron los Festivales Ollantay y Ciudad Hip Hop, espacios idóneos para dar visibilidad a los colectivos existentes promotores del parque, romper con estigmas, debatir al respecto y concientizar a la población. Encuentros que pusieron en evidencia la ausencia de infraestructura específica que les permita mejorar las condiciones de práctica de la disciplina.



Figura 8. Visibilización de necesidades y potencialidades.

El deseo de materializar el parque cada vez era más fuerte, por lo que se dio inicio a asambleas y reuniones cada dos semanas, donde los involucrados y beneficiarios aportaron con ideas y premisas que posteriormente el colectivo TAU interpretaría para configurar un diseño vanguardista que cumpla con requerimientos básicos y al mismo tiempo sea muy sugerente.

Posteriormente, el anteproyecto fue socializado con los vecinos de Villa Coronilla, la Sub Alcaldía del distrito y estudiantes de distintas universidades (Universidad Mayor de San Simón, Universidad Católica, UCATEC) con el fin de obtener apoyo ciudadano y presentar el proyecto a la Alcaldía de Cochabamba. Dicha institución mostró amplio interés en el tema, al igual que el Área de Planificación y otras instancias administrativas. Finalmente, el proyecto fue solicitado por la Oficialía de Turismo, accediendo a destinar los fondos necesarios para su construcción.



Figura 9. Cronología de un proceso participativo para la recuperación del espacio urbano.

Fundamentación Teórica o autores de referencia

Discurso Urbano-Humano

Bajo la mirada de un mejor futuro para nuestras ciudades y barrios, cada vez más se están desarrollando propuestas desde la colectividad que aúnan en la necesidad de elementos urbanísticos que garanticen no solamente la satisfacción de necesidades básicas, pero además espacios para la expresión y apropiación social. Que alberguen el cotidiano transcurrir de la vida colectiva y en sus diversas formas, dimensiones, funciones y características ambientales, que sean escenario idóneo para reforzar la identidad y carácter de un lugar, permitiendo así reconocerlo y vivirlo.

Hacemos referencia al espacio público, esencia de lo urbano desde la antigüedad hasta nuestros días; lugar de encuentro e intercambio, el sitio que conserva la memoria de sus habitantes en sus espacios naturales, culturales y patrimoniales. Espacio clave para el desarrollo individual y colectivo donde se manejan lógicas de relación comunitaria en armonía.

El espacio público como sinónimo de ciudad

La historia de una ciudad es indiscutiblemente la historia de su espacio público. La ciudad vista como un sistema, un conjunto de elementos – calles y plazas como infraestructura de comunicación, áreas comerciales y equipamientos culturales como espacios de uso colectivo- que permiten el encuentro, recreación, paseo, que dan un sentido a la ciudad y la ordenan, que son el ámbito físico para la expresión colectiva, la diversidad cultural y social.

El espacio público como indicador de calidad

Hoy en día no se puede considerar el espacio público solamente como un indicador de calidad urbana sino además un instrumento privilegiado de la política urbanística para garantizar “hacer ciudad sobre la ciudad” logrando así calificar las periferias, mantener y revitalizar centros históricos y producir nuevas centralidades. Una forma de suturar los tejidos urbanos que el

crecimiento acelerado de la urbe ha fraccionado en los últimos años, dotando así un valor ciudadano a las infraestructuras.

El espacio público como derecho

En su dimensión sociocultural, es el lugar de relación y de identificación, donde las personas entran en contacto no solo consigo mismas, pero con otros, un lugar de animación urbana y en muchas ocasiones de expresión comunitaria. Es el lugar por excelencia para el encuentro, que tiende fundamentalmente a la mezcla social, hace de su uso un derecho ciudadano de primer orden y en este sentido garantiza que los diferentes colectivos sociales, culturales, de género y edad se apropien del mismo en términos de igualdad.

Si bien el proyecto de Parque Urbano Ollantay no cuenta con un referente arquitectónico/urbanístico específico, es el resultado de un constante análisis sobre los nuevos modelos de hacer ciudad, donde las propuestas de intervención no surgen de un *masterplan* sino desde las diferentes manifestaciones físicas de la creatividad, el conflicto, colaboración comunitaria, las expresiones de las personas y sus anhelos, apostando así por procesos *de abajo hacia arriba*.

Tomando como base las premisas de la teoría de Acupuntura Urbana planteada por Jaime Lerner, se entendió que era posible mejorar un lugar si se intervenía un punto clave, con gran potencial de transformar los alrededores ya que resignificaría el espacio y fortalecería la identidad de los habitantes.

Se necesitó entender cómo utilizaba la gente el espacio público y las actividades que disfrutaban realizar para así reforzar el sentido de comunidad. Más de una década de análisis, reflexión y propuesta por parte de los vecinos, colectivos jóvenes y proyecto mARTadero para identificar nodos, espacios existentes sub utilizados para recuperarlos y asignarles múltiples usos. De esta forma se rescataría la forma de sentir, valorizar y experimentar el barrio, sin importar el imaginario negativo que lo rodea, puesto que *“experimentar el atractivo de un determinado espacio es también una cuestión relacionada con el diseño de ese espacio y con la calidad de las experiencias que ofrece el entorno físico, seo no un lugar bonito”*³

3 GEHL, Jan (2009) *La humanización del espacio urbano. La vida social entre edificios*. Ed. Reverté, Barcelona, p. 195.

En este sentido, quedó claro que lo más importante de un espacio público no es éste solamente, sino la gente que lo utiliza, de ahí que se reconoció como elemento clave la máxima para acercarse al diseño urbano planteando por el urbanista danés Jan Gehl: *primero es la vida social; después el espacio público; y finalmente, el edificio.*

Dentro de ese espacio público resulta vital garantizar posibilidades: espacios para caminar, lugares para estar, sentarse, ver, oír, hablar. Básico, sin embargo, en muchas ocasiones los proyectos se piensan para ganar premios, publicarse en revistas, más no para enaltecer lo humano, de ahí la importancia de *humanizar el espacio público.*



Figura 10. Planimetría del proyecto y espacios para diferentes usos.



Figura 11. Vistas hacia la Plaza de Breakdance y Plaza Parkour



Figura 12. Integración de actividades y espacios entre proyecto mARTadero y Parque Urbano Ollantay.



Figura 13. Espacios multifuncionales que permitirán a los vecinos realizar actividades comunitarias.

Conclusiones

El espacio público resultado del proyecto Parque Urbano Ollantay brindará esencia a lo urbano, convirtiéndose en lugar de encuentro e intercambio, de inclusión e integración, que enriquecerá las prácticas urbanas, fomentando el respeto a las diferencias, alentando a los vecinos a la participación y disfrute de su espacio público; de su barrio. Constituirá la primera huella de un proceso de resignificación del contexto, que se apoya en la premisa de recualificación de la zona sur oeste de la ciudad.

Se concibió como un eje dinamizador que permitirá activar la reconstrucción de un sentido de pertenencia comunitaria, fomentando el uso del espacio público como lugar de encuentro, puesta en valor de la diversidad y movimiento artístico/cultural.

Un nodo importante dentro de una red potencial de espacios de expresión y recreación que dinamice procesos de recualificación del ambiente urbano de Villa Coronilla y otros barrios que se encuentran en situación similar o incluso más desfavorable.

Por sobre todo, un ejemplo de recuperación del espacio público para la gente, que motiva a la apropiación, respeto y uso responsable de los recursos comunes. Un referente único en Latinoamérica que propiciará el encuentro, garantizará mayor seguridad, accesibilidad, entre otros.

Pero, además, un referente de acción urbana y trabajo comunitario, de nuevas formas de hacer ciudad desde la capacidad creativa de la ciudadanía. No cabe duda que todo aquello que se ha alcanzado hasta ahora resultado de un esfuerzo colectivo sin límites por parte de los vecinos de Villa Coronilla, proyecto mARTadero y los colectivos jóvenes, que desean transformar la realidad que los rodea, y mejorarla. Vínculos forjados durante años que van más allá de procesos y metodologías de trabajo; una situación excepcional, donde el objetivo común es poner en valor un lugar de características únicas, un referente de revitalización barrial y mejora de la calidad de vida de sus habitantes mediante el arte y la cultura.

Sin lugar a dudas puede llegar a convertirse en un modelo dentro de un futuro tan incierto como el que depara a las ciudades hoy en día; representa

un campo de posibilidades buenas, puesto que “*cuando existe un contexto que necesita realmente esas transformaciones positivas que el arte puede inducir*”⁴ el trabajo multidisciplinar y desinteresado de un equipo motivado, un espacio único para crear y crear, en sinergia con una serie de principios claros, se cuenta con los todos los componentes para que un proyecto sea realmente exitoso.

4 GARCIA, Fernando (2009) *Proyecto mARTadero: Vivero de las Artes, Un espacio ejemplar de gestión cultural*. FAUTAPO-Fundación Imagen, Cochabamba, p. 68

JUSTICIA ESPACIAL - DERECHO A LA CIUDAD EN EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA CIUDAD¹

Luisa Marcela Fontalvo Torres²

A mi familia, mi mayor fortaleza.

Resumen

Dentro de los objetivos planteados por la Nueva Agenda Urban, se encuentra el relacionado con la generación de ciudades y comunidades sostenibles. El propósito de esta investigación es destacar la importancia de los conceptos de derecho a la ciudad y justicia espacial. El primero definido por Henri Lefebvre, como la facultad de los habitantes de concebir, construir y disfrutar la ciudad que habitan para hacer de esta un espacio adecuado; y el segundo por Edward Soja, ligado a la distribución equitativa del espacio. A continuación, se establece el papel del espacio público como medio de gran impacto y cobertura que posibilita la generación de justicia, equidad e igualdad dentro de la ciudad, y a su vez se amplían los lineamientos generales planteados por Susan Fainstein, sobre los cuales se deben basar los procesos de creación de ciudades justas: igualdad, diversidad y participación. Finalmente, se analizarán distintas alternativas de intervención en el espacio público, cuyo objetivo es el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de los centros poblados donde se encuentran.

Palabras Clave: Justicia especial, derecho a la ciudad, espacio público.

1 Asignatura: Investigación. Profesores: Dr. Arq. Roberto Goycoolea - Dr. Hist. Ángeles Layuno. Universidad de Alcalá de Henares. Máster Universitario en Proyecto Avanzado de Arquitectura y Ciudad – MUPAAC. Especialidad Medio Ambiente. Curso Académico 2016-2017. Septiembre de 2017.

2 Arquitecta. Máster en Arquitectura y Ciudad con especialidad en Medio Ambiente. Fondo de Desarrollo Local Antonio Nariño, Bogotá. Correo: luisa.fontalvot@gmail.com

Abstract

One of the objectives proposed by The New Urban Agenda, is related with creating sustainable cities and communities. This research seeks to understand how important the concepts of the right of the city and spatial justice are. The first one defined by Henri Lefebvre as the capability of inhabitants to conceive, to build, and to enjoy the city where they live in order to create a suitable place; and the second term used by Edward Soja, linked to the equitable distribution of the space. Following with arguments that highlight the important role of public space as an element with a great impact and coverage that enables the creation of justice, equity and equality inside of the city's built context, at the same time, the general guidelines proposed by Susan Fainstein are extended, on which the processes of creation fair cities should be based: equality, diversity and participation. Finally, different types of interventions in public spaces alternatives will be analyzed, whose principal goal is the improvement in the quality of life of the city inhabitants.

Key words: Spatial justice, right of the city, public space.

INTRODUCCIÓN

En 1987, la comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo de la Organización de Naciones Unidas, ONU, definió al desarrollo sostenible como “la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”³, este desarrollo ha sido enmarcado bajo la integración de tres dimensiones indivisibles, la social, la económica y la ambiental. Desde ese momento se ha buscado generar un compromiso por parte de los gobiernos con el objetivo de implementar medidas dirigidas a la generación de desarrollo sostenible.

Según la Nueva Agenda Urbana⁴ y el programa ONU-Hábitat la población urbana mundial entre los años 2030 y 2050 tendrá un incremento significativo; 6 de cada 10 personas vivirán en ciudades y el 90% de este

3 El desarrollo sostenible, *Organización de Naciones Unidas*

4 AA.VV., *Nueva Agenda Urbana*

crecimiento urbano tendrá lugar principalmente en África, Asia, América Latina y el Caribe. Este aumento ha ocasionado y se estima que continúe ocasionando procesos de urbanización apresurados que perjudican la calidad de vida de sus habitantes.

Estas condiciones de crecimiento significan un reto para los planificadores ya que además, de resolver la necesidad de crecimiento de los centros poblados, deben responder adecuadamente a una de las principales características de la ciudad actual, la desigualdad, evitando su incremento y propiciando intervenciones que la disminuyan. Lo anterior fundamenta la necesidad de que sean incorporados al diseño y planificación de las ciudades, criterios que promuevan la justicia espacial en su interior, esto es, la implementación de la justicia social dentro del espacio urbano.

Edward Soja plantea que uno de los principales retos a los que se enfrenta esta planificación, es a la concepción del espacio como una fuerza activa que moldea la vida humana en lugar del mero contenedor de actividades humanas.⁵ Esto, sumado al concepto de derecho a la ciudad de Henri Lefebvre, que se centra en la espacialidad de la justicia e injusticia a distintas escalas y sugiere la necesidad de aumentar la cantidad de espacios justos en la ciudad construida y preverlos en la futura.

Esta investigación tiene como propósito explicar cuáles son los criterios generales de la planificación de la ciudad justa que pueden servir de base para medir los logros y fracasos de las intervenciones, existentes y futuras, en los centros urbanos, a través de la evaluación de los efectos de intervenciones realizadas en algunas ciudades del mundo por medio de la reinterpretación del espacio público.

5 Soja, *The city and spatial justice «La ville et la justice spatiale»*,

Hipótesis

La presencia de injusticia espacial es una característica común en las ciudades contemporáneas, la existencia de segregación y fragmentación propicia condiciones de desigualdad que afectan la calidad de vida de sus habitantes, lo que genera los siguientes interrogantes: ¿En qué medida el espacio público puede servir como elemento generador de justicia espacial dentro de los centros urbanos? ¿Qué lineamientos puede contemplar para cumplir con este objetivo?

Objetivos

Objetivo general

Establecer los lineamientos generales de justicia espacial que deben ser tenidos en cuenta en la reprogramación del espacio público, existente y nuevo, en las ciudades.

Objetivos específicos

- Determinar la importancia de la creación de espacios justos en la planeación e intervención de las ciudades.
- Constatar el rol del espacio público como elemento generador de justicia espacial dentro de los centros urbanos.
- Analizar la aplicación de políticas de generación de espacios públicos justos en distintas ciudades del mundo.

Metodología

Justificar la importancia de la aplicación de políticas de planeación enfocadas hacia un desarrollo justo en las ciudades, mediante el análisis de varios autores y sus planteamientos, para establecer el rol del espacio público en la generación de justicia urbana y desarrollar los criterios de intervención propuestos por Susan Fainstein, encaminados a una creación justa y equitativa del espacio.

Posteriormente, con el propósito de ejemplificar algunas formas de producción de espacio público y justicia espacial, se analizan tres intervenciones realizadas en distintos contextos, cada una de ellas desarrollada con diferentes niveles de participación ciudadana.

Todo lo anterior, se realizará a través del análisis cualitativo de información acerca del tema y el uso de fuentes de tipo documental, libros, libros electrónicos y artículos sobre el tema.

Justicia espacial y derecho a la ciudad

Las características de cada lugar, imponen condiciones físicas a los centros poblados que desde su creación enfrentan algún tipo de desigualdad; su construcción, está determinada por las particularidades de cada geografía. Sumado a esto, las diversas fuerzas que se conjugan en la ciudad, entre ellas, la social, la política y la ambiental, involucran una multiplicidad de aspectos fundamentales que definen cómo se organizan las relaciones sociales en el espacio y hacen de su concepción y ejecución un proceso bastante complejo.

La dimensión espacial de la ciudad se encuentra determinada por las características sociales particulares, éstas tienen un efecto directo en el comportamiento de sus habitantes y representan la existencia de justicia e injusticia en la ciudad.

En los años 60s, Henri Lefebvre, definió “El derecho a la ciudad” como aquel derecho que tienen los habitantes a concebir, construir y disfrutar la ciudad que los acoge, y poder hacer de esta el espacio adecuado para desarrollar

la convivencia. En su opinión, este derecho, corresponde al esfuerzo de los ciudadanos por tener mayor influencia en la definición de las políticas de la ciudad, para generar el *espacio vivido* que promueve un desarrollo equitativo, equilibrado y multicultural; y que se contrapone a las expresiones espaciales del *espacio concebido* donde se impone el capital financiero, considerado afín con la degradación ambiental y los procesos de gentrificación.

La formulación de Lefebvre sobre el derecho a la ciudad es importante dada la influencia neoliberal del capital financiero en los desarrollos urbanos, la privatización de los servicios públicos y el encarecimiento del suelo, como factores que acentúan la desigualdad y las contradicciones sociales. Desde su perspectiva, planteó que el urbanismo moderno implementado por el gran capital, era una acción que mercantilizaba el espacio urbano y convertía la vida urbana en una mercancía.⁶

Edward Soja, complementa esta idea afirmando que la injusticia espacial es un resultado y un proceso con patrones específicos de distribución en el espacio, estos pueden derivar de la organización política del lugar y están relacionados con la segregación residencial, zonas favorecidas en distintas escalas que privilegian a clases económicas ricas en lugar de a las más pobres y a la vez, producen distintos tipos de discriminación que segregan el espacio.⁷

El objetivo debe ser generar una distribución justa del espacio, procurando asignar de forma equitativa los recursos y servicios con que se cuenta, haciendo de la justicia espacial y de la distribución equitativa de las posibilidades, lineamientos esenciales del planeamiento urbano, diseño, crecimiento e intervención de cada ciudad.

A pesar de su importancia e influencia directa en la población, la generación de justicia espacial y equidad no es una prioridad en la formulación de políticas de desarrollo en los centros urbanos. Por ese motivo, la Nueva Agenda Urbana, reivindicando el derecho a la ciudad, plantea como objetivo principal hacer que los centros urbanos sean lugares ideales para todos, incentivando la formulación de políticas encaminadas a promover la integración e inclusión de los ciudadanos en el espacio urbano, a través de la generación de lugares seguros, inclusivos, accesibles y de calidad, que contemplen la participación y colaboración cívica.⁸

6 Lefebvre, *El derecho a la ciudad*.

7 Soja, *The city and spatial justice* «La ville et la justice spatiale».

8 AA.VV., Nueva Agenda Urbana

El espacio público

La influencia que tiene la conformación de las ciudades en la conducta y la cotidianidad de sus habitantes es innegable. Por ese motivo, al ser la desigualdad uno de sus principales distintivos, éstas se caracterizan por su fragmentación en zonas con diversas condiciones sociales, culturales, económicas, espaciales y, físicas que producen exclusión y constituyen procesos de integración precarios que afectan el bienestar de los ciudadanos.

Según Jordi Borja, el espacio público “es el lugar de intercambio por excelencia y también donde más se manifiesta la crisis de la ciudad. Pero también donde aparecen las respuestas positivas”.⁹ En él se desarrolla el intercambio social y la relación entre lo público y lo privado de la cotidianidad, por esa razón, y al ser un elemento continuo que conecta los distintos componentes, centralidades y grupos sociales presentes en los centros urbanos, se convierte en un medio que permite que la generación de igualdad tenga mayor impacto y cobertura dentro de la ciudad.

El espacio público “supone simultaneidad, encuentros, convergencia de comunicaciones e informaciones, conocimiento y reconocimiento, así como confrontación de diferencias...”¹⁰, es un elemento fundamental en la constitución de equidad urbana al ser el escenario donde se reproducen relaciones igualitarias o se refuerzan las desigualdades existentes.

Jane Jacobs cree que las aceras y las calles son, “los principales lugares públicos de una ciudad, son sus órganos más vitales (...) Cuando las calles de una ciudad ofrecen interés, la ciudad entera ofrece interés; cuando presentan un aspecto triste, toda la ciudad parece triste”.¹¹ La calidad de los espacios públicos, sus propiedades funcionales, físicas, la variedad de escalas, usuarios y las distintas actividades que promueven, determinan el éxito y efectividad de las intervenciones. Es posible medir el desarrollo de una sociedad en la generación de inclusión, al medir los niveles de provisión, uso del espacio público y la intensidad de participación de sus habitantes.¹²

9 Borja y Muxí, *El espacio público: ciudad y ciudadanía*, 30.

10 Martínez Lorea, *La producción del espacio Henri Lefebvre*, 20.

11 Jacobs, *Muerte y vida de las grandes ciudades*, 59.

12 Lim, *Public space in urban Asia*, 23.

Al convertirse en un elemento integrador y justo en la ciudad, el espacio público necesita tener la capacidad de adaptarse a las distintas condiciones que hay en ella, ser versátil. Para establecer sus características, debe intentar garantizar la integración y la accesibilidad a los equipamientos e infraestructuras, entendiendo las diferencias y necesidades espaciales, sociales, culturales y económicas específicas de cada área.

Reprogramación del espacio público

El cambio constante de los asentamientos humanos posibilita la modificación y transformación de sus componentes a través de la búsqueda de espacios gestionados por entes públicos, privados o las mismas comunidades, para ser adaptados a nuevas necesidades. José María Ezquiaga sugiere que en las ciudades maduras hay que priorizar “un *urbanismo de transformación y reciclaje* basado en la activación del centro urbano, la reprogramación del suelo vacante, la recuperación del parque deficiente de viviendas, la integración e hibridación de usos. En las metrópolis emergentes, (...) el desafío tendrá que ser doble: afrontar la pobreza y facilitar a todos el derecho a una vida urbana saludable y al mismo tiempo abordar los retos comunes a las grandes ciudades contemporáneas.”¹³

En muchas ciudades latinoamericanas y asiáticas, es común encontrar un carácter privado muy marcado en la producción de espacio público. La ciudad vive un proceso de privatización donde las calles, plazas y los mercados han sido sustituidos por centros comerciales “(...) transformar el espacio público de la calle en un espacio comercial privatizado de un centro de compras tiene claros costos sociales en términos de acceso democrático y responsabilidad pública (...) la domesticación del espacio a través de la purificación involucra crecientes exclusiones sociales y acrecienta las desigualdades (...)”¹⁴ Lo que genera la necesidad de explotar y recuperar el espacio público existente, reprogramarlo para que incorpore nuevas actividades que involucren a la

13 Ezquiaga Domínguez, *Planificar en un contexto de indeterminación e incertidumbre*, Urbanized, 29.

14 Jackson, citado en Borja y Muxí, *El espacio público: ciudad y ciudadanía*, 29-30.

ciudadanía. Ahora más que antes, debe haber un interés hacia los espacios de oportunidad existentes, ya que por razones económicas y de sostenibilidad, es necesario reutilizar lo existente implementando pequeñas transformaciones con estrategias sencillas que transformen el espacio público.¹⁵

Estas estrategias de intervención y reprogramación del espacio público pueden ser desarrolladas bajo unos lineamientos generales que pueden fundamentar la planificación justa de la ciudad. Susan Fainstein, propone emplear las siguientes herramientas para juzgar y formular iniciativas a nivel urbano: la igualdad, la diversidad y la participación.

Respecto a la primera, afirma que dentro de la organización de las ciudades es necesario buscar soluciones igualitarias para todos los sectores de la población. En relación con la diversidad, manifiesta que deben contemplarse usos mixtos y diversos, aptos para distintos tipos de población que coexistan sin generar conflicto. Finalmente, en lo que respecta a la participación estima que en áreas desarrolladas los planes deben ir de la mano de la población, aunque es consciente de que los modelos justos y comunicativos son utópicos y difíciles de implementar, en tanto que es más fácil conseguir la ejecución desigual de recursos por medio de poderes capitalistas.¹⁶

La globalidad que estos conceptos comprenden permite su empleo en la formulación de proyectos de carácter urbano cuyos objetivos estén dirigidos a permitir que el espacio público se constituya como un elemento que propicia la existencia de justicia espacial.

Igualdad

La palabra *igualdad* encierra un principio definido por el Diccionario de la RAE, como el “principio que reconoce la equiparación de todos los ciudadanos en derechos y obligaciones”.¹⁷ Esto cobra sentido práctico en la medida en que se tenga como premisa en la formulación de las medidas de creación e intervención de las urbes, para alcanzar un nivel mayor de equidad

15 Ezquiaga Domínguez, *Transformaciones urbanas sostenibles*.

16 Fainstein, *Spatial Justice and Planning* «Justice spatiale et aménagement urbain»

17 Diccionario de la Lengua Española.

entre los habitantes y conseguir que estos gocen de estatus similares en los distintos aspectos de la vida urbana, dando oportunidad de acceder a los servicios y bienes públicos de una manera justa.¹⁸

John Rawls, se refiere a la concepción de igualdad como la distribución justa de los beneficios y la mitigación de la desventaja, disminuyendo la desigualdad material al beneficiar más a los menos favorecidos, haciendo posible disminuir la inequidad económica de las personas.

Uno de los objetivos principales de la equidad urbana consiste en que el espacio urbano debe evitar contribuir a reproducir relaciones desiguales o reforzar las existentes.¹⁹ Por esa razón, es indispensable que los encargados de llevar a cabo la planificación urbana asuman un papel activo en la consecución de soluciones igualitarias, dirigidas a mejorar la calidad de vida de la población desfavorecida.

Diversidad

Jordi Borja, considera que “la «ciudad ciudad» es aquella que optimiza las oportunidades de contacto, la que apuesta por la diferenciación y la mixtura funcional y social, la que multiplica los espacios de encuentro”.²⁰ La variedad y mezcla de usos son indispensables en la ciudad porque producen dinámicas de integración y promueven la presencia de personas con fines diversos que utilizan los espacios en momentos y modos distintos. Jane Jacobs, afirma que “la diversidad es algo connatural a las grandes capitales”²¹ es una característica de la naturaleza y de la vida en la ciudad ya que en ella “hay muchas personas muy juntas, y entre ellas reúnen muchos gustos, conocimientos, necesidades, preferencias (...)”.²²

Al contener tal variedad de elementos, la ciudad debe garantizar y responder adecuadamente a las necesidades de sus habitantes. Haciendo de la heterogeneidad y la diversidad, propiedades adquiridas que hay que propiciar

18 AA.VV., *Urban Equity in Development - Cities for Life*.

19 AA.VV., *Urban Equity in Development - Cities for Life*.

20 Borja y Muxí, *El espacio público: ciudad y ciudadanía*, 30.

21 Jacobs, *Muerte y vida de las grandes ciudades*, 75.

22 Jacobs, *Muerte y vida de las grandes ciudades*, 179.

con medidas que las contemplen y promuevan en distintos escenarios con el fin de generar relaciones de intercambio entre los actores y componentes que la conforman.

Participación

Según Soja, la justicia espacial conduce a la idea aristotélica de que el ser urbano es la esencia del ser político.²³ En la ciudad-estado griega, “la ciudad es entonces *urbs*, concentración de población, y *civitas*, cultura, comunidad, cohesión. Pero es también *polis*, lugar de poder y de la política como organización y representación de la sociedad, donde se expresan grupos de poder, los dominados, los marginados y los conflictos”.²⁴

Esto indica que la justicia espacial se constituye por el sentido colectivo presente en los centros poblados complementado con la negociación y participación de los diferentes intereses y actores presentes en la ciudad, que son esenciales para asegurar que las necesidades de la mayoría de los habitantes se satisfagan.²⁵

A pesar de esto, “la construcción de nuestro hábitat sigue estando en manos de las fuerzas del mercado y dictada por imperativos financieros a corto plazo”²⁶, éstas se concentran en sus intereses particulares que se encuentran limitados a sectores específicos de la población y la ciudad, omitiendo la participación y necesidades del grueso de la ciudadanía.

Para vincular a la población en los procesos que contribuyen a la construcción de espacios justos que revitalicen distintas zonas de la ciudad y promuevan el intercambio, la colaboración y el diálogo, William Lim, destaca la importancia de la participación ciudadana en los procesos de generación y reforma del espacio público y plantea tres condiciones que pueden ser utilizadas para generar espacio público: ocupación temporal del espacio, usar el espacio de sobra en la ciudad y la reutilización de espacios existentes a través del cambio o la introducción de nuevos usos.²⁷

23 Soja, *The city and spatial justice* «La ville et la justice spatiale».

24 Borja y Muxí, *El espacio público: ciudad y ciudadanía*, 35.

25 Ezquiaga Domínguez, *Planificar en un contexto de indeterminación e incertidumbre*, Urbanized, 35.

26 Rogers y Gumuchdjian, *Ciudades para un pequeño planeta*, 17.

27 Lim, *Public space in urban Asia*, 23.

La concepción y gestión de proyectos es una oportunidad para generar ciudadanía y “para promover los derechos y obligaciones políticas, sociales y cívicas constitutivas de la ciudadanía”.²⁸ Alcanzar modelos participativos conlleva mayor voluntad política de los sectores encargados de la planeación que “necesita nuevas formas de pensar y ejecutar las decisiones públicas que permitan consultar con los habitantes, usuarios, vecinos, actores y expertos de todo tipo el proceso de toma de decisiones y vinculados a él”²⁹, para alcanzar una relación más directa que permita dar soluciones integrales.

