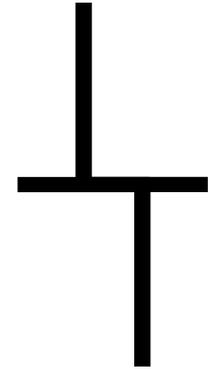


TEXTOS DE TECNOLOGÍA



REVISTA DEL INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

AÑO 4
NÚMERO 06
DICIEMBRE DE 2023
MONTEVIDEO
URUGUAY

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

DR. RODRIGO ARIM
RECTOR

FACULTAD DE ARQUITECTURA,
DISEÑO Y URBANISMO
ARQ. MARCELO DANZA
DECANO

CONSEJO FADU
ORDEN DOCENTE
LUCÍA BOGLIACCINI
ANA VALLARINO
DANIEL BERGARA
MERCEDES MEDINA
JUAN ARTICARDI
ORDEN ESTUDIANTIL
ANDREA GARCÍA
MAILÉN DÁVILA
VALENTINA HERNÁNDEZ
ORDEN EGRESADOS
SONIA PRIETO
MERCEDES ESPASANDÍN
GUILLERMO REY

COMISIÓN DEL INSTITUTO
DE TECNOLOGÍAS
ORDEN DOCENTE:
ARIEL RUCHANSKY
FEDERICO GIMÉNEZ
JESSICA BERÓN
GRACIELA MUSSIO
LAURA BOZZO
ALTERNOS:
ALEJANDRO FERREIRO
TIAGO MACHAIN
EUCD, UA ASOCIADA:
SARITA ETCHEVERRY
ORDEN EGRESADOS:
EVANDRO SARTHOU
ALTERNOS:
ANDRÉS CROZA
ORDEN ESTUDIANTIL:
FELIPE RODRÍGUEZ
ALTERNOS:
MATHÍAS GONZÁLEZ
VALENTINA BARRACO
JOSÉ SILVEIRA

DIRECTORA DEL INSTITUTO
DE TECNOLOGÍAS:
LAURA BOZZO

EVALUADORES DE ARTÍCULOS ARBITRADOS

MG. LIC. ARMAYOR ELIANA	DR. ARQ. HERNÁNDEZ RUFINO
MG. TS BARAIBAR XIMENA	MG. ARQ. JACOBO GUILLERMO JOSÉ
DRA. ARQ. BONICATTO VIRGINIA	DR. TS MACHADO GUSTAVO
DRA. ARQ. BRESSAN MARÍA LUCÍA	DRA. CC SS MAGRI ALTAIR
DR. ARQ. CALDUCH JOAN	DR. ARQ. MARTIN BERNARDO
DRA. ARQ. DEL CASTILLO ALINA	DRA. ARQ. PALARINO VICO CECILIA
DR. ING. CIVIL. FERNÁNDEZ LUCO LUIS	ARQ. PELUFFO LINARI GABRIEL
DRA. CS. FLORES LARSEN SILVANA	DRA. ARQ. RIGOTTI ANA MARÍA
DR. ARQ. GALINDO DÍAZ JORGE	DRA. ARQ. ROMAY CAROLA

TEXTOS DE TECNOLOGÍA

© IT - FADU - UDELAR, 2023,
MONTEVIDEO, URUGUAY

COMITÉ EDITORIAL

MARIO BELLÓN
JUAN JOSE FONTANA
JORGE GAMBINI
CLAUDIA VARIN
GUILLERMO ZUBELDÍA

CORRECCIÓN

LAURA ALONSO

DISEÑO Y ARMADO

JOSÉ DE LOS SANTOS

IMAGEN DE TAPA

BEN-AVID

PUBLICACIÓN COMPUESTA CON TITILLIUM WEB
(OPEN FONT LICENSE) DISPONIBLE EN
FONTS.GOOGLE.COM/SPECIMEN/TITILLIUM+WEB

AUSPICIA ESTA PUBLICACIÓN



IMPRESIÓN Y ENCUADERNADO POR NESTA LTDA.,
CONVENCIÓN 1319, CP. 11.100, MONTEVIDEO, URUGUAY

ISSN PAPEL: 2730-499X
ISSN EN LÍNEA: 2730-5007
DEPÓSITO LEGAL: 380.991
COMISIÓN DEL PAPEL. EDICIÓN AMPARADA
EN EL DECRETO 218/96

Sustentabilidad I

TEXTOS DE TECNOLOGÍA

REVISTA DEL INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS

FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

Contenidos

TEXTOS DE TECNOLOGÍA

AÑO 4
NÚMERO 06
DICIEMBRE DE 2023
MONTEVIDEO
URUGUAY



arbitrados

09

Presentación

COMITÉ EDITORIAL

11

Centro de Sustentabilidad

25

De la botella de vidrio al objeto de diseño

FRABASILE, C. Y AMORÍN, B.

39

Análisis energético en la fabricación de materiales de producción nacional

CASAÑAS, V.

57

SEPARATA Relatos efímeros

ZUBELDÍA, G.

técnica

77

Hacia la construcción de viviendas ambien- talmente sustentables

Intendencia de
Montevideo

ELIZALDE SOSA, M.

85

La corbata y las ciudades calientes

ÁBALOS, I.

materia

91

Tierractual en el camino del arcaico moderno

SILVA, I.P.

99

Una ópera sobre una ley es una ópera sobre arquitectura

MAPA + INST
Y CASACUBERTA, C.

119

Contaminación lumínica y entorno urbano

COLMEGNA RICCO, S. Y
RISSO BARROS, M.

125

Sustentabilidad, construcción en seco y *steel framing*

PEDRAZZI, F.

producción

135

Casa Bonifacio

HMOZ ARQUITECTOS
HERNÁNDEZ, P.; VERA, S.;
VARELA, A.; BORGES, F.

161

Refugio la escondida

TATÚ ARQUITECTURA

187

De como hacer cosas con palabras

BENAVIDEZ, M.

209

Pabellón brasileiro para la Expo 2020 Dubái

BEN-AVID,
MMBB Y JPG.ARQ

Presentación

Este año nos propusimos abordar la sustentabilidad entendida como paradigma contemporáneo que revisa el quehacer tecnológico en sinergia con el ambiente y la cultura.

La investigación y la experimentación permiten identificar el potencial de los materiales desde la óptica de la eficiencia energética. En este sentido, son fundamentales aspectos como el ciclo de vida de los materiales, el diseño pasivo y las estrategias de ahorro energético. Tanto la concientización de las y los usuarios y de las y los diseñadores como la creación de políticas específicas de promoción deben, igualmente, acompañar estos procesos.

En estos números presentamos un conjunto diverso de abordajes sobre la temática, elaborados tanto a nivel académico como profesional, con la pretensión de profundizar en varias de sus aristas y motivar así el desarrollo de productos más sustentables en el ámbito de la arquitectura y el diseño.

COMITÉ EDITORIAL TEXTOS DE TECNOLOGÍA

Centro de Sustentabilidad FADU

El Centro de Sustentabilidad de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo [FADU] es una unidad académica que tiene como objetivo principal promover el desarrollo de la dimensión ambiental en el conjunto de las disciplinas del diseño, para contribuir en la transición hacia sociedades sustentables. Esto se logra a partir de la generación de estrategias que incorporen la dimensión ambiental tanto en la enseñanza, investigación y extensión de todas las carreras de FADU como en la articulación con distintos ámbitos e instituciones afines a nivel nacional e internacional, lo que permite que el Centro se constituya en un espacio académico de referencia en temas de diseño, ambiente y sustentabilidad.

El saber ambiental en FADU

El tema ambiental comenzó a plantearse institucionalmente en nuestra Facultad desde mediados de los años noventa, conformándose la Unidad Ambiental Permanente y la Comisión Ambiental Permanente, dos espacios que promovían la articulación de actividades existentes de manera desconectada y no curricular. Cabe destacar, además, la trayectoria de José Miguel Aroztegui (1937-1996), arquitecto reconocido por su actividad académica en torno a la arquitectura bioclimática, quien a partir de su trabajo en el Departamento de Clima y Confort en Arquitectura fue construyendo una mirada inclusiva respecto a los temas ambientales.

En 2014, la Facultad creó el Comité de Sostenibilidad, en el que las inquietudes surgidas desde sus distintos ámbitos confluyen con el fin de coordinar y dar cuerpo institucional a la temática ambiental y su relación con el diseño, la arquitectura, el urbanismo y la planificación territorial. Este comité, de carácter abarcativo y conformación abierta y amplia —participan docentes, estudiantes, funcionarios y egresados—, además de representar a nuestra casa de estudios en distintos ámbitos universitarios, departamentales y nacionales, se ha encargado, mediante las tres funciones universitarias, de organizar y promover diversos eventos académicos. Entre las actividades transversales en las que ha estado involucrado se destacan los seminarios «Arquitectura, ambiente y sostenibilidad» de 2015 y «Mayo Sustentable» de 2017, así como las ediciones de «ad@pta FADU» de 2020 y 2021.

Integran el Centro de Sustentabilidad, por el Instituto de Proyecto, Paula Giordano, Luciana Echevarría, Paloma Nieto y Pablo Míguez; por la Escuela Universitaria Centro de Diseño, Rosita De Lisi; por el Departamento Regional Norte de Arquitectura, Angelina Graziano y Pascual Ceriani; por la Licenciatura en Diseño de Paisaje, Susana Colmegna; por el Instituto de Tecnologías, Daniel Sosa, Lucía Gutiérrez y Claudia Varin, y por el Instituto de Estudios Territoriales y Urbanos, Adriana Piperno y Pablo Sierra.



FIGURA 1. IZQ.: TAPA DE REVISTA R CON LA ACTIVIDAD «MAYO SUSTENTABLE»; DER.: IMAGEN DEL PROYECTO «ADAPTA FADU». FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En la actualidad, el Comité de Sostenibilidad desempeña un papel fundamental en lo que respecta al intercambio e integración de ideas y conocimientos, además de promover nuevos proyectos dentro de la comunidad FADU —docentes, estudiantes, egresados de todas las carreras y funcionarios—. Entre los proyectos articulados por el Comité se destaca «Edificio FADU Sustentable», un plan de ambientalización que promueve la adecuación material y espacial de la FADU para transformarla en un referente y laboratorio de modalidades de gestión ambiental sustentable.

En lo relativo a la enseñanza de grado, la carrera Arquitectura, aunque posee desde hace tiempo diversos cursos con contenidos vinculados a la sustentabilidad,² recién en el 2017 pudo contar con un curso curricular específico: Transversal 1 Sustentabilidad. Esta unidad curricular, correspondiente al Plan de Estudios 2015, introdujo la enseñanza del concepto «sustentabilidad» de manera explícita en la currícula obligatoria de la carrera. Ubicada entre las asignaturas de primer año, sus docentes provienen de tres áreas académicas de la FADU: tecnológica, proyectual y teórica.

La Licenciatura en Diseño Integrado —Cenur Litoral Norte—, creada en 2012, reconoce el pensamiento ambiental como esencia de las prácticas contemporáneas del diseño del hábitat. Esta perspectiva le ha dado la oportunidad de incorporar temáticas asociadas con la sustentabilidad de manera transversal en la confección de su currícula, lo que además se ve reflejado en sus perfiles de egreso: Desarrollo Local y Eficiencia Energética.

Asimismo, la Escuela Universitaria Centro de Diseño define Diseño y Sustentabilidad como una de sus tres líneas de investigación prioritarias, atravesando este tema varias de sus unidades curriculares —obligatorias, optativas y cursos de educación permanente—.

A nivel de la enseñanza de posgrado, en el año 2007 se inició la primera generación de la Maestría en Manejo Costero Integrado del Cono Sur de la Udelar.

2. Entre otros, Acondicionamiento Natural —Departamento de Clima y Confort en Arquitectura—, Tecnología Integrada y, desde el 2008, el curso de Proyecto con las Energías.

Esta promueve un abordaje de los territorios costeros de carácter interdisciplinario en el que participan cinco facultades de la Universidad de la República: Arquitectura, Ciencias, Ciencias Sociales, Derecho e Ingeniería. Estas nuevas miradas y problematizaciones sobre el hábitat costero, en el que confluyen importantes presiones antrópicas y una gran vulnerabilidad ambiental, atrajeron a varios arquitectos y arquitectas, puesto que permiten el desarrollo de una línea de pensamiento específica sobre el ambiente, las relaciones humano-naturaleza y la sustentabilidad.

También la Maestría en Construcción de Obras de Arquitectura, a cargo del Instituto de Tecnologías, propone la línea de investigación Desempeño y Sustentabilidad como profundización del conocimiento específico desde el área tecnológica, fortaleciendo la docencia y la investigación en sustentabilidad junto con los aportes de docentes con formación específica en el exterior.

En igual sentido, el Doctorado en Arquitectura ha incorporado a sus Seminarios de Técnicas de Investigación la línea de investigación Tecnológica-Sustentable, introduciendo así la temática en el último nivel de formación académica de nuestra Facultad.

Para conocer el vínculo entre las distintas temáticas relacionadas con la sustentabilidad y las diversas prácticas académicas que se desarrollan en FADU, se puede ingresar a la *web* «Registro del Cambio» a través del código de la Figura 2. La Figura 3 plantea una visualización de los datos incorporados en la plataforma.



FIGURA 2. CÓDIGO QR PARA INGRESAR A LA WEB «REGISTRO DEL CAMBIO».

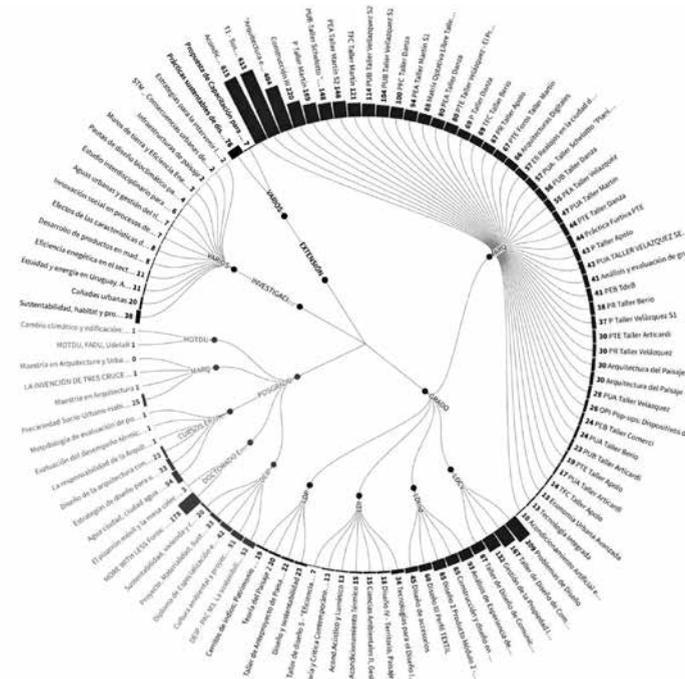


FIGURA 3. IMAGEN «REGISTRO DEL CAMBIO». FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La estructura académica del Centro

La nueva estructura académica de FADU concibe los centros como ámbitos para profundizar de «forma inter o transdisciplinaria un conocimiento definido por cortes temáticos»,³ abordando integralmente las funciones universitarias. En consonancia con este planteo surgió, en 2021, el Centro de Sustentabilidad de la FADU como unidad académica. Su objetivo principal es constituirse en un espacio de referencia en temas de ambiente y sustentabilidad. Está integrado por docentes del Instituto de Estudios Urbanos Territoriales, Instituto de Tecnologías, Instituto de Proyecto, Departamento Regional Norte de Arquitectura, Departamento de Territorio Ambiente y Paisaje del Centro Universitario Regional del Este y la Escuela Universitaria Centro de Diseño.

El Centro se posiciona como un articulador y potenciador de sinergias entre las actividades de FADU, impulsando la conciencia ambiental y las prácticas sostenibles a través de dos objetivos principales: promover la vinculación de los distintos saberes relacionados con la sustentabilidad en el interior de FADU y enlazar actores nacionales y regionales externos a FADU mediante el desarrollo de actividades que involucren las tres funciones universitarias.

Con este propósito, el Centro diseña estrategias que incorporan la sustentabilidad de forma integral, coordinando actividades y proyectos entre los diversos ámbitos de la FADU —todas sus carreras—. A su vez, promueve el relacionamiento con otros espacios de la Udelar y con diversos actores institucionales —a nivel nacional, regional e internacional— que contribuyan a la agenda tanto local como global de la sustentabilidad.

La interrelación entre las tres funciones universitarias se genera a través de dos pautas: el desarrollo de líneas estratégicas existentes —grupos de trabajo— y la identificación de asuntos de relevancia a nivel nacional. Se apunta a fortalecer la transversalización del conocimiento sobre ambiente y sustentabilidad mediante proyectos de investigación que impliquen la generación de conocimiento específico, lo que ha llevado a definir las siguientes líneas: ciudades resilientes-sostenibles, metabolismo urbano —residuos, aguas, energía—, soluciones basadas en la naturaleza, economía circular, metodologías de diseño participativo —codiseño—, ciclo de vida, entre otras.