Ejemplos de reprogramación del espacio público y políticas de generación de justicia espacial

Para la implementación de cualquier intervención en la ciudad es importante realizar la escogencia y formulación de acuerdo con las características sociales, económicas, sociales y físicas particulares, esto para propiciar resultados positivos y la aceptación de la ciudadanía.

Hay principios urbanos generales que deben aplicarse en todas las ciudades, sin embargo, las soluciones que se formulan deben ser planteadas específicamente para cada lugar. La importación de intervenciones puede causar grandes problemas en los lugares donde se implantan, por eso es indispensable conocer las respuestas dadas en contextos diferentes para contar con referentes de aproximación a problemas específicos.

A continuación, se analiza la implementación de algunas intervenciones dirigidas a generar espacios justos en el espacio público de diferentes ciudades, evidenciando la aplicación de distintas formas de formulación y participación ciudadana.

28 Borja y Muxí, *El espacio público: ciudad y ciudadanía*, 117.

29 Ascher, *Los nuevos principios del urbanismo*, 84.

Parque urbano Superkilen . 2007-2012

Localización:

Barrio Nørrebro . Copenhague . Dinamarca

Actores:

Municipalidad de Copenhague, Realdania, comunidad.

Diseño:

BIG - Bjarke Ingels Group, Topotek 1 (paisaje) y Superflex (Consultor artístico)

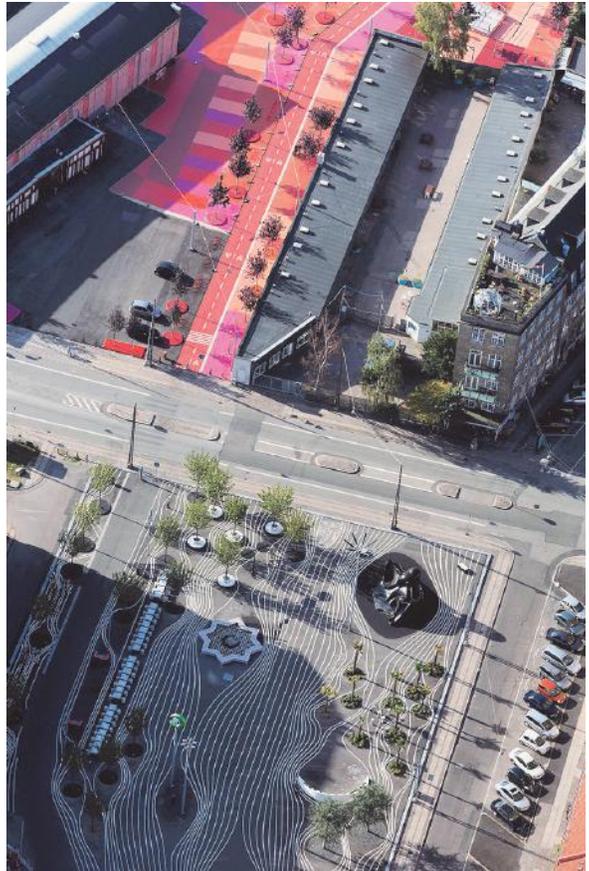


Imagen 1: Parque Superkilen, vista aérea.

Área:

33.000 metros cuadrados

Intervención:

Es un parque urbano localizado en el norte de la capital danesa y representa el lenguaje contemporáneo de la diversidad cultural propia del barrio. El proyecto fue concebido dentro de un ejercicio de participación activa de los vecinos del sector, quienes estuvieron presentes durante todo el proceso de toma de decisiones.

Se compone de tres áreas: la Plaza Roja, que funciona como extensión de las actividades culturales y deportivas del vecino polideportivo Nørrebrohall, y los fines de semana aloja un mercado callejero que recibe público de toda la ciudad; la Plaza Negra, es el corazón del parque, es una zona de estar al aire libre que alberga zonas donde los vecinos se reúnen y realizan distintas actividades como jugar ajedrez, hacer barbacoas, sentarse o ver la fuente marroquí; finalmente el Parque Verde, se plantea como solución al déficit de áreas verdes del barrio y sobre él que se extienden zonas verdes con colinas, áreas deportivas y de picnic.

Para incorporar un poco el carácter multicultural de sus habitantes y complementar el espacio público de la ciudad, a lo largo del parque se instalaron una gran variedad de objetos que identifican los países de origen de los habitantes del sector.³⁰

30 Fernández-Galiano, *Parque urbano Superkilen, 2007-2012, Copenhague (Dinamarca)*, 54.



Imagen 2: Plaza Roja, actividades culturales.



Imagen 3: Plaza Negra, espacios de estancia.

Plaza Pioneer Courthouse. 1982-1984

Localización:

Portland. Oregón . Estados Unidos

Actores:

Ciudadanía, Ayuntamiento de Portland, inversores públicos y privados.

Diseño:

Willard K. Martin, Martin/Soderstrom/Matteson



Imagen 4: Plaza Pioneer Courthouse

Área:

3721 metros cuadrados

Intervención:

Esta intervención surgió por petición de la ciudadanía que solicitaba una plaza pública en la zona central de la ciudad. La Alcaldía de la ciudad decidió demoler un edificio de aparcamientos y a través de un concurso de arquitectura eligió un estudio local para el diseño de la plaza.

La plaza está dividida en una serie de superficies que responden a la pendiente del terreno y que se utilizan para contener distintas actividades, espacios donde hacer eventos culturales, una librería, una tienda de café, zonas de permanencia y otras de conexión con el sistema de transporte público.

Por la activa participación y gestión popular, se consiguieron fondos de entes públicos y privados para su construcción. Las bancas y los árboles, fueron el aporte de distintas empresas, mientras que el dinero de muchos ciudadanos sirvió para conseguir los materiales de la construcción, por esto, es posible encontrar gravados en el pavimento de la plaza, los nombres de los donantes de fondos del proyecto.

Actualmente la plaza se conoce como el “living room” de la ciudad y las actividades que se realizan en ella son gestionadas por una organización sin fines de lucro creada desde antes de su inauguración, que con la ayuda de voluntarios de la comunidad y contribuciones del sector privado, mantienen un modelo de gestión público-privado exitoso.³¹



Imagen 5: Eventos Plaza Pioneer Courthouse

31 Gehl y Gemzøe, *Nuevos espacios urbanos*, 232-235.



Imagen 6: Eventos Plaza Pioneer Courthouse



Imagen 7: Ladrillos Plaza Pioneer Courthouse

Plaza 80 . 2016



Imagen 8: Intervención Plaza 80

Localización:

Barrio El Nogal. Bogotá. Colombia

Actores:

Secretarías de Planeación y Movilidad de Bogotá, Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), Jardín Botánico, Defensoría del Espacio Público, Bloomberg Associates, National Association of City Transportation Officials (NACTO), comunidad.

Diseño:

Asesoría de Janette Sadik-Khan

Área:

750 metros cuadrados

Intervención:

Plaza 80 se encuentra en el lugar de un antiguo parqueadero en un área consolidada de la ciudad, los habitantes del sector fueron consultados acerca del uso que les gustaría tener en el espacio y cerca del 95% aseguró que prefería tener una plaza en lugar de un área de parqueo.

El objetivo de la intervención consistió en crear un lugar de encuentro para la comunidad a través de la creación de una plazoleta que reemplazó los coches por macetas, bancas y pintura en el suelo que conformaron distintos espacios de permanencia y juego dentro del lugar.³²

32 Amcuevas, La Plaza 80: así es la nueva apuesta de Peñalosa para recuperar el espacio público.



Imagen 9: Antiguo parqueadero.



Imagen 10: Estado actual Plaza 80.



Imagen 11: Plaza 80, nuevas zonas de juego y estancia.

Alameda Albina. 2018



Imagen 12: Estado inicial

Localización:

Barrio Santander Sur. Bogotá. Colombia

Actores:

Fondo de Desarrollo Local de Antonio Nariño, Instituto de Desarrollo Urbano, Jardín Botánico de Bogotá y la comunidad.

Diseño:

Oficina de Obras Fondo de Desarrollo Local de Antonio Nariño

Área:

1850 metros cuadrados

Intervención:

Actualmente este proyecto se encuentra en proceso de ejecución, consiste en recuperar un andén invadido por vehículos y utilizado como zona de parqueo para convertirlo en una zona de intercambio y recreación de la comunidad del sector en el que se encuentra localizada.

A pesar de ser una intervención promovida por entidades públicas y estatales, con el fin de generar mayor identidad y apropiación del proyecto, la definición del diseño ha ido de la mano con las necesidades manifestadas por parte de la comunidad en la que se encuentra localizada.



Imagen 12: Propuesta de intervención

Discusión y lineamientos

En un mundo caracterizado por la desigualdad presente en varios aspectos de la vida cotidiana, es entendible que las ciudades sean escenarios contenedores y generadores de procesos de justicia e injusticia. Esta condición ambivalente, propia de todos los procesos de la naturaleza, motiva al trabajo constante para evitar que los aspectos injustos de los centros urbanos dominen y afecten negativamente a sus ciudadanos.

Entender la generación de justicia espacial como una herramienta de disminución de desigualdad en la ciudad es muy importante, ya que su aplicación, sitúa a las personas en el centro del desarrollo de las ciudades basándose en principios de equidad, justicia, sostenibilidad y respeto. Esto

lleva a repensar la ciudad desde las necesidades específicas de sus habitantes, sus ciclos de vida, ritmos, concepción del buen vivir, identidad, diversidad, pluralidad y unidad, todo con esto el objetivo de conectar a cada individuo con su entorno y crear múltiples interacciones,³³ de esta manera se constituye como una herramienta que permite disminuir la existencia de desigualdad.

La complejidad de cada entorno urbano implica la aplicación de estrategias y políticas urbanas específicas que garanticen un desarrollo igualitario para los habitantes de ese lugar. Aunque es difícil eliminar totalmente la desigualdad socio-espacial y garantizar una distribución justa y equitativa del territorio, es posible usar el espacio público como escenario de intercambio social, que promueva la realización actividades de ocio y entretenimiento que integren a distintos grupos sociales, y sirvan como detonantes de justicia.

Como se pudo evidenciar en los ejemplos descritos, es posible realizar intervenciones que generen una utilización más justa del espacio común de la ciudad, con actuaciones de distintos tipos, en contextos y escalas diferentes, replantear la forma en que se utilizan los espacios en la ciudad ayuda a mejorar la calidad de vida de ella, siendo indispensable contar con su participación activa y efectiva en los procesos de planificación y producción del espacio, para crear respuestas que efectivamente solucionen los problemas que afectan a las comunidades.

Los lineamientos propuestos: igualdad, diversidad y participación, se plantean como un complemento en la aplicación de políticas de intervención de espacios públicos, su principal objetivo es contribuir a reducir los elementos que constituyen la injusticia en la implementación de medidas de mejoramiento de zonas en la ciudad.

Finalmente, es cierto que la ciudad de hoy avanza hacia esquemas participativos más amplios en la búsqueda de un desarrollo y bienestar general, sin embargo, es importante tener en cuenta, como lo afirma Ion Martínez Lorea, lo urbano “no puede entenderse como escenario armónico acabado sino como espacio de conflictos, de enfrentamientos, espacio de lo imprevisible, de desequilibrios, donde las «normalidades» se desarman y se rearmen a cada momento”.³⁴

33 AA.VV., *Urban Equity in Development - Cities for Life*.

34 Martínez Lorea, *La producción del espacio Henri Lefebvre*, 27.

Referencias bibliográficas

- Amcuevas. “La Plaza 80: así es la nueva apuesta de Peñalosa para recuperar el espacio público.” *Secretaría General Alcaldía Mayor de Bogotá*. octubre 18, 2016. <http://www.bogota.gov.co/content/temas-de-ciudad/gobierno-seguridad-y-convivencia/plaza-80-asi-es-la-nueva-apuesta-de-penalosa-para-recuperar-el-espacio-publico>
- Ascher, François. *Los nuevos principios del urbanismo*. Madrid: Alianza Editorial, 2004.
- AA.VV. *Nueva Agenda Urbana* Quito: Asamblea General de Naciones Unidas, 2017.
- AA.VV. *El desarrollo sostenible*. Organización de Naciones Unidas, 1987 Acceso septiembre 1 de 2018.
- Borja, Jordi y Zaida Muxí. *El espacio público: ciudad y ciudadanía*. Barcelona: Editorial Electa: Diputación de Barcelona, 2003.
- “Diccionario de la Lengua Española,” Real Academia Española, acceso agosto 14, 2017, <http://dle.rae.es/>
- Ezquiaga Domínguez, José María. *Transformaciones urbanas sostenibles*. Madrid: Editorial Universidad Internacional Manéendez Pelayo, 2011.
- Ezquiaga Domínguez, José María “*Planificar en un contexto de indeterminación e incertidumbre*”, 2016, en Hustwit, Gary. Documental 33, Urbanized, El diseño de las ciudades. Estados Unidos/Reino Unido: Fundación Arquia, 2011.
- Fainstein, Susan. *Spatial Justice and Planning «Justice spatiale et aménagement urbain»*. Traducción por Philippe Gervais-Lambony. justice spatiale | spatial justice n°01 (septiembre 2009), <http://www.jssj.org/>
- Fernandez-Galiano, Luis. “**Parque urbano Superkilen, 2007-2012, Copenhague (Dinamarca)**,” *BIG: 2001-2013 Revista AV Monografías*, no. 162, (2013): 54.
- Gehl, Jan y Lars Gemzøe, *Nuevos espacios urbanos*, Baelcelona: Editorial Gustavo Gili, 2002.

- Jackson, Peter, 1998 citado en Borja, Jordi y Zaida Muxí. *El espacio público: ciudad y ciudadanía*. Barcelona: Editorial Electa: Diputación de Barcelona, 2003.
- Jacobs, Jane. *Muerte y vida de las grandes ciudades*. Navarra: Editorial Capitán Swing Libros, 2011.
- Lefebvre, Henri. *El derecho a la ciudad*. Barcelona: Ediciones península, 1969.
- Lim, William S.W. *Public space in urban Asia*. Singapur: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2014.
- Martínez Lorea, Ion. *La producción del espacio Henri Lefebvre*. Madrid: Editorial Capitán Swing, 2013.
- Rogers, Richard y Philip Gumuchdjian. *Ciudades para un pequeño planeta*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2000.
- Soja, Edward W. *The city and spatial justice «La ville et la justice spatiale»*, Traducción por: Sophie Didier, Frédéric Dufaux. *justice spatiale| spatial justice* (2009), <http://www.jssj.org/>
- “Urban Equity in Development - Cities for Life,” *Concept paper UN HABITAT Medellín*, marzo 17, 2014, <http://wuf7.unhabitat.org/wuf7theme>

Índice de imágenes

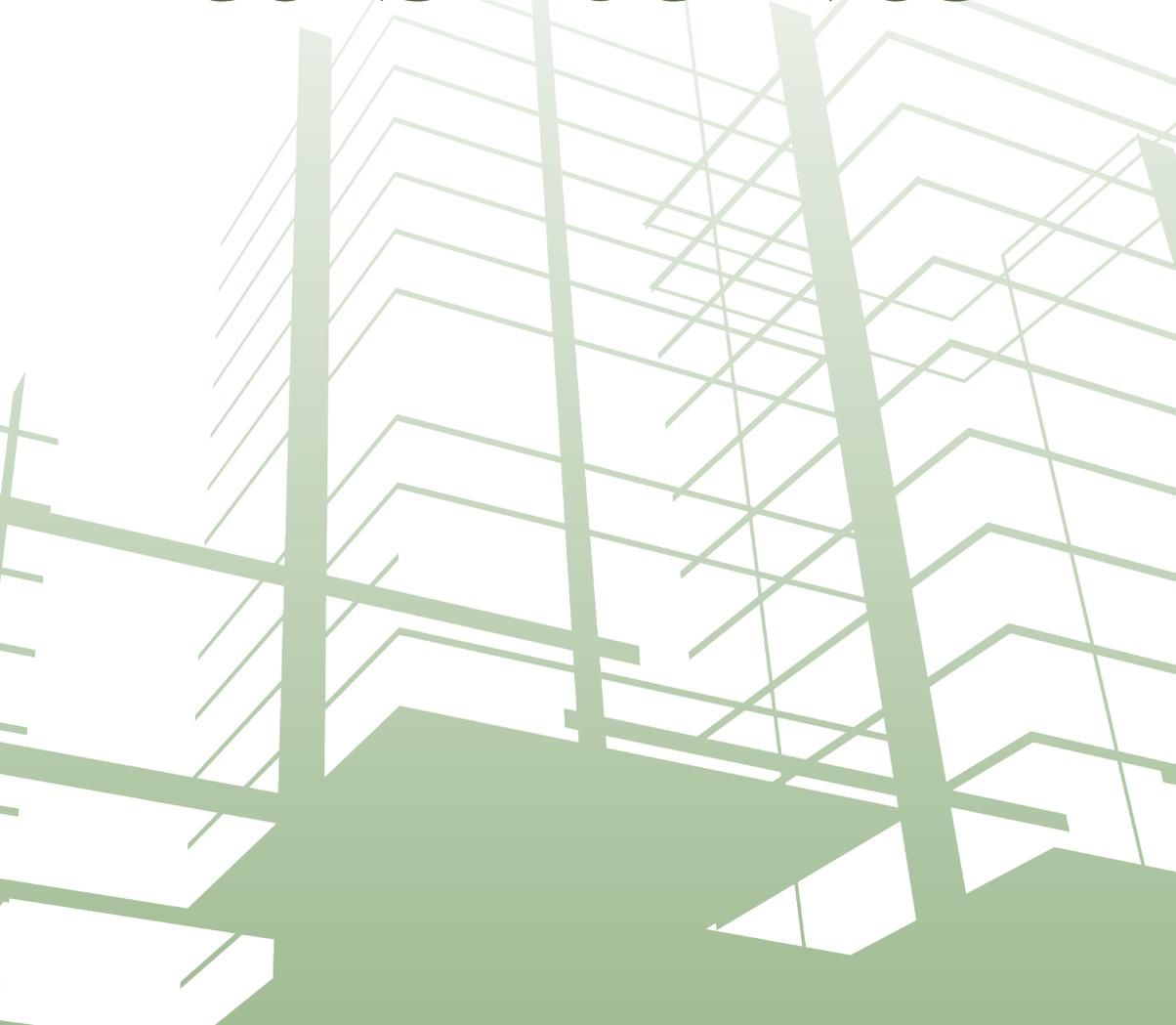
1. Parque urbano Superkilen, vista aérea. Fotografía: Iwan Baan. Acceso agosto 29, 2017, <http://www.archdaily.com/286223/superkilen-topotek-1-big-architects-superflex/5088cdcb28ba0d75690000e6-superkilen-topotek-1-big-architects-superflex-photo>
2. Plaza Roja, actividades culturales. Fotografía: Hasse Ferrold. Acceso agosto 29, 2017, <http://www.archdaily.com/286223/superkilen-topotek-1-big-architects-superflex/5088ce7e28ba0d752a0000e2-superkilen-topotek-1-big-architects-superflex-photo>
3. Plaza Negra, espacios de estancia. Fotografía: Torben Eskerod. Acceso agosto 29, 2017, <http://www.archdaily.com/286223/superkilen-topotek-1-big-architects-superflex/5088d47828ba0d753e000101-superkilen-topotek-1-big-architects-superflex-photo>
4. Plaza Pioneer Courthouse. Fotografía tomada del sitio web <https://thesquarepdx.org/about/> Acceso agosto 31, 2017.
5. Eventos en Plaza Pioneer Courthouse. Fotografía tomada del sitio web <https://thesquarepdx.org/events/> Acceso agosto 31, 2017.
6. Plaza Pioneer Courthouse. Fotografía tomada del sitio web <https://thesquarepdx.org/about/> Acceso agosto 31, 2017.
7. Ladrillos Plaza Pioneer Courthouse. Fotografía tomada del sitio web <https://thesquarepdx.org/bricks/> Acceso agosto 31, 2017.
8. Antiguo parqueadero. Imagen tomada de Google maps. Acceso septiembre 2, 2017.
9. Estado actual Plaza 80. Fotografía propia.
10. y 11. Intervención Plaza 80. Fotografías tomadas de artículo Amcuevas. "La Plaza 80: así es la nueva apuesta de Peñalosa para recuperar el espacio público." *Secretaría General Alcaldía Mayor de Bogotá*. octubre 18, 2016. <http://www.bogota.gov.co/content/temas-de-ciudad/gobierno-seguridad-y-convivencia/plaza-80-asi-es-la-nueva-apuesta-de-penalosa-para-recuperar-el-espacio-publico>

12. Estado inicial intervención Alameda Albina Barrio Santander Sur Bogotá Fotografía: Alejandro Hincapié. Abril de 2018.
13. Propuesta de intervención Alameda Albina Barrio Santander Sur Bogotá Imagen: Juan Camilo Gallego y Luisa Fontalvo



Octavo Congreso de la Construcción y la
Arquitectura Sostenible

***INNOVACIÓN
EN SISTEMAS
CONSTRUCTIVOS***





Octavo Congreso de la Construcción y la
Arquitectura Sostenible

TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL EM ARQUITETURA: DIFERENTES COLUNAS DE BAMBU EM APLICAÇÕES ESTRUTURAIS

*Tecnología Sostenible en la Arquitectura: diferentes columnas de
Bambú en aplicaciones estructurales*

Fernando José Da Silva¹

Resumen

El presente trabajo presenta resultados del desarrollo de columnas constructivas, en tres configuraciones diferentes, siendo híbrida, compuesta y haz utilizando barras de bambú de la especie *Phyllostachys pubescens*, junto con la definición de estados límites de utilización. Se realizaron pruebas de compresión y flexión y mediante el Diagrama de Southwell se puede conocer la fuerza axial de flambaje global (Carga de Euler). Los procedimientos adoptados durante los ensayos de compresión y en los análisis numéricos tuvieron éxito en cuanto a las diversas etapas, logística y controles de actividades, validando los experimentos y permitiendo generalizaciones para nuevas estructuras. Estas columnas posibilitan el desarrollo de propuestas arquitectónicas contemporáneas sostenibles, favoreciendo la Biodiversidad, interactuando las áreas del Diseño y de la Ingeniería, adecuando construcciones al estándar de calidad exigido por las normas de seguridad y por el sello ambiental. Se observa que estas soluciones son adecuadas a regiones sujetas a sismos, debido a la facilidad de construcción y ligereza del bambú, resultado de su geometría tubular y del bajo peso específico de las barras y de la composición, haciendo accesibles a las poblaciones en general ya las poblaciones rurales en particular, valorando parámetros sociales y personas actuantes en la proposición del espacio construido.

Palabras clave: Columnas, Bambú, Diseño Estructural, Ensayo Experimental.

1 Fernando José Da Silva. Diseñador industrial. Magister en Diseño Industrial. Doctor en Ingeniería de Estructuras. Profesor Adjunto, Universidade Federal de Minas Gerais. Correo: fernando35000@yahoo.com.br

Abstract

The present work presents results of the development of constructive columns, in three different configurations, being hybrid, composite and beam using bamboo bars of the species *Phyllostachys pubescens*, along with the definition of limit states of use. Compression and bending tests were carried out and the global buckling force (Euler load) was obtained through the Southwell Diagram. The procedures adopted during the compression tests and in the numerical analyzes were successful in the various steps, logistic and activity controls, validating the experiments and allowing generalizations for new structures. These columns enable the development of sustainable contemporary architectural proposals, favoring Biodiversity, interacting the areas of Design and Engineering, adapting constructions to the quality standard required by safety standards and the environmental seal. It is observed that these solutions are suitable for earthquake-prone regions, due to the ease of construction and lightness of the bamboo, as a result of their tubular geometry and the low specific weight of the bars and the composition, making them accessible to populations in general and to rural populations in particular, valuing social parameters and people acting in the proposition of the constructed space.

Keywords: *Columns; Bamboo; Structural Design; Experimental Testing.*

Resumo

O presente trabalho apresenta resultados do desenvolvimento de colunas construtivas, em três configurações diferentes, sendo híbrida, composta e feixe utilizando barras de bambu da espécie *Phyllostachys pubescens*, juntamente com a definição de estados limites de utilização. Foram realizados testes de compressão e flexão e através do Diagrama de Southwell pode-se conhecer a força axial de flambagem global (Carga de Euler). Os procedimentos adotados durante os ensaios de compressão e nas análises numéricas tiveram êxito quanto às diversas etapas, logística e controles de atividades, validando os experimentos e permitindo generalizações para novas estruturas. Estas colunas possibilitam o desenvolvimento de propostas arquitetônicas contemporâneas sustentáveis, favorecendo a Biodiversidade, interagindo as áreas do Design e da Engenharia, adequando construções ao padrão de qualidade exigido pelas normas de segurança e pelo selo ambiental. Observa-se

que estas soluções são adequadas a regiões sujeitas a sismos, devido à facilidade de construção e leveza do bambu, resultado de sua geometria tubular e do baixo peso específico das barras e da composição, tornando acessíveis às populações em geral e às populações rurais em particular, valorizando parâmetros sociais e pessoas atuantes na proposição do espaço construído.

Palavras-chave: *Colunas; Bambu; Design Estrutural; Ensaio Experimental.*

INTRODUÇÃO

A presença do bambu nas atividades humanas pode ser observada há milênios. Desta cultura, muito se tem pesquisado e aproveitado deste material natural. O clima no Brasil favorece o cultivo desta gramínea, por se tratar de uma cultura de características tropicais, e a espécie *Phyllostachys pubescens* (também conhecido como Bambu Mossô) se apresenta como uma das mais resistentes e com eixo reto, encontrada em plantações nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, e podem atingir até 15 metros de comprimento com 10 centímetros de diâmetro médio.

Janssen (1983) abordou possibilidades de uso do bambu enquanto estrutura, especialmente em treliças, coberturas e pontes. Ele mostra inicialmente comparações de energia necessária para produção entre concreto, aço, madeira e o bambu, apresentando ampla vantagem deste último material frente aos demais. Arce-Villalobos (1986, capítulos 2 e 4) em sua tese também aborda temas como a tensão e compressão de barras de bambu e conexões, bem como o design de estruturas de bambu. Ele apresenta algumas possibilidades de design para estruturas de bambu, e complementa que “estruturas de bambu oferecem ótimos desempenhos estruturais sob forças axiais” (p.87). O autor mostra alguns sistemas de conexão com elementos centrais de aço, tubos e placas de aço, e elementos de feixes compostos de três e quatro barras de bambu, sem, no entanto, apresentar resultados de testes de compressão deste feixe.

Artigos como Tan *et al* (2011), e Sumardi, Kojima e Suzuki (2008) mostram análises estruturais em micro escala, como análise das fibras de

Bambu Mossô e direções de rupturas na espessura e células do bambu e também em placas de bambu laminado colado, não se observando análises de estruturas em compressão e seus resultados em flexão.

A aplicação de barras de bambus como suporte de estruturas leves é uma escolha coerente, visto que se beneficia de um material cujas vantagens são conhecidas tanto nas áreas de Biodiversidade, quanto em Arquitetura, Engenharia e Design Estrutural. Colunas construídas com barras de bambu podem ser utilizadas como velas de apoio em veleiros, além de poder ser utilizada como suporte em estruturas de tendas e elementos estruturais de construção civil em arquiteturas leves contemporâneas, como se pode observar em outras estruturas do tipo tensionadas desenvolvidas na arquitetura por Frei Otto, e espaços construídos por Buckminster Fuller (BFI, 2010) e Kenneth Snelson (Snelson, 2009).

As colunas aqui apresentadas neste trabalho são fruto da pesquisa elaborada e testada no Laboratório de Sistema Estrutural - LASE e Estruturas Laboratório de Análise Experimental - LAEES, respectivamente, da Universidade Federal de Minas Gerais, localizada em Belo Horizonte, MG (Brasil). Todas as colunas foram construídas com tamanho de seis metros de comprimento, de modo a poder comparar seus resultados. Foram três tipos desenvolvidos, denominadas de coluna híbrida, coluna composta e coluna de feixe de bambu. Ao longo do trabalho, serão apresentadas as características de cada tipo, seus resultados de testes de compressão e flexão, bem como a análise da Carga de Euler apresentando limites de carga de utilização.

Objetivos

O objetivo principal deste trabalho foi desenvolver diferentes tipos de colunas construtivas feitas com barras de bambu e outros elementos estruturais, analisando-as através de software numérico e testes físicos de compressão e flexão em laboratório, definindo seus limites de carga útil, identificando suas possíveis aplicações arquitetônicas. A partir destes testes, possibilitou também a parametrização de futuras colunas possíveis de serem construídas.

Metodologia e processos

Serão apresentados neste tópico os métodos e processos de modelamento numérico das colunas utilizando software, os processos de construção física dos três tipos de colunas de bambu e os procedimentos durante os ensaios mecânicos destas colunas em laboratório.

Modelamento Numérico através do software SAP 2000.

A modelagem das colunas foi realizada através do software via programa SAP 2000 (Computers and Structures, Inc, Berkeley, CA, 1995, v14). E a construção do protótipo foi realizada com base nos resultados da análise numérica estrutural realizada também pelo programa. Para a modelagem das colunas híbridas, utilizou-se a montagem dos cabos foi feita com a barra de bambu na posição horizontal. O comprimento das barras espaçadoras para a primeira coluna híbrida foi de 820 mm, e para a segunda coluna híbrida de 1320 mm.