En particular, se desarrollan acciones, en relación a las funciones universitarias, que promueven:

EL APRENDIZAJE CONTINUO

Consolida las capacidades del Centro en materia de enseñanza tanto de grado como de posgrado, propiciando ámbitos de coordinación entre unidades curriculares que aborden la temática a los efectos de generar sinergias, y cuyo compromiso sea, además, hacer de la enseñanza y el aprendizaje para la sustentabilidad una prioridad en la educación.

LAS INVESTIGACIONES SINÉRGICAS

Generan conocimiento transversal a partir del trabajo conjunto de las distintas áreas de la FADU y de otros centros universitarios.

LAS ARTICULACIONES

Identifican y promueven espacios de reflexión e intercambio de conocimiento sobre ambiente y sustentabilidad a través de la organización, participación y difusión de seminarios, congresos, talleres, encuentros y otros eventos.

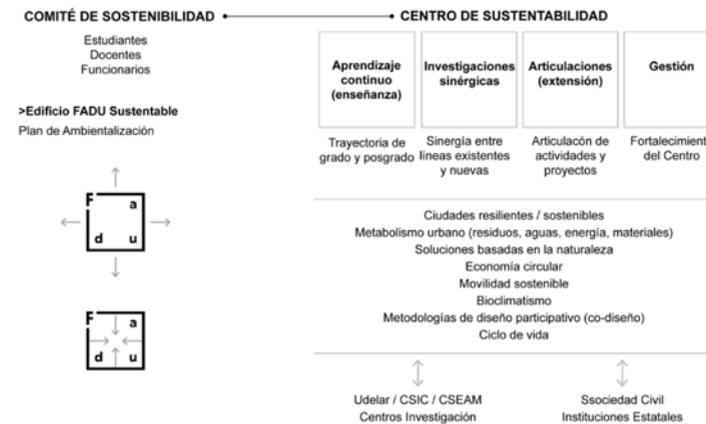


FIGURA 4. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL CENTRO DE SUSTENTABILIDAD Y DEL COMITÉ DE SUSTENTABILIDAD. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En estos primeros años de actividad, para cumplir sus objetivos, el Centro ha desarrollado las siguientes actividades:

FORO DE SUSTENTABILIDAD – 2023



FIGURA 5. AFICHE DE PROMOCIÓN PARA EL FORO DE SUSTENTABILIDAD. FUENTE: SERVICIO DE COMUNICACIÓN Y PUBLICACIONES FADU

3. Universidad de la República, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. (2019, 18 de diciembre). Resolución del Consejo de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (Resolución n° 3). Recuperado de <http://www.fadu.edu.uy/estructura-docente/files/2020/08/Reglamento-de-Org-de-Func-Docentes.pdf>



FIGURA 6. CONFERENCIA DE SALVADOR RUEDA. FUENTE: CENTRO DE SUSTENTABILIDAD

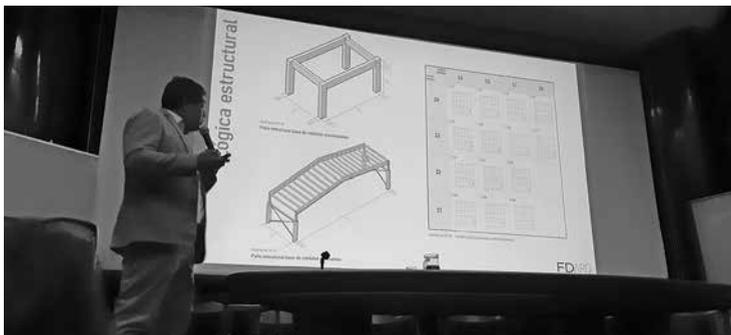


FIGURA 7. CONFERENCIA DE LUIS FELIPE DÍAZ. FUENTE: CENTRO DE SUSTENTABILIDAD

El Foro de Sustentabilidad se ha concebido como un ámbito de debate e intercambio de experiencias en el que se reconocen ideas, acciones y proyectos vinculados con temáticas de relevancia sustantiva, aportando así a la construcción de procesos transformadores de nuestros hábitats y comunidades hacia entornos más sustentables.

La primera edición tuvo lugar en 2023 y «Espacios Educativos Sustentables» fue escogido como su tema central. En torno a este tópico se pensaron y organizaron las actividades llevadas a cabo: conferencias de invitados extranjeros, como Salvador Rueda y Luis Felipe Díaz; mesas redondas, en las que distintos actores institucionales y colectivos de FADU plantearon sus acercamientos a la problemática; ponencias, a partir de un llamado abierto a interesados, y una exposición en el *hall* de la FADU sobre microemprendimientos de reúso y reciclaje de residuos.



FIGURA 8. EXPOSICIÓN EN EL HALL DE FADU. FUENTE: CENTRO DE SUSTENTABILIDAD



FIGURA 9. MESA REDONDA. FUENTE: CENTRO DE SUSTENTABILIDAD



FIGURA 10. PRESENTACIÓN EN FADU. FUENTE: CENTRO DE SUSTENTABILIDAD

■ CODISEÑO FRAY BENTOS – 2022



FIGURA 11. DIVERSAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN FRAY BENTOS.
FUENTE: FOTOGRAFÍAS TOMADAS POR LOS DOCENTES DEL CENTRO

Este evento se desarrolló en el segundo semestre de 2022, en el marco del proyecto binacional «Adaptación al cambio climático en ciudades y ecosistemas vulnerables del río Uruguay» —financiado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo—.

Las actividades llevadas a cabo tenían como objetivo ampliar la sensibilidad sobre dos aspectos: la adaptación al cambio climático y la importancia de la participación de la comunidad local en los proyectos urbanos vinculados con el espacio público, buscando contribuir a su apropiación por parte de la población con un enfoque de género y derechos humanos.

El eje central consistió en una experiencia de diálogo de saberes y codiseño⁴ a partir de una dinámica basada en instancias de trabajo conjuntas en Fray Bentos y Montevideo. Desde el diseño de la estrategia de trabajo hasta la concreción de las acciones en territorio se propició la articulación de contenidos conceptuales. Estos ilustraron las principales dimensiones a considerar para abordar la problemática concreta con acciones situadas concebidas como «demostrativas», que desde la localidad aportaran tanto a la adaptación al cambio y la variabilidad climática como a la integración urbana.

4. En la actividad de codiseño participaron, además de vecinos, un curso electivo de grado de FADU y los cursos curriculares del Centro de Capacitación y Producción.

■ GESTIÓN DE RESIDUOS EN EL EDIFICIO FADU

Se enmarca en el programa «Edificio FADU Sustentable», que propone reflexionar y actuar sobre los edificios desde la mirada de la sustentabilidad.

En este marco, a partir de los antecedentes de gestión de residuos, se diseñó un proyecto que se aborda desde una intervención integral, tomando la clasificación, reciclaje y reutilización de los residuos sólidos como estrategias de seguridad laboral y ambiental, promoviendo buenas prácticas de gestión, tal como establece el marco normativo vigente en materia de seguridad, salud y medioambiente. Este proyecto es en parte financiado por fondos centrales de la Udelar —Comisión Permanente de Procesos y Condiciones de Estudio, Trabajo y Medio Ambiente Laboral en la Udelar— a partir de la postulación realizada por el Comité de Sostenibilidad. Con dichos fondos se están armando «estaciones de clasificación», para comenzar a clasificar y cuantificar algunos residuos: papel y cartón, envases reciclables y una fracción de residuos orgánicos —en principio, yerba, café y cáscaras de frutas—. Las estaciones son parte de una campaña de clasificación que se está coordinando con el servicio de comunicación de FADU.

■ TRANSVERSAL 1 [T1] – SUSTENTABILIDAD

La T1-Sustentabilidad pertenece al primer año curricular de la carrera Arquitectura y puede ser elegida como curso opcional por estudiantes de otras carreras de FADU, así como curso optativo por el resto de los servicios de la Udelar. Su principal objetivo es que las y los estudiantes comprendan la integralidad del ambiente, las implicancias y transformaciones que un hecho arquitectónico genera, fomentando una visión crítico-reflexiva acerca de la sustentabilidad en arquitectura.

Desde un enfoque complejo, el curso pretende que la sustentabilidad se comprenda como una manera de interpretar las relaciones sociales, económicas y ecológicas, para reconocer la multiplicidad de abordajes que existen en torno a la temática.

A través de los contenidos y las didácticas implementadas, las y los estudiantes recién ingresados a la Universidad internalizan el concepto de ambiente y sus elementos constitutivos e interrelaciones, para visibilizar así las características contemporáneas asociadas a la perspectiva ambiental.

En lo relativo al saber disciplinar, se reconocen las relaciones del hecho arquitectónico con el ambiente, para sensibilizar acerca de las transformaciones provocadas en el medio a partir de una intervención. Asimismo, se problematiza sobre la responsabilidad del ser universitario y sus actuaciones en las transformaciones del medio, para fomentar un compromiso ético de actuación.

Los contenidos específicos de cada semestre se plantean a partir de la lógica conocida como «enseñanza por problemas», en la que se reconoce la importancia de abordar la temática de sustentabilidad desde múltiples ejes temáticos —agua, residuos, movilidad, infraestructuras verdes, codiseño, actores, energía y materiales— con un enfoque integral —arquitectura y



FIGURA 12. DIVERSAS DIDÁCTICAS IMPLEMENTADAS EN LOS CURSOS DE T1-SUSTENTABILIDAD.
FUENTE: FOTOGRAFÍAS TOMADAS POR LOS DOCENTES DEL CENTRO

sustentabilidad—, multidimensional —ambiente y naturaleza, cambio climático, metabolismo urbano— y multiescalar —hábitat: sistemas y escalas—, que habilite la reflexión sistémica y relacional. Se plantean semanalmente ejercicios prácticos en torno a los conceptos desarrollados en cada instancia teórica. En las distintas ediciones se ha vinculado la estricta actividad curricular con «eventos» que se suceden en la comunidad académica, potenciando el acercamiento del estudiante a las realidades concretas de nuestro medio. Entre estos, se destacan: «Mayo Sustentable», del año 2017; «Usina Mercado Modelo», del 2022, y el ya comentado Foro de Sustentabilidad realizado en 2023. Asimismo, mediante un ejercicio cimentado en la pregunta «¿qué nos preocupa en FADU?», se han trabajado temáticas reales vinculadas a la sustentabilidad de FADU, lo que permitió que las y los estudiantes, en base a su experiencia diaria como habitantes cotidianos de los espacios, desencadenen procesos creativos que contribuyan a desarrollar una FADU sustentable a través de un concurso de ideas.

- **SUSTENTABILIDAD EN EDIFICIOS EDUCATIVOS – 2024**

Este curso promueve la incorporación del enfoque de sustentabilidad en los espacios educativos. Numerosos estudios han demostrado la estrecha relación que existe entre la calidad de los edificios educativos y los procesos de aprendizaje que se desarrollan en estos. La calidad edilicia también mejora la vida de las personas, su confort, sus ámbitos de relaciones; res-

peta las particularidades de los individuos, de las distintas comunidades, de los lugares; crea las condiciones óptimas para habitar, y permite una convivencia en los espacios desde la creatividad para trabajar en entornos de incertidumbre.

Con el objetivo de brindar herramientas conceptuales y prácticas que promuevan el diseño sostenible de los edificios educativos públicos, se diseña una propuesta curricular dirigida a técnicos de instituciones públicas vinculadas a la construcción de edificios educativos. Si bien la primera edición se liga a un acuerdo de trabajo con el Programa de Apoyo a la Educación Media y a la Formación en Educación, se plantea su inserción futura en el Sistema de Educación Permanente de FADU. Se proponen, así, instancias de formación teórico-práctica destinadas a los actores involucrados que contribuyan a generar una base conceptual para la formulación y creación de nuevos proyectos con criterios de sustentabilidad.

- **ACCESIBILIDAD AL MEDIO FÍSICO**

Se incorporan en este curso las temáticas de la movilidad activa y la accesibilidad. El curso plantea el concepto de derecho a la ciudad como base epistemológica para abordar nuestra realidad urbana como proceso continuo desde donde se ejerce y reconstruye la ciudadanía. Se abordan los derechos de movilidad y de accesibilidad en cuanto principios fundamentales de la vida urbana. El curso tiene como objetivo comprender dos cuestiones insepara-

bles: por un lado, la diversidad de circunstancias que viven las personas con movilidad y comunicación restringida y, por otro, el rol relevante que tiene el arquitecto en relación al desarrollo social e inclusivo de estas a través del diseño de un medio físico apto para todos.

A su vez, se estimula la creación de propuestas innovadoras respecto al diseño de un medio físico apto para todos y se fomenta la responsabilidad social del profesional —arquitecto, licenciado en diseño de comunicación visual, diseño de paisaje y/o diseño industrial— desde los distintos ámbitos en los que le corresponda actuar.

Oportunidades y desafíos en FADU

En el campo de la arquitectura, el diseño y el urbanismo la conciencia del papel que desempeñan los entornos habitados en la actual crisis climática está poniendo en primer plano nuevas responsabilidades tanto para docentes como para profesionales.

En este contexto de profundo compromiso con la sustentabilidad, el Centro de Sustentabilidad de la FADU prioriza el desarrollo de la conciencia crítica y la reflexión sobre las interdependencias entre disciplinas. Se conforma, entonces, como un ámbito de reflexión e intercambio, no solo para la institución, sino para la comunidad académica y la sociedad en su conjunto.

Esto requiere de una visión institucional que valore la sustentabilidad como una prioridad desde el inicio de los estudios y como un imperativo emergente que pide una revisión significativa de las formas en las que se enseña y de su inclusión en la currícula, inspirando prácticas y comportamientos sostenibles a través de métodos y herramientas de enseñanza apropiados y de la asignación de recursos humanos en investigación y extensión adecuados.



De la botella de vidrio al objeto de diseño

CAROLINA FRABASILE Y BEATRIZ AMORÍN

PALABRAS CLAVE

REUTILIZACIÓN DEL VIDRIO; HERRAMIENTAS DE CORTE; DIDÁCTICA DE TALLER; TRANSFORMACIÓN DE BOTELLAS

Resumen

El Laboratorio de Vidrio de la Escuela Universitaria Centro de Diseño forma parte de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo; desde el año 2010 ha concretado experiencias de enseñanza y extensión en relación con el vidrio como material de diseño. En el contexto actual, el cuidado del ambiente y la adopción de prácticas sustentables se han convertido en aspectos fundamentales para la sociedad. En este sentido, la reutilización de materiales es crucial para la reducción del volumen de residuos. En Uruguay no existen hoy industrias que fabriquen vidrio, por lo que la recircularización de este residuo presenta un ambiente propicio para desarrollar herramientas que habiliten al avance tecnológico de procesos productivos que lo transformen. Es así que tanto el diseño como la fabricación de herramientas para el corte de botellas de un solo uso buscan aportar a la solución de la escasez de recursos locales y promover la reutilización de residuos de vidrio.

Este artículo presenta la investigación y el desarrollo de herramientas para la transformación de botellas, así como las conclusiones que de allí se desprenden y las perspectivas a futuro surgidas de diferentes proyectos relacionados con la temática, realizados durante cinco años por parte del equipo docente del Laboratorio de Vidrio junto a estudiantes, en modalidades de prácticas de enseñanza y extensión.

La materialización en seis modelos de herramientas de marcado y choque térmico, y la participación de diversos públicos en los talleres refleja su impacto para la promoción de la sustentabilidad en el diseño de vidrio.

Licenciada en Diseño Industrial, perfil Producto (EUCD, FADU-Udelar). Ayudante en el Laboratorio de Vidrio de la EUCD. Coautora de diversos proyectos de enseñanza, investigación y extensión desde el 2019. Apasionada por la tecnología de las cosas en relación a los materiales, procesos productivos y mecanismos.

Licenciada en Ciencias de la Educación (FHCE-Udelar). Magíster en Enseñanza Universitaria (CSE y FHCE-Udelar). Profesora Adjunta del Área Tecnológica de FADU. Docente e investigadora en el Laboratorio de Vidrio de la EUCD (FADU-Udelar). Responsable de proyectos de enseñanza, investigación y extensión desde el 2010. El vidrio artístico y su enseñanza habitan en su vida.

Introducción

El vidrio es un material ampliamente utilizado en la industria y en la vida cotidiana, pero su reciclaje presenta desafíos técnicos y logísticos. Las botellas representan, específicamente, el 24 % de los residuos generados (Cempre, 2022). El vidrio es 100 % reciclable en el sector industrial, aportando una reducción de hasta un 30 % de energía en la demanda de los hornos de fundición. En Uruguay, sin embargo, no existen hoy industrias que lo fabriquen, por lo que la recircularización de su residuo debe proponerse mediante otros procesos.

En el contexto actual, la preocupación por el cuidado del ambiente y la adopción de prácticas sustentables se han convertido en aspectos fundamentales para la sociedad. En este sentido, la reutilización de materiales juega un papel crucial en la reducción del volumen de residuos. A su vez, el desarrollo de dispositivos para el corte de botellas de vidrio de un solo uso —que se presenta en este artículo— procura aportar a la problemática de los residuos de vidrio, promoviendo su reutilización a través del diseño y la fabricación de herramientas para transformarlos.

Escapa al alcance de este artículo la incidencia de la transformación de botellas en otros objetos dentro del volumen de envases descartados, que podría permitir un aporte en ese sentido. La relevancia del trabajo reside en la identificación, promoción y sensibilización de la comunidad con relación a la oportunidad de reutilizar y valorar el vidrio como materia prima para nuevos productos.

El proceso de corte de una botella de vidrio consta de dos partes. En primer lugar, se realiza una única incisión en el vidrio con una rulina de tungsteno, produciendo un sonido distintivo que indica si el vidrio está siendo *marcado* correctamente. Este paso es primordial para que el corte de la botella derive en un borde uniforme. En segundo lugar, se procede a aplicar calor sobre la marca realizada que —por el cambio de temperatura y la dilatación del material— separa las partes de la botella. Este procedimiento se conoce como *choque térmico*.

El Laboratorio de Vidrio de la Escuela Universitaria Centro de Diseño [EUCD] forma parte de la Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo [FADU]; desde el 2010 ha concretado experiencias de enseñanza y extensión en relación con el vidrio como material de diseño. Se propone como espacio de formación integral, a través de actividades con artistas, fábricas y museos nacionales vinculados al material, en tanto ámbitos no tradicionales de enseñanza formal (Amorín y Rava, 2013). Dentro de la Licenciatura de Diseño Industrial, el laboratorio tiene a cargo dos unidades curriculares: Laboratorio de Vidrio I y II.

El Laboratorio de Vidrio I propone actividades en el medio local a través de entrevistas, intercambiando saberes con actoras¹ relacionadas al material en sus espacios de trabajo. Sobre esta base, quienes estudian realizan el diseño de un póster científico que recopila las actividades vinculadas al vidrio a nivel local. En el Laboratorio de Vidrio II el intercambio con el medio se da a través de una práctica en coherencia con un estudio de diseño con el cual se desarrolla un producto con vidrio como material principal (Amorín, 2019).

1. Este trabajo utiliza el femenino para el plural, cuidando la inclusión lingüística y evitando —a su vez— grafismos que sobrecarguen el texto o dificulten la lectura.

Este artículo presenta a continuación el proceso de investigación y desarrollo local de herramientas para la transformación de botellas, las conclusiones que de él se desprenden y las perspectivas a futuro que se originaron en el transcurso de diferentes proyectos relacionados a la temática que ha realizado el equipo docente del laboratorio al cual pertenecen las autoras, junto con estudiantes, en modalidades de prácticas de enseñanza y extensión.

Antecedentes y justificación

A lo largo de la historia, han existido diversas empresas que fabricaron vidrio plano y vidrio hueco en Uruguay. La fabricación del vidrio plano se realizó durante el período de 1947 a 1993, mediante el método de estirado, por parte de las empresas Vicry S.A. y Vidplan (Doninalli et al., 2011). En cuanto al vidrio hueco, Cristalerías del Uruguay lideró, desde 1914 hasta 1999, la producción en nuestro país. En 2008, extrabajadores de esta empresa inauguraron una nueva fábrica de envases de vidrio bajo el nombre de Envidrio, financiada con fondos nacionales y provenientes de Venezuela (Gonella et al., 2009). En diciembre del 2019, esta fábrica cesó su actividad.

La inexistencia de producción de vidrio nacional deriva en que el desecho de vidrio carezca de comprador, lo que provoca que se deje de clasificar y sea descartado para realizar su disposición en canteras abandonadas o centros de disposición final de residuos. Esto no es acompañado por los planes gubernamentales de gestión de envases que aún utilizan el vidrio como material reciclable en algunos de los programas como, por ejemplo, Tu Envase Sirve. El vidrio depositado en estos contenedores llega entonces a las plantas de clasificación, donde se lo descarta, y luego va a la Usina n° 5 Felipe Cardozo, lo que aumenta el consumo de energía necesaria y la huella de carbono para la disposición de este residuo.

Según el *Análisis de capacidades de reciclado de vidrio en Uruguay* (Cempre, 2022), el Plan de Gestión de Envases declaró recuperar aproximadamente el 0,96 % —195 t— de las 20245 t anuales de residuos de vidrio. A su vez, la exportación representó alrededor del 13,23 % —2677 t— del total de residuos enviados a vertedero, que fue de 17373 toneladas. Estas cifras indican que existe un alto porcentaje —específicamente el 86,81 %— que se destina al vertedero. Además, se destaca que el vidrio contribuye con el 24 % del total de residuos vertidos anualmente en el país, lo cual evidencia la importancia de implementar medidas de gestión y reciclaje más efectivas para reducir el impacto ambiental.

Existen diversos emprendimientos a nivel internacional que utilizan botellas enteras y las transforman en otros objetos mediante cortes, pulidos y terminaciones superficiales. En este sentido, se destacan los españoles Lucirmás² y Roca Recicla de El Celler de Can Roca;³ los tanzanos Chako Zanzibar;⁴ y, en Latinoamérica, tanto la empresa chilena Green Glass Chile⁵ como los colombianos Nos Vidrios⁶ y Eselatino,⁷ que obtienen resultados con diversas características.

2. <https://lucirmas.com/>

3. <http://rocarecicla.com/>

4. <https://chakozanzibar.com/>

5. <https://www.greenglass.cl/>

6. <https://www.nosvidrios.com/>

7. <https://www.eselatino.com/>

Localmente, se identifican hasta el momento dos emprendimientos que utilizan el vidrio de desecho como materia prima para fabricar productos. Por un lado, Quimera Arte en Vidrio,⁸ que transforma botellas en productos de uso cotidiano mediante el corte y pulido en frío. Por otro lado, Arenas de Vidrio,⁹ que —a través de un proceso técnico de molienda— propone la reutilización del material como alternativa al uso de la arena natural para aplicaciones en asfaltos, filtración, construcción y decoración, que permite cuidar este recurso. En este sentido, el proyecto I+D *Diagnóstico del residuo de vidrio hueco centrado en su recircularización en el contexto local*, aprobado y financiado en el llamado IM-Udelar Ing. Oscar Maggiolo [2021], busca identificar empresas-emprendimientos que utilicen residuos de vidrio como materia prima, para promover su recirculación.

Desde el 2019, el Laboratorio de Vidrio ha trabajado en territorio en conjunto con el Programa Integral Metropolitano [PIM]. En sus inicios, a través de la convocatoria Yo-Soy-Efi, se realizaron actividades de diagnóstico de residuos de vidrios en la Planta de Clasificación Géminis, además de la ejecución de talleres de corte de envases. En 2020, a partir de la crisis social y sanitaria, el proyecto incorporó docentes de la Facultad de Psicología de la Universidad de la República. En esta oportunidad se efectuaron talleres práctico-reflexivos de corte de envases, implicando la necesaria actualización tecnológica de las herramientas con las que se contaba. Finalmente, en 2021, se consolidó un espacio a través de un acuerdo de trabajo que permitió sostener un taller con un encuentro semanal durante cuatro meses, en la casa PIM, donde se encontraron vecinas de la zona, público en general, docentes y estudiantes pasantes de extensión de la EUCD, que continúa en la actualidad. Además, el equipamiento incorporado implicó un desarrollo tecnológico que aportó los intercambios y el desenvolvimiento creativo de quienes participaron, modificando los resultados materiales. En función de ese espacio y en el marco del 2022 —declarado como Año Internacional del Vidrio¹⁰ por la ONU—, el equipo docente-estudiantil realizó una exposición fotográfica a cielo abierto denominada *Botellas en el medio*,¹¹ presentando los intercambios y transformaciones materiales y personales que allí ocurren.

A su vez, durante el 2021, a partir de las experiencias expuestas, algunas docentes del laboratorio —en conjunto con las estudiantes pasantes en extensión— presentaron un taller en Espacio Campo¹² de la Usina de Innovación Colectiva en el ex Mercado Modelo. En marzo de 2022, este grupo presentó una serie de talleres de tres encuentros semanales en Modelo Abierto,¹³ en el marco del mismo convenio.

Durante el 2022, parte del equipo del laboratorio apoyó un taller de similares características en Palmar, en el departamento de Soriano. El mismo año, durante el desarrollo de las actividades en el marco de Yo-Soy-Efi y en vínculo con la celebración del Año Internacional del Vidrio, se llevaron a cabo una serie de talleres coordinados con una docente de Química de Enseñanza Secundaria. Fue así que adolescentes de segundo y tercer año de liceo asistieron al laboratorio para intercambiar sobre la importancia del vidrio en el día a día y realizar un ejercicio

8. <https://www.quimera.uy/>

9. <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/noticias/iniciativas-promueven-cuidado-del-ambiente-recursos-naturales>

10. <https://www.iyog2022.org/>

11. <https://www.fadu.edu.uy/laboratorio-vidrio/sin-categoria/inaguracion-de-fotogaleria-botellas-en-el-medio-en-el-pim/>

12. <http://www.fadu.edu.uy/laboratorio-vidrio/sin-categoria/taller-para-vasos-botellas-en-la-usina-de-innovacion-colectiva-de-fadu-ex-mercado-modelo/>

13. <http://www.fadu.edu.uy/laboratorio-vidrio/sin-categoria/el-laboratorio-de-vidrio-en-la-usina-mercado-modelo-de-fadu/>



FIGURA 1. TALLER PARA VASOS, BOTELLAS EN LA TERRAZA DE AMPLIACIÓN CON COMUNIDAD FADU. FUENTE: ESPACIO DE FORMACIÓN INTEGRAL PRÁCTICAS SUSTENTABLES DE DISEÑO EN VIDRIO-LABORATORIO DE VIDRIO. AUTOR: GASTÓN ADINOLFI

práctico durante el cual cada una cortó y pulió una botella de vidrio de un solo uso, para convertirla en un vaso. En definitiva, las liceales transitaron un taller similar al del Espacio Campo.

A su vez, en base a la nueva localización de algunos de los Laboratorios de Materiales del Área Tecnológica de la EUCD en la sede central de la FADU se identificó la oportunidad de integración con la comunidad del servicio en donde también se desarrolló un taller abierto *Para vasos, botellas* en la terraza de ampliación, colaborando a habitar este espacio nuevo de encuentro.

Finalmente, dada la escasez de dispositivos para trabajar el vidrio en el mercado local, Uruguay se presenta como un ambiente propicio para desarrollar

herramientas que habiliten al avance tecnológico de procesos productivos que lo transforman (Frabasile, 2021). En este sentido, cabe destacar que el equipo docente del Laboratorio de Vidrio ha procurado —durante la ejecución de los proyectos y talleres de corte de botellas antes mencionados— desarrollar y adaptar herramientas y dispositivos para el trabajo con vidrio, que permitan transformar el material. Además, durante cada taller, ha puesto a disposición las fichas de armado de las herramientas que se han diseñado, que juegan un papel clave en la democratización del conocimiento, en tanto proporcionan información detallada y accesible. Así se fomenta que más personas puedan involucrarse en la fabricación de herramientas de corte de botellas y contribuir a prácticas sustentables de reutilización y recircularización de material de desecho. Se procura sensibilizar a quienes participan sobre la importancia de la clasificación de residuos y reutilización de materiales de desecho. Si bien el aporte no está en relación a la cantidad de envases de vidrio reutilizado, el grado de incidencia de los desarrollos propuestos se distingue con relación a la enseñanza de la valoración del residuo de vidrio como materia prima en el contexto local.

La democratización del conocimiento proyectual y su apropiación social permiten en este diálogo político la sensibilización entre las personas involucradas y el público en general sobre temas medioambientales relevantes, además de promover la participación activa y crítica en la clasificación de residuos. (Amorín et al., 2022, p. 317)

Objetivos

- Desarrollar dispositivos que permitan realizar cortes precisos en botellas de vidrio.
- Garantizar la seguridad de las usuarias al manipular las botellas y las herramientas durante el proceso de corte.
- Proponer modificaciones que mejoren la versatilidad, transportabilidad y eficiencia energética.
- Promover la difusión y accesibilidad del conocimiento generado.

Metodología: estrategias y actividades

La metodología utilizada en este proceso en relación con los objetivos planteados incluyó diseñar mecanismos de corte más eficientes, que redujeran la posibilidad de provocar fracturas o astillas en el vidrio, obteniendo así piezas con un borde uniforme. De igual modo, con relación a la seguridad en la manipulación, se abordaron las características ergonómicas que minimizaran los riesgos de accidentes tanto eléctricos como mecánicos. Además, se buscó aumentar la estabilidad de las herramientas para incrementar la seguridad percibida de los usuarios y evitar movimientos indeseados durante el corte, favoreciendo la precisión.

Del mismo modo, se procuró desarrollar dispositivos que fueran adaptables a diferentes tamaños y tipos de botellas de vidrio, y se buscó implementar modificaciones que minimizaran el peso y tamaño de las herramientas para facilitar su traslado y maximizar la eficiencia energética.

Por último, como forma de promover la difusión y la accesibilidad del conocimiento, se diseñaron fichas de armado detalladas y comprensibles, que pusieron a disposición información sobre la fabricación de herramientas de corte de botellas de vidrio, paso a paso.

El desarrollo del conjunto de herramientas para cortar botellas se llevó a cabo mediante una metodología que incluyó diversas etapas de diagnóstico, prototipado y evaluación continua en cada taller. Se presenta a continuación:

1. **Diagnóstico transversal.** Se realizó un diagnóstico transversal a lo largo de todo el desarrollo de herramientas, nacional e internacional, para explorar las técnicas existentes y sus limitaciones. Se relevó el método de corte de diversas empresas iberoamericanas como Romero-Gurman,¹⁴ Green Glass Chile,¹⁵ Eselatino, Nos Vidrios, Lucirmas, Quimera, Cerrando el Ciclo.¹⁶
2. **Primer acercamiento a la técnica.** Se probó por primera vez el corte por choque térmico, utilizando un hilo de algodón embebido en alcohol y encendido. Los resultados obtenidos carecían de prolijidad, seguridad y posibilidad de sistematizar o escalar los resultados, definiendo así el problema de diseño.
3. **Mejora de la tecnología.** Se desarrolló un dispositivo de marcado de botellas. Para esto, se utilizó un trozo de perfil de acero al carbono con forma de «U», y en uno de sus lados se colocó un tornillo con una rulina de corte de vidrio convencional [Fig. 2a]. Este dispositivo permitía marcar las botellas de manera precisa y cuidar la prolijidad.
4. **Actualización del método de aportar calor.** A partir de los resultados de la etapa n° 2, se propuso una actualización construyendo una estructura de madera sobre la que se colocaron piezas de placa refractaria dispuestas en un ángulo de 120°. En el centro de las placas, se colocó un rulo de resistencia eléctrica. Los extremos de la resistencia estaban conectados a un interruptor eléctrico y este, a su vez, a la red eléctrica de tipo doméstica. El dispositivo también contaba con ruedas para facilitar el giro de la botella [Fig. 3a].
5. **Diseño asistido por computadora.** Mediante la utilización de *software* de Diseño Asistido por Computadora [CAD, por sus siglas en inglés], se crearon modelos virtuales que permitieron realizar ajustes antes de la fabricación física de los prototipos.
6. **Rediseño de herramienta de marcado.** A medida que se utilizaban los dispositivos en el laboratorio y se desarrollaban talleres, se identificaban

14. <https://www.vitrofusionmaterialesyequipos.com/>

15. <https://www.greenglass.cl/pages/la-magia-detras-de-green-glass>

16. <https://cerrandoelciclo.org/tienda/>

oportunidades de mejora. Además, en la profundización en antecedentes internacionales, se identificó un dispositivo realizado con perfiles estandarizados de aluminio y se realizó un rediseño que se fabricó en otros laboratorios con varillas, planchuelas y caño cuadrado de acero al carbono. Esto permitió que la usuaria girara la botella con mayor facilidad sobre un conjunto de rulemanes enhebrados en las varillas de acero, mientras el caño cuadrado sostenía el cortante que quien la usa presiona sobre la botella para marcar el corte a realizar [Fig. 2b].