Foram comparadas duas situações teóricas, sendo a situação da coluna utilizando cabos de aço livres para deslizarem no apoio de parafuso dos espaçadores, e outra situação com os cabos clipados, impedidos desse deslizamento, constituindo assim dois modelos experimentais de colunas híbridas. Para ambos os casos teóricos, foram calculados numericamente os Diagramas de Southwell, com o objetivo de se obter a Carga de Euler do sistema proposto, observado em Chages (1974), obtida pelo inverso da inclinação da reta do diagrama. Para as colunas híbridas, numericamente foram aplicadas cargas de compressão de 10 kN na primeira coluna, e 28 kN e 35 kN respectivamente para a segunda coluna em duas situações: sem a fixação dos cabos de aço, e com os mesmos fixados nas extremidades dos espaçadores.

A partir das modelagens e primeiros resultados teóricos, optou-se pela construção das colunas com as barras de bambu. A forma das colunas pode ser observada na Figura 1.



Figura 1: Forma da coluna híbrida montada com os cabos de aço.

Fonte: o próprio autor.

Após esta construção e experimentação, observado em Moreira, Silva e Rodrigues (2011), foi projetada e modelada a coluna composta, utilizando fixação dos espaçadores por parafusos, com software para a modelagem, caracterizada por quatro barras paralelas de 5,5 metros de comprimento, conectadas descontinuamente por segmentos de bambu interpostos e fixos por parafusos de aço de 16 mm de diâmetro. Estruturalmente, esses espaçadores podem ser substituídos por barras roliças de madeira de reflorestamento, como o eucalipto ou outras madeiras disponíveis.

A forma desta configuração geométrica para este tipo de coluna composta, utilizando barras laterais de bambu, e barras interpostas internas, fixadas por parafusos, pode ser observada na Figura 2.



Figura 2: Forma da coluna composta, com elementos espaçadores internos.

Fonte: o próprio autor.

Este tipo de coluna composta foi testada numericamente pelo software com cargas iniciais de 15 kN (carga e descarga) e posteriormente até o limite previsto de 45 kN.

Para o terceiro tipo de coluna, chamada coluna de feixe de barras de bambu, foi modelada no software uma coluna que se consistiu de um segmento de bambu central chamado de alma, de 6 m de comprimento circundado por seis segmentos de bambu (conjunto este de barras denominado coroa). Foram comparadas por meio de algumas simulações, duas situações, sendo a primeira, que conduziu ao protótipo, com barras laterais de 3,6 m e a segunda, e após o teste de compressão, com barras laterais de 5,4 m. Os bambus foram unidos por cintas de aço de $14,3 \text{ mm}^2$ de área da seção, distribuídas ao longo do comprimento, de acordo com um pré-dimensionamento.

A Figura 3 apresenta o esquema da forma da coluna em feixe, com barras laterais em coroa envolta da barra central de bambu. Este tipo de coluna pode apresentar diferentes dimensionamentos das barras laterais, dependendo da composição e da espessura da barra central de bambu, que irá suportar a carga principal de compressão da coluna proposta, enquanto que as barras laterais irão dar suporte de estabilidade da flexão.



Figura 3: Forma da coluna em feixe com as cintas metálicas ao seu redor.

Fonte: o próprio autor.

As colunas de feixe com laterais de barras de 3,6 metros, foram testadas numericamente com ciclos de cargas de 3 kN até o limite previsto de 18 kN. Para as colunas com laterais de 5,4 metros, testadas com dois ciclos de cargas de 15 kN (carga e descarga) e posteriormente até o limite de 35 kN. Para todas as modelagens numéricas, considerou-se o peso específico do material bambu igual a 7,9 kN/m³ (Tung, 2010), e o módulo de elasticidade de 11,9 GPa, valores médios obtidos para o lote de onde se retiraram os elementos do protótipo.

Após as análises das modelagens de todas as colunas (híbridas, compostas e de feixe), e dos testes de compressão realizados, obtiveram-se os seguintes resultados apresentados no tópico a seguir.

Resultados e Discussões.

Apresentam-se neste tópico, os resultados e discussões dos testes com base nas análises numéricas e experimentais de laboratórios, para os três tipos de colunas: híbridas, compostas e de feixe.

Colunas híbridas: resultados.

Com a coluna construída, passou-se à fase seguinte que foi a montagem no pórtico e instalação dos instrumentos de medição (três transdutores de deslocamentos), células de carga, atuador hidráulico, e Sistema de Aquisição de dados para o ensaio mecânico de compressão.

Realizadas as simulações numéricas para a coluna híbrida com espaçadores de 820 mm, e o ensaio experimental no laboratório, tem-se a sobreposição da curva carga x deslocamento (PDelta) apresentado pela Figura 4. Pelo Diagrama de Southwell, pode-se calcular a Carga de Euler (F_E) do sistema proposto. A Figura 5 apresenta o diagrama experimental, resultando nos valores de carga limite do sistema de 12,4 kN (experimental). Ressalta-se que o valor desta carga para o resultado numérico apresentou 13,0 kN, validando o resultado.

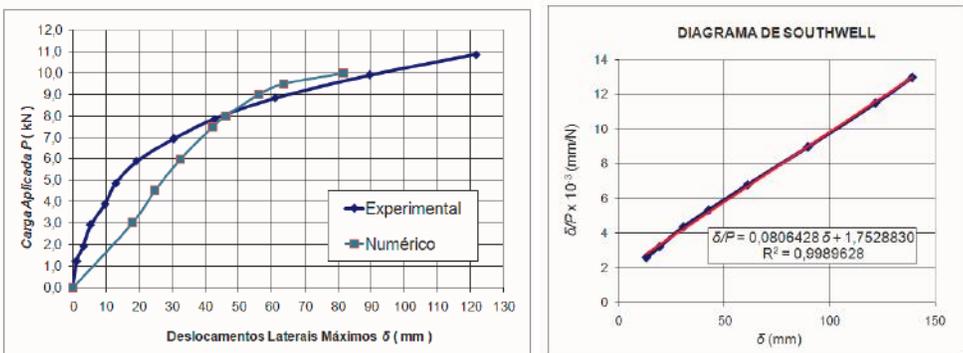


Figura 4 e 5: Sobreposição das curvas PDeltas e Diagrama de Southwell.

Fonte: o próprio autor.

Após estes testes e ensaio, construiu-se a coluna híbrida com espaçadores maiores (de 1320 mm) e melhor localizados em relação à barra central, não permitindo alta esbelteza na extremidade em um dos lados da coluna proposta. Para esta nova coluna, foram realizadas as simulações numéricas e ensaios em laboratório, resultando nos valores e gráfico apresentados na Figura 6. Pelo Diagrama de Southwell, pode-se calcular a Carga de Euler (F_E) desta nova coluna proposta, resultando em 31,94 kN calculado numericamente, e 30,1 calculado pelo ensaio experimental. Como os cabos de aço estavam livres para deslizar nas extremidades dos espaçadores, optou-se por fixá-los por um sistema de clips metálicos, de modo a enrijecer o sistema. Após o processo de fixação, novos ensaios e testes numéricos com o software foram realizados, apresentando os resultados: 37,7 kN calculado experimentalmente e 32,1 kN numericamente. Na Figura 7 pode-se observar as duas curvas PDelta da coluna híbrida clipada, com um ganho de resistência de 25 % maior quando são utilizados os clips nos cabos de aço, além de que o deslocamento máximo localizado no centro da coluna foi de apenas 6 mm.

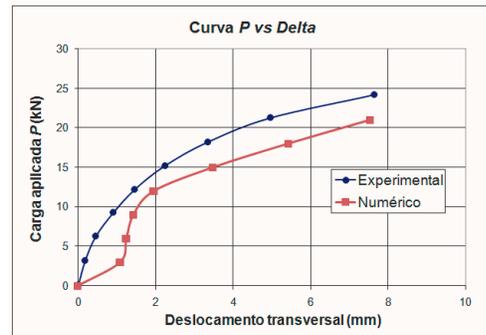
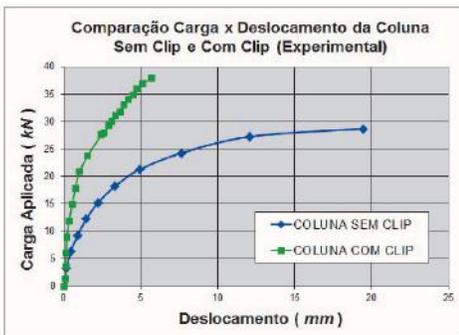


Figura 6 e 7: Curvas PDelta e comparação comportamento com e sem clip.

Fonte: o próprio autor.

Colunas híbridas podem ser utilizadas em projetos arquitetônicos de diversas dimensões conforme tamanho das colunas construídas, substituindo material metálico que normalmente são construídos esses espaços, como se pode observar nestes exemplos com estruturas e coberturas utilizando lonas tensinadas, Figura 8 e 9.



Figura 8: Exemplo de espaços arquitetônicos que podem utilizar colunas híbridas.
Fonte: Solário da piscina do SESC na cidade de Bertioga, SP.



Figura 9: Espaço com estrutura tensionada, bambu e cabo de aço.
Fonte: Art World (Maharashtra, India).

Colunas compostas: resultados.

Optou-se por identificar se a inércia das seções das barras de bambu (que normalmente são variáveis de acordo com o diâmetro e a espessura local) poderia ser trabalhada com uma inércia constante, para todas as seções da barra. Assim, foram realizadas modelagens tanto com inércia variável quanto constante, para comparação e validação dos resultados. A partir das simulações numéricas realizadas para as colunas compostas e os ensaios experimentais no laboratório, tem-se a sobreposição da curva carga x deslocamento (PDelta) apresentado pela Figura 10:

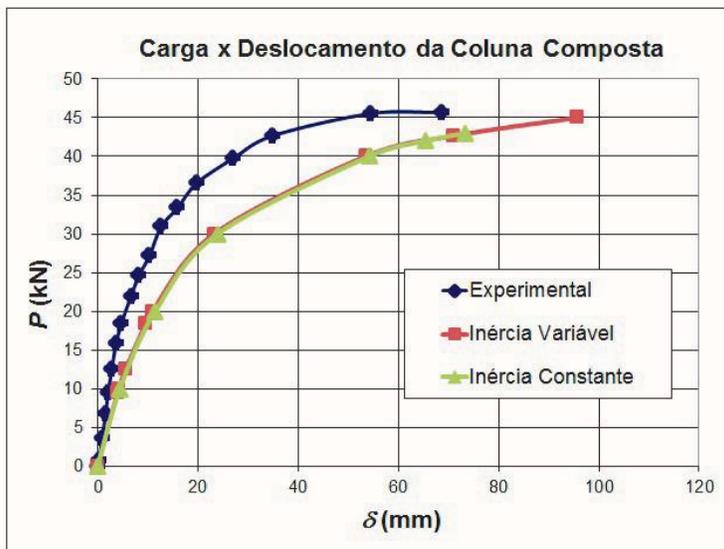


Figura 10: Sobreposição das curvas PDeltas para a coluna composta.

Fonte: o próprio autor.

Observa-se nesta figura que a carga limite aplicada no ensaio experimental chegou a 45,68 kN, com deslocamento lateral de 65 mm. E a partir do Diagrama de Southwell, identificou-se a carga limite para este tipo de coluna, com o resultado de $F_E = 54,40$ kN. Para a simulação numérica, obteve-se 54,55 kN, com uma diferença de apenas 0,2 %, validando o sistema trabalhado. Após uma criteriosa avaliação das tensões de compressão máximas ocorridas em diversos pontos, e também no ponto de maior sollicitação,

obteve-se um resultado de tensão de 30 MPa, o que representa valor muito aquém do limite de resistência à compressão paralela, que é igual a 80 ± 9 MPa (Moreira e Ghavami, 2011).

O limite de utilização da coluna ensaiada foi observado pelo esmagamento dos furos, detectado visualmente durante os ensaios, para a carga de compressão igual a 83 % da Carga de Euler ($P = 0,83 F_E$).

O ajuste da modelagem numérica ao experimento possibilitou estudos paramétricos, relativamente independentes de novos experimentos mecânicos, de onde se podem extrair curvas de dimensionamento para colunas compostas em geral.

Como exemplo de aplicação deste tipo de coluna, diversas colunas compostas aparafusadas foram utilizadas para a construção de uma capela, cenário da novela televisiva Araguaia, da Rede Globo de Televisão, no ano de 2010, onde a edificação contou com análise e dimensionamento estrutural da UFMG, tendo sido a principal motivação para a investigação realizada durante os experimentos com este tipo de coluna. Na Figura 11 e 12 observa-se o aspecto da capela bem como o uso de colunas compostas aparafusadas no interior da mesma.



Figura 11 e 12: Aspecto da capela do cenário, e uso de colunas compostas.

Fonte: Arte Desenho Construtora, Rio de Janeiro, RJ.

Outro exemplo de aplicação de colunas compostas pode ser observado nesta cobertura de uma fábrica de chocolate ao redor de Ubud, em Bali, Figura 13:



Figura 13: Aplicação de colunas compostas em coberturas.

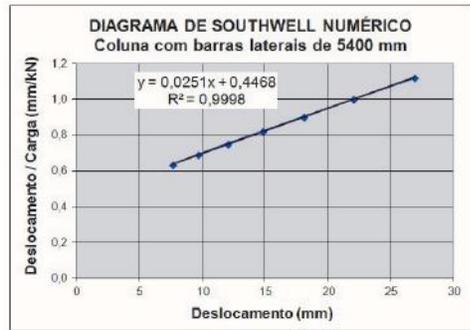
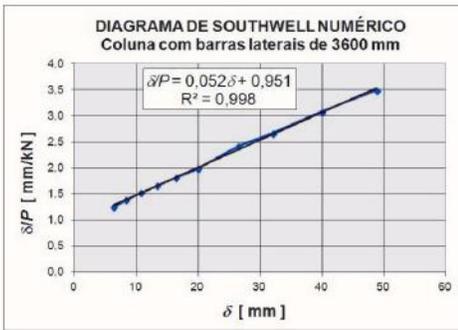
Fonte: Westlake (2011).

Colunas de feixe: resultados.

Mesmo que este tipo de coluna consuma um maior número de bambus em sua construção, comparando com as outras colunas testadas por Moreira, Silva e Rodrigues (2011), a facilidade construtiva e a possibilidade de uso de bambus de menor diâmetro, são as vantagens que se agregam a este produto, como se observa em Silva, Rodrigues e Moreira (2014).

Foram construídas e testadas colunas com barras laterais em duas dimensões, sendo de 3600 mm e 5400 mm. A partir dos resultados em testes físicos, foram traçados os Diagramas de Southwell obtendo a Carga de Euler do sistema proposto, e os deslocamentos laterais obtidos, a partir de carga aplicada de 18 kN e 28 kN respectivamente.

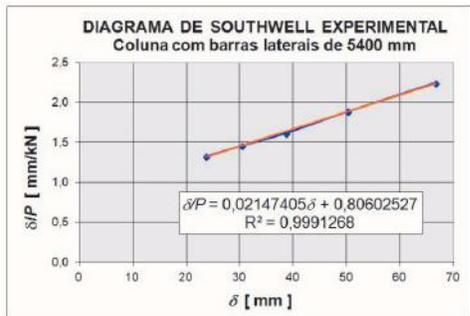
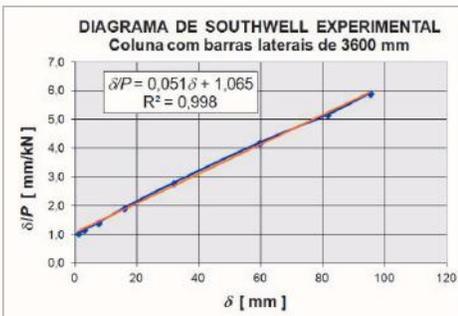
As Figuras 14 e 15 apresentam os Diagramas de Southwell numéricos para ambos os casos. A diferença no comportamento das duas colunas foram de carga limite de utilização de $F_E = 19,23$ kN e $F_E = 39,84$ kN respectivamente, aplicando-se o cálculo do inverso da inclinação da reta. Após estes valores identificados, foram construídas e testadas as colunas de feixe, tanto com barras menores (3600 mm) quanto à coluna com barras laterais maiores, (5400 mm).



Figuras 14 e 15: Diagramas de Southwell (numéricas): barras de 3600 e 5400 mm.

Fonte: o próprio autor.

Com os ensaios de compressão realizados, obtiveram-se os resultados com Diagramas de Southwell, nas Figuras 16 e 17.

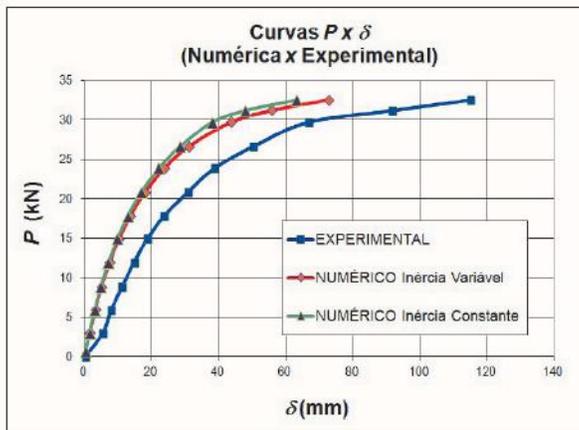


Figuras 16 e 17: Diagramas de Southwell (experimentais): barras de 3600 e 5400 mm.

Fonte: o próprio autor.

A coluna de feixe com barras laterais de 3600 mm apresentou uma carga limite de utilização de $F_E = 19,6$ kN, muito próximo ao resultado numérico identificado (apenas 1,9 % de diferença maior) e a segunda coluna ensaiada apresentou $F_E = 46,56$ kN, 16,84 % maior que o numérico. Essa maior rigidez pode ser atribuída ao menor diâmetro do parafuso que representa a cinta metálica da coluna de feixe, utilizado no software, que precisou ser recalculado para aferir o sistema.

Corrigidos os fatores de construção, quanto ao diâmetro dos parafusos equivalentes à cinta metálica, os valores apresentados pelas simulações em relação aos ensaios experimentais também se mostraram equivalentes, validando o experimento e os dados obtidos permitindo estudos paramétricos futuros, tanto as simulações e modelagens realizadas com inércia variável para cada seção das barras de bambu quanto modelagens com inércia constante. Resultado de carga de Euler experimental: $F_E = 46,56$ kN, enquanto que na modelagem numérica apresentou $F_E = 45,05$ kN. A Figura 18 mostra a comparação numérica e experimental do comportamento desta coluna.



Figuras 18: Comparação P x Delta numérico e experimental.

Fonte: o próprio autor.

Quanto às tensões máximas no centro da barra denominada alma, desta coluna, foi calculado valor máximo de 34,2 MPa. Essas tensões, ainda que elevadas, situam-se bem abaixo das tensões limites de resistência do lote dos bambus que compõem a coluna (de 80 ± 9 MPa). Como exemplo de aplicação desse tipo de composição de barras em feixe, as Figuras 19 e 20 apresentam o projeto arquitetônico e construção do Instituto Kairós, no Distrito de Macacos, Nova Lima, estado de Minas Gerais, que contou com a colaboração da UFMG para o design dos componentes, distribuição dos pórticos, análise e dimensionamento estrutural. Vários conceitos foram experimentados nesta estrutura experimental: elementos em feixe, design das ligações parafusadas, entre outros (Figuras 19 e 20).



Figuras 19 e 20: Exemplo de aplicação de colunas em feixe em estrutura.

Fonte: Instituto Kairós, Distrito de Macacos, Nova Lima (MG).

Pode-se observar na Figura 21, outro exemplo de aplicação de colunas em feixe, construção localizada próximo à Hanoi, Vietnã, do arquiteto Vo Trong Nghia, que trabalhou um espaço aberto com vão livre de 12 metros sem nenhuma coluna vertical, utilizando materiais naturais ecológicos contemporâneos. Por ser um espaço aberto, o desenho da estrutura favorece ainda o aspecto sustentável, direcionando o vento cruzado em seu interior, não necessitando de ar condicionado.



Figura 21: Aplicação de colunas em feixe de bambu em estruturas arquitetônicas.

Fonte: ArchDaily.com (2012).

Conclusões.

Apresentou-se resultados de análise numérica e testes de compressão em colunas de bambu nos formatos híbrido, composto e de feixe, utilizando-se além de barras de bambu, diversos outros materiais, como cabos de aço, cintas metálicas, parafusos e acessórios de fixação, buscando estabelecer estados-limites de serviço e conhecer os comportamentos dessas colunas em possíveis situações de uso.

Com os ensaios das colunas híbridas, observou-se também a necessidade de fixação dos cabos de aço junto às seções extremas dos espaçadores, o que levou ao desenvolvimento de sistemas de conexão entre eles, denominado *clip* dos cabos de aço, aumentando consideravelmente a carga limite de utilização.

A utilização do Diagrama de Southwell se mostrou muito eficaz, em análise da força axial de flambagem global (conhecida como Carga de Euler), possibilitando também conhecer a imperfeição inicial do sistema, permitindo maior segurança a aplicação de carga nos ensaios das colunas.

Apesar de que para as colunas compostas, a força limite ficou restrita pelo esmagamento dos furos na barra do bambu da extremidade de menor diâmetro e espessura de parede, pôde-se constatar o grande desempenho frente às colunas híbridas, visto a capacidade de carga que se aproximou de 45 kN com mesmo comprimento útil de seis metros e deflexão lateral de apenas 70 mm. Assim, para este caso, sugere-se que os parafusos utilizados possam ser substituídos por pinos lisos com roscas apenas nas extremidades, evitando concentração de tensões nas paredes dos bambus, e possível rachadura da barra.

A grande vantagem das colunas de feixe é que este tipo de coluna não necessita de perfurações das paredes dos bambus para a passagem de parafusos, evitando a concentração de tensões que ocorre nos furos, como se observou na coluna composta.

A opção pelo tipo de coluna sendo ela composta, híbrida ou de feixe dependerá das cargas de utilização e relação custo benefício, além do ponto de vista estético-arquitetônico que não deixa de ser um aspecto subjetivo, mas que faz parte das escolhas e opções arquitetônicas.

As soluções ecologicamente corretas aqui apresentadas se mostram como uma conquista social relativa às alternativas construtivas, pois sendo de fácil fabricação, leves e sistêmicas, favorecem a biodiversidade, a conscientização de seus benefícios socioambientais e condições de adaptabilidade à população em geral.

Referências

- ArchDaily. *Bamboo Wing / Vo Trong Nghia*. 2012. <https://www.archdaily.com.br/br/01-43807/bamboo-wing-vo-trong-nghia>.
- Art World. *Bamboo Structures*. 2014. <https://www.indiamart.com/proddetail/bamboo-structures-6423420573.html>.
- BFI, Buckminster Fuller Institute. *About Bucky*. 2010. <http://www.bfi.org/about-bucky>.
- Chages, A., (1974) *Principles of Structural Stability Theory*. Department of Civil Engineering, University of Massachusetts; Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice-Hall, Inc.
- Moreira, L. E., Silva, F. J., Rodrigues, F.C., (2011). *Design and Mechanical Tests of Bamboo Masts*. Anais do 13º International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies (NOCMAT). *Key Engineering Materials*, V.517, p.238-244, Doi: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.517.238>.
- Moreira, L. E., Ghavami, K., (2011). *The influence of initial imperfections on the buckling of bamboo columns*. Guayaquil. Ecuador: Proceedings of the International Workshop on the role of Bamboo in Disaster avoidance.
- Silva, F. J.; Rodrigues, F. C.; Moreira, L. E., (2014). *Buckling of Masts of Bamboos Bundles*. *Key Engineering Materials*. v.634, p.379 - 388, Doi: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.634.379>
- Silva, F. J.; Rezende, M.A.P.; Santos, W.J.; Carrasco, E.; Mantilla, J.N.R.; Piancastelli, E. M.; Magalhães, A.G., (2017). *Sustainable Architecture with Bamboo Columns Technology*. *Applied Mechanics and Materials*. v.864, p.318 - 323. Doi: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.864.31>
- Snelson, Kenneth. *Forces made visible*. Essay by Eleanos Heartney. In Association with Hudson Hills Press de Manchester, VT and New York, NY, 2009.
- Sumardi, Ihak; Kojima, Yoichi; Suzuki, Shigehiko. *Effects of strand lenght and layer structure on some properties of strandboard made from bamboo*. *J Wood Sci* (2008) 54: 128-133.

- Tung, S., (2010). *Study of Mechanical Properties of Bamboo*. Master Dissertation, Tokyo: University of Tokyo.
- Tan, T.; *et al.* *Mechanical properties of functionally graded hierarchical bamboo structures*. Acta Biomaterialia 7 (2011) p.3796-3803.
- Westlake, Martin. *Bamboo chocolate factory*, for New York Times Style Magazine. Dezembro 2011. <http://martinwestlake.blogspot.com/2011/12/bamboo-chocolate-factory-for-new-york.html>



Octavo Congreso de la Construcción y la
Arquitectura Sostenible

MEJORAMIENTO DE UNIONES ESTRUCTURALES DE BAMBÚ-GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA LA CONFORMACIÓN DE SISTEMAS RETICULADOS

Manuel Fernando Martínez Forero¹

Resumen

Se propuso un tipo de unión que ofrezca una mejora sobre los tipos de uniones existentes para estructuras en guadua, enfocándose principalmente en los aspectos constructivos y de fabricación, disminuyendo los requerimientos de equipos, recursos y mano de obra especializada necesarios para el ensamblaje en sitio, evitando el uso de elementos que atraviesen las paredes de la guadua y la elaboración de cortes geoméricamente complejos, en el diseño de la unión propuesta, se incorpora la prefabricación, y como resultado se ofrece un modelo de unión articulada, la cual ofrece la versatilidad necesaria, para la conformación de diversas configuraciones geométricas, para la construcción de estructuras reticuladas.

Palabras Clave: Bambú, Guadua, Uniones estructurales.

INTRODUCCIÓN

El bambú guadua, es un recurso renovable, económico, su aplicación en construcción es de amplio conocimiento empírico en países tropicales, tiene un uso muy variado el cual abarca desde artesanías, mobiliario y obra falsa, hasta elementos estructurales, principalmente su uso se encuentra

¹ Manuel Fernando Martínez Forero. Arquitecto. Magister en Construcción. Docente Facultad de Arquitectura, Universidad La Gran Colombia. Correo: manuel.martinez@ugc.edu.co

en construcciones vernáculas, (Kaminski, Lawrence, & Trujillo, 2016). particularmente en Colombia, se destaca la especie *Angustifolia Khunt*, (Londoño 2011), y adicional a su uso en construcciones de técnicas tradicionales, se puede encontrar en la construcción de obra temporal, como elementos de apuntalamiento, o en la ejecución de obras informales, principalmente en el área geográfica conocida como el eje cafetero; sin embargo, gracias a sus características, como lo son su excelente tasa de crecimiento, la cual está alrededor de 0.24 m por día (Londoño, Camayo, Riaño, y López, 2002), el corto tiempo necesario para su aprovechamiento tomando un tiempo de cosecha de tan solo 3 años (Correal y Arbeláez, 2010) y sus excelentes condiciones mecánicas, las cuales son objeto de estudios constantes en diferentes universidades en el ámbito internacional, su utilización como material de construcción se está extendiendo cada vez más, fortaleciéndose tanto en el ámbito constructivo como en los diferentes escenarios del proceso productivo, buscando generar un aprovechamiento de todo su potencial, en la construcción su uso está parcialmente reglamentado y normalizado, y ya se encuentra incluida en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-2010), con respecto a la producción y aprovechamiento se encuentran diversas normas técnicas, las cuales atienden numerosos procedimientos relacionados con el aprovechamiento de este material, como lo son: *Cosecha y poscosecha de los culmos de guadua Angustifolia Kunth* Norma Técnica Colombiana NTC 5300 (ICONTEC 2008)., *Preservación y secado del culmo de guadua Angustifolia Kunth* Norma Técnica Colombiana NTC5301 (ICONTEC, 2007), *Propagación vegetativa de Guadua Angustifolia Kunth* NTC 5405 (ICONTEC 2016)., *Uniones de estructuras en guadua Angustifolia Kunth* NTC 5407 (ICONTEC (2006)., *Elaboración de artesanías y muebles con culmos maduros de guadua Angustifolia Kunth* NTC 5458 (ICONTEC 2006)., *Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la guadua Angustifolia Kunth* NTC 5525, (ICONTEC 2006). *Inventario de rodales de guadua Angustifolia Kunth para aprovechamientos con fines comerciales* NTC 5726 (ICONTEC 2009). *Terminología aplicada a la Guadua y a sus productos* NTC 5727 , (ICONTEC 2017). *Obtención de latas y tablillas de Guadua Angustifolia Kunth* NTC 5829 (ICONTEC 2010).