7. Actualización en seguridad eléctrica —en tres líneas de trabajo en relación con la prevención de descargas eléctricas— a quien la utiliza:

- I. Agregar una llave diferencial al dispositivo.
- II. Reemplazar el rulo de resistencia por una blindada fabricada específicamente para este uso [Fig. 3b].
- III. Dispositivo con una fuente eléctrica de 24 V y 10 A, junto con una resistencia eléctrica de rulo descubierto de 3Ω [Fig. 3c].

8. Alternativa de herramienta de marcado. A partir de los antecedentes encontrados internacionalmente, se propuso fabricar otro modelo de marcadora de botellas para ofrecer alternativas a quienes asistían a los talleres. El nuevo dispositivo consta de una tabla con cinco ruedas dispuestas para dar estabilidad a la botella, cualquiera sea la altura del corte que se quiera realizar. En este dispositivo, el cortante se ubica por debajo de la botella a cortar. Además, cuenta con una escuadra de acero que funciona de tope para asegurar que el marcado se realice a la misma altura en toda la circunferencia del envase [Fig. 2c]. La forma de utilización de esta herramienta requiere que la botella sea presionada hacia abajo al hacerla girar sobre las ruedas para realizar el marcado correspondiente.

9. Reducción de dimensiones y peso como forma de facilitar el transporte y la realización de talleres en diferentes lugares. Se trabajó en tres líneas:

- I. Transformar la herramienta en un volumen compacto con los cables invisibles para quien la utiliza [Fig. 3b].
- II. Reemplazar los ladrillos refractarios por hormigón celular.
- III. Reducir las dimensiones del dispositivo a la mitad [Fig. 3c].

10. Diseño de fichas de armado. Estas fichas fueron redactadas para proporcionar información clara y concisa sobre la construcción de las herramientas, guiando cada paso del proceso. Se incluyeron descripciones de las partes y componentes de las herramientas, así como indicaciones sobre los procedimientos y precauciones a seguir durante la fabricación. La redacción de estas fichas se realizó con un lenguaje accesible y didáctico,

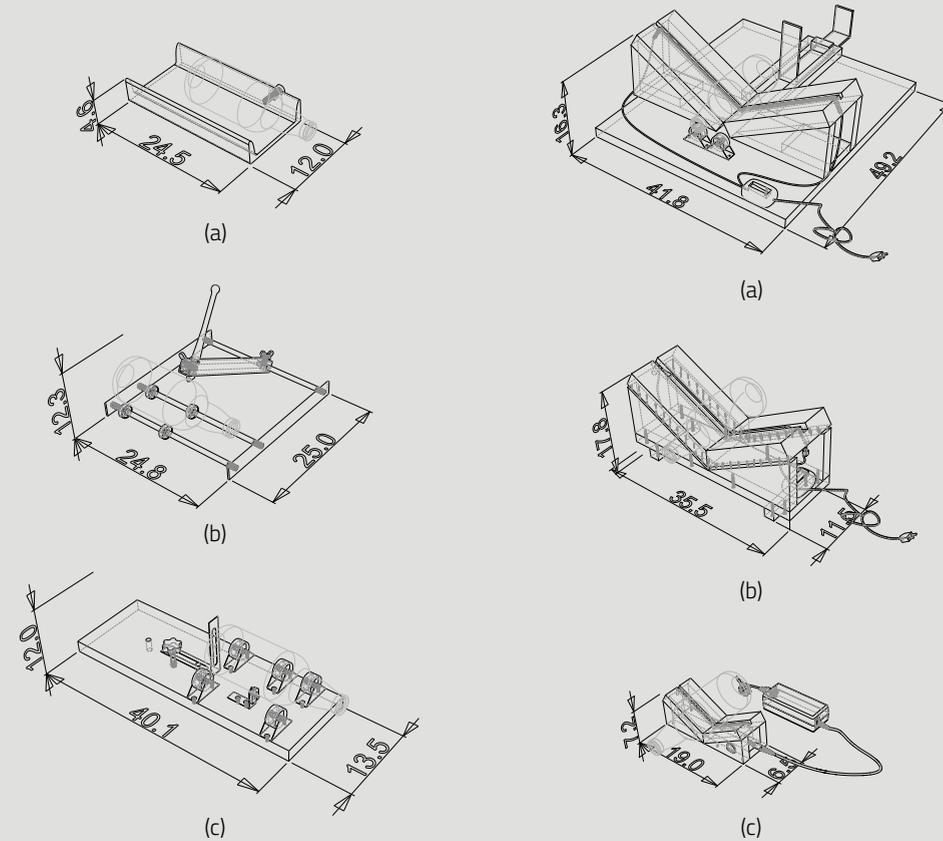


FIGURA 2. ILUSTRACIONES DE LOS TRES MODELOS DE MARCADORAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. AUTORA: CAROLINA FRABASILE

FIGURA 3. ILUSTRACIONES DE LOS TRES MODELOS DE HERRAMIENTAS DE CHOQUE TÉRMICO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. AUTORA: CAROLINA FRABASILE

permitiendo que personas con diferentes niveles de experiencia pudieran comprenderlas y utilizarlas. Además, se usaron ilustraciones y diagramas para complementar el texto y brindar una representación clara de cada etapa del armado.

Resultados y discusión

La identificación temprana del problema permitió establecer los objetivos y criterios de diseño que se propusieron en el proceso. Se detectó la necesidad de contar con dispositivos especializados para transformar botellas de descarte mediante un corte controlado, fomentando así su reutilización en la creación de nuevos objetos.



FIGURA 4. TALLER PARA VASOS, BOTELLAS EN USINA MERCADO MODELO- ESPACIO CAMPO. SE MUESTRAN LOS DOS MODELOS DE MARCADORAS SELECCIONADOS PARA LOS TALLERES EN TERRITORIO. FUENTE: USINA DE INNOVACIÓN COLECTIVA FADU. AUTORA: RAFAELLA MIAU

El análisis de antecedentes de los métodos y las técnicas existentes proporcionó una base sólida de conocimientos que permitió comprender las limitaciones y los desafíos asociados con el corte de botellas, y orientó las decisiones de diseño. El enfoque iterativo permitió perfeccionar las herramientas en términos de funcionalidad, seguridad y facilidad de uso. En relación con esto, según Frabasile (2021), a lo largo de los años se ha procurado estructurar el proceso de diseño y establecer un método que lo represente. Ese esfuerzo continúa en constante evolución. Se trata de un proceso no lineal en el cual la iteración desempeña un papel fundamental para el desarrollo de soluciones.

La retroalimentación que surge a partir del uso de las herramientas en los diversos territorios desempeñó un papel crucial en esta etapa, ya que permitió identificar posibles mejoras y realizar ajustes necesarios. La experiencia de las usuarias en talleres de corte contribuyó significativamente a la evolución y optimización de las herramientas.

El resultado de este proceso de investigación se materializó en seis modelos de herramientas de marcado y choque térmico, de las cuales se seleccionaron —para continuar con los talleres de corte de botellas y de mejora continua— dos marcadoras [Figs. 2b y 2c] y dos de choque térmico [Figs. 3b y 3c].

El desarrollo de estas herramientas ha permitido una discusión enriquecedora sobre su eficiencia y aplicabilidad en el ámbito de la reutilización de envases de vidrio de un solo uso, brindando nuevas oportunidades para su transformación en otros objetos. También se abordaron aspectos relacionados con la seguridad, portabilidad y facilidad de uso de las herramientas, buscando encontrar soluciones prácticas que se adaptaran a diferentes contextos



FIGURA 5. TALLER PARA VASOS BOTELLAS EN TERRAZA DE AMPLIACIÓN FADU. SE MUESTRA UN MODELO DE HERRAMIENTA DE CHOQUE TÉRMICO SELECCIONADO PARA LOS TALLERES EN TERRITORIO. FUENTE: ESPACIO DE FORMACIÓN INTEGRAL PRÁCTICAS SUSTENTABLES DE DISEÑO EN VIDRIO- LABORATORIO DE VIDRIO. AUTOR: GASTÓN ADINOLFI

y necesidades. En este proceso se avanzó sobre la obtención de herramientas seguras, eficientes y precisas para el corte de botellas de vidrio.

Otro resultado de este trabajo son las fichas de armado de las herramientas desarrolladas. Incluyen dibujos explicativos que desglosan cada una de sus partes y describen los procesos necesarios para su fabricación, lo que las convierte en un material útil para aquellos interesados en profundizar en la temática y en armarlas de forma autónoma.

La disponibilidad de las fichas de armado permite la democratización de la información necesaria para construir las herramientas, lo que habilita el acceso de diversas personas a herramientas para el corte de botellas. La difusión de estas fichas ha contribuido a promover la autonomía de las usuarias y su participación en prácticas sustentables, fomentando así la reutilización de botellas. Según Jorgensen (2015), además del acceso a herramientas para habilitar la innovación, el conocimiento acerca de su utilización es crucial. Esto favorece la participación activa de la comunidad y facilita la ampliación del alcance del desarrollo, generando un impacto significativo en términos de reutilización de botellas, lo que resulta en la creación de cada vez más herramientas eficientes, seguras y accesibles para el público en general.

Este proceso de investigación en diseño se basa, entre otros aspectos, en la búsqueda sostenida de las docentes del laboratorio de formas de financiamiento que permitieron destinar recursos en horas docentes y gastos de materiales con diferentes objetivos específicos. Como consecuencia, a partir de los proyectos financiados que fueron mencionados en el apartado «Antecedentes y justificación», se fabricaron herramientas que constituyen un avance tecnológico y proveen al Laboratorio de Vidrio de capacidades de trabajo en otro sentido. Así, se

abre una nueva línea de investigación de trabajo en frío, que se consolida a través de la suma de proyectos que profundizan en este ámbito, en diversos sentidos, y se complementan para aportar a la generación de conocimiento integral y la formación docente-estudiantil en la temática.

Es importante resaltar que la escritura y desarrollo de proyectos con diferente temporalidad fortalece el proceso iterativo, aspecto fundamental en la investigación en diseño. En este sentido, cada avance en las herramientas producidas, por escaso que sea, es testado con usuarias en el territorio en el marco del proyecto que lo propone, aportando una retroalimentación rápida que permite el rediseño. Esto va en concordancia con Ries (2012), quien en su enfoque de desarrollo de productos expone un ciclo que busca dividir los procesos de generación de ideas y probar los resultados lo más temprano posible, para obtener retroalimentación, así como aprender y realizar ajustes fundamentados en la generación de ideas en curso.

Sin lugar a dudas, queda aún camino por recorrer en lo que respecta a la mejora de los dispositivos para cortar botellas. El laboratorio seguirá trabajando en el marco de sus proyectos para alcanzar herramientas cada vez más eficientes, seguras y accesibles para el público en general. El compromiso de continuar investigando y diseñando permitirá perfeccionar las tecnologías existentes y explorar nuevas posibilidades, con el objetivo de brindar soluciones innovadoras y prácticas para el corte de botellas de vidrio, a través de una constante retroalimentación y colaboración con la comunidad.

En este sentido, actualmente parte del equipo lleva adelante dos proyectos. Por un lado, *Diseño de talleres itinerantes: para vasos, botellas*, financiado por la convocatoria «Desarrollo de la extensión» [2022] de la Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio, que propone diseñar estrategias didácticas y tecnológicas —a través de talleres con diferentes organizaciones en el interior del país— y convocar a estudiantes como practicantes, para aportar a la solución de problemas reales con relación a los residuos, valorando el diálogo de saberes. Por otro, *Diagnóstico del residuo de vidrio hueco centrado en su recircularización en el contexto local*, aprobado y financiado en el llamado IM-Udelar Ing. Oscar Maggiolo [2021], mencionado en el apartado «Antecedentes y justificación».

Conclusiones

El desarrollo de herramientas de corte de botellas de vidrio ha demostrado su eficiencia al proporcionar resultados precisos y controlados. Estas herramientas ofrecen una solución concreta para aprovechar las botellas de vidrio. Sin embargo, es importante destacar que este campo sigue en evolución, permitiendo la exploración de nuevas tecnologías, así como nuevos materiales y métodos de diseño para lograr herramientas aún más eficientes y sustentables.

El trabajo en talleres con estas herramientas ha despertado un gran interés, que se muestra a través de la alta participación de público diverso como

niñas desde seis años de edad, adolescentes liceales, mujeres de la zona de influencia de la casa PIM, vecinas del ex Mercado Modelo, estudiantes, docentes y funcionarias de FADU, entre otras. Además, la creación de vínculos con organizaciones relacionadas con la temática y la sustentabilidad ha permitido ampliar el impacto de los talleres y promover la reutilización a través de diferentes colaboraciones.

A su vez, la transformación de botellas en otros objetos es una excusa para que las participantes se acerquen a una tecnología que no se incluye en otros ámbitos de enseñanza, poniendo el foco en la experiencia y no en el objeto final. Los talleres desarrollados procuran sensibilizar a quienes participan en relación con la importancia de clasificar los residuos para permitir su reutilización. En este sentido, el aporte de estas actividades no se determina por la cantidad de envases de vidrio reutilizados, sino por la autopercepción de las participantes como agentes transformadoras e impulsoras de un cambio en el contexto local.

Además, el desarrollo de estas herramientas generó un efecto multiplicador al involucrar a una red más amplia de actores interesados en la temática. Este trabajo ha permitido crear sinergias y aprovechar de manera efectiva los recursos y conocimientos disponibles en la comunidad. Las fichas de armado también juegan un papel importante al promover la autonomía y la participación activa de las personas en la construcción de estas herramientas.

La redacción de este artículo representa una oportunidad para detenernos, hacer una pausa y reflexionar, exponiendo en un texto los resultados de investigación logrados hasta el momento, tras un proceso de desarrollos y postulaciones en búsqueda de financiamiento, a lo largo de cinco años. Estos logros refuerzan la importancia de seguir impulsando iniciativas que fomenten prácticas sustentables en el diseño de vidrio.

Referencias bibliográficas

- Amorín, B. (2019). *Producción tradicional de vidrio en entornos contemporáneos de Diseño* [Comunicación]. 8° Encuentro BID Enseñanza y Diseño (20 a 22 de noviembre de 2019, Madrid, España), Foro de innovación docente: comunicaciones. Recuperado de <https://bid-dimad.org/octavoencuentro/es/disenio-para-la-gente/>
- Amorín B. y Rava, C. (2013). *Extenso 2013*. El taller de vidrio como propuesta pedagógica vinculada al medio. Recuperado de http://formularios.extension.edu.uy/ExtensoExpositor2013/archivos/290_resumen318.pdf
- Amorín, B., Rava, C. y Frabasile, C. (2022). Tecnología y Diseño: el vidrio en territorio. En A. Cano, G. Parrilla y V. Cuadrado (Comps.), *Las formas de la desigualdad, los modos de lo común: experiencias universitarias desde el territorio* (pp. 309-329). Montevideo: Programa Integral Metropolitano y Udelar. Recuperado de <https://pim.udelar.edu.uy/portal/noticias/las-formas-de-la-desigualdad-los-modos-de-lo-comun-experiencias-universitarias-desde-el-territorio/>

- Cempre [Compromiso Empresarial para el Reciclaje]. (2022). *Análisis de capacidades para el reciclado de vidrio en Uruguay*. Montevideo: Cempre, Ministerio de Ambiente, PNUD, Page Uruguay y LK Sur. Disponible en <https://cempre.org.uy/presentamos-los-resultados-de-la-investigacion-analisis-de-capacidades-de-reciclaje-de-vidrio-en-uruguay/>
- Doninalli, I., García, F. y Moreno, N. (2011). *Análisis de los factores determinantes de las ventajas competitivas en el sector vidrio plano en Uruguay*. (Monografía de grado, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay). Repositorio institucional de la Udelar: <https://hdl.handle.net/20.500.12008/451>
- Frabasile, C. (2021). *Molde variable para termomodelado de vidrio plano de fabricación y uso local*. (Tesis de grado, EUCD, FADU, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay). Repositorio institucional de la Udelar: <https://hdl.handle.net/20.500.12008/40603>
- Gonella, F., Muñoz, J. y Wallace, C. (2009). *Análisis y evolución del negocio del vidrio hueco para envases en el Uruguay*. (Tesis de grado, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay). Repositorio institucional de la Udelar: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/62>
- Jorgensen, T. (2015). *Independent innovation through digital fabrication focusing on explorations in reconfigurable pin tooling* [Innovación independiente a través de la fabricación digital centrándose en exploraciones en herramientas de pasadores reconfigurables]. (Tesis de doctorado, Universidad de las Artes, Londres, Inglaterra; Universidad Falmouth, Falmouth, Inglaterra). Repositorio institucional de la Universidad de las Artes de Londres: <https://ualresearchonline.arts.ac.uk/id/eprint/13349>
- Ries, E. (2012). *El método Lean Startup* (J. San Julián, trad.). Barcelona: Deusto.

Análisis energético en la fabricación de materiales de producción nacional

VIRGINIA CASAÑAS

Arquitecta (FArq-Udelar).
Magíster en Construcción de Obras de Arquitectura (Maestría Interinstitucional UFRGS-Udelar).
Profesora Adjunta (actualmente, profesora Agregada subrogante) del Instituto de Tecnologías.
Integrante de los comités académicos de los siguientes diplomas de FADU (Udelar):
Especialización y Maestría en Construcción de Obras y Especialización en Diseño de Estructuras. Responsable de proyectos del Plan de Obras de Mediano y Largo Plazo (POMLP-Udelar). Coordinadora de ejecución de proyectos del POMLP (Udelar) entre 2017 y 2022.

PALABRAS CLAVE

MATERIALES NACIONALES; PROCESO PRODUCTIVO; CICLO DE VIDA; EMISIONES DE CO₂; ENERGÍA INCORPORADA

Resumen

El consumo energético es uno de los temas ambientales más importantes que enfrenta la sociedad contemporánea. La energía usada en los edificios proviene principalmente de la combustión de combustibles fósiles que contribuyen a la contaminación atmosférica.

La industria de la construcción a nivel mundial es responsable del 50% de los recursos naturales y del 40% del consumo de energía, considerando el ciclo de vida de la edificación. La demanda energética de los edificios se ha incrementado en un 4% desde el 2020, y el mayor aumento se registró en los últimos diez años. Las emisiones de CO₂ procedentes de la operación de edificios, sumadas a las emisiones provenientes de la fabricación de materiales, representan cerca del 37% de las emisiones globales del 2021.

El uso de la energía permite evaluar el impacto ambiental del ciclo de vida de la edificación mediante la estimación de consumos energéticos. Los métodos de Análisis de Ciclo de Vida Energético [ACVE] en las edificaciones utilizan la energía como medida del impacto ambiental y permiten presentar índices de energía incorporada.

En este contexto, la investigación se centró en la estimación de la energía incorporada en dos materiales de producción nacional: ladrillo y acero. Una vez estimada la energía incorporada, fue posible obtener conclusiones que permiten contribuir al abordaje de la sustentabilidad en la industria a nivel local. De los

dos materiales analizados, el ladrillo produce menor impacto ambiental, ya que el consumo de energía proviene de fuentes renovables y las emisiones son menores. Las cantidades de energía requerida y de emisiones son mayores para el acero: el transporte tiene una influencia significativa, se incrementan los valores de energía incorporada y, por lo tanto, los impactos generados en el ambiente.

Introducción

La demanda de materiales de construcción lleva a la necesidad de extraer y procesar gran cantidad de materias primas con un alto costo energético. El inminente agotamiento de los recursos vuelve prioritaria una búsqueda de conocimiento profundo sobre cómo actuar para reducir el impacto en nuestro entorno a través del ahorro de energía.

El consumo mundial de materias primas se duplicará en el año 2060 con el crecimiento de la economía mundial, lo que profundizará la sobrecarga ambiental (OCDE, 2019).

Las estrategias de eficiencia de materiales aplicadas en edificios tienen un inmenso potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero [GEI], según el Panel Internacional de los Recursos (Naciones Unidas, 2020). El uso de materiales reciclados o de baja energía incorporada podría reducir un alto porcentaje de las emisiones de GEI procedentes del ciclo de materiales de edificios residenciales en el año 2050 (Naciones Unidas, 2022).

La industria de la construcción es uno de los motores que impulsa y sostiene el desarrollo social y económico, y es uno de los sectores más intensivos en el uso de recursos. Los materiales utilizados en la industria de la construcción son obtenidos mediante la extracción de materias primas a través de procesos industriales que alteran el medio ambiente. Estas materias primas se transforman y necesitan una considerable cantidad de energía obtenida de fuentes primarias basadas en combustibles fósiles, lo cual genera grandes cantidades de residuos que regresan al medio ambiente a través de residuos líquidos, emisiones tóxicas y residuos sólidos, generando una considerable emisión de GEI con nocivas repercusiones locales y globales (Huang et al., 2019).

Los materiales de construcción tienen un significativo impacto ambiental y son parte importante de los procesos desarrollados a lo largo del ciclo de vida de las edificaciones. Tanto las actividades propias de extracción, transformación y transporte de las materias primas como la actividad en el sitio de la obra, las actividades de mantenimiento y las de demolición implican el consumo de materiales y tienen consecuencias ambientales considerables (Rivera García, 2020). Uno de los impactos más importantes es la incorporación de GEI a la atmósfera durante los procesos previamente mencionados. Es posible cuantificar estos impactos mediante la energía incorporada.

La investigación intenta poner de relieve la importancia del consumo de energía en el sector de la industria desde una perspectiva integradora, focalizándose

en el ciclo de vida de la producción de los materiales de construcción —de la cuna a la puerta—; es decir, teniendo en cuenta la extracción y fabricación de las materias primas, el transporte y el producto acabado pronto para su uso en la obra.

Sustentabilidad y construcción

La importancia dada a los factores ambientales no es nueva en la historia de la arquitectura, pero fue en la década de 1970 cuando las preocupaciones ambientales cobraron fuerza. La crisis del petróleo y la amenaza de problemas ambientales a gran escala cuestionaron el modelo de desarrollo basado en el consumo ilimitado de la energía fósil, colocando la reducción del consumo y la problemática ambiental en la agenda de las discusiones (Tavares, 2006; CIB, 1999).

El informe *Nuestro futuro común*, de la Comisión Brundtland, define el desarrollo sustentable como «aquél modelo de desarrollo que tiende a la satisfacción de las necesidades sociales e individuales presentes, sin comprometer la posibilidad que las futuras generaciones puedan satisfacer las suyas» (WCED, 1987, p. 42).

La satisfacción de las necesidades de una sociedad se produce a través de la provisión de bienes y servicios generados por el sistema, utilizando y transformando recursos obtenidos de la naturaleza. Tanto la extracción de materias primas como su transformación en productos generan residuos que se dispersan en el medio, acelerando el proceso de degradación.

La sustentabilidad nos obliga a tener una mirada más amplia —en tiempo y espacio, así como en costos a largo plazo— de la que solíamos tener en la construcción tradicional. La construcción sustentable debe ser abordada desde un pensamiento holístico en cuanto a construcción y gestión del ambiente construido, con una perspectiva de ciclo de vida. Los materiales de construcción no solo deben ser producidos de forma sustentable, sino también dar respuesta a las nuevas exigencias que se derivan de condiciones ambientales, incorporando la sostenibilidad económica y social (CIB, 1999).

Ciclo de vida

Toda actividad humana requiere del uso de materiales para poder desarrollarse. Estos materiales se extraen del medio natural —produciendo impactos ambientales asociados y una consecuente disminución de sus reservas— y regresan nuevamente al medio ambiente como residuos que producen contaminación. Esta dinámica compromete la viabilidad del modelo de desarrollo, haciendo imprescindible asumir la necesidad de un modelo de producción compatible con la sustentabilidad, que garantice la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades (Societat orgánica, 2005).

La incidencia de los materiales de construcción en el medio ambiente se da a lo largo de su ciclo de vida, desde su primera fase de extracción y procesamiento

de materias primas hasta el final de su vida útil; es decir, hasta su tratamiento como residuo, pasando por las fases de producción o fabricación del material y por la del empleo o uso racional de estos materiales (Arenas, 2008).

Para poder evaluar al sector de la construcción es necesario reconocer, cuantificar y calificar los recursos utilizados en las diferentes etapas del proceso constructivo. Existen diversos métodos para el análisis ambiental de todo el ciclo de vida de la edificación, caracterizado por las etapas de extracción, fabricación, transporte, construcción, uso y mantenimiento, y demolición. A esto se suman métodos de análisis ambiental específicos del ciclo de vida de los materiales de construcción, ya que cada etapa del ciclo de vida está relacionada con determinados impactos ambientales. Una de estas metodologías evalúa los impactos ambientales asociados en todas las etapas del ciclo de vida de un producto, servicio o proceso, y se conoce como Análisis de Ciclo de Vida [ACV]. Un estudio de ACV comprende un inventario de energía y materiales involucrados en toda la cadena de valor del producto, y permite una evaluación cuantitativa de los impactos ambientales (González Calderón y Guerrero Baca, 2022).

La metodología del ACV, establecida en las normas ISO 14040/43 (Organización Internacional de Normalización [ISO], 1997), es considerada una herramienta efectiva y confiable. Permite cuantificar impactos ambientales asociados a un producto o servicio desde su origen —extracción de la materia prima— hasta su disposición final —residuo—, realizando un inventario completo del consumo de recursos y emisiones asociados al ciclo de vida de un producto.

Del análisis sobre resultados de ACV surge como denominador común que los impactos relativos al consumo de energía son significativos. El ACVE permite realizar en forma simplificada la evaluación de impactos mediante la estimación de consumos energéticos requeridos para transformar las materias primas en productos; es lo que denominamos «energía incorporada» (González Calderón y Guerrero Baca, 2022).

El gasto energético se expresa en megajoules [MJ] o en su equivalente kilovatio-hora [kWh], siendo 1 kWh equivalente a 3,6 MJ. El consumo de energía se puede traducir en emisiones de dióxido de carbono [CO₂], recurso útil para valorar la repercusión ambiental de las diferentes fuentes implicadas en los procesos.

En nuestro país, la producción de materiales responde a parte de los impactos ambientales generados por la industria de la construcción, lo que justifica la necesidad de profundizar en el conocimiento de todos los aspectos medioambientales que afectan al ciclo de vida de los productos de construcción elegidos y producidos en Uruguay; y caracterizar parte del ciclo de vida de la producción de dichos materiales, desde la etapa de extracción de la materia prima hasta el producto acabado pronto para su uso.

Energía incorporada

Los impactos relacionados con la producción de materiales se corresponden estrechamente con la energía incorporada en los materiales. La industria del cemento es la mayor emisora de dióxido de carbono [CO₂], óxidos de nitrógenos [NO_x], dióxido de azufre [SO₂] y materiales en suspensión en el aire —polvo—. Las industrias del cerámico y del acero utilizan alto porcentaje de fuentes no renovables y son grandes consumidoras de energía.

El primer consumo energético que debemos considerar es la energía invertida en la fabricación de materiales con los que construimos nuestras edificaciones. Cada material sufre un proceso de extracción de materias primas, transporte hacia los centros de transformación, procesos de conformación, transporte hacia los centros de distribución y nuevamente transporte hacia el lugar de la ejecución de la edificación. Cada paso implica un consumo de energía, siendo los procesos de extracción y transformación los más significativos desde el punto de vista energético (Cuchí, 2003).

La energía incorporada [EI] en los materiales es el conjunto de insumos energéticos directos o indirectos, necesarios para la fabricación y distribución en las etapas preoperacionales de su ciclo de vida (Treolar, 2001, citado en Tavares, 2006).

La cuantificación de la EI requiere mirar a largo plazo el proceso completo de fabricación; conlleva, además, un gran número de variables potencialmente significativas, lo que hace complejo su cálculo a la hora de obtener cifras exactas. Las cifras exactas no son necesarias para tomar decisiones sobre materiales de construcción a utilizar. Lo que los diseñadores necesitamos es reconocer las diferencias de potencial en relación con la energía relativa incorporada, para tomar decisiones sabias sobre el material y los sistemas a elegir (Mumma, 1995) y así desarrollar proyectos más sustentables.

El método más simple para el análisis de la energía incorporada es el conocido como «análisis de procesos». Se basa en el análisis detallado de todas las etapas de un proceso de fabricación, discriminando —en cada etapa— los consumos energéticos directos e indirectos (Tavares, 2006).

El análisis de proceso de los materiales consiste en establecer las entradas de energía directa para un proceso en una fábrica y luego encaminar las entradas de materias primas al proceso. La norma ISO/TS 14040 (ISO, 2006) indica cómo elaborar una planilla con todos los eventos significativos e informaciones relativas a la realización de un inventario de datos. Para cada evento significativo será relevado su respectivo consumo energético, hasta el subnivel de EI posible.

Metodología

INSTRUMENTOS, MÉTODO DE CÁLCULO

La investigación tuvo como objetivo identificar el consumo energético de materiales de producción nacional en las diferentes etapas de la producción, obteniendo un consumo por kilogramo de material y definiendo su valor de energía incorporada.

El abordaje se centró en una o dos industrias representativas de cada material analizado. Si bien en Uruguay —en el caso del acero— no existe otra alternativa local más allá de la estudiada, no es así para el caso de las ladrilleras, que están localizadas en todo el país y solo se eligieron dos en la región sur, respondiendo a la alta demanda en esa zona.

La elección de estos materiales responde a que ambos tienen mayor incidencia relativa en 1 m² de construcción tradicional.

En la caracterización de cada caso de estudio, se destacaron aspectos arquitectónicos, así como las características y propiedades del material. Además, se estudió la industria de cada uno de los materiales en el medio local, para luego definir el proceso de producción y su caracterización.

La información recogida en cada planta fue suministrada por un funcionario con experiencia y amplio conocimiento respecto del proceso de producción, la energía consumida y la obtención de la materia prima requerida en el proceso.

Los instrumentos utilizados para recoger los datos fueron: un cuestionario con preguntas específicas referidas a los consumos de energía en cada etapa del proceso; la observación directa del proceso de producción durante la visita a la planta; un relevamiento fotográfico; y el análisis de documentos suministrados por las empresas.

El cuestionario genérico fue adaptado a cada caso siguiendo la citada ISO 14040.

ENTRADAS		SALIDAS
Materias primas	EXTRACCIÓN MATERIA PRIMA	Emisiones a la atmósfera
Procesos	TRANSPORTE	Residuos sólidos / líquidos
Recursos e insumos	MANUFACTURA DE PRODUCTO	Subproductos
		Otros desechos

FIGURA 1. EVALUACIÓN POR CICLO DE VIDA DE ACUERDO A LA NORMA ISO 14040 (ISO, 2006).
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Materias primas:

- enumeración; ubicación de depósitos potenciales para su extracción —cante-
ras—; modo de extracción; característica del transporte; fuentes de energía.

Procesos:

- fuentes de energía; transporte y distancias; combustible utilizado.
- tipo; combustible.

Recursos e insumos:

- energía de la planta; almacenamiento; transporte.

Los materiales fueron analizados energéticamente, obteniendo la EI inicial en la producción de materiales, por el método de análisis de proceso. El método se basó en un análisis detallado de todas las etapas del proceso de fabricación, discriminando los eventos de consumo energético directos e indirectos, en cada una de las etapas. Los consumos energéticos obtenidos para cada material se cuantificaron en MJ/kg y en kWh/kg.

Según Tavares (2006), la discriminación de los insumos energéticos en fuentes específicas y la generación correspondiente de CO₂ son importantes para la interpretación de un análisis energético. Por lo tanto, es posible establecer un parámetro más directo de sustentabilidad a partir del CO₂ incorporado en la construcción. Las emisiones de CO₂ se calcularon a partir del desglose del consumo de energía y de factores relacionados con la generación de CO₂. Se consideraron, además, las reacciones específicas de los procesos de fabricación de los materiales de construcción elegidos.

Con los datos obtenidos, se estableció un valor de EI en los dos materiales de producción nacional elegidos como caso de estudio.

Ladrillo de campo

En Uruguay, la utilización del ladrillo está presente en gran parte de la producción de la arquitectura de la segunda mitad del siglo XX; algunos ejemplos de ello son las obras de Eladio Dieste, Payssé Reyes y Rafael Lorente Escudero, en las que el ladrillo trasciende el rol del elemento constructivo para incorporar componentes conceptuales vinculados a movimientos culturales propios del periodo.

El ladrillo de campo es el producto de cerámica roja que más se produce en Uruguay, constituido por tierra arcillosa y materia orgánica cocida en el horno de campo. Adquiere las propiedades deseadas mediante la aplicación de calor. El combustible utilizado para la quema de los elementos cerámicos es la leña.

El estudio se realizó en dos industrias ladrilleras en la región sur del país: ladrillera L1 —Montevideo— y ladrillera L2 —San Carlos, Maldonado—. Ambas tienen el mismo procedimiento de producción, con variaciones en la composición de la mezcla según cantidades e ingredientes y en la cantidad de piezas producidas anualmente, siendo la producción de la ladrillera L1 de 700.000 piezas al año y la producción de la ladrillera L2 de 2.000.000 de piezas año.

El proceso productivo es artesanal con bajo nivel de mecanización, secado natural y utilización de hornos tipo *clomp*. Consiste en: extracción de materia prima arcilla y transporte a la ladrillera; preparación de la pasta o liga; moldeado de la pieza; secado; quemado o cocción; almacenamiento.