Problemática

La construcción de estructuras en guadua tiene un origen vernacular, referente a una tradición histórica la cual ha sido objeto de procesos de valoración patrimonial y reconocimiento, estas estructuras tienen un buen comportamiento frente a eventos sísmicos si son construidas correctamente, su aplicación en la construcción se ha apoyado en las condiciones inherentes del material, en el saber ancestral y la tecnificación de estas prácticas mediante la investigación y normalización, sin embargo los desarrollos que se encuentran hasta el momento en temas de uniones, presentan aspectos a mejorar, por lo que se hace necesario continuar el proceso de los estudios y mejoramientos de sus aspectos constructivos, condiciones de uso y mantenimiento, en procura de fortalecer la aplicación de este bondadoso material en la solución de construcciones.

Objetivo

Proponer una unión que facilite el proceso constructivo de estructuras reticuladas y ofrezca un adecuado comportamiento mecánico en función de la naturaleza del bambú guadua, mejorando las condiciones encontradas en las actuales uniones utilizadas para la conformación de estructuras que utilizan Bambú - Guadua (*Angustifolia Kunth*)

Justificación

Existe una amplia variedad en uniones propuestas para la conformación de estructuras con bambú guadua, y dadas las condiciones geométricas del material la mayoría de las uniones requieren procesos de fabricación in situ dispendiosos, o integran conectores con un mayor grado de industrialización y complejidad lo que eleva los costos, las más conocidas trabajan mediante pasadores o varillas roscadas, los cuales generan concentración de esfuerzos,

y tensiones paralelas a las fibras, lo que evita aprovechar el 100% de la resistencia de la guadua, desconociendo el hecho que la mayor resistencia de la guadua está en su capa perimetral, por lo que si se proponen uniones que transfieran la carga a la epidermis de la guadua, utilizando al máximo posible el perímetro, la unión se pueden obtener resistencias muy próximas a la resistencia ultima del material. (Widyowijatnoko, A. 2012), sumado a esto se deben considerar los aspectos constructivos y económicos para poder generar una solución equilibrada.

Metodología

Se parte de la revisión de referentes mediante consultas de bibliografía, en especial de documentos de origen normativo y oficial, así como desarrollos de uniones experimentales de proyectos de investigación académica y empresarial, identificando las características positivas de cada una, así como, los aspectos a mejorar, para proponer una tipología de uniones que ofrezca mejoras a las condiciones encontradas.

En la revisión bibliográfica, se analizaron diferentes textos para contextualizar las condiciones del material desatacándose que dadas sus condiciones naturales como material anisotrópico, su resistencia es muy favorable ante esfuerzos axiales gracias a la presencia de fibras longitudinales, sin embargo ante cargas perpendiculares a la fibra, no cuenta con una buena respuesta (Widyowijatnoko, A. 2012), y la mayoría de las uniones que se consideran en las normas y documentos oficiales, (NSR 10, Manual De Construcción Sismo Resistente De Viviendas En Bahareque Encementado AIS, Colombia; Normas Técnicas Para Utilización De La Guadua *Angustifolia Kunth* En Construcción, Inbar Ecuador 2011, Norma Técnica E.100 para el uso de Bambú Perú 2017, entre Otros) requieren el uso de conectores que transmiten esfuerzos mediante el uso de elementos que atraviesan las paredes de las cañas de las guaduas, generando esfuerzos perpendiculares a las fibras, y concentración de esfuerzos en áreas muy puntuales del material, lo que genera fallas características localizadas en el área de inserción del conector. (Jaramillo D., Sanclemente A. 2003)

Otro factor importante es su comportamiento higroscópico, dado que su contenido de humedad presenta variaciones en su dimensión y en su resistencia. (Luna, P., Takeuchi, C., Granados, G., Lamus, F., & Lozano, J. 2011).

Sumado a la revisión bibliográfica, se participó en el desarrollo de actividades prácticas (Imagen 1) donde se elaboraron uniones y prototipos para identificar aspectos propios del montaje *in situ*, así como procesos de fabricación de los nodos.



1 Práctica académica Programa de Tecnología en Construcciones Arquitectónicas. Facultad de Arquitectura. Universidad La Gran Colombia. (Barreto W)



2 Fabricación de Domo con uniones de compresión radial propuestas por Widyowijatnoko, A.

En forma simultánea a las actividades prácticas, se realizaron entrevistas a profesionales y técnicos, así como a personal operativo capacitado en la construcción en guadua, sobre las uniones que realizan y sus características, siendo las más conocidas los empalmes de guadua como boca de pescado y pico de flauta, y las sunchadas con pasadores en las cuales se utilizan conectores tipo pernos y se rellenan los canutos de las cañas con morteros, este tipo de unión se encuentra en forma general contenido en las normativas de los países de la región Andina, para el caso de Colombia, estas uniones se encuentran incluidas en la NSR 10, y se encuentran normalizadas bajo la NTC 5407 “Uniones de estructuras con Guadua *Angustifolia* Kunth”, (ICONTEC. 2006) para la fabricación de estas conexiones, se requiere una

geometría compleja la cual demanda mucho tiempo, tanto en la elaboración de los cortes, y el proceso de relleno con mortero, proceso que si bien mejora significativamente la resistencia del canuto (Jaramillo D., Sanclemente A. 2003) demanda recursos adicionales y requiere mayor tiempo, y persiste la problemática de lograr generar acoplamientos perfectos, dadas las condiciones geométricas de las cañas de bambú guadua, donde sus diámetros son siempre variables, si bien estadísticamente se encuentra que hay una mayor frecuencia del diámetro de 100mm, se cuenta con grandes desviaciones que se encuentran entre los 64 y 170mm, siendo factores de estas variaciones las condiciones medio ambientales del lugar de crecimiento, (Barrero W. 2017), y dado que la resistencia está dada por la cantidad de material en la sección transversal, se vuelve aún más compleja la situación, ya que en una sola caña, los diámetros no son perfectamente simétricos ni constantes por lo que las resistencias tendrán grandes variaciones aunque se esté haciendo referencia a una misma especie. (Ardila C. 2013).

Se realizó una verificación de las variaciones dimensionales encontradas en las guaduas utilizadas para el desarrollo de los prototipos y uniones de referencia, las cuales fueron seleccionadas basados en su dimensión aparentemente similar encontrándose los siguientes datos.

| Muestra | altura | eje x | eje y | espesor pared | Muestra | altura | eje x | eje y | espesor pared |
|----------------------------|--------|---------------|---------------|---------------|----------------------------|--------|---------------|---------------|---------------|
| a2 | 300 | 112 | 110 | 12 | c3 | 100 | 120 | 115 | 13 |
| a3 | 300 | 111 | 112 | 16 | c4 | 100 | 123 | 117 | 12 |
| b1 | 300 | 115 | 113 | 10 | c5 | 100 | 120 | 115 | 10 |
| b3 | 300 | 120 | 116 | 12 | c6 | 100 | 123 | 115 | 10 |
| b4 | 300 | 111 | 111 | 10 | c7 | 100 | 120 | 115 | 12 |
| b5 | 300 | 110 | 111 | 11 | c8 | 100 | 117 | 120 | 13 |
| b6 | 300 | 111 | 111 | 11 | d3 | 100 | 120 | 122 | 15 |
| b7 | 300 | 113 | 115 | 14 | d4 | 100 | 118 | 122 | 10 |
| b8 | 300 | 115 | 112 | 12 | d5 | 100 | 120 | 121 | 10 |
| b9 | 300 | 115 | 116 | 15 | d6 | 100 | 125 | 128 | 10 |
| c1 | 300 | 122 | 118 | 10 | d7 | 100 | 128 | 123 | 10 |
| c2 | 300 | 122 | 120 | 15 | d8 | 100 | 123 | 123 | 10 |
| Promedio | | 114.75 | 113.75 | 12.33 | Promedio | | 121.42 | 119.67 | 11.25 |
| Desviación Estándar | | 4.35 | 3.19 | 2.15 | Desviación Estándar | | 3.09 | 4.25 | 1.71 |
| Mínimo | | 110 | 110 | 10 | Mínimo | | 117 | 115 | 10 |
| Máximo | | 122 | 120 | 16 | Máximo | | 128 | 128 | 15 |
| Rango | | 12 | 10 | 6 | Rango | | 11 | 13 | 5 |

1 Variaciones dimensionales en muestras de guaduas. Cortes cada 300 mm y 100 mm lineales.

Unidades en mm.

Se realizaron tres (3) uniones de referencia, donde en una guadua (1) se realiza el corte Boca de pescado, confirmando que su fabricación requiere procesos de cortes geométricamente complejos los cuales, tomaron entre 15 y 20 minutos por cada uno, en condiciones ideales, adicionalmente se implementó un pasador y platina para fijarlo a una guadua perpendicular (2), y se rellenaron con mortero los canutos que fueron atravesados por los pasadores, lo que extiende el proceso de fabricación y requiere el fraguado del relleno.



3 Elaboración de uniones de referencia.

Se realizaron pruebas de carga en laboratorio a las uniones de referencia, aplicando fuerza en el sentido longitudinal de la guadua que fue perforada (1), y que se apoya sobre la guadua dispuesta perpendicularmente(2). En promedio se presentó el fallo ante una carga de 21.7 Kilonewton KN, en donde la guadua (2) fallo por aplastamiento al deformarse perpendicular al sentido de la fibra, con el efecto adicional que cuando se comprime la junta en lugar de traccionarse, la platina conectora deja de tensionarse, permitiendo que se desplace la unión, cuando el corte de boca de pescado se apoya sobre una guadua (2) con relleno de mortero, se encuentra que la boca de pescado es la que presenta la falla.



4 Pruebas de carga en uniones de Referencia Boca de Pescado, conector y platina.

Teniendo estas condiciones presentes, y gracias a las experiencias adquiridas en las actividades prácticas, en especial las actividades relacionadas con la tipología de unión propuesta por Widyowijatnoko, A. en *Traditional and Innovative Joints in Bamboo Construction 2012*; las cuales se basan en el uso de compresión radial para poder utilizar los elementos como postes que trabajen en esfuerzos axiales, principalmente a tracción, las cuales presentan muy buenos resultados mecánicos, gracias a la transferencia de las cargas al perímetro de la guadua, minimizando las perforaciones y evitando el uso de pasadores que atraviesen las paredes de la guadua, por lo que no se crean esfuerzos perpendiculares a la fibra, y aunque este tipo de conexión

permite el uso del bambú guadua como postes para la conformación de estructuras planas y espaciales, para la conformación de las estructuras se requiere la elaboración de piezas exactas para los nodos necesarios para cada configuración geométrica particular.

Propuesta

Retomando los diferentes hallazgos del proceso de investigación, se definen como directrices de la propuesta que la transferencia de cargas se dé a través del perímetro del elemento, mediante el uso de elementos que eviten la generación de esfuerzos perpendiculares a la fibra, adicionalmente el uso de estos elementos que amarran exteriormente a las guaduas, previene las fracturas del material o su desintegración (Widyowijatnoko A. 2012). Se encontraron algunos modelos similares de uniones, como el propuesto por Georg Brusnowitz (1988), y al revisarlos se encontró que el concepto para la transmisión de cargas es viable, su uso puede aplicarse en diferentes sistemas estructurales como los sistemas reticulados ya que en estos sus barras trabajan a compresión y tracción, esfuerzos óptimos para el material, sin embargo, no se encontró mayor información de su implementación, por lo que deben realizarse desarrollos complementarios haciendo énfasis en la aplicación sobre los detalles y procesos de prefabricación, para obtener una unión que permita tener una mayor libertad para la configuración geométrica de los nodos, y ofrezca facilidad en los procesos de fabricación, montaje y mantenimiento, mediante una unión que permita acondicionarse a las variables dimensionales de las guaduas.

En forma paralela al desarrollo de la propuesta, se realizó acompañamiento al proyecto de trabajo de grado realizado por los estudiantes Díaz William y Gómez Carolina, *Unión Metálica Articulada Para Cubiertas De Sistemas Reticulados En Guadua* del programa de Tecnología en Construcciones Arquitectónicas de la Facultad de Arquitectura de la Universidad la Gran Colombia, proyecto con el que se comparte las directrices en cuanto al uso de uniones metálicas prefabricadas que transmitan la carga sin realizar perforaciones en las paredes de las guaduas, y permitan la conformación de diferentes geometrías con el uso de un único tipo de unión.

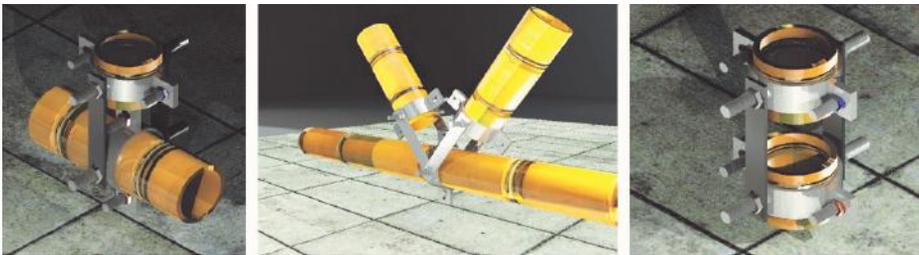


5 Unión Díaz - Gómez 2017.



6 Unión Díaz - Gómez 2017 Pruebas preliminares. (Díaz W. Gómez C.,)

La unión propuesta consiste en conformar una abrazadera por medio de dos mitades a partir de platinas independientes, unidas entre sí por medio de tornillos, de manera tal que permitan la fijación a la guadua sin realizar perforaciones en las paredes de la guadua, buscando distribuir el esfuerzo en el mayor perímetro posible de las cañas.



7 Unión por abrazaderas y platinas Martínez M.

Cada media abrazadera tiene soldado en su lateral exterior, un tornillo alineado en el centro, lo que permite conectarse por medio de platinas

secundarias a otras abrazaderas, adicionalmente, cuando la abrazadera se instala alrededor de la guadua, estos tornillos funcionan como un pivote, lo que da la posibilidad de adecuarse a cualquier ángulo, y evita la concentración de momentos que se evidenció en la unión Díaz – Gómez.

Mediante la variación de las longitudes de las platinas secundarias, se pueden conformar nudos rígidos mediante la triangulación de elementos, manteniendo esfuerzos de tracción y compresión en las guaduas, permitiendo acondicionarse a diferentes geometrías.

Se realizaron prototipos de las uniones planteadas, y se verificaron las condiciones supuestas con respecto a la facilidad de procesos de montaje, en donde los tiempos de armado de cada unión oscilan alrededor de 5 minutos, no requieren realizar cortes complejos en las guaduas, permiten la configuración de diferentes geometrías y gracias a su proceso de ensamble, permiten ser montados y desmontados con rapidez y un mínimo de equipo, lo que facilitaría tanto el montaje como los procesos de mantenimiento.



8 Prototipos de abrazaderas y platinas Martínez M.

Conclusiones

Las condiciones de irregularidad dimensional de las guaduas presentan una gran limitación frente al interés de poder realizar procesos de prefabricación y estandarización, se requiere una selección cuidadosa de los materiales para poder tener términos razonables de aprovechamiento, se hacen necesarias estrategias que faciliten esta tarea, ya sea desde la parte productiva o de comercialización del material.

La tipología de uniones propuesta tiene ventajas de orden constructivo, y se hace necesario realizar estudios complementarios para determinar las especificaciones precisas de sus elementos, resistencias y viabilidad económica, así como mejorar la adaptabilidad de la unión a diferentes diámetros.

La propuesta debe continuar su desarrollo para la conformación de un sistema, el cual permita mediante la combinación de las uniones y el uso de otros accesorios, la solución integral de una estructura.

Debe considerarse que las dimensiones de las guaduas, además de ser irregulares, pueden sufrir variaciones con el paso del tiempo y las condiciones medio ambientales, por lo que en las estructuras en guadua independientemente de las uniones que se utilicen, deben generarse recomendaciones de seguimiento y mantenimiento, aspecto en el que las uniones propuestas tienen una ventaja dado su proceso de ensamblaje.

La forma en la que se combinan las uniones permite pensar en migrarlo a otros elementos y materiales como podría ser madera rolliza, o modificar la sección para poder utilizarlo en elementos que no sean de sección semi circular.

Referencias Bibliográficas

- Ardila , C. (2013). Determinación de los valores de esfuerzos admisibles del bambú *Guadua angustifolia* Kunth del departamento de Tolima, Colombia. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá Colombia.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2010) NSR-10: Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente. Título G: Estructuras de madera y estructuras de guadua, Bogotá, Colombia: ACIS
- Barreto W. (2017) Estudio Técnico Para El Desarrollo De Bambú (*Guadua Angustifolia* Kunth) De Sección Transversal Triangular (Modificada) Para Fabricar Vigas Laminadas En Colombia. Tesis de Maestría, Universidad del Bio Bio. Concepción, Chile
- Correal, J. , Arbeláez, J. (2010) Influence of age and height position on colombian *guadua angustifolia* bamboo mechanical properties. En: Maderas. Ciencia y tecnología, 122:105-113 Disponible on line : <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48515279005>. Consulta 5 de septiembre de 2017
- Díaz W., Gómez C (2017) .Unión Metálica Articulada Para Cubiertas De Sistemas Reticulados En Guadua Trabajo de grado programa de Tecnología en Construcciones Arquitectónicas. Universidad la Gran Colombia. Bogotá Colombia.,
- Kaminski, Sebastian & Lawrence, Andrew & Trujillo, David. (2016). Structural use of bamboo: Part 1: Introduction to bamboo. Structural Engineer. 94. 40-43.
- INBAR Red Internacional de Bambú y Ratán Oficina Latinoamérica y El Caribe 2011 Normas Técnicas Para Utilización De La *Guadua Angustifolia* Kunth En Construcción. Quito, Ecuador
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC (2017). Terminología Aplicada A La Guadua, Sus Procesos Y Sus Productos (NTC 5727). Bogotá
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC (2016). Propagación Vegetativa De *Guadua Angustifolia* Kunth (NTC 5405). Bogotá

- Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC (2010). Obtención De Latas Y Tablillas De Guadua *Angustifolia* Kunth (NTC 5829). Bogotá
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC (2009). Inventario De Rodales De Guadua *Angustifolia* Kunth Para Aprovechamientos Con Fines Comerciales (NTC 5726). Bogotá
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC (2008). Cosecha y postcosecha del culmo de Guadua *angustifolia* Kunth. (NTC5300). Bogotá.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC (2007). Preservación y secado del culmo de Guadua *angustifolia* Kunth. (NTC5301). Bogotá.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC (2006). Uniones de estructuras con Guadua *angustifolia* Kunth. (NTC5407). Bogotá.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC (2006). Elaboración De Artesanías Y Muebles Con Culmos Maduros De Guadua *Angustifolia* Kunth (NTC5458). Bogotá.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC (2006). Métodos De Ensayo Para Determinar Las Propiedades Físicas Y Mecánicas De La Guadua *Angustifolia* Kunth (NTC5525). Bogotá.
- Jaramillo D., Sanclemente A. (2003) Estudio de uniones en guadua con ángulo de inclinación entre elementos. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá Colombia
- Londoño, X., Camayo, G., Riaño, N., y López, Y. ,(2002). Characterization of the anatomy of Guadua *angustifolia* (Poaceae: Bambusoideae) culms. En: Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society 16(1): 18-31 American Bamboo Society. Disponible on line: http://www.bamboo.org/publications/e107_files/downloads/ABSJournal-vol16.pdf Consulta 5 de septiembre de 2017
- Luna, P., Takeuchi, C., Granados, G., Lamus, F., & Lozano, J. (2011). Metodología de diseño de estructuras en guadua *angustifolia* como material estructural por el método de esfuerzos admisibles. Revista Educación en Ingeniería, 6(11), 66-75.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. 2017 Norma Técnica E.100 para el uso de Bambú. Perú

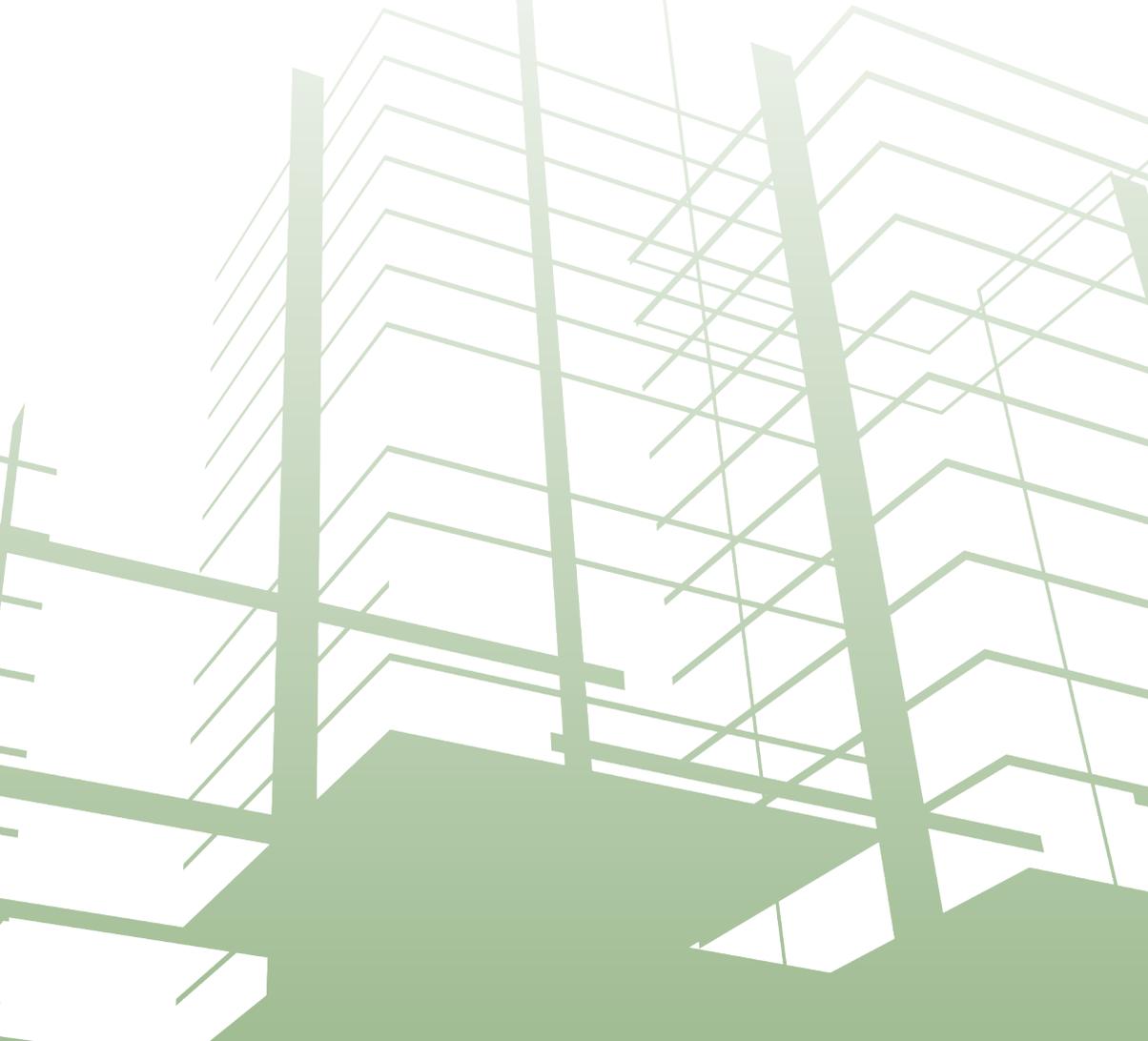
De, m. D. C. S. R. Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado.

Widyowijatnoko, A. (2012). Traditional and Innovative Joints in Bamboo Construction. Mainz.



Octavo Congreso de la Construcción y la
Arquitectura Sostenible

MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD





Octavo Congreso de la Construcción y la
Arquitectura Sostenible

MODELOS PARTICIPATIVOS PARA EL ORDENAMIENTO, RESILIENCIA URBANA Y SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN CIUDADES VULNERABLES: EL CASO DE LA REPÚBLICA DE CUBA

Celene Milanés Batista¹

Resumen

Desde épocas antiguas el hombre ha desarrollado sus ciudades en zonas bajo riesgo. Este fenómeno de expansión urbana en zonas altamente vulnerables, se ha incrementado en los últimos años por la incidencia de los efectos derivados del cambio climático. El presente trabajo aborda las acciones de ordenamiento del territorio y los proyectos y modelos para elevar la resiliencia urbana realizadas en las principales ciudades capitales de la República de Cuba. Se explica cómo funciona el sistema de la planificación física en el país y las guías vigentes para el ordenamiento ambiental y territorial en zonas urbanas, rurales y costeras. Se abordan los instrumentos de gestión del riesgo que permiten enfrentar el impacto del cambio climático, exponiendo ejemplos concretos de la implementación de la Agenda 21 para el Desarrollo Local en centros urbanos densamente habitados. En el desarrollo del trabajo se explican además las acciones de participación pública y de formación de capacidades que, desde las universidades, han sido diseñadas para elevar la resiliencia urbana, así como los productos de ciencia que han permitido la introducción y generalización de nuevos materiales, sistemas estructurales y constructivos, creados para mejorar la arquitectura de las edificaciones y la imagen urbana de las ciudades cubanas, considerando el reciclaje o reuso de materiales locales y

1 Arquitecta. Master en Ciencias en “Conservación y Rehabilitación del Patrimonio Edificado” y “Master en Manejo Integrado de Zonas Costeras. Doctora en Ciencias Técnicas. Correo: celenemilanes@gmail.com

tradicionales, producto del cual han surgido propuestas innovadoras que contribuyen a preservar el medio ambiente. Se concluye planteando que, a pesar de las limitaciones económicas y del embargo que tiene Cuba, el país constituye un ejemplo para Latinoamérica en la preservación del patrimonio construido, la gestión del riesgo urbano y la sostenibilidad ambiental y urbana de sus ciudades bajo riesgo.

Palabras Claves: modelos participativos, ordenamiento territorial, resiliencia urbana, sostenibilidad, República de Cuba.

INTRODUCCIÓN

Muchas ciudades en el mundo son especialmente vulnerables ante diferentes amenazas de origen natural y antrópico (Milanés 2014), algunas de ellas se construyen en zonas de riesgo debido al desconocimiento de los entes competentes sobre las áreas que presentan diferentes peligros. Esta situación se encuentra condicionada, entre otros factores, por la mala planificación del territorio, lo cual repercute en incorrectas tomas de decisiones que en el corto, mediano y largo plazo tienen su incidencia e impacto en las comunidades en ella localizadas.

“...La conferencia sobre Asentamientos Humanos, HÁBITAT II, que organizó la ONU en Estambul, Turquía, en junio de 1996, conocida como la Cumbre de las Ciudades, puso en marcha un proceso para identificar actuaciones urbanas que produzcan mejoras en la sostenibilidad de las ciudades...” En relación con este planteamiento, el presente trabajo tiene como objetivo mostrar los resultados alcanzados en los instrumentos cubanos de ordenamiento del territorio a escala de la ciudad, así como mostrar otras herramientas que tienen su influencia en la “gestión del riesgo de la ciudad” evidenciando su interconexión con las formas de gobierno y la toma de decisiones. Las guías analizadas muestran la interrelación de estos aspectos con las tareas de planeamiento y el diseño urbanístico y arquitectónico, y proporcionan elementos más precisos para la toma de decisiones y criterios en las acciones derivadas de la implementación de los planes parciales, especiales y de nuevas inserciones que se realizan en los centros urbanos.

Se ofrece una panorámica actual de los instrumentos de planificación del territorio validados en Cuba a diferentes escalas, tomando como casos de estudio a las ciudades de Santiago de Cuba, La Habana, y Bayamo, todas capitales de provincia y ciudades principales del país. Se analizan los problemas del impacto del cambio climático en territorios vulnerables y se definen los instrumentos que de manera prospectiva, están diseñados para minimizar las condiciones microclimáticas, de riesgo urbano y otros aspectos medioambientales, en estrecha relación con la morfología del entorno construido.

En el trabajo se proponen algunas actuaciones desde el planeamiento, encaminadas a la erradicación, atenuación y prevención de los problemas de riesgo urbano que aquejan a las ciudades cubanas. Se aportan un grupo de resultados para hacer más eficientes y efectivas las soluciones que se logran en el país las cuales permiten elevar la calidad de vida de la población.

Problemática

La Republica de Cuba es un estado insular y por su posición geográfica es una de las islas particularmente vulnerable a los efectos del cambio climático (Bermúdez 2014). Esta problemática ha demandado que en el archipiélago se tengan que crear, desarrollar e implementar numerosos instrumentos que propicien un adecuado ordenamiento urbano en zonas rurales, urbanas y especialmente costeras. En este artículo se trabaja el componente urbano de ciudades bajo riesgo. Su desarrollo está dividido en tres etapas. En una primera se explica el modelo cubano de planificación física vigente en el territorio nacional. Se relacionan las principales y más actuales guías para el ordenamiento ambiental y territorial. Paralelamente se exponen dos ejemplos concretos en la implementación de la Agenda 21 para el Desarrollo Local. En la segunda fase de la investigación, se dan a conocer los instrumentos de gestión del riesgo y los principales proyectos de investigación científica que han sido creados para enfrentar el impacto del cambio climático. Se explican las acciones de participación pública y de adaptación y mitigación elaboradas en el país para lograr una mayor resiliencia urbana. En la tercera y última etapa se presentan algunos materiales, sistemas estructurales y constructivos,

creados para mejorar la calidad de las edificaciones y la imagen urbana de las ciudades cubanas.