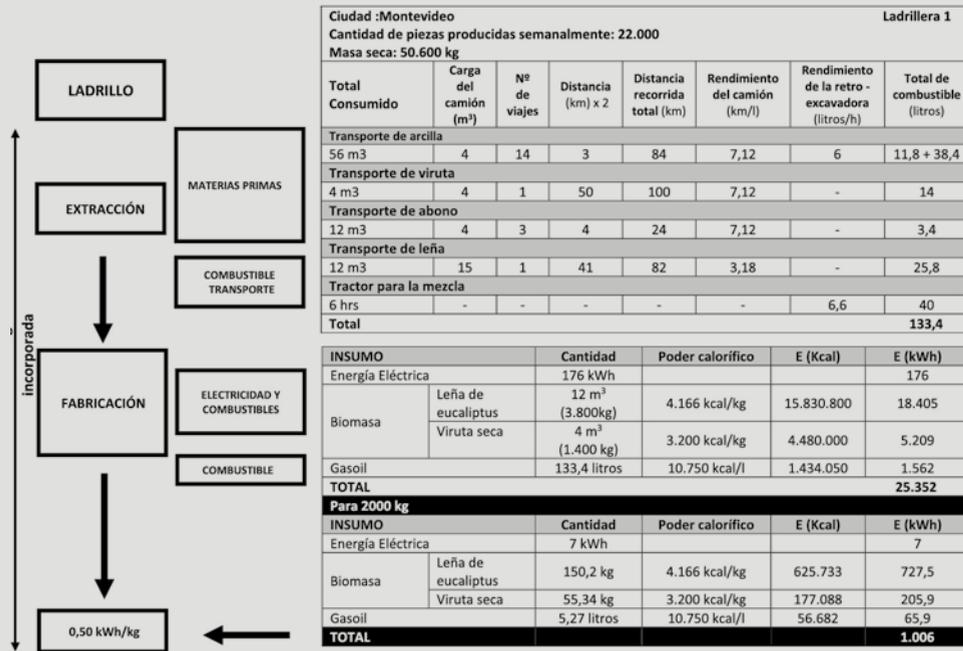


FIGURA 2. GASTOS TOTALES DE ENERGÍA EN LADRILLERA L1 MONTEVIDEO.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Estimación de la energía incorporada

En el proceso de cálculo fueron considerados: a) la energía eléctrica utilizada en la planta en general; b) los gastos de extracción y transporte de la arcilla y otras materias primas utilizadas en la mezcla; c) la energía utilizada en la fase de preparación de la mezcla con tractor o batidora; d) la energía utilizada en equipos de bombeo; y e) la energía utilizada en el transporte de la leña.

Los gastos totales de energía se presentan en las Fig. 2 y Fig. 3.

Las Fig. 2 y Fig. 3, respectivamente, recogen los gastos totales de energía verificados para las ladrilleras L1 y L2.

El ítem biomasa incluye insumos energéticos como leña, aserrín, viruta seca y cáscara de arroz. En el cálculo de consumo de gasoil, fueron considerados los gastos de transporte de materias primas e insumos, el gasto de la retroexcavadora para la extracción de arcilla y el gasto del tractor para mezcla.

A partir de los datos obtenidos de los insumos energéticos, la energía estimada fue convertida en poder calorífico. Esta conversión fue realizada según la Tabla 1.

En el caso de la leña, existen variaciones en el poder calorífico, dependiendo de la especie del árbol y de la humedad de la madera. Ambas ladrilleras utilizan leña de eucaliptus.

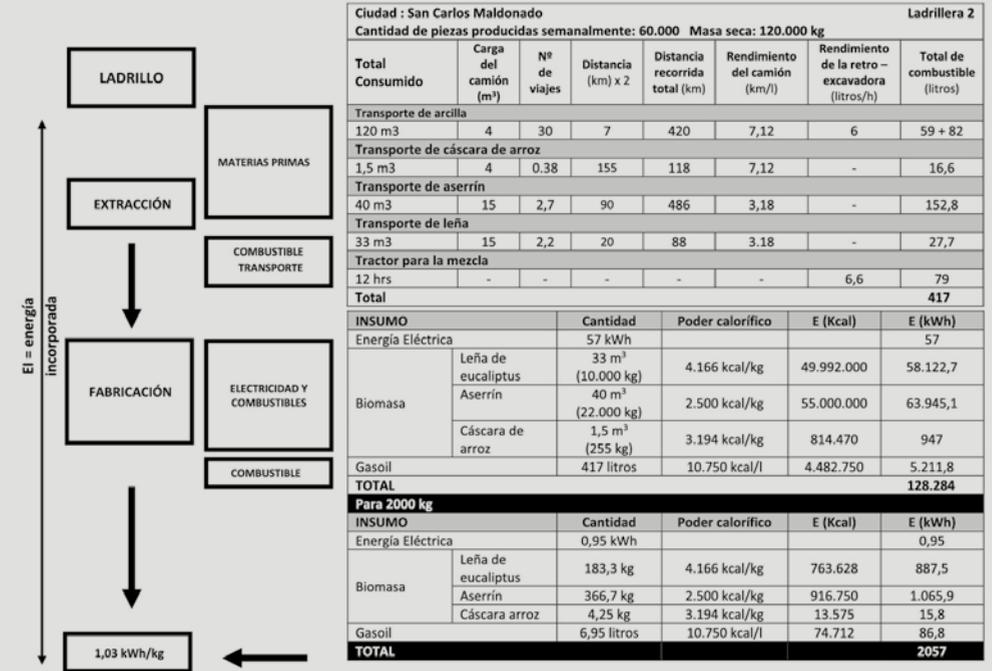


FIGURA 3. GASTOS TOTALES DE ENERGÍA EN LADRILLERA L2 SAN CARLOS.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 1. VALORES DE PODER CALORÍFICO DE DIFERENTES MATERIALES.

ENERGÍA	PESO ESPECÍFICO (kg/m²)	PODER CALORÍFICO	FUENTE DATOS PODER CALÓRICO
Gasoil	852	10.750 kcal/l	Brasil 1997, <i>apud</i> Sperb, 2000
Leña eucaliptus	303.1	4.166 kcal/kg	Pereira et al., 2000, <i>apud</i> Manfredini
Aserrín seco	550	2.500 kcal/kg	Manfredini, 2003
Cáscara de arroz	170	3.194 kcal/kg	Sánchez - Ramírez Programa de energía ITDG Perú / FAO 2011, Departamento de Agricultura
Viruta seca	250-450	3.200 kcal/kg	Dato de la empresa

FUENTE: ADAPTADO DE MANFREDINI (2003)

Para el transporte, el consumo energético adoptado se obtuvo a partir de los valores de productividad de camiones ligeros —el tipo de camión más utilizado en las carreteras nacionales uruguayas (MTO, 2007)— y tractor con semirremolque de dos ejes (Reis, 1999, citado en Sperb, 2000), así como de los valores actualizados de masa específica y poder calorífico del gasoil.

TABLA 2. GASTOS ENERGÉTICOS DE TRANSPORTE DE CARGA.

VEHÍCULO	CARGA LÍQUIDA (t)	RENDIMIENTO Km/litro	PRODUCTIVIDAD (litro/t.km)	GASTO ENERGÉTICO (MJ/kg.km)
Camión Ligero*	4.2	7.12	0.033	1.282×10^{-3}
Tractor semirremolque*	14.3	3.18	0.022	0.843×10^{-3}

* Valores obtenidos a partir de camiones cargados 100% de su capacidad útil.

FUENTE: ADAPTADO DE SPERB (2000)

Para posibilitar la comparación entre los gastos de energía de las dos ladrilleras, se calculó la energía consumida para la confección de 2000 kg de producto acabado, que corresponde, aproximadamente, a 1000 piezas, obteniendo luego el consumo energético —en kWh y MJ— de 1 kg de producto acabado.

Los resultados de la energía incorporada se muestran en la Tabla 3.

TABLA 3. VALORES DE EI OBTENIDOS PARA LAS LADRILLERAS.

Datos obtenidos en casos de estudio para 1 kg de material	MJ/kg	kWh/kg
Ladrillera 1	1,8	0,5
Ladrillera 2	3,7	1,03

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Acero

En el siglo XVIII se comenzaron a construir invernaderos, puentes y naves de almacenaje, que dieron protagonismo a la arquitectura de hierro propiamente dicha. Los cambios técnicos propiciados por la revolución industrial hicieron factible la disposición del hierro como material para la arquitectura (Frampton, 1989). Poco a poco, el hierro se fue incorporando a la arquitectura en Uruguay, con la construcción del Mercado del Puerto, el Hipódromo de Maroñas y el Teatro Solís.

Los metales se clasifican en dos grupos en cuanto a su composición: los ferrosos, compuestos básicamente por hierro, y los no ferrosos. El mineral de hierro representa la materia prima básica para los procesos industriales siderúrgicos, mediante los cuales se obtiene una variada gama de productos de hierro y aceros. El acero estructural es la aleación del hierro con una cantidad de carbono variable —entre 0,1% y 2,1%— y pequeñas cantidades de otros elementos que le aportan características específicas. El acero mantiene las características metálicas del hierro, mejorando las propiedades mecánicas. El porcentaje de carbono del acero es determinante para esas propiedades.

El acero se puede obtener a partir de la producción en yacimientos de mineral que son removidos con maquinaria y explosivos —produciendo diferentes impactos ambientales— o bien a partir de chatarras férricas en hornos eléctricos.

A pesar de que el proceso de reciclado tiene un consumo muy alto de energía eléctrica, una tonelada de acero producida con chatarra consume un tercio de la energía que utiliza para generar la misma cantidad de acero a partir de mineral de hierro. El tipo de materia prima condiciona el proceso de fabricación.

La industria del acero tiene aspectos positivos, si lo que se obtiene es a partir del reciclaje; a su vez, tiene aspectos negativos, si lo que se obtiene es a partir de la extracción del mineral a cielo abierto. La gran ventaja del reciclaje es evitar las perforaciones de las canteras y los gastos de energía en la fase de reducción del mineral metal, así como el transporte de grandes volúmenes (Cempre, 1998).

El reciclaje de cualquier material permite la renovación cíclica en forma indefinida. El proceso técnico supone que el material base tiene un suficiente nivel de pureza y compatibilidad como para que, una vez separado de impurezas, pueda renovarse. El acero permite su reciclaje sin cambiar las características técnicas del material obtenido de ciclo en ciclo, reduciéndose la energía de fabricación.

Admitiendo que la totalidad de las materias primas provienen de la recolección de chatarra, el número de ciclos de reciclaje puede ser infinito, y con ello el divisor al que deben someterse las cargas ambientales de la primera fabricación, lo que tenderá a cero. (Wadel, 2009).

El estudio se centró en la empresa Gerdau Laisa [GL], dedicada a la producción de acero partiendo de chatarra como materia prima que se transforma en diversos tipos de barras comerciales, gracias a la tecnología de los hornos de arco voltaico.

La fabricación del acero a partir de un 100% de chatarra es posible gracias a la tecnología de los hornos de arco voltaico. En la actualidad, toda chatarra recolectada en Uruguay es procesada por la industria GL.

Los insumos utilizados en el proceso de producción son: a) carbón mineral; b) ferroaleaciones; c) cal; d) agua destinada a los sistemas de refrigeración de las diferentes operaciones; e) combustibles, como el fueloil y el gas natural; f) oxígeno, utilizado en el proceso de aceración; g) energía eléctrica.¹

PROCESO DE PRODUCCIÓN A PARTIR DE 100% DE CHATARRA

Colecta y selección de chatarra ferrosa, fundición, solidificación, conformación, transfrío y almacenamiento.

ESTIMACIÓN DE ENERGÍA INCORPORADA EN EL ACERO

En el proceso de cálculo fueron considerados: a) el transporte de la chatarra al lugar de procesamiento; b) la energía de las prensas móviles; c) la energía de la prensa con imán que separa impurezas; d) la energía de las grúas; e) la energía del horno eléctrico; f) el transporte de las ferroaleaciones, del O₂, de la cal y del carbón mineral; g) la energía aportada por el O₂ y el carbón mineral; h) la energía del horno de recalentamiento; i) la energía eléctrica utilizada en la planta, en general.

1. Los datos fueron suministrados por la empresa Gerdau Laisa.

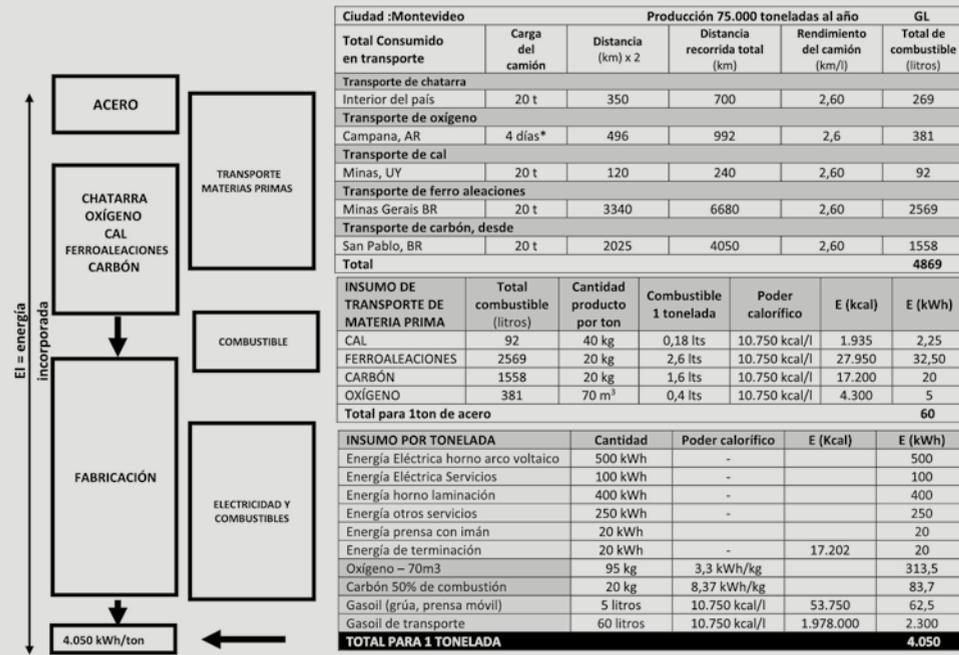


FIGURA 4. GASTOS TOTALES DE ENERGÍA EN GL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Los datos obtenidos de la planta fueron analizados en kWh, para una tonelada de producto acabado. Luego, los resultados obtenidos fueron transformados a MJ/kg.

Los gastos totales de energía se presentan en la Fig. 4.

A partir de los insumos energéticos, la energía estimada fue convertida en poder calorífico [Tabla 4] según datos obtenidos en la propia planta u obtenidos de la bibliografía.

TABLA 4. VALORES DE PODER CALORÍFICO.

ENERGÍA	PESO ESPECÍFICO (kg/m ³)	PODER CALORÍFICO		FUENTE DATOS PODER CALÓRICO
		kWh/kg	kcal/l	
Gasoil	852		10.750	Brasil 1997, apud Sperb, 2000
Carbón mineral		8.37		Dato de la empresa
Oxígeno	1,354	3.3		Dato de la empresa
Gas natural			9.50	UNS

FUENTE: ADAPTADO DE SPERB (2000) Y DATOS DE EMPRESA GL

TABLA 5. GASTOS ENERGÉTICOS DE TRANSPORTE DE CARGA.

VEHÍCULO	CARGA LÍQUIDA (t)	RENDIMIENTO Km/litro	PRODUCTIVIDAD (litro/t.km)	GASTO ENERGÉTICO (MJ/kg.km)
Camión semirremolque*	20	2,60	0,019	0,737 x 10 ⁻³
Camión 3 ejes semirremolque* 3 ejes ** tanque	26,4	2,60	0,018	0,692 x 10 ⁻³

* Valores obtenidos a partir de camiones cargados 100% de su capacidad útil.

FUENTE: ADAPTADO DE SPERB (2000)

TABLA 6. VALORES DE EI OBTENIDOS PARA EL ACERO.

GL	CONSUMO ENERGÉTICO	
	kWh	MJ
1 t de material	4.050	14.580
1 kg de material	4.05	14,58

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para el transporte, el consumo energético adoptado es obtenido a partir de los valores de productividad de camiones semirremolque, camiones semi-rremolque con zorra, camiones tanque (Reis, 1999, citado en Sperb, 2000), que —según datos obtenidos por GL— son el tipo de camiones que se utilizan para el transporte de los insumos utilizados en la empresa.

Los resultados de la energía incorporada se muestran en la Tabla 6.

Resultados

LADRILLO

Analizando la energía total consumida para la fabricación de ladrillos se destaca la utilización de biomasa como principal fuente de energía. El promedio de las dos ladrilleras muestra que el 94,4% de la energía es generada a partir de la biomasa; el 5,2%, de energía diesel; y el 0,38%, de energía eléctrica.