Desarrollo

Estudiar y evaluar los umbrales de riesgo ante el crecimiento de las ciudades, con especial énfasis en territorios costeros tiene gran actualidad y vigencia. Estas ciudades costeras se han convertido en territorios de gran presión humana a nivel mundial y de fuertes dinámicas por las actividades relacionadas con el turismo, la recreación, el transporte, la minería, agricultura, entre otras, las cuales sirven de soporte a los asentamientos allí localizados. Este gran desarrollo urbano también condiciona un alto impacto sobre los recursos naturales y las comunidades que allí habitan. Entre los principales problemas que presentan los asentamientos costeros se encuentra el desaprovechamiento actual de las potencialidades urbanas y paisajísticas que estos poseen.

Para tener una visión prospectiva de los riesgos y planificar mejor el territorio insular, en Cuba se han utilizado diversas guías de ordenamiento del territorio, las cuales trabajan en minimizar las posibles consecuencias por fenómenos extremos como las inundaciones pluviales, fluviales y las penetraciones del mar sobre la población residente.

El Ordenamiento Territorial (OT) es la actividad que a partir de conceptos y métodos científicos propios de planificación física y el urbanismo, propone, *regula, controla y aprueba las transformaciones espaciales en el ámbito rural y urbano* con diversos niveles de precisión, integrando las *políticas económicas, sociales y ambientales y los valores culturales de la sociedad* en el territorio, con el objetivo de contribuir al logro de un desarrollo sostenible... (Rodríguez 2009). Los instrumentos actuales de OT proponen el rescate del verde urbano, la movilidad urbana, los espacios públicos y la incorporación de instalaciones deterioradas con potencial para ampliar el turismo internacional y nacional, así como la rehabilitación de viviendas que limitan con este borde.

El Sistema de la Planificación **Física** en Cuba está liderado por el Instituto de Planificación Física (IPF). Este constituye una Institución estatal y nacional adscripta al Consejo de Ministerios. Se nutre del trabajo de las 15 Direcciones

Provinciales (DPPF) las cuales están subordinadas a los órganos provinciales del Poder Popular. También forman parte de ella 168 direcciones municipales (DMPF) subordinadas a los órganos municipales del Poder Popular.

El IPF y sus dependencias provinciales y municipales, tienen la misión de: 1) Proponer el ordenamiento territorial y urbano y el uso de la tierra; 2) Integrar las políticas sectoriales en el territorio y hacerlas gestionables mediante la localización de inversiones y, 3) Rectorar el Sistema de Asentamientos Humanos. Dentro de sus funciones se encuentra la de establecer políticas y regulaciones territoriales; emitir metodologías e instrucciones para el Sistema; realizar investigaciones y proyectos para diversos espacios; coordinar el carácter vinculante de los Planes físico y económico; compatibilizar propuestas con los intereses de la defensa; incluir la reducción de riesgos y la adaptación al cambio climático y gestionar y controlar el territorio (www.ipf.cu).

Modelo cubano de Planificación Física.

El planeamiento del territorio en Cuba es un proceso sistemático, iterativo, de participación, consulta y aprobación por los gobiernos según niveles. Existen cuatro escalas del planeamiento. Estas son: nacional, provincial municipal y urbana, (Ver figura 1). Cada una de estas escalas tiene un alcance y unos objetivos diferenciados que transitan desde los análisis y prospectivas del territorio a nivel macro hasta los estudios de microlocalización.

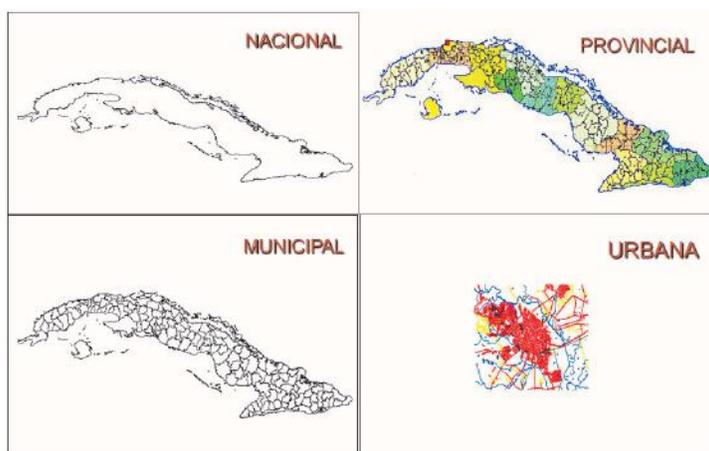


Figura 1: Escalas del planeamiento en Cuba (Fuente: Rodríguez 2009).

Sistema de instrumentos para el planeamiento en Cuba.

El éxito del trabajo logrado por el Ordenamiento Territorial en Cuba, aun con sus imperfecciones, está determinado por el orden metodológico y la riqueza de sus diferentes instrumentos de planeación, algunos de los que se encuentran en vías de actualización. Estos son capaces de asumir cada uno de los objetivos al unísono, acompañado de un instrumental jurídico y niveles de aprobación aptos para convertirse en políticas públicas de obligatorio cumplimiento. Lo anterior permite apoyar el desarrollo de esta actividad junto a su implementación práctica de gestión y control, en el proceso de asimilación del espacio y los recursos (Milanés, 2012). La Figura 2 y la Tabla No.1 muestra los diferentes instrumentos de Planificación Física empleados en Cuba para el Ordenamiento Territorial y Urbano a diferentes escalas.



Figura 2: Instrumentos cubanos para el planeamiento, control y gestión del territorio
(Fuente: Rodríguez, 2009)

| Instrumentos y alcance | Nación | Provincia | Municipio o Asentamiento |
|--|---|--|--|
| Esquemas • políticas | Esquema General | Esquema General | |
| | Esquema Parcial | Esquema Parcial | |
| | Esquema Especial (Turismo, desarrollo portuario, de la vivienda, etc.) | Esquema Especial (IDEM) | |
| Planes • objetivos • acciones, inversiones • regulaciones | | PLAN GENERAL • Plan Provincial de Ordenamiento Territorial (PPOT) | PLAN GENERAL • Plan General de Ordenamiento Territorial y Urbanismo (PGOTU) • Plan General de Ordenamiento Urbano (PGOU) |
| | | Plan parcial (Producción, hábitat, áreas verdes, servicios, etc..) | Plan parcial (IDEM) |
| | | Plan especial | Plan especial |
| Estudios de localización y detalles | Estudios | Estudios | estudios |

Tabla No.1 Sistema de instrumentos para el planeamiento en Cuba (Fuente: Milanés et al., 2015)

A continuación, se presentan algunos de los resultados más relevantes alcanzados en la implementación de planes de ordenación del territorio en asentamientos costeros, los cuales en su mayoría se desarrollan de espaldas al mar.

Los Esquemas Generales, Parciales y Especiales

Los esquemas son de trascendencia nacional y provincial. Sus diferentes metodologías y escalas de aplicación tienen alcance general, parcial y especial. Presentan una vigencia de 20 años con adecuaciones quinquenales y se

sustentan en el desarrollo del trabajo mediante el análisis de 4 subsistemas básicos: *subsistema físico* (recursos naturales y medio ambiente); *subsistema económico productivo*; *subsistema de infraestructuras* y *subsistema de población y sistema de asentamientos humanos*. Cada uno de estos arriba a resultados claves que se entrelazan y contrastan para cada territorio hasta arribar a propuestas integradas de transformación que son objeto de análisis, debates y aprobación antes de pasar a la etapa de ejecución.

Cada esquema y plan incluye para su desarrollo las siguientes fases de trabajo: **Fase 0**: Preparación; **Fase 1**: Diagnóstico (análisis y diagnóstico); **Fase 2**: Propuesta (avance del plan y plan); **Fase 3**: Gestión (implementación, control y evaluación). A su vez, cada escala de trabajo precisa lo establecido por la que le antecede, brindando los elementos que la retroalimentan como factor esencial del perfeccionamiento del trabajo de planeamiento, caracterizado como un proceso dinámico iterativo que se alcanza por aproximaciones sucesivas actualizable de forma sistemática.

Los Planes Generales, Parciales y Especiales

El Ordenamiento Territorial orientado a un área urbanizada o en proceso de urbanización se le puede denominar ordenamiento urbano, de ahí que algunos planes sean conocidos por Planes Generales de Ordenamiento Territorial y Urbano. Estos planes tienen un alcance provincial o municipal y de asentamiento urbano. Al ejecutarse brindan la zonificación funcional y morfológica de sus territorios, aportan el cuerpo de regulaciones e intervención a ejecutar en ellos tomando como premisa garantizar las necesidades de los habitantes, su adecuada inserción en el contexto de la región, la provincia o el país, asimilan un cuerpo de inversiones acorde con su nivel jerárquico en el espacio y garantizan la satisfacción de las demandas básicas de los territorios y de la población que en ellos habitan.

La escala del planeamiento nacional y provincial en su concepción de Esquema son los puntos de partida para el diseño de las políticas que integran, en el marco territorial, dado las consideraciones resultantes del Análisis Retrospectivo y de la Situación Actual, que, como un todo, sirven de guía para la definición y materialización de objetivos preestablecidos. Las políticas resultantes establecen la solución de los problemas del territorio y la garantía

de su adecuado desarrollo, (PGOU Santiago de Cuba, 2011). La fase de Plan hace explícito, las acciones a acometer, organiza, dirige y sirve al control y la ejecución de la alternativa seleccionada, sirviendo de hilo conductor de los procesos de transformación y conservación de los valores de cada una de las unidades objeto de intervención.

Ante la necesidad y propósito de la utilidad del Plan como herramienta sostenedora de los intereses estratégicos de corto y largo alcance, la formulación de políticas constituye el factor clave en la determinación de los objetivos y criterios de medidas que sostendrán la efectividad del programa de actuaciones, siendo la manifestación de este último el accionar operativo de la gestión y control del Plan.

Para acometer estos estudios y propuesta de ordenamiento territorial y urbano se aplican las metodologías creadas al efecto, las cuales se retroalimentan y perfeccionan de forma sistemática a partir de los avances de los resultados de investigación. Estas asumen como propias diversas técnicas de análisis actuales, en particular para el sistema de indicadores que se seleccionen. A continuación, se enunciarán algunas de las más relevantes guías y se exponen los aspectos más importantes que la caracterizan:

a. Plan Provincial de Ordenamiento Territorial (PPOT)

Los PPOT tienen un alcance de 20 años con posibilidades de actualización antes de ese período pues en su realización pueden haber quedado fuera alternativas de desarrollo no previsibles dado el nivel de incertidumbre que en ocasiones se presentan. Por esta razón se perfeccionan sistemáticamente.

Estos planes brindan los elementos claves o de plataforma para la caracterización y desarrollo de una provincia, establecen las insuficiencias del desarrollo del territorio y las potencialidades y restricciones de toda índole determinando los vínculos que tiene la provincia con el resto del país y su funcionalidad hacia el interior.

Los planes también establecen el orden de prioridades en las intervenciones a acometer y el cuerpo de regulaciones básicas. Constituye la guía general de los decisores para conducir durante largo período los lineamientos de desarrollo de cada territorio enlazados con su rol en el contexto nacional.

b. Plan General de Ordenamiento Territorial y Urbanismo del Municipio (PGOTU)

Enmarcado en un horizonte temporal, el Plan General de Ordenamiento Territorial y Urbanismo del Municipio (PGOTU) constituye un instrumento de planeamiento, articulador de los objetivos a lograr en horizontes de mediano y largo plazo. Determina alternativas de actuación flexibles y la capacidad objetiva de su perfeccionamiento ante la concreción de horizontes más prolongados.

La guía para la elaboración de PGOTU surgió como una primera respuesta a los cambios organizacionales y la demanda de la sociedad (Padrón, 2007). Este instrumento de planeación, con una vigencia de 10 años, tiene como propósito elevar la calidad y capacidad de los órganos e instituciones que trabajan directamente con estos planes y en su elaboración científica. Es válido considerar el carácter abierto de la guía, que proporciona que en cada municipio y asentamiento se proponga el diseño conceptual, metodológico y técnico del plan, teniendo en cuenta la identidad local que se procura con la dinámica económica y social del territorio.

Los ejes de identidad de este plan se corresponden con el destino y uso del suelo, la estructura físico espacial y la morfología a partir de la correcta comprensión de las relaciones entre los universos físico-espaciales, el medio natural y los procesos socioeconómicos.

El PGOTU contempla tres fases esenciales: *Retrospectiva y Situación Actual; Avance del Plan y Plan*, las cuales se articulan entre ellas contando con una activa participación institucional y ciudadana. Las actividades que lo comprenden se enmarcan en: una etapa de preparación; una de ajuste de instrumentos de gestión, seguimiento, control e información y otra de evaluación, todas ellas interactúan con el Consejo de Administración Municipal hasta lograr la aprobación final del Plan en la Asamblea Municipal.

c. Plan General de Ordenamiento Urbano (PGOU)

Los Planes Generales de Ordenamiento Urbano son los encargados de precisar los objetivos de la política territorial mediante el acuerdo y ajuste de las políticas sectoriales y programas inversionistas. A su vez, definen el

destino y la intensidad del uso de los suelos, el sistema de asentamientos poblacionales, las regulaciones que estos conllevan conformando el programa de acciones y medidas que se deben acometer (Milanés, 2011).

Los PGOU presentan también una vigencia de 10 años y se encargan de evaluar el municipio en su concepción general, partiendo de lo establecido en la escala que le precedió. Concluye con la precisión del asentamiento cabecera de esta unidad política administrativa “el municipio”, a la vez que aborda los problemas del resto del sistema de asentamientos humanos y los aspectos afrontados por los subsistemas de trabajo.

Esta metodología puede ser aplicada y generalizada en todos los asentamientos urbanos y rurales, aunque no se dispone de posibilidades de su extensión al universo de los asentamientos, los que encuentran respuesta en planes de inferior nivel de generalización, pudiendo identificarse más con planes especiales, o planes parciales que dan respuestas a las necesidades de la transformaciones que se acometen en los municipios como parte de su desarrollo planificado o de su propio crecimiento endógeno.

d. Planes Parciales

Los Planes Parciales constituyen instrumentos de planeamiento físico a través de los cuales se van a desarrollar y precisar las determinaciones de los Planes Generales Municipales o Urbanos en partes de sus territorios cuando se requiera, facilitando la gestión del proceso inversionista y el control de su ejecución.

Es obligatoria la aprobación de éstos para el desarrollo de las áreas urbanizables, así como para las intervenciones que en el suelo urbanizado lo requieran, teniendo en cuenta el grado de complejidad y las dimensiones del área que es objeto de planeamiento. Los planes parciales no abordan los problemas para el universo de un territorio, sino que particularizan la investigación y la proyección de espacios de limitada extensión. Pueden estar íntimamente vinculados a un programa de desarrollo dado como parte de una localidad y, pueden además no abordar la totalidad de los problemas del territorio sino aquellos que son de su interés, preferiblemente los más delicados a priorizar en el proceso de transformación y protección de los mismos.

Existen varios instructivos metodológicos que complementan a la guía general del Plan y que particularizan los temas de la vivienda, las zonas de centro, las infraestructuras, los servicios, el medio ambiente, la reducción de riesgos, las áreas verdes y espacios públicos, entre otras. Todos sirven para conducir el procedimiento metodológico de análisis, para perfeccionar los diagnósticos en primer lugar y después, acometer la fase de propuesta y proyección. Son, válidos para identificar las regulaciones, las medidas, las acciones e inversiones imprescindibles para la transformación deseada de cada localidad en particular, en plena concordancia con los planes que a una escala superior de trabajo vienen ejecutándose.

Todo el instrumental metodológico se actualiza con sistematicidad e incorpora los avances de las investigaciones y herramientas de trabajo que nacional e internacionalmente son empleadas en el presente, adecuadas básicamente a las posibilidades de nuestro país. Hoy el uso de los ambientes de Sistemas de Información Geográficos (SIG) constituye una de las herramientas que se incorpora paulatinamente y con mayor eficiencia en los procesos que acompañan estas fases de planeamiento, así como en la macrolocalización y microlocalización de inversiones como parte de la gestión de los territorios y materialización de las fases de los planes de ordenamiento, ejecutados y aprobados con presupuestos asignados los cuales son monitoreados sistemáticamente para el control del territorio.

e. Planes Especiales

Están dirigidos a evaluar, conceptualizar y precisar el uso de territorios de muy diversas índole pero particulares en sí mismos; entre estas zonas se destacan los ecosistemas sensibles, (costas, humedales, zonas de sequía, montañas); las cuencas hidrográficas; los polos turísticos; las zonas industriales; zonas portuarias y las diversas áreas protegidas que requieren de un conocimiento profundo para lograr adecuadas intervenciones que permitan perfilar las medidas de protección ambiental requeridas para su uso y posterior conservación.

Se particulariza en estos planes por la importancia que revisten y los resultados que proporcionan trabajos a estas escalas, los cuales aportan elementos a niveles superiores del ordenamiento con nuevos conocimientos

que permiten actualizar las políticas en estos susceptibles espacios. Estas medidas pueden abarcar desde la prohibición de actividades constructivas hasta la intensificación de las mismas en zonas prefijadas como de alta urbanización.

Los planes especiales requieren de más elaboración pues están sumamente cercanos a la materialización de los planes de manejo. Son innumerables las salidas que poseen. En todos priman la búsqueda del equilibrio entre desarrollo y medio ambiente. Es típica en ellos la pretensión de rehabilitar zonas y emplear a fondo otras bajo el criterio de insertar la dimensión ambiental como punto de partida y final de su asimilación. Queda incluido en este grupo lo que se denomina en nuestros días como manejo integrado de zonas costeras y del cual en lo adelante se desarrolla toda una concepción de trabajo.

En Cuba se ha realizado una divulgación de algunos de estos instrumentos a través de programas televisivos, radio, tabloides y artículos periodísticos. Estas actividades han contado con la participación de diferentes profesionales del IPF y sus dependencias provinciales mediante mesas redondas, entrevistas, Cursos de Universidad para Todo, entre otros. Esta publicidad ha propiciado que la sociedad conozca más de cerca en que consiste el ordenamiento territorial y el urbanismo con énfasis en temas costeros. Un ejemplo de plan especial es el Plan de Rehabilitación Urbana de Centro Habana (PRUMCH), (Ver Figura 3). Este plan estuvo promovido por la Oficina del Conservador de la ciudad de La Habana debido a la tendencia en la ampliación de la rehabilitación de los centros históricos a las áreas centrales.



Figura 3: Centro Habana (Fuente: Rey 2009)

Implementación de la Agenda 21 para el Desarrollo Local en dos ciudades principales del país.

Los Proyectos Agenda 21 para el Desarrollo Local (A21-DL) han contribuido a un mayor conocimiento del trabajo de UN-Hábitat, en Cuba, así como a fortalecer las relaciones de esta Agencia con las instituciones nacionales y locales vinculadas a la problemática de los asentamientos humanos y la vivienda. Estos proyectos se han insertado en un ámbito de colaboración internacional más abarcador, el Programa de Desarrollo Humano Local, que es la vía que utiliza el PNUD en Cuba para facilitar un marco de cooperación y gestión en apoyo a las políticas nacionales de descentralización. Los Proyectos Agenda 21 Locales, se iniciaron en el 2002 en la ciudad de Bayamo (DMPF 2014) y posteriormente en Santa Clara, Cienfuegos y Holguín, (ver Figura 4). Todos ellos han sido la primera actividad de UN-Habitat implementada en el país (citar convención OT).

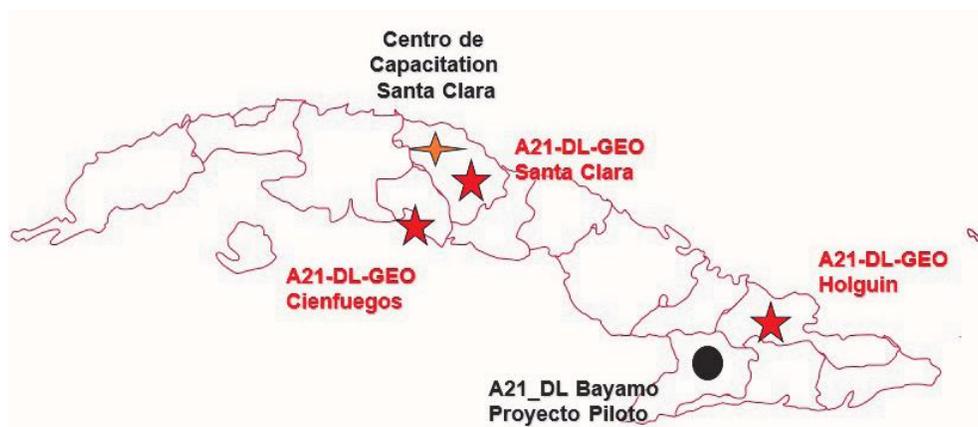


Figura 4: Ubicación de los proyectos de agenda 21 en Cuba (Fuente: Vázquez et al 2015).

Los Proyectos A21-DL aportan las técnicas de planeamiento a nivel urbano y propuestas concretas de intervención, logrando con esta interacción movilizar más recursos de la cooperación internacional. Son Programa de Acciones que preparan a las poblaciones para enfrentar los principales desafíos en temas de medio ambiente y desarrollo y, han contado en Cuba con un sostenido apoyo técnico y financiero de las agencias ONU-Hábitat y PNUMA.

El Objetivo General de estos proyectos fue fortalecer las capacidades de los gobiernos, instituciones y actores locales en el planeamiento y la gestión sostenible de las ciudades. El apoyo técnico y financiero de UN-Habitat, unido al interés nacional y local de perfeccionar el urbanismo y el mayor conocimiento de los ciudadanos sobre su ciudad, sus problemas y potencialidades, demuestran que es posible lograr enfoques **más estratégicos, participativos** y ágiles para mejorar las condiciones de vida de la población y su entorno.

En los cinco años de desarrollo del proyecto se estableció un ciclo completo de trabajo que incluyó **el estudio piloto** en la ciudad de Bayamo, el Centro de Capacitación en la Ciudad de Santa Clara, la replicación del proyecto en otras tres ciudades y, la sistematización de los enfoques, instrumentos y métodos de trabajo en el planeamiento y la gestión urbana cotidiana. En la ejecución se utilizaron los manuales del Programa de Ciudades Sostenibles y en su adaptación a las condiciones de Cuba. Para ello se contó con la cooperación técnica del Instituto Canadiense de Urbanismo que aportó sus conocimientos y experiencias, convirtiéndose en un valioso asociado del Proyecto.

En el proyecto se integró la capacidad del diagnóstico del GEO-Ciudades con el resto de las etapas de trabajo de los Proyectos A21-DL. Sus resultados más significativos, por la participación, impactos y contribución al conocimiento en gestión urbana ambiental fueron los siguientes: _

1. El Informe GEO Ciudad.
2. La Consulta urbana.
3. Determinación de temas prioritarios utilizando métodos participativos.
4. El Pacto Urbano como compromiso público en materia urbano ambiental.
5. Estrategias de Impacto y Comunicación.
6. Estrategia integrada para los riesgos por inundaciones en la ciudad de Holguín.
7. La consulta a la población a través de encuestas.

8. Propuestas de normativas locales para el saneamiento y la movilidad urbana
9. La incorporación de estudiantes al proceso de gestión.
10. La concepción de los proyectos demostrativos, centrados en la integración de aspectos tecnológicos y educativos.
11. Los grupos temáticos y las acciones desarrolladas en residuos sólidos, líquidos, movilidad, cultura y sociedad, así como de manejo de la información.
12. Métodos, herramientas, enfoques y productos resultantes del Proyecto.

Los elementos que dieron mayor visibilidad a estos proyectos fue el impacto directo a la población. En este sentido se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Mejora de la calidad del agua.
2. Recuperación de área recreativa La Vega, que implica beneficiar a 35 mil personas.
3. Mayor cobertura a barrios con coches de tracción animal, con una población potencialmente beneficiada de 69 mil personas con dos piqueras.
4. Mejora de la seguridad vial y menos accidentes: De 64 accidentes anuales con ciclos en la carretera central a 0 accidentes.
5. Ciudad más limpia: relación lógica entre recogida de residuales sólidos y barrido de calles, con una frecuencia mayor.
6. Mejores condiciones para los trabajadores de comunales y para los habitantes: equipamiento más cómodo, elementos de protección, más salario, horarios más favorables para la población, menos ruido.

A nivel nacional ha resultado relevante nutrirse de las experiencias locales. Esto ha evidenciado la necesidad de abordar temas tales como la movilidad peatonal, la problemática de los desechos sólidos, la energía renovable. Igualmente, el Instituto de Planificación Física de Cuba, constató

la importancia de utilizar los enfoques y el proceso de la A21-DL, en particular los instrumentos para una mayor participación y mejor gestión, tales como la Consulta Urbana, las Estrategias y Planes de Acción. Por ello se muestra interesado en sistematizar estas y otras experiencias incorporándolas a sus métodos de trabajo cotidianos (DPPF 2015; Vázquez 2015).

El ordenamiento marino-costero

Las zonas marino-costeras constituyen áreas estratégicas que cada nación debe manejar y estudiar de manera diferenciada, enfatizando en su planificación y ordenamiento como un camino adecuado para su desarrollo económico sostenible. Gran parte de estos territorios presentan deterioro al ser receptores del drenaje superficial de cuencas hidrográficas y destino final de efluentes generados por el hombre tierra adentro. En los últimos años están expuestas a procesos derivados del cambio climático como son el ascenso del nivel medio del mar, la exposición al impacto de los fenómenos de surgencia por huracanes, grandes inundaciones, sismos, entre otros que ocasionan acciones devastadoras.

Por sus potencialidades físico-naturales, estas zonas constituyen el marco adecuado para la localización de inversiones, asimilando las imprescindibles transformaciones que garantizan el desarrollo económico del turismo, las actividades pesqueras -de plataforma o no-, agrícolas y marítimo – portuario. Algunas como, la generación de energía, originan la aplicación de métodos de explotación novedosos y particulares.

Especial atención merece la ubicación en determinados sectores marítimo-costeros del país, de potenciales mineros de alta valoración como son los yacimientos gaso-petrolíferos. Esto implica que para el ordenamiento marino-costero se consideren variables de elevada precisión a los efectos de lograr su correcto funcionamiento, que en ocasiones deriva la prohibición del desarrollo de actividades simultáneas prácticamente incompatibles en sus usos.

Los instrumentos de planificación física en Cuba no contemplan una metodología específica que regule el ordenamiento marino costero, sin embargo, algunas acciones tienen su curso hoy para la planeación de

su desarrollo. Destacan metodologías específicas creadas por el IPF para el progreso del turismo de sol y playa en zonas costeras, las cuales se encuentran aplicadas en varios polos turísticos del territorio nacional y se actualizan como parte de los planes parciales o especiales.

Guía de Ordenamiento ambiental

El concepto de ordenamiento ambiental fue incorporado en el Informe Brundtland y difundido a nivel mundial en la Cumbre de Río en 1992. De acuerdo con esta tendencia mundial, el cambio hacia la sostenibilidad debe estar dirigido por una política clara y eficiente, que adopte como principio básico el manejo responsable y duradero de los recursos naturales, y que permita superar la pobreza y mejorar los niveles de vida y el desarrollo económico de un sitio determinado, a través de una economía que no degrade el entorno natural. En el campo de la política ambiental, el proceso de cambio debe pasar necesariamente por la transformación de las formas de aprovechamiento del territorio, lo cual implica ordenar y regular la forma en que las actividades humanas utilizan los recursos naturales (Colectivo de autores, 2009).

El proceso de perfeccionamiento del sistema ambiental cubano, los avances en las diversas disciplinas científicas aplicables en la materia y el propio escenario ambiental conformado, evidenciaron el necesario abordaje de procesos similares, con un ordenamiento más acucioso, perfilado hacia la sostenibilidad en la década de los 90. La primera estrategia ambiental cubana elaborada en 1997 enuncia por vez primera al ordenamiento ambiental. Este posteriormente quedó explicado en la Ley 81 del Medio ambiente (GORC, 1997).

Los instrumentos legales de tipo ambiental establecidos desde la década del 90, favorecieron la incorporación de la dimensión ambiental en los instrumentos de ordenamiento territorial, pero, en la mayoría de los casos, estuvo referido a la incorporación de aspectos ambientales derivados de estudios y diagnósticos ambientales realizados por centros de investigación y servicios del CITMA, así como por otros organismos, con un fuerte contenido de espontaneidad, pero sin que fuera un requisito el ordenamiento ambiental

en si, dado que los instrumentos legales complementarios a la Ley 81 para su implementación no se dictaron.

El Acuerdo 5863 del 2007 del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros facultó al Ministro de Ciencia y Tecnología a poner en vigor la Estrategia Ambiental Nacional para el período 2007-2010, lo cual se concretó en la Resolución 40/2007. La referida estrategia define un grupo de metas y acciones en relación al ordenamiento ambiental como instrumento de la política y la gestión ambiental y constituyó el elemento jurídico-administrativo más reciente para implementar las acciones necesarias dirigidas a lograr la mayor efectividad de lo establecido en la Ley 81 del Medio Ambiente.

Entre las metas que se esperaba alcanzar se encontraban las siguientes: a) Integrar el ordenamiento ambiental y el territorial y b) Perfeccionar el marco legal que garantice una eficaz introducción de la dimensión ambiental en el ordenamiento territorial. A su vez para dar cumplimiento a estas metas se definieron entre otras las siguientes acciones:

- Dotar al Ordenamiento Territorial de un instrumento legal de mayor jerarquía (Decreto o Decreto-Ley) que regule la ordenación sostenible de los procesos de ordenación y transformación de los territorios.
- Elaborar el instrumento metodológico para el ordenamiento ambiental.
- Lograr un fortalecimiento institucional que permita la debida proyección del planeamiento ambiental por parte del CITMA.
- Garantizar la observancia de los requerimientos y las regulaciones ambientales en los planes de ordenamiento territorial, previo a su aprobación.
- Lograr la imbricación adecuada, del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y de otras áreas naturales y sensibles de interés, dentro del Ordenamiento Territorial.
- Revisar y perfeccionar el marco normativo necesario para el logro de los propósitos expresados.

Durante el año 2009 se concluyó una Guía Metodológica unificada que desde el punto de vista técnico considera el ordenamiento ambiental, como proceso de la planeación e instrumento de la gestión ambiental, y donde se expresa el mismo en un Modelo que incluye la zonificación del territorio en unidades ambientales, los lineamientos ambientales (definidos como la meta o estado deseable de cada zona y sus recursos naturales) y las estrategias ambientales que deberán ser consideradas en los planes de ordenamiento territorial. La referida metodología fue validada en el municipio Yaguajay y tuvo la particularidad de integrar la zona terrestre y marina en el modelo.

Desde el año 2010 y en particular en los planes asociados al desarrollo turístico en zonas costeras se crearon valiosas acciones de interacción con la presencia en todos los niveles de representantes del CITMA desde la propia fase de discusión interna de los planes. Estos avances asociados al tema de turismo no han sido logrados de igual forma en otras áreas de la planificación territorial.

Se empezaron a realizar acciones sobre el desarrollo del instrumento de Evaluación Ambiental Estratégica en los planes y programas a partir de experiencias que se acometen en el archipiélago Sabana Camagüey y acciones vinculadas a los desarrollos de Cienfuegos y Mariel.

Como puede apreciarse el punto de contacto de los instrumentos de ordenamiento territorial y ordenamiento ambiental está en la planificación del uso del territorio como elemento cardinal para avanzar hacia una combinación de ambos procesos. Se sustenta que el ordenamiento ambiental del territorio es un componente fundamental e indisoluble del ordenamiento territorial que brinda el análisis de la composición, estructura y dinámica de los ecosistemas, valora los principales conflictos, potencialidades y las actividades de uso, previniendo los conflictos ambientales del mañana.

Nuevos instrumentos para la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial diseñados desde la academia.

Algunas importantes acciones académicas y de investigación para el ordenamiento del territorio y elevar la resiliencia urbana se están hoy validando

en Cuba a través de las universidades y entidades gubernamentales. Muchas de ellas resultan importantes investigaciones que aportan al perfeccionamiento del marco legal y normativo del país. Otras son elaboradas por proyectos de investigación y desarrollo y están siendo implementadas en las principales ciudades capitales de la República de Cuba. En tal sentido, se destacan los estudios de peligro vulnerabilidad y riesgos (PVR) que forman parte de la Directiva No. 1 del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional del año 2005 y su actualización del 2010 para la organización, planificación y preparación en situaciones de desastres.

Otro proyecto de investigación científica interesante lo constituye el Macroproyecto de Cambio Climático denominado *“Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana, asociados al ascenso del nivel medio del mar para los años 2050 y 2100”*, dirigido también por el CITMA a través del grupo de Riesgo de la Agencia del Medio Ambiente (AMA). Este proyecto se encuentra aún en ejecución y también cuenta con la participación de un conjunto de instituciones nacionales y territoriales acordes a las especificidades de los temas que aborda. El proyecto tiene particular incidencia en la identificación de los asentamientos costeros vulnerables ante deferentes amenazas naturales (Ver Figura 5 - 6 y Tabla 2)



Figura 5. Asentamientos costeros vulnerables en Cuba (Fuente IPF, 2018)

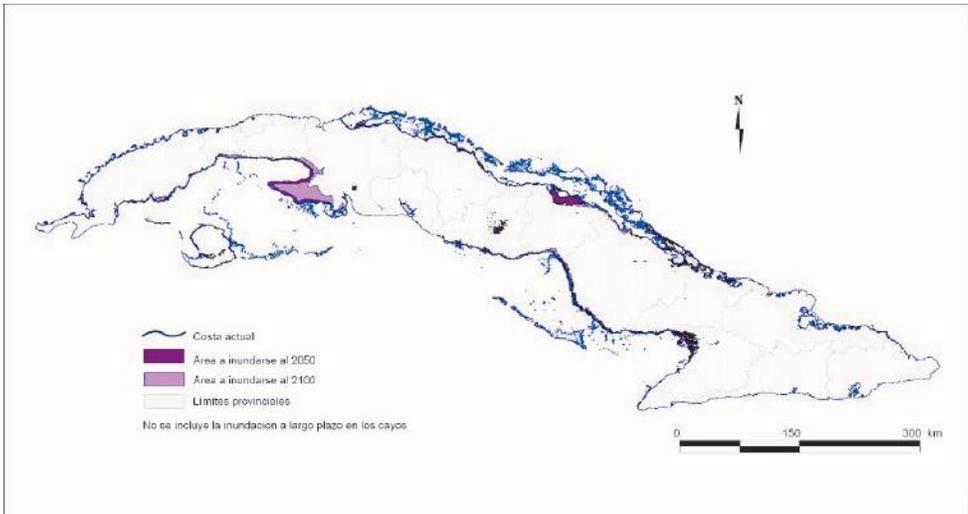


Tabla 2. Afectaciones permanentes en superficies y asentamientos costeros de Cuba por elevación del N.M.M. por el cambio climático

| Año | Superficie afectable | Superficie afectable en el asentamiento costero | Número de asentamientos afectables |
|------|----------------------|---|------------------------------------|
| 2050 | 2 550 | 3,48 | 78 |
| 2100 | 5 994 | 0,63 | 107 |

Figura 6: Escenarios de cambio climático por ascenso del nivel del mar para los años 2050 y 2100 (Fuente: AMA, 2018)

El citado macroproyecto está conformado por 12 proyectos que se ocupan de: *elaborar el completamiento de los modelos digitales del terreno (MDT); el completamiento de las bases de datos batimétricos para la modelación del oleaje generado por sistemas meteorológicos extremos; la evaluación del estado de salud de los manglares y de la vegetación de las dunas costeras; el estudio y representación cartográfica de la neotectónica del archipiélago cubano; la estimación de la tendencia del ascenso del nivel medio del mar y los valores extremos desde el año 1966 hasta la fecha, elaborado a partir de mediciones mareográficas directas; la actualización de las corrientes marinas en las condiciones extremas del estado del tiempo.*

También se incluyen los proyectos relativos a: *el escenario actual y escenario máximo previsto por el cambio climático para el año 2100* (Ver Figura 6), el cual comprende la evaluación del impacto y vulnerabilidad de los asentamientos costeros por efecto de Cambio Climático y eventos meteorológicos severos; *la actualización de la cartografía de las crestas arrecifales y pastos marinos en zonas priorizadas*; *la actualización y evaluación de las playas y la evolución de la línea de costa para los años 2050 y 2100*; *el estudio de la surgencia y el oleaje provocados por los ciclones tropicales en el archipiélago cubano*. Por último, *la integración de información para estimación del área sumergida y su impacto, por ascenso del Nivel Medio del Mar (NMM) en el 2050 y en el 2100* (Milanés et al., 2015).

Los resultados de las investigaciones científicas revelan la complejidad y urgencia de los problemas de las zonas costeras cubanas y la evidente necesidad de perfeccionar las estrategias e implementación práctica de la gestión integrada para enfrentar con éxito los problemas presentes y futuros así como encontrar la fórmula que permitan alcanza un verdadero desarrollo sostenible de estos espacios de gran significación socio-económica y ambiental. El diseño y puesta en práctica de estrategias enfocadas a zonas costeras está estrechamente relacionado con varios factores y pre-requisitos donde la voluntad política juega un papel esencial.

Las estrategias provinciales y municipales pretenden definir objetivos claros y precisos; concentrar la atención y el esfuerzo en los asuntos realmente esenciales; orientar la acción al corto, mediano y largo plazo; ser flexibles y ser comunicada y comprendida por todos los actores a todos los niveles (Cabrera, 2009).

En el caso de Cuba se trabaja en dos proyectos de Estrategias Costeras que responden a las particularidades de cada región. Un primer proyecto de innovación tecnológica es el denominado “*Estrategia para el Manejo Integrado de Zonas Costeras en la costa norte de la provincia de Matanzas*”, conducido en estos momentos por la Oficina de Manejo Costero de la Playa Varadero del Centro de Servicios Ambientales perteneciente a la Unidad de Medio Ambiente del CITMA en Matanzas. Este proyecto tiene como objetivo general formular y poner en práctica una estrategia que se constituya en marco

teórico- metodológico para el desarrollo de las actuaciones y Programas de MIZC que se desarrollan en el litoral norte de la provincia de Matanzas.

Otro resultado de interés es la “Estrategia de Gestión Integrada para la zona costera de la provincia Santiago de Cuba”, aprobado en el 2010 como Proyecto Territorial. Uno de sus objetivos consiste en diseñar un modelo para la delimitación y ordenamiento del territorio costero a partir de la generación de un conocimiento actualizado sobre la línea base de la franja litoral, que identifique el estado de los componentes físico-natural, jurídico-administrativo, socio cultural y de vulnerabilidad costera, así como los nuevos conflictos derivados por los diferentes usos y usuarios.

Este proyecto constituye una iniciativa que propone un marco adecuado en los esfuerzos por garantizar el ordenamiento territorial y el MIZC en la provincia. Su implementación en la región santiaguera cuenta con el apoyo del Gobierno local en los dos municipios costeros. Sus resultados son introducidos por la dirección provincial y municipal de Planificación Física para el análisis de las transformaciones espaciales.

Los resultados investigativos alcanzados por este proyecto y los estudios de PVR, han sido de obligatoria e imprescindible consulta para analizar la contrastación de estas investigaciones con la realidad ocurrida ante los impactos que han ocasionado los diferentes huracanes en el archipiélago cubano, los cuales han promovido la elaboración de estrategia de adaptación de los asentamientos en riesgo, promoviendo acciones de reubicación, reacomodo, protección, proyectos ingenieros, regulaciones territoriales y urbanas y cambios de uso de la tierra, de funciones e inversiones en las escalas del planeamiento provincial, municipal y urbana. Con un enfoque multi y transdisciplinario, también se han elaborado planes reducción de desastres y adaptación al cambio climático con un soporte del gobierno local en el esfuerzo por construir viviendas y nuevas condiciones de vida. Estas edificaciones presentan una tipología constructiva soportada en pilotes, terrazas y plataformas, acordes al nivel de riesgo determinado, con requerimientos de mayor resistencia y descenso de las vulnerabilidades actuales y futuras ante las penetraciones del mar, la acción de los fuertes vientos, ente otras, (Ver Figura 7).



Figura 7: *Acciones de adaptación al cambio climático en Cuba desde el ordenamiento del territorio (Fuente: Rodríguez, 2015)*

La Estrategia Nacional de Ciencia e Innovación Tecnológica elaborada por el CITMA, ha introducido reiteradamente en los últimos 15 años lineamientos para promover acciones de prevención y mitigación de desastres naturales y/o tecnológicos (Galban 2017). El Sistema Nacional de la Defensa Civil cubano, a través de la Ley No. 75 de la Defensa Nacional de 21/12/1994 plantea la necesidad de establecer un sistema de medidas para enfrentar esta problemática, el cual tiene como uno de sus propósitos la de proteger a la población y a la economía nacional en los casos de desastres naturales u otro tipo de catástrofes, así como de las consecuencias del deterioro del medio ambiente, atendiendo a los diferentes peligros naturales, con incidencia mayor en aquellos que tienes que ver con la geología del territorio, (Ver Figura 8).

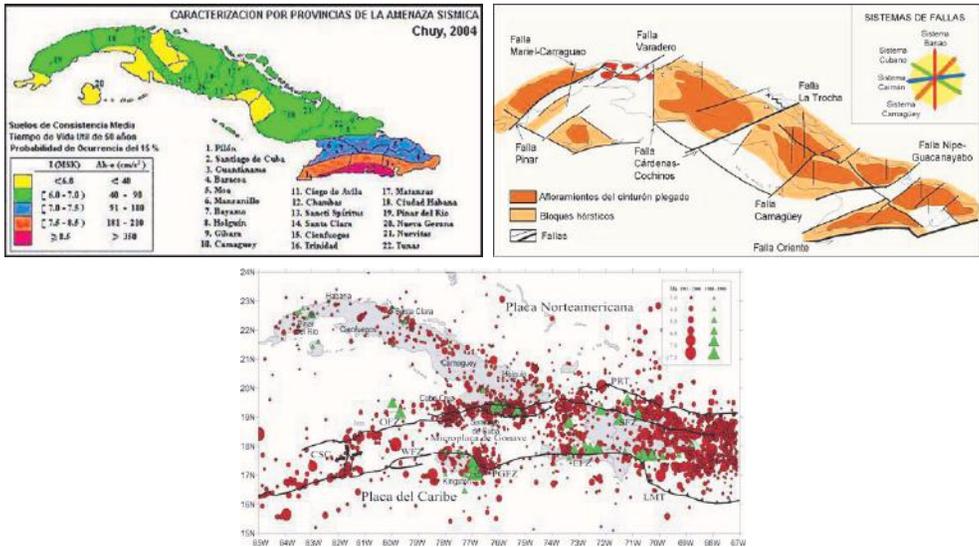


Figura 8. Principales peligros geológicos que son atendidos por la Defensa Civil, el Centro de Nacional de Investigaciones Sismológicas y el IPF en Cuba.

Otras acciones sobre el perfeccionamiento del marco legal corresponden al Decreto Ley 212 de “Gestión de la Zona Costera”, las cuales se realizan como salida de tesis doctorales. También se aportan dos instrumentos para el ordenamiento de playas denominados “Renova playas” y “Catálogo de buenas prácticas para el Ordenamiento Marino Costero”. Esta última investigación contempla el uso de nuevos materiales, sistemas estructurales y constructivos, creados para mejorar la arquitectura de las edificaciones y la imagen urbana en zonas de playas, considerando el reciclaje o reuso de materiales locales y tradicionales.

Todas las acciones de participación pública y de adaptación y mitigación elaboradas en el país para lograr una mayor resiliencia urbana permiten: a) potenciar investigaciones y metodologías para el sistema de la planificación física; b) propiciar los trabajos de colaboración interinstitucional; c) brindar prioridad a los problemas de vulnerabilidad e impactos esperados; d) valorar de forma territorializada los temas de riesgo, mitigación y adaptación; e) elaborar la estrategia de respuesta y de adaptación; f) insertar como agenda obligatoria a los instrumentos de planeamiento; y g) utilizar el proceso inversionista para reducir desastres y lograr mitigación y adaptación al cambio climático. Las

medidas, acciones e inversiones que hoy se implementan para la reducción de desastres contribuyen a la adaptación de los asentamientos humanos frente a la variabilidad y cambio del clima y contienen un enfoque inter, multi y transdisciplinario. Para ello se establece una estrategia institucional bajo la colaboración de las entidades mostradas en la Figura 9.

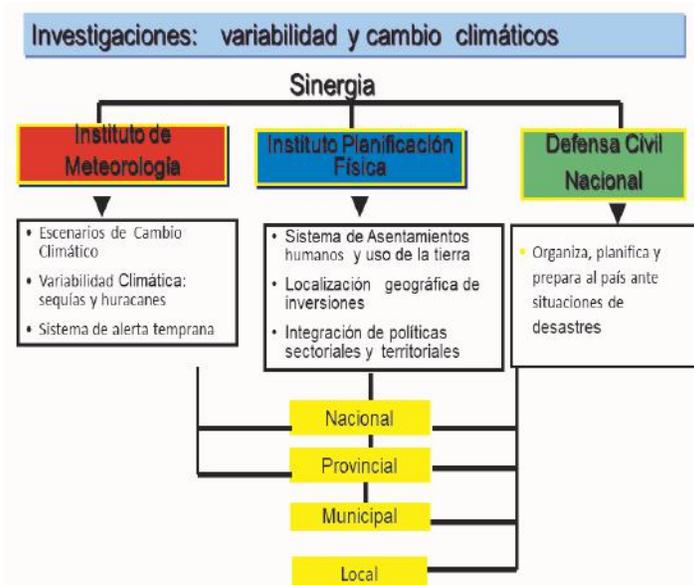


Figura 9. Relación de instituciones participantes en los procesos de soluciones para la adaptación al cambio climático y elevar la resiliencia urbana.

Finalmente, las vulnerabilidades de los asentamientos humanos dependen de los modelos de desarrollo económico ejecutados en el tiempo, la localización geográfica de las obras y las tendencias de concentración de la población. La voluntad política es decisiva en el campo de la identificación del impacto esperado y la adaptación al cambio climático, en particular para las zonas costeras y territorios más sensibles. Es por esto que en Cuba se desarrolla la estrategia institucional mostrada la cual cuenta con el apoyo total de los gobiernos provinciales y municipales.

Conclusiones

A pesar de las limitaciones y del embargo económico que tiene la República de Cuba, el país constituye un ejemplo para Latinoamérica en la planificación ambiental sostenible del territorio, así como en su preservación y gestión del riesgo urbano de las ciudades bajo riesgo.

El ordenamiento territorial y urbano es el instrumento técnico viable por excelencia que garantiza la labor de reducir la exposición a los peligros, minimizando las vulnerabilidades. Permite prevenir desastres y desarrollar procesos de mitigación y adaptación al cambio climático al integrar los diferentes niveles de gobierno y los actores locales en la implementación de soluciones.

Por su connotación en los procesos de planificación urbana y desarrollo sostenible de los territorios, el Ordenamiento Territorial ha sido definido en Cuba como tema de alta prioridad y como instrumento clave del planeamiento territorial y urbano.

En Cuba se desarrollan de manera favorable numerosas investigaciones que, a partir de proyectos, identifican los principales peligros y vulnerabilidades que presentan estos territorios. Algunas de estas pesquisas constituyen importantes avances para definir nuevas actuaciones en el territorio. Se aprecia que algunos instrumentos de planeación son vinculantes en sus objetivos, lo antes mencionado corrobora la necesidad impostergable de unificar o articular algunos de las guías y herramientas consultadas.

El Ordenamiento Ambiental en Cuba ha presentado algunos problemas en su implementación. Se considera que a partir de las características físico-geográficas, socioeconómicas y político-administrativas del país, la clasificación de los planes físicos de OT y las principales tendencias internacionales, se debe promover la propuesta relacionada con la creación de 4 escalas para la aplicación de un Modelo de Ordenamiento Ambiental (MOA), descritas como: MOA Nacional (todo el país); MOA Regional (provincias y municipios); MOA Local y/o Comunitario (Consejos Populares, Comunidades, Áreas Protegidas locales, Cooperativas, etc.) y como tipo específico el MOA Marino-Costero, que en el caso de Cuba tiene una especial repercusión al definir

los lineamientos y estrategias para la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sostenible de los recursos de la plataforma, así como para la regulación de las actividades productivas y las obras que puedan afectar los ecosistemas marinos, incluyendo las ubicadas en tierra firme. Este tipo de ordenamiento estaría orientado a regular la zona económica exclusiva, los mares territoriales y los cayos adyacentes.

Referencias Bibliográficas

- AMA. 2006. (Agencia de Medio Ambiente). Lineamientos Metodológicos para la realización de los Estudios de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgos de Desastres de inundación por Penetraciones del Mar, Inundaciones por Intensas Lluvias y Afectación por Fuertes Vientos. CITMA, Cuba. 68 p.
- Bermúdez Fernández. (2012a). *Peligros y Vulnerabilidad Costera 2050-2100*. Resultados del Macroproyecto. Versión 4. La Habana, Cuba: Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente.
- Cabrera Hernández, J.A. y otros. (2011). “El Manejo integrado costero en Cuba: propuestas para avanzar hacia una implementación exitosa”, Barragán Muñoz, J.M. (coord.). Manejo Costero Integrado y Política Pública en Iberoamérica: Propuestas para la acción. Red IBERMAR (CYTED), Cádiz, 71-91 pp. ISBN 13:978-84-694-4844-1.
- Comité Ejecutivo del Consejo Ministros. 1999. Acuerdo 3435 Misiones, funciones y atribuciones específicas de las Direcciones Provinciales y Municipales de Planificación Física.
- Comité Ejecutivo del Consejo Ministros, 2000. Acuerdos 3808: Objetivos, funciones y atribuciones del Instituto de Planificación Física.
- Comité Ejecutivo del Consejo Ministros, 2012: Decreto 299 Sobre las atribuciones y funciones del Instituto de Planificación Física para la ejecución de la inspección estatal
- Colectivo de Autores, (2009). Guía Metodológica para los estudios técnicos de Ordenamiento Ambiental en Cuba. Instituto de Geografía Tropical. La Habana. 35p.
- Colectivo de Autores, (2009). Aplicación de un enfoque regional al manejo de áreas protegidas marino–costeras en los archipiélagos del Sur de Cuba. Centro Nacional de Áreas Protegidas.
- Colectivo de Autores, (2011). Plan General de Ordenamiento Territorial y Urbano, Santiago de Cuba. DPPF. 68 p.
- Conferencia sobre Asentamientos Humanos, HÁBITAT II. ONU. Estambul, Turquía. Junio de 1996

- DMPF 2014. Proyectos Agenda 21 Locales, se iniciaron en el 2002 en la ciudad de Bayamo Directrices para una planificación y un manejo integrado de las áreas costeras y marinas en la región del Gran Caribe. PNUMA. Disponible en <http://www.cep.unep.org> Consultado en febrero 2009
- EMNDC. 2005. Estado Mayor de la Defensa Civil. “Directiva 1 del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional para la Organización, planificación y preparación del país para las situaciones de desastres.” La Habana, Cuba. 32 p.
- Galbán Rodríguez Liber. 2007. La gestión de riesgos en Cuba. Universidad de Oriente. Facultad de Construcciones. Departamento de Ingeniería Hidráulica. Santiago de Cuba. Cuba.
- GORC 1997. Ley 81 del Medio ambiente La Habana. Cuba.
- GORC 2000. *Decreto-Ley 212. Gestión de la Zona Costera*. La Habana. Cuba.
- Gómez Orea, D. (1994) Ordenación del territorio. Una aproximación desde el medio físico. Madrid, EAE. 238pp.
- Guía Integral del Plan Parcial del Hábitat. (2007). Instituto de Planificación Física. La Habana.
- IPF, 2001, Anteproyecto de ley de uso del suelo.
- Massiris, A., 2005: Fundamentos conceptuales y metodológicos del ordenamiento territorio. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. Editorial Jotamar Ltda..122 pp
- Martínez Suárez Juan Mario. (2009) Nuevos retos del Ordenamiento del territorio en zonas costeras: reflexiones sobre gestión de riesgos. Memorias del evento Internacional COLACMAR.
- Milanés B, Celene y Pérez M. Ofelia. (2012). “An Inquiry into Land-Use Planning and Integrated Coastal Zone Management: The Cuban Experience”. Ocean Year Book 26 Magazine. Dalhousie University. Canadá. Martinus NIJHOFF Publishers. Boston. 509-532 pp.
- Milanés B, Celene. (2011) Análisis metodológico comparado del ordenamiento territorial bajo enfoques de la gestión integrada de costas en Cuba: propuesta de parámetros y variables a considerar. Revista electrónica Ciencia en su PC, No.3; 1-18 p.

- Milanés B., Celene. 2014. La gestión de riesgos costeros como paradigma ante los desastres. Boletín informativo Innova del IEMP - Instituto de Estudios del Ministerio Público de Bogotá, Colombia. 12-15 pp.
- Milanés, Batista, C. (2014). *Método integrado para demarcar y delimitar las zonas costeras (DOMIZC): estudio del caso de Santiago de Cuba*. (Tesis de Doctorado). Universidad de Oriente. Santiago de Cuba.
- Milanés Batista, Celene; Rodríguez Otero, Carlos; Martínez Suárez, Juan Mario y Cabrera Juan Alfredo. Capítulo 7. Los instrumentos de planificación territorial en Cuba y su interconexión con el Manejo Integrado de Zonas Costeras / 181-207 p. en Colectivo de autores. (2015). *Manejo Integrado de Zonas Costeras en Cuba: estado actual, retos y desafíos*. (Coord. Patricia González). Editorial Imagen Contemporánea. Cuba. ISBN: 978-959-293-028-5. 244p. Disponible en <http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2015-Manejo%20Integrado%20de%20las%20Zonas%20Costeras.pdf>
- Montes Lira Pedro Felipe. (2001). El ordenamiento territorial como opción de políticas urbanas y regionales en América Latina y el Caribe. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos, CEPAL - SERIE Medio ambiente y desarrollo. Santiago de Chile. 59 p.
- Padrón Lotti, M. (2002) Concepción del Plan de Ordenamiento Territorial y Urbanismo del Municipio. Revista de Ordenamiento Territorial y Urbanismo (1), ISSN 0138-6239, RNPS 0426. 35-42 pp.
- Pérez Hernández, A, L y Rodríguez O. C. M. 2002. El Ordenamiento Territorial en la Adaptación de las Ciudades Cubanas al Cambio Ambiental Global. Revista Urbana ISSN 0798-0523, versión impresa. URBANA, 7(31). Caracas.
- Quintana Orovio, Marisela; Martínez Hernández, María del Carmen; González Garcíandía, Carmen Luisa; Zarabozo, Odil Duran. (2007). Ordenamiento Ambiental en Zona Turística Costera en Cuba. Propuesta metodológica. Ponencia presentada en el III Congreso de Gestión Ambiental de la VI Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Palacio de Convenciones de la Habana, Cuba. 21 p.

- Rey Gina. Las **áreas centrales** urbanas: Rehabilitación urbana sustentable de Centro Habana. Ravanelli L. XIII Convención de Ordenamiento Territorial y Urbanismo. Habana, Cuba – Septiembre, 2009.
- Rodríguez, C., A. Pérez, 2005: Componentes de la gestión del riesgo en la prevención de desastres naturales. Caso Cuba. FUNDASAL, El Salvador. 15 pp.
- Rodríguez, C. A. Pérez, A. Boquet, L. Favier, et al 2007: Desarrollo y adaptación al cambio climático en la República Dominicana y la República de Cuba. 100 pp
- Rodríguez, C. 2009: Ordenamiento Territorial, riesgo y gestión local. FUNDEMUCA, AECI, Antigua, Guatemala. 69 pp.
- Rodríguez Otero Carlos. 2011. Los asentamientos humanos costeros y la adaptación al cambio climático desde la óptica del ordenamiento territorial en Cuba. Caricostas 2011. Santiago de Cuba
- Rodríguez Domínguez y López Bastida, (2008). *El ordenamiento territorial dentro de los procesos claves para alcanzar el desarrollo sostenible en la localidad*, en Contribuciones a las Ciencias Sociales, www.eumed.net/rev/cccss/02/rdlb.htm
- Vazquez Yordanka et al. 2015. Proyecto AGENDA 21 LOCAL en Cuba. XV Convención Internacional de Ordenamiento Territorial y Urbanismo. La Habana. Cuba



Octavo Congreso de la Construcción y la
Arquitectura Sostenible

BIOTECTURA: LA PUERTA HACIA UN NUEVO PARADIGMA

¿Es posible lograr un cambio en la manera en la que los seres humanos habitamos y nos relacionamos con nuestro planeta?

Carolina Betsabe Goijman¹

RESUMEN

El presente proyecto de investigación aborda las diferentes problemáticas que provoca el actual sistema económico industrial en relación al modo en el que los seres humanos nos relacionamos con el planeta Tierra.

Aquí se presenta una nueva mirada en el desarrollo de sistemas constructivos sostenibles y resilientes, con el objetivo de co-crear un nuevo modelo de desarrollo sostenible global.

Se plantea el análisis de un sistema constructivo sustentable y autónomo aplicado a “Una Escuela Sustentable” construido en el Partido de Mar Chiquita, Buenos Aires, Argentina.

Analizando sus principios de diseño y aplicaciones dentro del mundo moderno, se espera contribuir con conocimientos sobre la premisa de la creación de un nuevo paradigma cultural y sustentable enfocado a una relación más armónica entre los seres humanos y el planeta tierra. Para el desarrollo del mismo se trabajan los conceptos de: agua, tratamiento de efluentes, producción de alimentos, generación de energía, diseño solar pasivo y gestión de residuos.

Se plantea una metodología sustentada en la perspectiva de la investigación cualitativa ya que aporta datos descriptivos de los fenómenos culturales que se dan en un ámbito de este tipo.

Palabras clave: Desarrollo sostenible, resiliencia, autonomía, comunidad, participación ciudadana.