Tanto la extracción de la arcilla como el transporte de otros insumos utilizados en el proceso son realizados por máquinas y camiones que utilizan gasoil. El gasoil derivado del petróleo es un recurso no renovable.

EMISIONES DE CO₂, SEGÚN FUENTES UTILIZADAS

La energía invertida en el proceso de producción proviene de la biomasa: leña, aserrín, cáscara de arroz, viruta, abono. Todos recursos renovables.

Este tipo de energía, en la quema, libera emisiones de CO₂. Las emisiones de CO₂ producto de la combustión de la biomasa se asumen nulas, ya que el gas emitido en la quema es previamente secuestrado de la atmósfera por la biomasa viva y, en algún momento luego de su liberación, vuelve a ser absorbido, cerrando el ciclo.

Para el transporte de materias primas para la producción de ladrillos, se utiliza transporte de carga carretero a gasoil, que posee altas emisiones de hidrocarburos, óxidos de nitrógenos y material particulado. El transporte tiene un elevado aporte a las emisiones de CO₂, principalmente debido al consumo de gasoil en el transporte carretero. El uso del gasoil del transporte genera material particulado, CO₂, SO₂, NO_x, provocando calentamiento global y contaminación (Lyle, 1994).

ACERO

Analizando la energía total consumida para una tonelada de acero, se destaca la utilización de la energía eléctrica como principal fuente de energía en el proceso de fabricación —un 32%— sin ser el mayor insumo energético, ya que el transporte se transforma en una componente importante, alcanzando el 60%. Esto se debe a que el traslado de insumos necesarios en el proceso —carbón, oxígeno y ferroaleaciones— recorren distancias importantes que alcanzan un promedio de 1950 km.

Se consideró la peor situación, en la cual el camión, una vez que descarga el insumo, vuelve vacío a su lugar de origen. El transporte de los insumos representa unos 8,28 MJ/kg adicionales para el acero, cuya energía de fabricación es de 6,3 MJ/kg, lo que implica multiplicar por 1,3 la energía de fabricación y mecanización, aumentándola un 30%. En este caso en que el material es reciclable, el transporte significa un porcentaje muy alto en la energía incorporada en el material. A pesar de esto, el valor obtenido de energía incorporada para el acero es 14,58 MJ/kg, similar a los obtenidos en otros países para acero reciclado. Y, si comparamos el valor del acero producido a partir de la explotación y extracción de materia prima —que según la bibliografía estudiada es de 35 MJ/kg—, sigue siendo un valor óptimo.

EMISIONES DE CO₂, SEGÚN FUENTES UTILIZADAS

La fusión de chatarra genera emisiones gaseosas y material particulado compuesto por óxidos metálicos, anhídrido carbónico generado en la combustión, óxidos nitrosos provenientes del aire involucrado y materiales orgánicos que se evaporizan en el proceso. Los residuos sólidos que se generan son captados en filtros y algunos de ellos constituyen residuos a ser dispuestos en el relleno de seguridad que posee la empresa en un predio vecino. Otros se trasladan a la usina Felipe Cardozo.

- El 9%: residuos no ferrosos de la prensa, a la usina Felipe Cardozo.
- El 10%: escoria, a la usina Felipe Cardozo.

- El 5%: polvo seco, proveniente del sistema de extracción de humos, al relleno de seguridad, ubicado en el padrón vecino a la planta, propiedad de GL.
- El 8%: laminillo —óxido ferroso— es comercializado a las cementeras.
- El residuo ferroso vuelve al proceso de producción.

El transporte tiene un elevado aporte a las emisiones de dióxido de carbono, principalmente debido a que es el principal insumo energético.

Discusión

De los dos materiales analizados, la producción de ladrillo tiene menor impacto ambiental que la producción de acero. La producción de ladrillo consume energía que proviene de fuentes renovables, y las emisiones son menores. La producción de acero requiere grandes cantidades de energía, y las emisiones producidas son mayores, con un incremental aporte de emisiones provenientes del transporte, que hace aumentar el valor de energía incorporada.

La fabricación de ladrillos genera impactos sobre la calidad del aire y sobre la morfología del terreno y el paisaje, debido a las emisiones procedentes de los hornos en la etapa de cocción, que causan efectos directos e indirectos sobre la salud humana, la flora, la fauna y el agua, contribuyendo al cambio climático global.

La explotación de las canteras sin un manejo adecuado produce excavaciones que no solamente afectan al paisaje, sino también a la estructura y configuración del suelo.

Las distancias entre las ladrilleras y la extracción de la arcilla son menores a 7 km, lo que minimiza el impacto del transporte; pero otros insumos se encuentran a distancias superiores a 100 km.

Durante el proceso de producción no se generan efluentes, pero sí residuos inertes constituidos por escombros cerámicos provenientes de los productos rechazados por rotura o deficiente cocción que puede alcanzar hasta un 15% y ser incorporados al proceso de producción, cerrando así el ciclo.

El acero tiene un alto potencial para ser reciclado. El 100% de los desechos de acero pueden ser reintroducidos en el proceso productivo. Sus propiedades metálicas permiten que esto sea físicamente viable usando imanes que separan el metal del resto de los residuos. Las características técnicas del material no cambian mientras se reduce la energía de fabricación. El ahorro de recursos obtenidos de la corteza terrestre, combinado con una menor cantidad de energía que la implicada en la fabricación de acero convencional, produce una doble mejora ambiental.

El cierre del ciclo de los materiales es condición del desarrollo sostenible, retornando a la calidad de recursos los residuos producidos por su uso (Cuchí, 2003); la obtención del acero a partir de chatarra permite una aproximación significativa a esta demanda.

La escoria generada en el proceso de producción del acero también puede ser reciclada, introduciéndola en el proceso o utilizándola en la industria del

cemento. Esta reutilización de los residuos en el proceso es beneficiosa, ya que significa una reducción de las emisiones de CO₂ y de la escoria residual.

El transporte tiene un peso significativo en el valor obtenido, por lo que se debería intentar reducir el flujo de transporte, trabajando con insumos locales o más cercanos, o utilizar medios de transporte más eficientes, con una optimización de los flujos de cargas que evite la circulación de camiones sin carga.

Conclusiones

Los impactos ambientales pueden ser caracterizados en cada etapa del ciclo de vida de la producción de cada uno de los materiales estudiados.

La elección de materiales a partir de principios ambientales puede estimular a la industria a producir materiales más sustentables. De los dos materiales caracterizados, el ladrillo es el que produce menor impacto ambiental, ya que consume menos energía en su producción y las emisiones de CO₂ —producto de la combustión de la biomasa— se suponen nulas.

La producción de ladrillo tiene como inconveniente que la extracción de arcilla deja al suelo sin capacidad productiva, carente de nutrientes, alterando las escorrentías superficiales. El análisis de este problema es inconmensurable —no se resuelve con una única y simple comparación energética— y debería involucrar una discusión mayor, que incluya la totalidad del problema.

En el sector del acero, más del 90% de los insumos energéticos provienen de fuentes no renovables. La incidencia del transporte es significativa, lo que genera impactos a nivel local y regional, por emisiones. Se debería pensar, desde una mirada amplia, en la incorporación de transporte cuya fuente energética sea renovable como el transporte eléctrico, evitando emisiones.

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten iniciar una reflexión sobre la construcción en Uruguay respecto a sus variables ambientales.

Referencias bibliográficas

- Arenas Cabello, F. J. (2008) Los materiales de construcción y el medio ambiente. *Medio Ambiente & Derecho. Revista electrónica de derecho ambiental*, (17). <https://huespedes.cica.es/gimadus/>
- Cempre. (1998). *Residuos sólidos urbanos. Manual de Gestión Integral*. Montevideo: Cempre. Disponible en: <https://cempre.org.uy/manual-girsu/>
- CIB [Conseil International du Bâtiment]. (1999, julio). *Agenda 21 on sustainable construction* [Programa 21 sobre construcción sostenible] (Informe n° 237 del Consejo Internacional de la Construcción [CIB, por sus siglas en francés]). Rotterdam: CIB. Recuperado de <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB4675.pdf>
- Cuchí, A. (2003). *Los ciclos de materiales en la edificación. Materiales y tecnologías respetuosas con el medio*. Tuxtla Gutiérrez: Universidad Autónoma de Chiapas.

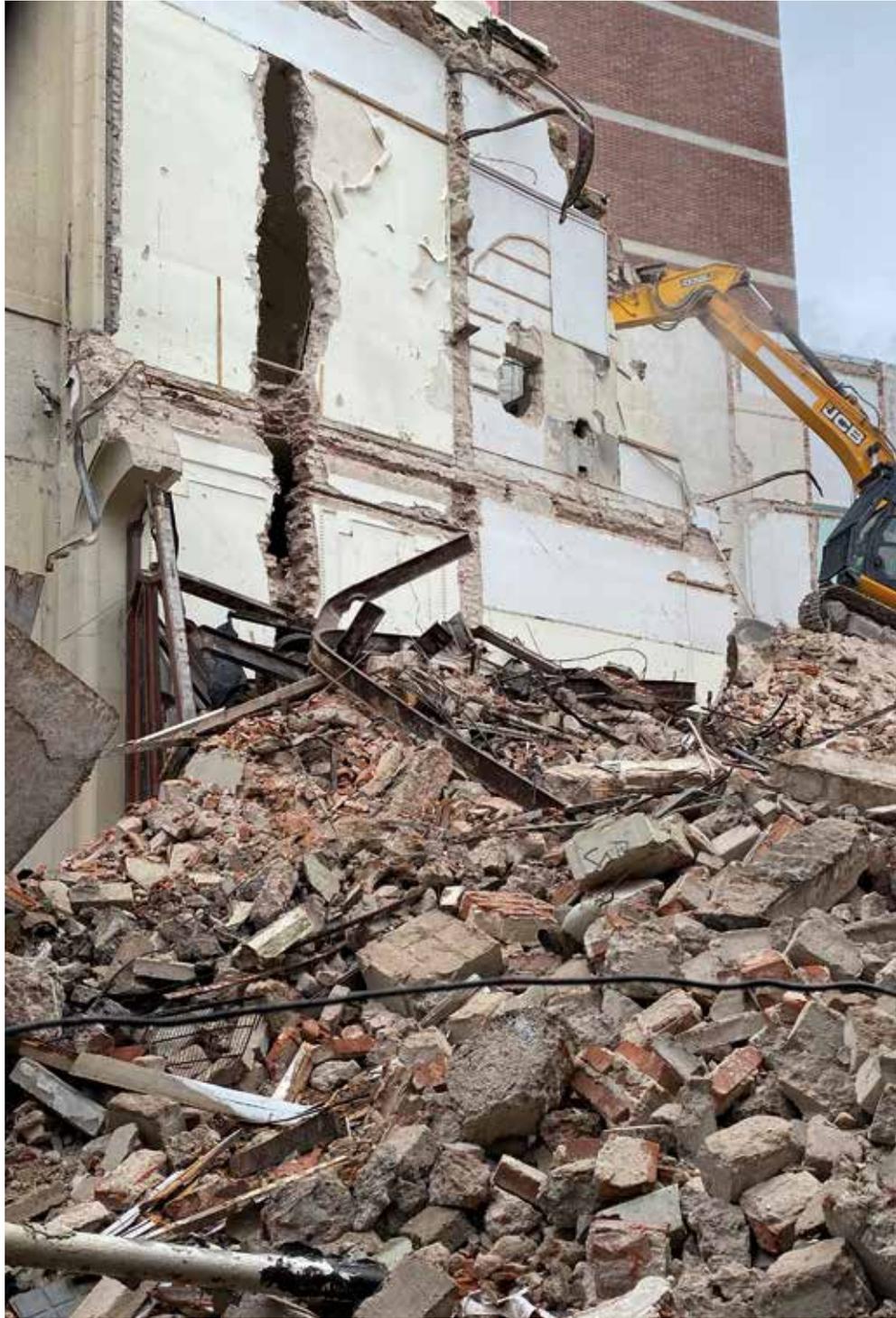
- Frampton, K. (1989). *Historia crítica de la arquitectura moderna*. Barcelona: Gustavo Gili.
- González Calderón, A.J. y Guerrero Baca, L. F. (2022). Bajareque tecnificado. Evaluación de energía incorporada y emisiones de CO₂ en comparación con la edificación convencional. Universidad de Guadalajara. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, (11), 9-21. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/6651/665170661001/html/>
- Huang, B., Chen, Y., Mcdowall, W., Türkeli, S., Bleischwitz, R. y Geng, Y. (2019). Embodied GHG emissions of building materials in Shanghai [Emisiones GEI incorporadas a los materiales de construcción en Shanghai]. *Journal of Cleaner Production*, (210), 777-785.
- Lyle, J. T. (1994). *Regenerative design for sustainable development* [Diseño regenerativo para el desarrollo sostenible]. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Manfredini, C. (2003). *Impactos ambientais causados pelas indústrias de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul* [Impactos ambientales causados por las industrias de cerámica roja en Río Grande del Sur]. (Tesis de maestría, Escuela de Ingeniería, Universidad Federal de Río Grande del Sur [UFRGS], Porto Alegre, Brasil). Repositorio institucional de la UFRGS: <http://hdl.handle.net/10183/117391>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2007). *Anuario estadístico de transporte*.
- Mumma, T. (1995). Reducing the Embodied Energy of Buildings [Reducción de la energía incorporada de los edificios]. *Home Energy*, 12(1).
- Naciones Unidas. (2020). Panel Internacional de los Recursos. Recuperado de <https://www.resourcepanel.org/es/>
- Naciones Unidas. (2022). *Global Status Report for Buildings and Construction* [Informe sobre la situación mundial de los edificios y la construcción en 2022]. <https://globalabc.org/our-work/tracking-progress-global-status-report>
- OCDE [Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico]. (2019). *Estrategia de Competencias de la OCDE 2019. Competencias para construir un futuro mejor*. <https://doi.org/10.1787/e3527cfb-es>
- Organización Internacional de Normalización. (1997). *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia* (ISO 14040). <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>
- Organización Internacional de Normalización. (2006). *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia* (ISO/TS 14040).
- Rivera García, F. (2020). *Carbono incorporado en la construcción: estimación de emisiones asociadas a nuevas viviendas de interés social y prioritario en Bogotá, 2020- 2030*. (Tesis de Maestría, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia).
- Rodríguez, C. (2010, 15 de setiembre). La Cámara de la Construcción en Uruguay. *El País*.
- Societat orgànica. (2005). *Ecomateriales: estrategias de economía circular para materiales de construcción*.
- Sperb, M. (2000). *Avaliação de tipologias habitacionais a partir da caracterização de impactos ambientais relacionados a materiais de construção* [Evaluación de tipologías de vivienda a partir de la caracterización de impactos ambientales relacionados con los materiales de construcción]. (Tesis de maestría, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Federal de Río Grande del Sur, Porto Alegre, Brasil).

- Tavares, S. (2006). *Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras* [Metodología para analizar el ciclo de vida energético de edificios residenciales brasileños]. (Tesis de doctorado, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil).
- Wadel, G. (2009). *La sostenibilidad en la construcción industrializada. La construcción modular ligera aplicada a la vivienda*. (Tesis de doctorado, Programa de doctorado Ámbitos de Investigación en la Energía y el Medio Ambiente en Arquitectura, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España).
- WCED [World Commission on Environment and Development]. (1987). *Our Common Future* [Nuestro futuro común] (Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo [WCED, por sus siglas en inglés]). <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>
- Yin, R. (2002). *Case study research. Design and methods* [Investigación de estudio de caso. Diseño y método]. Thousand Oaks (California): SAGE.

GUILLERMO ZUBELDÍA

El devenir implacable del futuro urbano y la metamorfosis de ciudades en constante cambio, donde los restos sirven de sustrato para los nuevos espacios, emergiendo como brotes que buscan el sol, sobre los lugares que alguna vez albergaron otras formas de vivir, otros relatos.



















técnica

T

Hacia la construcción de viviendas ambientalmente sustentables

Intendencia de Montevideo

MARIANELA ELIZALDE SOSA

Ingeniera Civil (Facultad de Ingeniería, Udelar). Especialista en Aplicación de Energías Renovables (Universidad Politécnica de Cataluña). Profesional certificada en medida y verificación de eficiencia energética (The Efficiency Valuation Organization and The Association of Energy Engineers, EVO). MBA Candidate (Universidad ORT). Desde 2005 trabaja en el Departamento de Planificación de la Intendencia de Montevideo (Planificación Estratégica), coordinando acciones en materia de eficiencia energética, energías renovables y sustentabilidad ambiental de edificaciones.