1 Arquitecta. Candidata a especialista en Biotectura. Proyecto Una Escuela Sustentable, Argentina. Correo: c_goijman@hotmail.com

PROBLEMÁTICA

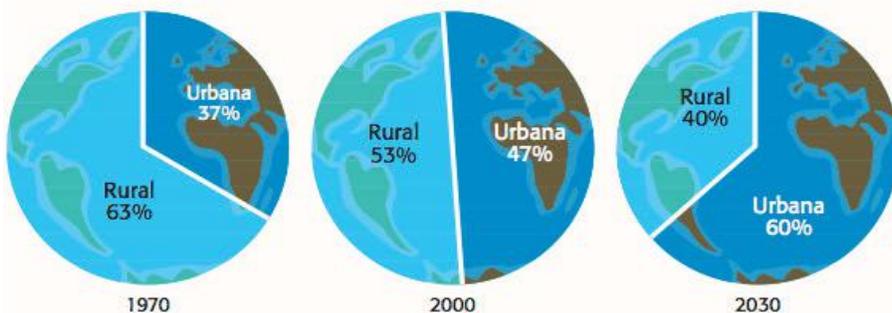
CONTEXTO Y MOTIVACIÓN - PRESENTACIÓN PROBLEMÁTICA GENERAL

Modelo de desarrollo económico actual

El modelo de desarrollo económico actual se caracteriza por la globalización económica; el crecimiento de la urbanización; las grandes desigualdades sociales y económicas, y el consumismo y derroche de energía en los países más desarrollados. **Las ciudades en el mundo ocupan el 2% de la superficie, donde se consume el 75% de la energía, se genera el 70% de los residuos y se emite el 60% de los gases de efecto invernadero.**²

Más de la mitad de la población mundial vive en ciudades de más de 300.000 habitantes, y su crecimiento se acelera previendo que para el 2050 este porcentaje alcance el 70% de la población mundial.³

GRÁFICO 6 DISTRIBUCIÓN POBLACIONAL MUNDIAL – URBANA Y RURAL (1970, 2000 Y 2030)

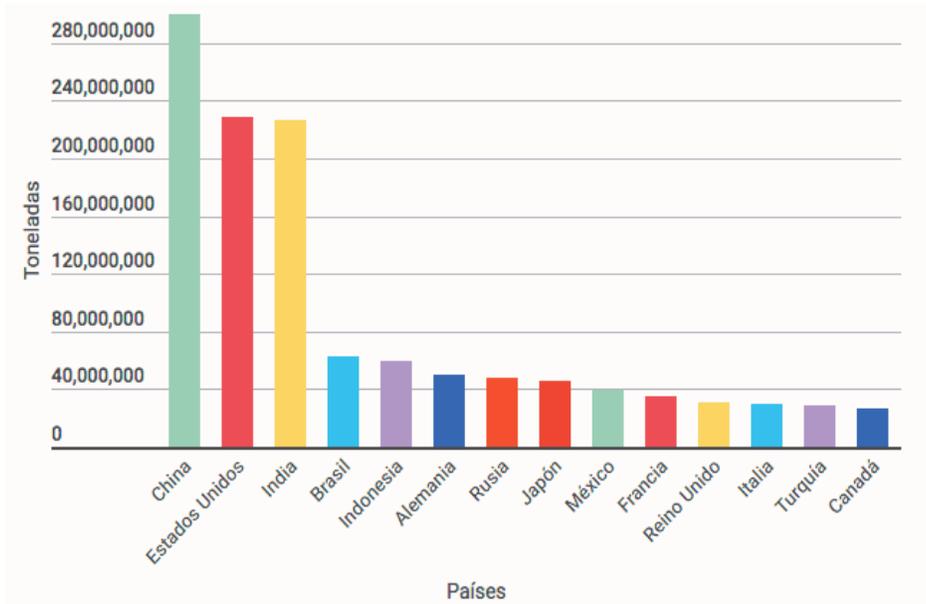


Fuente: UN-HABITAT.

2 Un-hábitat <https://es.unhabitat.org/temas-urbanos/energia/>

3 Ramón Fernández Durán. Conferencia: Tsunami urbanizador español y mundial

Según la ONU, cada año se producen en el mundo entre 7.000 y 10.000 millones de toneladas de residuos urbanos, procedentes de los hogares, comercios, industrias y la construcción.



Toneladas de residuos por año - Gráfico elaborado por Waste Atlas - <http://www.atlas.d-waste.com/>

Sostener este modelo de desarrollo implica la deforestación y quema de bosques y selvas tropicales, un modelo de agricultura con gran utilización de fertilizantes y un modelo de ganadería que genera grandes emisiones de metano (CH₄)⁴, una gran producción de residuos y la quema de combustibles fósiles, con sus grandes emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera. **Esto incrementa los gases de efecto invernadero de origen humano, lo cual incluye un aumento de la temperatura del planeta, con deshielos, pérdida de reservas de aguas dulces y cambios de las condiciones climáticas.** A su vez, el aumento de la temperatura del agua en los océanos aumenta el nivel

4 El efecto invernadero que produce el gas metano (CH₄) es 20 veces superior al del dióxido de carbono (CO₂). Fuente: <https://www.eea.europa.eu/es/pressroom/newsreleases/ghg-2003-es>

del mar e incrementa la posibilidad de huracanes. Esto afecta a la salinización del nivel freático de las costas y la inundación de zonas costeras. Esto trae como consecuencia el sufrimiento humano, el deterioro del medioambiente y por, sobre todo, **nos lleva a cuestionar el modelo de desarrollo actual.**

El modelo de desarrollo contemporáneo utiliza los recursos naturales de forma extractiva, basándose en que estos son ilimitados, con la expectativa de que el planeta tenga la capacidad de absorber los impactos que generamos con su extracción y utilización, y de regenerarlos a tiempo para poder seguir disponiendo de ellos. **Durante milenios el planeta globalmente ha sido capaz de absorber los impactos que la sociedad humana generaba sobre él, hasta que a finales del siglo XIX las emisiones de CO2 empezaron a aumentar rápidamente como consecuencia de la utilización de combustibles fósiles.**

Progresivamente, los países ricos han basado su desarrollo en la utilización irresponsable de combustibles fósiles para la obtención de energía y en el consumo desmedido de materias primas a un ritmo tan elevado que impide su regeneración, generando graves problemas ambientales.

Huella ecológica

Un método interesante de contabilidad ambiental, que es accesible y útil a escala doméstica, es la Huella Ecológica. Este método convierte todos los recursos consumidos en una cifra que representa el área de tierra que se requiere para generar esos recursos y disponer de los desechos. Como todos los métodos de contabilidad ambiental, se depende de los cálculos que usan datos regionales o nacionales, y en modelizaciones que simplifican relaciones complejas. El método ha pasado por varios ciclos de refinamiento y, en la actualidad, se utiliza para medir el impacto total de países y hogares.

Hoy en día se dispone de cifras comparativas entre diversos países. Ellas muestran un promedio global de 2.9 hectáreas de tierra productiva, que se utilizan para mantener cada persona, aunque solo se disponen de 2.2 hectáreas. En otras palabras, nos estamos consumiendo nuestro capital natural para sostener a la humanidad. Cerca del máximo consumo está en los Estados Unidos, con 12.2 hectáreas por persona, y Australia con 8.5 hectáreas

Cumbres de la Tierra para el Desarrollo Sostenible – Organización de Naciones Unidas

| | 1972 | 1992 | 2002 |
|----------------------|---|--|---|
| Conferencia | Primera Cumbre de la Tierra | Segunda Cumbre de la Tierra | Tercera Cumbre de la Tierra |
| Convocada por | Organización de Naciones Unidas | Organización de Naciones Unidas | Organización de Naciones Unidas |
| Ubicación | Estocolmo, Suecia | Rio de Janeiro, Brasil | Johannesburgo, Sudafrica |
| Asistentes | 113 Gobiernos | 172 gobiernos y 108 Jefes de Estado | 180 gobiernos |
| Objetivo | Reforzar la conciencia pública, a escala mundial, de los problemas relacionados con el cambio climático | Adoptar un programa de acción para el siglo XXI, llamado Programa 21 que enumera algunas de las 2500 recomendaciones relativas a la aplicación de los principios de la declaración | Hacer un balance de la anterior cumbre |
| Resultados | Marcó un punto de inflexión en el desarrollo de la política internacional en relación al cambio climático | Aprobación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que afirma la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que condujo a la firma en 1997 del 'Protocolo de Kioto'. Entrando en vigor en 2005, con vigencia hasta el 2020 | Adopción de un plan de acción de 153 artículos divididos en 615 puntos sobre diversos temas: La pobreza y la miseria, el consumo, los recursos naturales y su gestión, globalización, el cumplimiento de los derechos humanos, etc. |

| | 2012 | 2015 | 2015 |
|----------------------|--|---|---|
| Conferencia | Cuarta Cumbre de la Tierra | XXI Conferencia Internacional sobre Cambio Climático | Cumbre de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible |
| Convocada por | Organización de Naciones Unidas | Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático | Organización de Naciones Unidas |
| Ubicación | Rio de Janeiro, Brasil | París, Francia | Nueva York, Estados Unidos |
| Asistentes | 193 gobiernos | 45.000 participantes | 150 dirigentes mundiales |
| Objetivo | Construir una economía ecológica para lograr el desarrollo sostenible y sacar a la gente de la pobreza. Mejorar la coordinación internacional para el desarrollo sostenible | Discutir el Acuerdo de París | Adoptar oficialmente una nueva y ambiciosa Agenda para el Desarrollo Sostenible. |
| Resultados | La Cumbre dio lugar a un Informe, 'El futuro que queremos' que define las vías hacia un futuro sostenible, un futuro con más empleos, más energía limpia, una mayor seguridad y un nivel de vida digno para todos. | Se alcanza el Acuerdo de París (entrando en vigor en 2016). El acuerdo solicita a los gobiernos revisar sus políticas energéticas y fomentar las energías renovables, deteniendo la financiación a los combustibles fósiles y la deforestación. Se crea con el objetivo de llegar a largo plazo, a una economía de cero carbón. | El nuevo programa, titulado Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, es fruto del acuerdo alcanzado por los 193 Estados Miembros de las Naciones Unidas y se compone de una Declaración, 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y 169 metas. |

* Fuente información Cumbres de la Tierra: <http://www.un.org/spanish/conferences/cumbre&5.htm>

Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible



Objetivos de Desarrollo Sostenible – Agenda 2030⁶

1. **Fin de la pobreza** – Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
2. **Hambre cero** - Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
3. **Salud y bienestar** - Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
4. **Educación de calidad** - Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
5. **Igualdad de género** - Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas.
6. **Agua limpia y saneamiento** - Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.

6 Objetivos de desarrollo sostenible ONU <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

7. **Energía asequible y no contaminante** - Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
8. **Trabajo decente y crecimiento económico** - Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
9. **Industria, innovación e infraestructura** - Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
10. **Reducción de las desigualdades** - Reducir la desigualdad en y entre los países.
11. **Ciudades y comunidades sostenibles** - Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
12. **Producción y consumo responsable** – Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles
13. **Acción por el clima** – Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
14. **Vida submarina** – Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
15. **Vida de ecosistemas terrestres** – Promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y frenar la pérdida de la diversidad biológica.
16. **Paz, justicia e instituciones sólidas** - Promover sociedades justas, pacíficas e inclusivas.
17. **Alianzas para lograr los objetivos** - Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

OBJETIVO / PROPÓSITO

Este trabajo pretende exponer las prácticas nocivas que conlleva el modo de habitar en el Siglo XXI dentro del sistema económico actual, demostrando, con experiencias propias, que, a través de prácticas sustentables, el aprovechamiento de los fenómenos naturales, los recursos producidos por el ser humano y la ayuda de la tecnología, se puede lograr un cambio en la manera en la que los seres humanos habitamos y convivimos en nuestro planeta Tierra; Colaborando con un nuevo modelo de desarrollo sostenible y generando proyectos de participación social.

METODOLOGÍA

Este trabajo es el resultado de mi experiencia personal. Trata sobre la exposición del sistema constructivo Earthship, de carácter sustentable y resiliente, utilizando el proyecto 'Una escuela sustentable Argentina', construido en el Balneario de Mar Chiquita, donde expondré los principios de diseño que se tuvieron en cuenta para su diseño y construcción, con el objetivo de poder replicarlos en otros contextos y comunidades en busca de crear sociedades sustentables.

JUSTIFICACIÓN / DESARROLLO

A continuación, presentaré seis conceptos fundamentales de diseño introduciéndolos en relación a los objetivos de desarrollo sostenible y explicaré el funcionamiento del sistema constructivo Earthship utilizando el caso de '**Una Escuela Sustentable**' ubicada en el Balneario de Mar Chiquita, Buenos Aires.

El análisis incluirá los siguientes conceptos: Agua, tratamiento de efluentes, producción de alimentos, generación de energía, diseño solar pasivo y gestión de residuos.

Acercamiento a los Earthships

En marzo 2018 nos reunimos 86 voluntarios provenientes de todo el mundo, estudiantes de la Earthship Academy y en conjunto con las organizaciones civiles Tagma⁷ (Uruguay), Amartya⁸ (Argentina), la empresa Earthship Biotecture liderada por Michael Reynolds⁹, y con el apoyo del Municipio de Mar Chiquita logramos construir la primera escuela primaria pública del balneario de Mar Chiquita, que es habitada por la Escuela n° 12, con una población de 60 estudiantes; una escuela preexistente en el partido, que necesitaba hacer un cambio de edificio.

Esta es la primera escuela sustentable de Argentina y se decidió ubicar en Mar Chiquita ya que la organización civil Amartya viene trabajando desde 2016 en este Municipio desarrollando el PLANMAR¹⁰ (Plan Mar Chiquita) que busca promover un modelo de desarrollo local sustentable de cara al 2020. Las autoridades locales están trabajando con Amartya para que al 2020 los 58 centros educativos del Municipio cuenten con educación ambiental, convirtiéndose en el primer Municipio de la República Argentina en alcanzar este objetivo.



7 <http://unaescuelasustentable.com/>

8 PLANMAR Amartya <http://www.amartya.org/ar/planmar/>

9 [https://en.wikipedia.org/wiki/Mike_Reynolds_\(architect\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Mike_Reynolds_(architect))

10 <http://www.amartya.org/ar/>

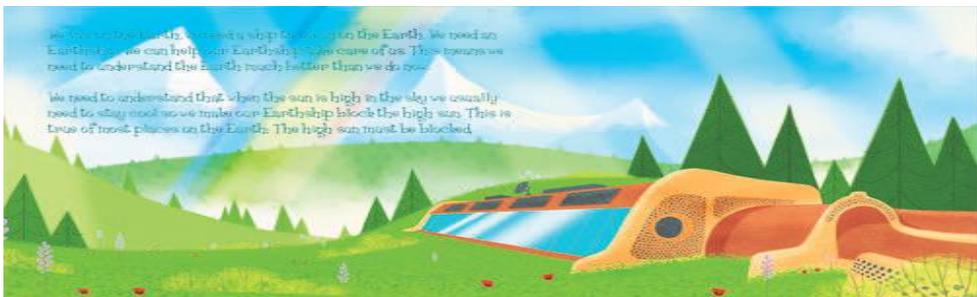
Concepto Earthship

El concepto Earthship nace en 1970 en Estados Unidos de la mano del Arq. Michael Reynolds, como un concepto revolucionario de hábitat ecológico. Se crea como respuesta a las crecientes preocupaciones sobre los efectos negativos de la vivienda convencional en el medio ambiente, en la salud y bienestar de las personas.

Earthship o Nave Tierra se refiere a un **edificio autónomo, construido con un 40% de materiales provenientes de residuos y brinda total autonomía con la ayuda de la tecnología: paneles solares, generadores eólicos, recolección de agua de lluvia con su tratamiento para ser reutilizada tres veces, y un sistema de diseño solar pasivo, que permite la autorregulación térmica.** Además, no necesita conectarse a los servicios, reduciendo drásticamente sus costos operativos.

Este edificio puede ser construido en cualquier lugar del mundo, haciendo pequeñas modificaciones dependiendo de las condiciones climáticas, logrando entregar a sus habitantes una temperatura de confort durante todo el año, sin necesidad de sistemas de calefacción o aire acondicionado.

A medida que este modelo fue expandiéndose en el mundo, se creó la *Earthship Academy*, la academia donde estudiantes de todo el mundo pueden formarse para desarrollar y multiplicar este método en sus propias comunidades. La comunidad más grande de Earthships se encuentra en Nueva México Taos y el modelo está en auge, alcanzando aproximadamente los 10.000 Earthships en el mundo.¹¹



11 www.earthshipglobal.com

Earthship ‘Una Escuela Sustentable Argentina’ – CASO B

El programa Una Escuela Sustentable busca construir una red de escuelas públicas autosuficientes en América Latina, con el fin de generar un triple impacto: en los niños y niñas que habitan cada escuela, en la comunidad que las rodea y en la sociedad toda.

Para esto, se trabaja en el ámbito educativo, en el comunitario y en el masivo con distintos mensajes que apuntan a favorecer un cambio cultural que impulse la protección al medioambiente, el uso racional de los recursos, la mitigación del cambio climático y que tenga como eje la sustentabilidad de las relaciones humanas. **El programa es una iniciativa de la organización Tagma, que articula la participación de diversos actores del sector público, el privado, la sociedad civil organizada, el sector académico y la comunidad local, con el cometido de construir y habitar el mundo de formas más sostenibles, en una lógica de intercambio con la naturaleza que se traduce en mejor calidad de vida.**

En el verano de 2016, Tagma lideró la construcción de la primera escuela sustentable de Latinoamérica en la localidad de Jaureguiberry, Canelones, Uruguay.

Así es como en marzo 2018, Tagma genera una alianza con Amartya, organización civil Argentina que trabaja en el Municipio de Mar Chiquita desde 2016 y se construyó junto al apoyo del Municipio, la empresa Earthship Biotectura y más de 86 voluntarios de todo el mundo, la primera escuela pública sustentable de Argentina en la localidad de Mar Chiquita, Provincia de Buenos Aires.¹²

Mar Chiquita

Se trata de un Municipio al sureste de la Provincia de Buenos Aires, que, con sus 23.000 habitantes y una biodiversidad única en Argentina, reúne los puntos clave para desarrollar este proyecto de manera exitosa.

12 www.unaescuelasustentable.com

Allí puede encontrarse: mar, playas de arena, dunas vivas, dunas vegetadas, praderas húmedas, pastizales halófilos, albufera, marismas, bañados salobres, bañados de agua dulce, arroyos, pastizales pampeanos, talares y lagunas de agua dulce.

La Albufera, es una laguna que se caracteriza por estar comunicada con el Océano Atlántico y es la única de su tipo en Argentina. Fue declarada de uso múltiple, reservorio de vida silvestre y reserva mundial de la Biosfera UNESCO en 1996 y dada la importancia y magnitud de este sistema fue también designado como Sitio Ramsar y AICA (Áreas Importantes para la Conservación de las Aves) por Aves Argentinas y BirdLife International (Important Bird Areas, IBAs).¹³



Escuela N° 12 de Mar Chiquita

La Escuela Sustentable es un espacio de aprendizaje y experimentación sobre los 7 principios de sustentabilidad sobre los que se construyó el edificio. Además, fuera del horario escolar, la escuela funciona como Centro Comunitario con talleres y eventos de educación ambiental, que refuerzan los lazos comunitarios entorno a la educación y la sustentabilidad.

13 <http://www.avesargentinas.org.ar/aica>

La “Escuela Primaria N°12 Brigadier General Manuel Hornos”, del partido de Mar Chiquita, provincia de Buenos Aires, Argentina, tiene capacidad para albergar aproximadamente 100 estudiantes. El Earthship cuenta con 3 aulas de 45m² cada una, 2 baños, 2 salas técnicas y un invernadero de unos 90m².

El Earthship tiene tres accesos principales frontales (al invernadero) que coinciden con los accesos a cada aula y dos ingresos laterales. Las aulas, baños y salas técnicas se ubican en la zona de confort térmico.

Entre las aulas se ubican los baños que cuentan cada uno con 3 lavatorios y 3 gabinetes de inodoros, 1 de ellos teniendo en cuenta las normas de accesibilidad universal. Detrás de cada baño se encuentran las salas técnicas de agua y energía, llamadas Módulo de Organización de Agua -WOM- y Módulo de organización de Energía -POM-, respectivamente.



La escuela construida en Argentina corresponde a la tipología Global Model. El **Global Model** es el tipo de Earthship más utilizado en climas templados y fue el elegido tanto para la construcción de la primera escuela pública sustentable del continente en Uruguay en 2016, como para su primera réplica en Argentina en 2018. Se trata de una planta rectangular, larga y estrecha, alineada en el eje este-oeste para maximizar la exposición solar en la cara norte (en el hemisferio sur), y rodeada de un talud de tierra en toda su altura al este, oeste y sur.

La planta rectangular se divide en su eje longitudinal en dos zonas bien diferenciadas, la de confort térmico y la del invernadero (fachada norte vidriada). **La zona de confort térmico soporta las actividades inherentes al programa y la del invernadero cumple la doble función, de invernadero propiamente dicho y de circulación y vínculo entre las diferentes áreas de la zona de confort y el exterior.**

Con este esquema general como base se pueden proyectar luego configuraciones y programas arquitectónicos diversos.

Biotectura y siete principios de diseño en la Escuela Sustentable

Desde la Biotectura se reconocen seis necesidades básicas del ser humano, frente a las cuales se proponen seis principios de diseño.

• **SEIS NECESIDADES BÁSICAS DEL SER HUMANO**

Agua, alimento, sol, energía eléctrica, un refugio donde protegernos del viento y frío, y el tratamiento de nuestros residuos.

• **SEIS PRINCIPIOS DE DISEÑO**

Recolección de agua de lluvia, tratamiento de aguas grises y negras, producción de alimentos, utilización de energías renovables, acondicionamiento térmico pasivo y la reutilización de materiales de descarte.

En el proyecto 'Una Escuela Sustentable' se suma un principio más que es el Factor Humano a través del cual se construyen relaciones humanas responsables, diversas y respetuosas entre pares, posibilitando un correcto uso del edificio.

LOS 7 PRINCIPIOS DE SUSTENTABILIDAD



EL FACTOR HUMANO
La sustentabilidad se construye a partir de relaciones humanas responsables, diversas y respetuosas entre pares.



UTILIZACIÓN DE MATERIALES RECICLADOS
2.200 neumáticos, 14.000 latas, 5.000 botellas, 2.000 m2 de cartón.



APLICACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES
18 paneles fotovoltaicos.



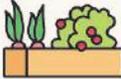
TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES Y NEGRAS.



RECOLECCIÓN Y POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LLUVIA
30.000 litros de capacidad de almacenamiento y 4 procesos de filtrado y potabilización del agua.



ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO
Temperatura estable entre 18° y 25° sin uso de fuentes de energía.



PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS ORGÁNICOS
Huerta interior y exterior.

— Recolección de agua de lluvia

Alineado con el **Objetivo 6 de Desarrollo Sostenible de la ONU, Agua limpia y saneamiento**,¹⁴¹³ que exige garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos para el año 2030, **‘Una Escuela Sustentable’ recolecta agua de lluvia para consumo interno.** Contando con una superficie de 300m² en el techo, el agua se canaliza a través de un dispositivo de retención de sedimentos llegando a cisternas semienterradas detrás del edificio las cuales tienen la capacidad de almacenar 30.000 litros de agua.

Luego de un proceso de filtrado y potabilización, esta agua es apta para su consumo.

En el Balneario de Mar Chiquita, una de las características geológicas del territorio es que sus napas están afectadas con contenido elevado de arsénico, lo cual impide que su consumo sea seguro.

14 ODS 6 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Está posibilidad de coleccionar agua de lluvia a través de embudos, representa no solo una respuesta frente a la falta de agua potable en Mar Chiquita, sino una buena solución en territorios que no disponen de una fuente centralizada de agua.



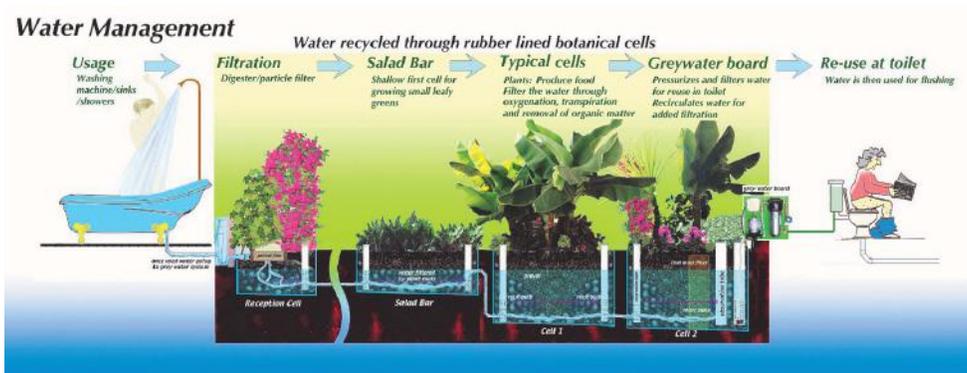
— Tratamiento de aguas grises y negras

Alineado con el Objetivo 6 de Desarrollo Sostenible de la ONU, **Agua limpia y saneamiento**,¹⁵¹⁴ que exige lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos para el año 2030, ‘Una Escuela Sustentable’ hace uso del agua 4 veces antes de su disposición final y realiza el tratamiento de sus efluentes en terreno.

Este sistema revaloriza el recurso hídrico, proponiendo un modo más eficiente para su uso. Puede aplicarse en cualquier lugar del mundo, pudiendo modificarse la cantidad de usos que el habitante desee darle al agua. La posibilidad de reciclar el agua extendiendo su uso, representa no solo una respuesta en territorios donde el agua potable no es apta para su consumo, sino también para territorios escasos en agua.

En el interior del edificio, se encuentran las celdas botánicas interiores destinadas a la producción de alimentos, ubicadas en el invernadero.

La escuela cuenta con un total de seis inodoros en los dos baños y dos cámaras sépticas alternativas, ubicadas en el exterior del edificio. Además, cuenta en total con cuatro lavatorios para el lavado de manos -agua fresca- y dos lavatorios con -agua potable- apta para su consumo. Es importante utilizar en duchas, piletas de cocina, lavarropas y lavamanos **productos de limpieza y cosmética biodegradables** ya que las aguas grises les entregan a las plantas los nutrientes necesarios.



El objetivo es maximizar el recurso agua mediante un sistema de distribución que filtra y limpia el agua permitiendo que se recicle tres veces, dándole cuatro usos en total.

- Agua fresca para alimentar duchas, lavamanos, pileta de cocina y lavarropas / Agua potable para su consumo
→ Una vez utilizada se convierte en aguas grises.¹⁶
- Las aguas grises se canalizan a través de un filtro digestor de grasa y partículas en una 'celda de recepción' y se traslada a través de cañerías y por gravedad, a las 'celdas botánicas interiores', donde

¹⁶ Se consideran aguas grises al agua que ha sido utilizada y no es apta para beber, pero se puede reutilizar para regar plantas o descargar inodoros.

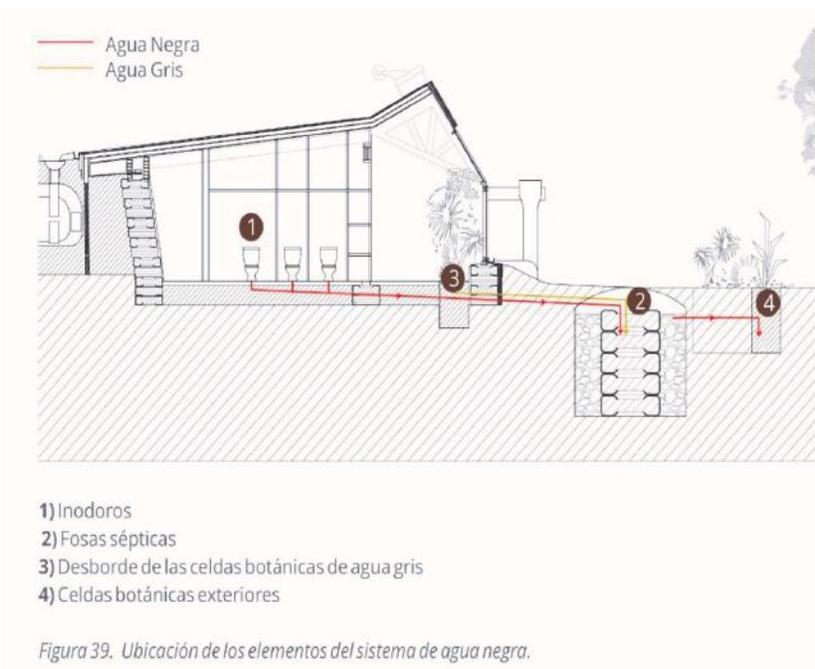
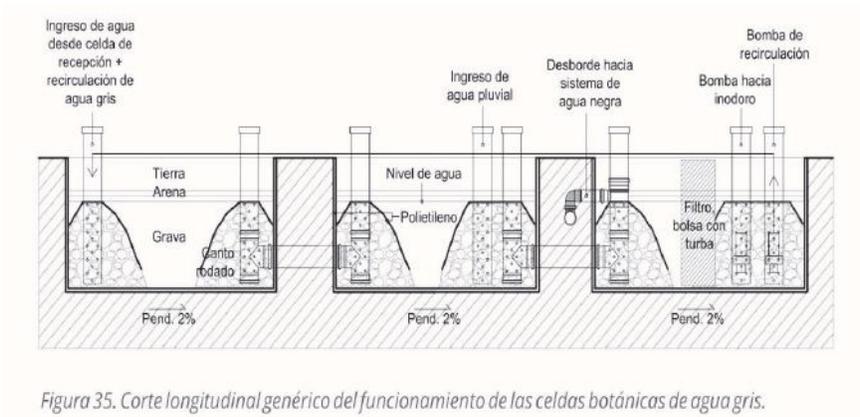
se encuentran los alimentos, ubicadas en el invernadero del edificio.¹⁷

- Las aguas grises filtradas por las plantas, serán llevadas por medio de una bomba presurizadora, hacia los depósitos de los inodoros. Una vez realizada la descarga del inodoro se convierte en aguas negras.¹⁸
- Luego de pasar por filtros naturales, esta agua es direccionada a una cámara séptica alternativa¹⁹, la cual continúa su recorrido hacia las ‘celdas botánicas exteriores’ o camas de evapo-transpiración donde se pueden cultivar flores, plantas aromáticas o pastizales. El proceso finaliza en un campo de lixiviación o lecho nitrificante.

17 Las celdas botánicas son pozos de aproximadamente 70cm de profundidad, sobre el nivel de suelo del invernadero. Los pozos se cubren con una goma de caucho y se rellena 2/3 de su profundidad con rocas y grava, y el otro 1/3 con arena y tierra. Luego de las rocas se coloca una malla geotextil, 5cm de arena y 35cm de tierra orgánica. Las celdas botánicas interiores, que dependen del largo de invernadero, se conectarán por medio de cañerías que tendrán una pendiente del 2% para que el agua de la primera celda se desplace hacia la última, alimentando así a todas las plantas que allí se disponen. Se utiliza una bomba de recirculación para trasladar el agua de la última celda a la primera, manteniendo el agua en continuo movimiento evitando su estancamiento. En caso de que el agua que se utilizó en el edificio sea más de las que las celdas botánicas pueden recibir, existe una cañería de desborde que lleva el agua sobrante al sistema de aguas negras, evitando inundaciones dentro del edificio.

18 Se consideran aguas negras a las aguas con sólidos y líquidos provenientes del inodoro

19 La cámara séptica se encuentra enterrada en el exterior del edificio y tiene la función de separar sólidos y líquidos y a través de un proceso anaeróbico, convertir los sólidos en líquidos.



— Producción de alimentos

Alineado con el **Objetivos 2 de Desarrollo Sostenible de la ONU, hambre cero**,²⁰ que exige poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria

20 ODS 2 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>

y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible y el **Objetivo 12 de Desarrollo Sostenible de la ONU, producción y consumo responsables**²¹ que exige garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles para el año 2030, ‘Una Escuela Sustentable’ genera una gran cantidad de alimento saludable para consumo interno, de manera orgánica y sin necesidad de agroquímicos o pesticidas.

Este sistema de producción orgánica puede ser utilizado en el interior o exterior del edificio, obteniendo un gran rendimiento y representando una respuesta tanto para poblaciones descentralizadas como también para huertas urbanas, domesticas o comunitarias.

La escuela cuenta con una huerta interior de 20 m² para producción de alimentos y contenido educativo. Además, cuenta con una huerta exterior y



árboles frutales.

— Utilización de energías renovables

Alineado con el **Objetivo 7 de Desarrollo Sostenible de la ONU, Energía Asequible y Limpia**,²² que exige un aumento sustancial de la participación de la energía renovable en la combinación energética mundial

21 ODS 12 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>

22 ODS 7 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

para el año 2030, 'Una Escuela Sustentable' genera su energía eléctrica a través de 18 paneles solares de 270w y 12 baterías de 220Ah., con la posibilidad de inyectar el excedente de energía a la red del Municipio.

Existen importantes fuentes de energía limpias y renovables, disponibles para la construcción de una mayor autosuficiencia personal y local: La energía solar, la energía eólica, la biomasa y el agua corriente.

Estos sistemas están distribuyéndose rápidamente por el mundo, son accesibles e incorporan una gran opción en centros urbanos y rurales, obteniendo autonomía energética y con la posibilidad de inyectar el excedente de energía a la red eléctrica.

La escuela está diseñada para captar y almacenar su propia energía. Se eligió utilizar paneles fotovoltaicos para recolectar la energía solar, la cual se almacena en baterías de ciclo profundo y luego se entrega a los diferentes ambientes del edificio, que se utilizará principalmente para iluminación y cargado de celulares y computadoras, impresoras u otros electrodomésticos. No suele utilizarse la energía eléctrica en Earthships para sistemas de climatización.²³

23 En una NaveTierra, se utiliza un módulo de organización de energía para tomar la energía almacenada de las baterías e invertirla para el uso de Corriente Alterna. El POM (Módulo de organización de energía) es un sistema prefabricado provisto por Earthship Biotechnology que está conectado a una pared en el interior de la NaveTierra y está cableado de manera convencional. Incluye el equipo necesario, como disyuntores e inversores para convertir la Corriente Continua (CC) en Corriente Alterna (CA) y así poder conectar cualquier electrodoméstico, incluyendo lavadoras, computadoras, electrodomésticos de cocina, impresoras, aspiradoras, etc.



— Acondicionamiento térmico pasivo

Alineado con el **Objetivo 9 de Desarrollo Sostenible de la ONU, industria, innovación e infraestructura**,²⁴²³ que exige modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales para el año 2030, ‘Una Escuela Sustentable’ aplica el concepto de diseño solar pasivo para su construcción.

“El diseño de casas solares pasivas representa una estrategia prometedora para mejorar las condiciones de confort térmico en viviendas sostenibles. Elaborar propuestas para el diseño de casas con calefacción solar y refrigeración pasiva permite

optimizar el equilibrio complejo entre las diversas exigencias del clima. Con un diseño optimizado se puede mejorar de forma significativa el confort térmico de las viviendas, creando un sistema de desarrollo sostenible.” David Holmgren

La temperatura interior de la Escuela Sustentable se estabiliza aprovechando los fenómenos naturales por medio de un sistema de diseño solar pasivo que incluye cuatro conceptos: Orientación del edificio, masa térmica, aislación térmica y sistemas de ventilación.

• **ORIENTACIÓN DEL EDIFICIO**

Los Earthships se orientan hacia el Ecuador – En hemisferio sur, mirando hacia el Norte y en hemisferio norte mirando hacia el Sur – para obtener una exposición solar óptima. ‘Una Escuela Sustentable’ está orientada hacia el Norte, para permitir que el sol caliente al edificio durante todo el año. Esta cara está construida con grandes paneles de vidrio doble (termo paneles).²⁵

• **MASA TÉRMICA**

Las paredes de carga de ‘Una Escuela Sustentable’ ubicadas en la cara sur, están hechas de neumáticos rellenos de tierra compactada. Estos tienen el propósito de sostener el techo y proporcionar una masa térmica densa que funciona como batería de calor, absorbiendo el calor durante el día e irradiando el calor durante la noche, manteniendo una temperatura que oscila entre los 17 a 25°C de día y noche durante todas las estaciones del año.

• **AISLACIÓN TÉRMICA**

Detrás de la hilera de neumáticos rellenos con tierra, se colocaron 70cm de tierra y luego una aislación térmica y barrera de vapor. Esta aislación -planchas dobles de poliestireno expandido y plástico negro de 300 micrones

25 La cara superior de la fachada, se calcula con una pendiente tal que permita que el sol ingrese al edificio también en invierno. Este ángulo es calculado respecto del solsticio de invierno, siendo la perpendicular. Esto permite una exposición máxima en el invierno, cuando se desea calor, y una menor exposición en el verano, cuando se debe evitar el calor.

- envuelve tanto el muro sur, este y oeste, como el techo, recubriendo a todo el edificio para evitar perder el calor absorbido por la masa térmica.²⁶

• SISTEMAS DE VENTILACIÓN

El sistema de ventilación en la escuela está compuesto de dos técnicas, que trabajan en conjunto. Se colocaron ventilaciones en las aulas, atravesando los muros gruesos del lado sur y ventilaciones superiores en la zona del invernadero.

- Las ventilaciones de las aulas están conformadas por tubos de ventilación metálicos que recorren 9mts. de distancia y 45cm de diámetro, enterrados en un gran talud detrás del edificio – cara sur -. En ‘Una Escuela Sustentable’ se colocaron 3 ventilaciones por aula, siendo un total de 9 ventilaciones. Estos tubos se encargan de tomar el aire proveniente del sur, y a medida que ese aire recorre los 9mts., disminuye su temperatura debido a que la temperatura de la tierra ronda entre los 15 y 20°C y de este modo, inyecta al edificio aire frío para ventilar o reducir la temperatura interior. Las terminales de los tubos cuentan con mosquiteros para evitar el acceso de animales, insectos o residuos al edificio. La terminal interior se cierra con una tapa de madera y los habitantes deciden cuando abrirlos.
- n el techo del invernadero - cara norte – se ubicaron tres tragaluces que se abren manualmente desde el interior del edificio, para permitir que el aire caliente salga. Estas cajas están alineadas tanto con los accesos a las aulas, como con los accesos frontales del edificio.
- Estos dos sistemas de ventilación trabajan en conjunto, por lo cual, en verano, cuando se desee reducir la temperatura interior del edificio, se abren las ventilaciones traseras - tubos de ventilación - y las ventilaciones superiores - ubicadas en el invernadero-. De este modo, el aire frío inyectado desde la cara sur empuja al aire caliente y a medida que se eleva por diferencia de peso, se escapa por las ventilaciones del invernadero.

26 En climas más fríos también se puede agregar esta aislación térmica al suelo.



- 1) Radiación Solar
- 2) Masa Térmica
- 3) Tubo de ventilación y refrigeración (cerrado)
- 4) Ventana proyectante superior (cerrada)
- 5) Chimenea solar (cerrada)

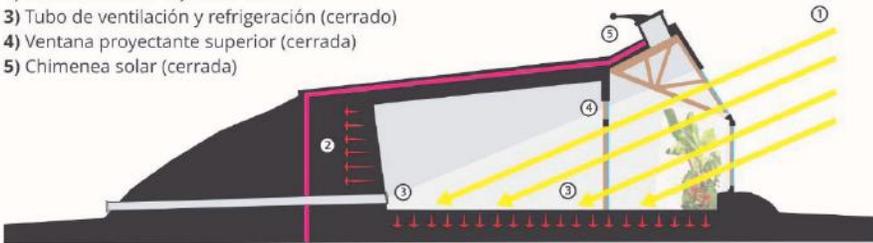


Figura 26. Funcionamiento del sistema de calefacción Termo-Solar en el Día. Meses fríos

- 1) Masa Térmica
- 2) Aislante Térmico Exterior
- 3) Tubo de ventilación y refrigeración (cerrado)
- 4) Ventana proyectante superior (cerrada)
- 5) Chimenea solar (cerrada)

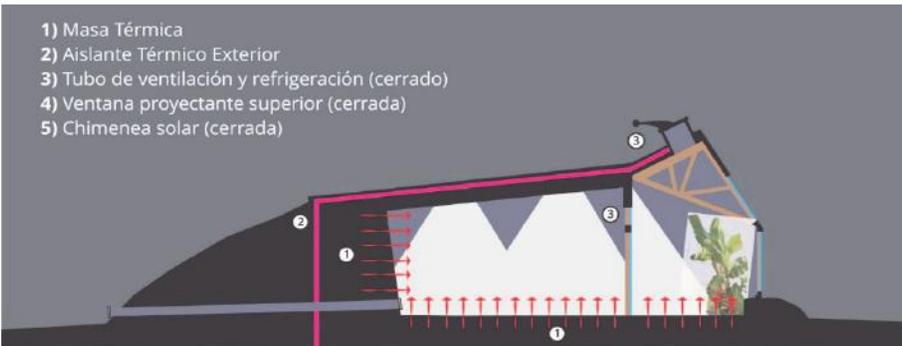


Figura 27. Funcionamiento del sistema de calefacción Termo-Solar en la Noche. Meses fríos.

— Reutilización de materiales de descarte

Alineado con el **Objetivo 13 de Desarrollo Sostenible de la ONU, acción por el clima**²⁷ que exige adoptar medidas urgentes para combatir el

27 ODS 13 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>

cambio climático y sus efectos y el **Objetivo 14 de Desarrollo Sostenible de la ONU, vida submarina**²⁸ que exige conservar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible, para el año 2030, ‘Una Escuela Sustentable’ se construyó con un 40% de materiales de descarte recuperados. Se reutilizaron 2200 neumáticos, 14.000 latas de aluminio, 5.000 botellas de vidrio y 2.000 m² de cartón.²⁹

Este método constructivo, en el cual se revalorizan los materiales de descarte para reducir costos de construcción, presenta una alternativa para la gestión de residuos que puede ser aplicable en cualquier tipo de construcción a escala doméstica, comunitaria y pública. Por otro lado, la separación de residuos doméstica en origen permite el posterior reciclaje y compostaje de la materia orgánica, reduciendo drásticamente los residuos que llegan a rellenos sanitarios o al océano.

Dentro de la escuela se promueve la separación de residuos y la reutilización creativa de materiales para actividades educativas. La consigna “rechazar, reducir, reparar y reciclar” está presente, ofreciendo una jerarquía de estrategias para revalorizar los residuos.

- Los neumáticos son uno de los materiales más utilizados para estas construcciones ya que están presentes en todo el mundo y son fáciles de conseguir. Globalmente, son muy pocas los países que tienen maquinaria para reciclarlos, por lo cual terminan siendo incinerados.
- Las latas de aluminio suelen dejarse vacías para aprovechar su efecto cámara de aire y se utilizan para reducir la cantidad de cemento. En ‘Una Escuela Sustentable’ se utilizaron para la construcción de muros o vigas de encadenado y fueron revocadas con cemento.³⁰

28 ODS 14 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/oceans/>

29 Los materiales de descarte que se seleccionan para la construcción dependen de las políticas de reciclaje de cada país.

30 También pueden ser revocadas con una mezcla de barro, arena y paja.

- Las botellas de vidrio se utilizaron para crear 'ladrillos de vidrio'. Para esto se requiere hacer un proceso de selección, corte, limpieza y secado antes de su adherido final.³¹

Estos ladrillos de vidrio fueron utilizados para realizar los muros de los accesos laterales, permitiendo que la luz ingrese, reduciendo la cantidad de mezcla de cemento, y creando murales de vidrio con una estética muy particular.

- El cartón fue utilizado para cubrir la abertura inferior de los neumáticos, evitando que la tierra con la que se rellena el neumático, se escape. Se colocaron 3 capas de cartón usado por cada neumático.

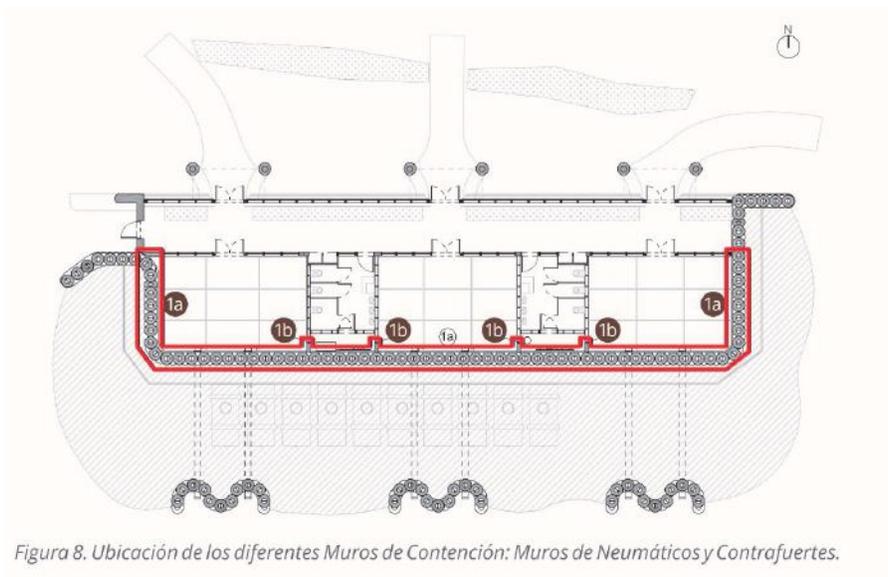


Figura 8. Ubicación de los diferentes Muros de Contención: Muros de Neumáticos y Contrafuertes.

En la Figura 8 se pueden observar los muros de contención de neumáticos en la cara sur, con forma de herradura U y contrafuertes.

31 El proceso para realizar ladrillos de vidrio: Primero se seleccionan las botellas por color y tamaño, y con 2 botellas del mismo tamaño y color, se procede a cortarlas a la mitad del ancho del muro que se desea construir. Luego de su correcta limpieza y secado al sol, se procede a pegarlas con cinta adhesiva evitando que la humedad ingrese, siendo óptimo para construir.



— Factor humano

Este principio se alinea con el **Objetivo 17 de Desarrollo Sostenible de la ONU, alianzas para lograr los objetivos**^{32 31} que exige revitalizar la alianza mundial para el desarrollo sostenible, para el año 2030.

‘Una Escuela Sustentable’ es un proyecto que busca ser habitado y cuidado para su óptimo funcionamiento.

Este principio represente la posibilidad de trabajar sobre distintos valores que atraviesen los proyectos tanto desde el punto de vista constructivo, educativo y comunitario y que promuevan el trabajo en equipo, la colaboración, la participación diversa, el cuidado del medio ambiente y el uso responsable de los recursos.

Este principio fue incorporado por Tagma especialmente para el programa Una Escuela Sustentable y el proyecto fue logrado gracias a la articulando la sociedad civil, el sector público y el sector privado.

Implementación del proyecto ‘Una Escuela Sustentable Argentina’

Más allá de sus siete principios de diseño, el proyecto se alinea por sobre todo con el **Objetivo 4 de Desarrollo Sostenible de la ONU, educación de calidad**³³ que exige garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos, y con el **Objetivo 11 de Desarrollo Sostenible de la ONU, ciudades y comunidades sostenibles**³⁴ que exige lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles, para el 2030.

El programa ‘Una Escuela Sustentable’ busca construir una red de escuelas públicas autosuficientes en América Latina,

32 ODS 17 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/globalpartnerships/>

33 ODS 4 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>

34 ODS 11 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>

con el fin de generar un triple impacto: en los niños y niñas que habitan cada escuela, en la comunidad que las rodea y en la sociedad toda. Para esto, se trabaja en el ámbito educativo, en el comunitario y en el masivo con distintos mensajes que apuntan a favorecer un cambio cultural que impulse la protección al medioambiente, el uso racional de los recursos, la mitigación del cambio climático y que tenga como eje la sustentabilidad de las relaciones humanas.

El proyecto incluye un fuerte trabajo con la comunidad que recibe el edificio y con los niños y niñas que lo habitan, dividido en tres etapas:

- **SOÑAR**

Una Escuela Sustentable 2017: Talleres e intervenciones preparativas con el equipo escolar y los niños de la escuela n° 12. Presentaciones y encuentros con la comunidad local, la academia y las familias de la escuela n° 12, con el fin de preparar a los distintos actores para la llegada del nuevo edificio, lograr entusiasmo y apropiación.

- **CONSTRUIR**

Una Escuela Sustentable Febrero - abril 2018: Talleres y actividades integradoras con los niños de la escuela n° 12, el equipo escolar, los estudiantes de la Academia Earthship y la comunidad de Mar Chiquita, con el fin de involucrar a los actores en la construcción del edificio.

- **HABITAR**

Una Escuela Sustentable 2018: Talleres con los niños de la escuela n° 12, el equipo escolar y la comunidad que rodea el edificio, asegurando que el mismo alcance su potencial educativo y ocupe su rol como Centro Comunitario, al tiempo que se capacita al equipo docente y se genera un manual de uso del edificio que permita realizar un correcto mantenimiento del mismo.

CONCLUSIONES

Este trabajo demuestra que, con cambios conceptuales y culturales, podemos construir modelos de desarrollo sostenible de forma comunitaria y participativa, incluyendo y articulando a todos los actores sociales en pos de lograr un cambio positivo en la manera en la que los seres humanos habitamos y nos relacionamos con nuestro planeta.

La futura sociedad sostenible que debemos encarnar, implica muchos cambios evolutivos en torno a la cultura y una nueva mirada hacia el futuro de las próximas generaciones. Esta nueva sociedad debe lograr desarrollar una calidad de vida alta, sin tomar de la Tierra más de lo que le devuelve; Una sociedad que no niega la presencia de la tecnología existente, pero que la utilice a su servicio. Una sociedad que satisfaga las necesidades humanas de desarrollar una vida con contenido social, ecológico y espiritual.

Por esto, a través de **la educación ambiental, el consumo responsable y la participación ciudadana**, considero que se puede trabajar en diferentes programas urbanos y rurales, creando sistemas de integración y cooperación, dejando atrás la fragmentación y competencia que el sistema industrial viene implementando.

Es fundamental reconocer que debemos integrarnos a la naturaleza reproduciendo sus sistemas de aprovechamiento, distribución y almacenamiento para un futuro sostenible.

Desde la Arquitectura, tenemos la responsabilidad de cuidar nuestra Tierra, sus recursos y a quienes la habitan. El futuro del mundo no está en las manos de una sola persona, sino en la capacidad de unirnos y aprender a vivir en COMUN-UNIDAD.

TRABAJO A FUTURO

“La tendencia actual no es nuestro destino. El pasado no necesariamente determina nuestro futuro. Nuestras elecciones actuales sí. A través de decisiones sabias y prospectivas, podemos cambiar las tendencias de consumo de recursos naturales al tiempo que mejoramos la calidad de vida de todas las personas. La buena noticia es que esta transformación no solo es tecnológicamente posible, sino que también es económicamente beneficiosa y nuestra mejor oportunidad para un futuro próspero.” ³⁵

TRABAJO EN LAS CIUDADES

La campaña global para la sostenibilidad se ganará, o se perderá, en las ciudades.

Se espera que entre el 70% y el 80% de los habitantes del mundo, vivan en áreas urbanas para el año 2050.

En consecuencia, las estrategias de urbanismo inteligente y desarrollo urbano son fundamentales para garantizar que exista suficiente capital natural y para evitar una demanda humana excesiva que lo erosione.

- Invertir en energías renovables (Energía)
- Promover programas de educación ambiental introduciendo la alimentación, el uso de los recursos naturales, las energías renovables y la separación de residuos en origen (Educación)
- Incluir a los objetivos de desarrollo sostenible dentro de las universidades, siendo la arquitectura sustentable parte del programa de las Carreras de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. (Educación)
- Invertir en políticas de gestión de residuos, con reconocimientos por separación en origen (Gestión de residuos)

35 <https://www.overshootday.org/solutions/>

- Cursos y talleres gratuitos y abiertos de separación de basura en origen y reutilización creativa (Gestión de residuos)
- Promover leyes y mercados libres de plástico (Gestión de residuos)
- Capacitaciones gratuitas para personal de la construcción en arquitectura sustentable y energías renovables (Construcción sostenible)
- Fomentar, a través de beneficios impositivos, la construcción sustentable y edificios con uso eficiente de la energía (Construcción sostenible)
- Incorporar el uso de paneles fotovoltaicos y energía eólica en edificios públicos (Construcción sostenible)
- Favorecer el uso de transporte eléctrico con posibilidad de carga en el espacio público (Transporte)
- Promover restaurantes con productos orgánicos locales y consumo responsable (Agroecología)
- Promover mercados agroecológicos con productos del productor al consumidor (Agroecología)
- Programas de huertas urbanas colectivas orgánicas, gratuitas y abiertas (Agroecología)
- Promover el cultivo de huertas domiciliarias y el uso de plantas medicinales (Agroecología)
- Promover jardines verticales y techos verdes en edificios públicos y en la vía pública (Agroecología)

TRABAJO EN EL CAMPO

- Promover la agricultura local a pequeña escala (Agroecología)
- Crear programas y talleres de agricultura y ganadería regenerativa (Agroecología)
- Generar programas obligatorios de reforestación (Forestería)

- Fomentar el desarrollo de asentamientos autónomos y resilientes desde políticas públicas

Si bien los objetivos de desarrollo sostenible fueron creados para generar políticas públicas y la cooperación entre los gobiernos, las organizaciones internacionales y los líderes mundiales, es fundamental que todos y cada uno de los seres humanos del mundo, formen parte de la solución.

Hay acciones pequeñas a escala individual, doméstica y comunitaria que pueden ser introducidos como hábitos diarios logrando grandes cambios

ESCALA COMUNITARIA

- Comprar productos locales. Apoyar a negocios de la zona ayuda a la gente a conservar su empleo y contribuye a impedir que los camiones tengan que desplazarse grandes distancias
- Elegir en ferias locales fruta y verdura de aspecto “raro”: mucha fruta y verdura se desecha por no tener el tamaño, forma o color “adecuados”. Al comprar las de aspecto “raro”, que están en buen estado, se consumen alimentos que de otro modo podrían terminar en la basura
- Movilizarse en bicicleta, caminando o en transporte público. Evitar usar el auto, excepto cuando sean grupos grandes de personas
- Hacer uso del derecho de elegir a los líderes de nuestros países y comunidades locales

ESCALA DOMÉSTICA

- Utilizar fertilizantes orgánicos: compostar la materia orgánica produciendo abono y reducir los efectos del cambio climático
- Separar la basura: Separando papel, plástico, vidrio y aluminio se evita que los vertederos sigan creciendo
- Tomar duchas cortas
- Aislar las ventanas y las puertas para aumentar la eficiencia energética

- Ajustar el termostato, más bajo en invierno y más alto en verano
- Instalar paneles solares en las casas y negocios, reduciendo el consumo de electricidad proveniente de energías fósiles
- Secar la ropa al aire libre de forma natural, evitando encender maquinas
- Comer menos carne y pescado. Se destinan más recursos para la obtención de carne que para el crecimiento de las plantas.
- Elegir productos de cartón o madera para utensilios, hisopos, cepillos de dientes, evitando el uso de petróleo

ESCALA INDIVIDUAL

- Ahorrar electricidad enchufando los electrodomésticos y desconectándolos por completo cuando se terminen de utilizar
- Compartir información sobre cambio climático, para que otras personas se enteren
- Solicitar a las autoridades locales y nacionales que participen en iniciativas que no dañen a las personas ni al planeta
- Investigar y comprar solo en empresas que sepan aplicar prácticas sostenibles y que no dañen al medio ambiente
- Compensar las emisiones de carbono plantando arboles
- No imprimir. Escribir en una libreta o crear una nota digital para ahorrar papel
- Apagar las luces cuando no están en uso

Soñar un planeta sustentable en el que la dimensión ambiental, social, económica, cultural y espiritual esté comprometida con el cuidado de la vida, es posible.

Tenemos todas las herramientas para crear nuevos referentes vinculados a vivir en armonía con la naturaleza, en una forma sostenible y espiritualmente satisfactoria, dentro de una sociedad tecnológicamente avanzada.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA / AUTORES DE REFERENCIA

Un-hábitat <https://es.unhabitat.org/>

Ramón Fernández Durán. Conferencia: Tsunami urbanizador español y mundial

Waste Atlas - <http://www.atlas.d-waste.com/>

<https://www.eea.europa.eu/es/>

<http://www.footprintnetwork.org/>

Manual de ciudadanía ambiental global

<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019857/Ciudadaniaambientalglobal.pdf>

Cumbres de la Tierra: <http://www.un.org/spanish/conferences/cumbre&5.htm>

Objetivos de desarrollo sostenible ONU <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires <http://www.buenosaires.gob.ar/laciudad/ciudad>

Greenpeace Argentina <http://www.greenpeace.org/argentina/es/campanas/contaminacion/agua/>

Agua y Saneamientos Argentinos Aysa <http://www.aysa.com.ar/>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Argentina <https://www.indec.gob.ar/>

Documental “Semillas ¿Bien común o propiedad corporativa?” <https://vimeo.com/240217030>

Cámara de la Industria y comercio de carnes y derivados de la República Argentina <http://www.cicra.com/>

Estadísticas Ciudad de Buenos Aires <https://www.estadisticaciudad.gob.ar/>

National Centers for environmental information <https://www.ncdc.noaa.gov/>

Ley de basura cero: <http://www2.cedom.gob.ar/es/legislacion/normas/leyes/anexos/drl1854.html>

Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (Ceamse)

<http://www.ceamse.gov.ar/>

PLANMAR Amartya <http://www.amartya.org/ar/planmar/>

Earthship Biotecture www.earthshipglobal.com

Programa Una Escuela Sustentable www.unaescuelasustentable.com

Programa Mar Chiquita Sustentable www.marchiquitasustentable.com

<https://www.overshootday.org/solutions/>

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/>

Ciudadanía ambiental global PNUMA

<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019857/Ciudadaniaambientalglobal.pdf>

Permacultura, principios y senderos más allá de la sustentabilidad – David Holmgren

<http://www.edualter.org/material/actualitat/crisi/castella/modelo.htm>



CECAR

Corporación Universitaria del Caribe

VIGILADA MINEDUCACIÓN