Resumen

Los gobiernos departamentales cuentan con importantes desafíos dentro del alcance de su territorio. Promover una vivienda ambientalmente sustentable ha sido desde hace décadas motivo de diferentes estrategias y acciones desarrolladas por la Intendencia de Montevideo [IM], en consonancia con sus cometidos. Las *Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de Montevideo* (Intendencia de Montevideo, 2012a) enuncian, entre sus lineamientos, la necesidad de desarrollar políticas urbano-habitacionales que «promuevan una vivienda ambientalmente sustentable, con servicios básicos (agua, energía, saneamiento, comunicaciones, transporte), integrada a un territorio con espacios públicos calificados y equipamientos sociales accesibles (educativos, culturales, sanitarios, deportivos, comerciales) en coordinación con las políticas nacionales» (p. 45).

Por otra parte, existe un potencial de desarrollo de la industria de la construcción para avanzar hacia un enfoque de economía verde, que promueva la utilización eficaz y responsable de recursos, trate de minimizar el impacto ambiental desde la prevención, proteja los ecosistemas y aproveche las energías renovables.

La IM, a través de su *Plan Estratégico de Energía de Montevideo* (2012b), ha desarrollado diferentes acciones —en particular, en materia de movilidad y eficiencia energética— y ha impulsado la construcción de vivienda sustentable a partir de diferentes instrumentos de promoción.

Contar con un modelo que otorgue una calificación a una edificación representa uno de los primeros pasos hacia edificaciones más sustentables, aun cuando sea necesario profundizar —por parte de los diferentes actores involucrados— en medidas e instrumentos para las diferentes partes de la cadena de valor de la industria de la construcción.

El Modelo de Sustentabilidad Ambiental de la Vivienda [Suamvi] fue un producto diseñado en un proceso participativo con representantes de diferentes organizaciones, liderado por la IM. Entre otras virtudes, este modelo inspira la actualización normativa en materia edilicia, trata de reconocer mejores prácticas y avanza hacia la creación de un sello que permita distinguir a las edificaciones más sustentables.

Introducción

La Intendencia de Montevideo viene trabajando de manera sistemática en la temática energética y también en sustentabilidad ambiental, desde hace más de dos décadas. Sin embargo, en 2005 tomó la decisión de abordar este tema desde el ámbito de la planificación, de forma transversal. Entre los esfuerzos más significativos en este sentido, se encuentra la creación del Plan Estratégico de Energía de Montevideo [PEDEM], elaborado por la Intendencia con apoyo de la Universidad de la República [Udelar], en el marco de un convenio entre las dos instituciones.

Carecer de un plan no es impedimento para avanzar en las medidas necesarias a implementar; sin embargo, favorece la obtención de resultados. Por este motivo, se planteó elaborar un plan que detonara respuestas a diferentes oportunidades en la materia y que fuera consistente con la política energética nacional.

El PEDEM surgió, entonces, como respuesta a algunas preguntas: ¿cuál es el rol de un gobierno departamental en materia de energía?, ¿qué puede hacer al respecto? y ¿cómo es posible llevar adelante medidas planificadas? Significó, en ese sentido, una manera de explicitar la política energética de la IM, construida en el marco de un proceso con amplia participación a nivel intra e interinstitucional.

Los resultados de este plan se estructuraron en tres bloques: diagnóstico, objetivos y estrategias y acciones. Tanto su diseño como su implementación llevaron a que la IM tomara el tema a través de diferentes líneas de trabajo, que fueron consistentes tanto con las estrategias definidas como con el conjunto de acciones propuestas. Entre esas líneas de trabajo, la eficiencia energética ocupa un lugar destacado, que se conjuga necesariamente con la sustentabilidad ambiental.

Fue así que, en los últimos años, la implementación del PEDEM fue profundizando su abordaje con acciones que van desde la adquisición de equipamiento eficiente para los servicios de uso intensivo en energía —como es el caso del alumbrado público—; pasando por la movilidad sostenible, los avances en la red ciclovitaria de Montevideo y la incorporación de vehículos eléctricos en el transporte; hasta la creación de normativa edilicia específica y el diseño de instrumentos para estimular la eficiencia energética y la sustentabilidad ambiental en las edificaciones.

Cabe destacar, también, el proyecto de sustitución de la iluminación del Teatro Solís por iluminación led, por el cual se obtuvo —en 2019— el Premio Nacional de Eficiencia Energética en la categoría Sector Público, otorgado por el Ministerio de Industria y Energía.

Varios desafíos fueron afrontados de manera coordinada con múltiples actores. En la actualidad, se puede mencionar la elaboración conjunta —por parte del Ministerio de Industria y Energía, el Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial y la Universidad de Sevilla— del sistema de certificación por desempeño energético para viviendas, que estará disponible próximamente.

En la misma línea, se puede citar la creación de la normativa de eficiencia energética para edificaciones de Montevideo. Esta normativa, vigente desde 2010, establece condiciones para la reducción de las pérdidas térmicas a través de la envolvente y, por consiguiente, redundando en un menor suministro de energía para calefaccionar o refrigerar los espacios internos de una edificación. Actualmente está en proceso de actualización.

Sin abundar en más detalles con relación a las diferentes líneas de acción, se pasará a describir en forma sintética uno de los productos realizados en el marco de la política energética de la IM, que —además— extiende su alcance a otras dimensiones ambientales: el Modelo de Sustentabilidad Ambiental de la Vivienda.

Modelo Suamvi



FIGURA 1. VERSIÓN IMPRESA: SUAMVI. SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LA VIVIENDA (INTENDENCIA DE MONTEVIDEO, 2020). SEGUNDA EDICIÓN. FUENTE: FOTOGRAFÍA DE LA AUTORA DEL ARTÍCULO

Los gobiernos departamentales cumplen un rol significativo en promover conductas y prácticas hacia la construcción de ciudades más inclusivas y más sustentables. En ese sentido, la Intendencia de Montevideo ha promovido la construcción sustentable a través de diversos mecanismos de estímulo que premian esta condición.

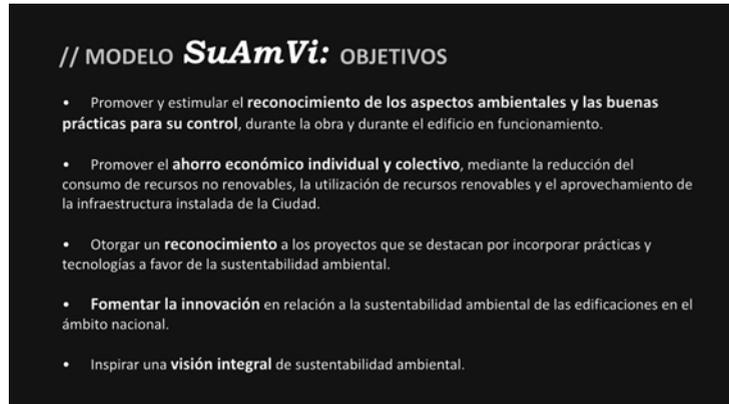


FIGURA 2. OBJETIVOS DEL MODELO SUAMVI FORMULADOS POR LA INTENDENCIA DE MONTEVIDEO (2020). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE CONTENIDOS DE SUAMVI. SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LA VIVIENDA (INTENDENCIA DE MONTEVIDEO, 2020)

En el año 2009, fue aprobado por la Junta Departamental de Montevideo el Decreto n° 32826, por el cual se exonera de pagar Contribución Inmobiliaria a las construcciones implantadas en aquellas Áreas de Promoción definidas en el Plan de Ordenamiento Territorial que incorporen métodos y tecnologías que favorezcan y protejan el medioambiente.

El Modelo Suamvi, de uso voluntario, surge de la necesidad de valorar las prácticas a incorporar en la construcción de edificaciones en etapa de diseño, con el fin de facilitar el desarrollo de instrumentos de promoción hacia la construcción sustentable, como lo fue el decreto mencionado.

Existen grandes desafíos en el área de la construcción de edificaciones, que cubren diferentes segmentos de su cadena de valor: la actualización normativa, el reconocimiento a las buenas prácticas; el desarrollo de proveedores de la industria; la calificación de las construcciones; el fomento a la innovación y la comunicación hacia la ciudadanía, entre otros. También, y en particular, el establecimiento de estándares de desempeño para proteger los recursos ambientales; o el hecho de limitar las emisiones de gases nocivos, propender a estándares de eficiencia energética y salvaguardar el uso racional del agua.

Las prácticas de construcción sustentable en materia de edificaciones se enmarcan en los Objetivos de Desarrollo Sostenible [ODS] adoptados por Naciones Unidas (ONU, 2015, A/RES/70/1), que comprenden diecisiete objetivos orientados a equilibrar la sostenibilidad social, económica y ambiental. Estas prácticas se relacionan, particularmente, con el objetivo n° 7 —de energía asequible no contaminante— y el n° 11 —de ciudades y comunidades sostenibles—.

Dimensiones de análisis

El Modelo Suamvi se estructura en base a siete dimensiones. En cada una de ellas se identifican criterios ambientales a considerar para proyectar una edificación del sector vivienda. Estos criterios se abren en escalas para valorar la profundidad de abordaje a través de diferentes prácticas que el proyectista considere más adecuadas a su diseño.

De manera sintética, el diseño a través de la puntuación en los diferentes criterios intenta explicar las condiciones de implantación, el uso de materiales, el uso del agua, el control sobre las emisiones acústicas y atmosféricas, el uso de la energía y la disposición de residuos. Dichas condiciones deben ser consideradas en la planificación de la gestión de obra y en el diseño del edificio a construir. A su vez, son verificables a través de recaudos documentales, y constatables tanto durante el transcurso de la obra como en el edificio construido.

De forma sintética, el diseño edilicio da respuesta a las siguientes interrogantes:

IMPLANTACIÓN

¿Cómo el edificio se integra funcional y espacialmente con el entorno y con el espacio público urbano, minimiza la escorrentía de las aguas superficiales y controla la modificación de las aguas subterráneas?

¿Cómo la implantación del edificio colabora con la eficiencia en el uso de los servicios e infraestructuras instaladas en el territorio, y facilita el acceso al transporte público por sobre el privado?

MATERIALES

¿Cómo se contempla en la elección de los materiales constitutivos del edificio su funcionalidad, vida útil y la preservación del ambiente?

AGUA

¿Cómo se mantiene la calidad del agua durante la vida útil del edificio, se aprovecha el agua de lluvia, se instrumenta la detección temprana de fugas en las instalaciones sanitarias y se fomenta el uso responsable del agua potable por parte de los usuarios?

AIRE

¿Cómo se controlan los efectos provocados por los microclimas exteriores dentro del edificio, las emisiones a la atmósfera, la calidad del aire interior y el confort acústico de la vivienda?

ENERGÍA

¿Cómo el diseño de la envolvente del edificio colabora para mantener el confort higrotérmico en el interior de la vivienda y aprovecha al máximo las fuentes naturales de calor, luz y humedad? ¿Cómo incorpora elementos naturales para mejorar la eficiencia energética?

¿Cómo el diseño del edificio prevé la incorporación de tecnologías de fuentes de energía renovable y la utilización de la energía solar térmica para el calentamiento del agua? ¿Cómo incorpora tecnologías de eficiencia energética y permite mantener la calidad del desempeño energético, producto de la incorporación de tecnologías?

RESIDUOS SÓLIDOS

¿Cómo el diseño global del edificio contempla la gestión adecuada de los residuos sólidos urbanos?

GESTIÓN DE OBRA

¿Cómo —durante la obra— se previene la afectación del entorno inmediato; se controla la generación, manipulación y disposición de los residuos y desperdicios de obra; se previenen y mitigan los impactos por la manipulación de materiales; se controlan las emisiones al aire; se minimiza el consumo energético y se realiza un consumo racional del agua?

El modelo no es prescriptivo; es decir, no intenta definir las prácticas o las tecnologías que se pueden aplicar en cada una de las dimensiones. Por el contrario, deja abierta al proyectista la posibilidad de dar respuesta —de manera preventiva desde la etapa de diseño— a los aspectos ambientales que se generan en la etapa de obra y en el edificio en funcionamiento. Lo que se pretende, en esta versión, es comprobar si los aspectos ambientales se han considerado con medidas que sean verificables, y otorgar una puntuación de acuerdo al grado de aplicación de esas medidas.

Este planteo no limita la posibilidad de evaluar viviendas de diferentes escalas o tipologías. Por otra parte, al estar expresado en términos de requerimientos, el Modelo Suamvi no corre el riesgo de obsolescencia inmediata.

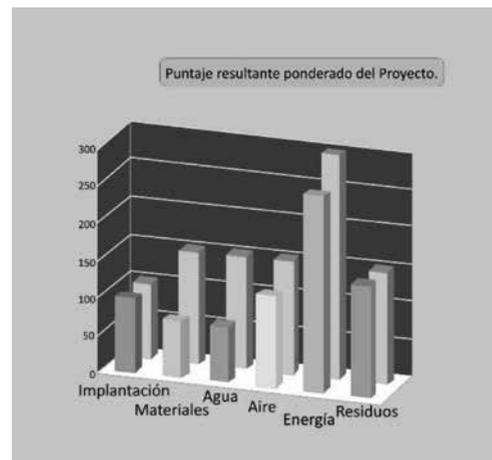


FIGURA 3. RESULTADO DEL PUNTAJE DE UN EDIFICIO COMPARADO CON EL MÁXIMO PUNTAJE POR DIMENSIÓN DE ANÁLISIS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Proyección a mediano plazo

Recientemente, el Decreto n° 37567 —aprobado por la Junta Departamental de Montevideo, en octubre de 2020— establece la posibilidad de otorgar beneficios en Valoración del Mayor Aprovechamiento y Retorno de Valorizaciones a proyectos que cumplan criterios de sustentabilidad ambiental según Modelo Suamvi. Esto se encuentra en etapa de reglamentación.

En el corto plazo, se planifica la actualización del Modelo Suamvi y la creación del Sello Suamvi. Por otra parte, la Intendencia de Montevideo está desarrollando un modelo de sustentabilidad ambiental para edificios destinados a servicios. En este sentido, Suamvi haría posible la evaluación de edificios de carácter público, entre otros, y facilitaría la conformación de un plan de acondicionamiento y restauración de edificios, a través de la identificación de posibles intervenciones para potenciar su condición de sustentabilidad ambiental.



FIGURA 4. LOGO INSTITUCIONAL DEL MODELO SUAMVI. FUENTE: SUAMVI. SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE LA VIVIENDA (INTENDENCIA DE MONTEVIDEO, 2020).

Referencias bibliográficas

- Intendencia de Montevideo. (2012a). *Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de Montevideo*. Recuperado de https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/directrices_departamentales-noviembre12_0.pdf
- Intendencia de Montevideo. (2012b). *Plan Estratégico de Energía de Montevideo*. Recuperado de <https://montevideo.gub.uy/areas-tematicas/planificacion/plan-estrategico-de-energia-de-montevideo-pedem>
- Intendencia de Montevideo. (2020). *Suamvi. Sustentabilidad Ambiental de la Vivienda*. Recuperado de <https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/biblioteca/modelosuamvi1ra.edicion1.pdf>
- Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. A/RES/70/1. Recuperado de https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf

Hay grandes paralelismos entre la norma genérica de los 27 °C, decretada por el Gobierno, y el actual Código Técnico de la Edificación, que regula el funcionamiento energético (que no térmico) de las edificaciones, replicando en buena parte el sistema alemán denominado «passivhaus», que incide en dos variables a controlar —la K (léase kilovatios) y la Q (léase aislamiento térmico)— para las viviendas y demás edificios a construir o reformar en España. Se entiende, vaya de antemano, la eficacia burocrática y buena voluntad de esta norma ya que es sencillo, al menos aparentemente, su cumplimiento. Pero el clima español y la forma en que el cambio climático está afectando a nuestro territorio obligan a pensar si estas medidas son adecuadas o inanes.

Los factores que describen el clima de un lugar —definidos por el inventor del aire acondicionado, Willis Carrier, en 1902— aún son muy eficaces para tomar medidas tanto activas como pasivas. Las tablas psicrométricas desarrolladas, entre otros centros, por UC Berkeley exponen de forma práctica sus ideas aplicadas a todas las regiones y ciudades importantes del mundo, siguiendo el mapa climático de Köppen-Geiger —ambos documentos fácilmente accesibles en Internet—. Las condiciones de confort las describen las cartas psicrométricas, con dos variables principales: la temperatura y la humedad a lo largo del año. Es muy diferente vivir junto a la costa o en Castilla a la misma temperatura por la diferencia de humedad, algo obviado por cierto en el decreto *corbatil*: qué menos que diferenciar estas dos grandes zonas, la franja costera donde reside el 25 % de la población y el interior de la Península, no solo porque el clima se experimenta de forma muy diferente, sino también porque el aire acondicionado de los interiores debiera regularse de forma diferenciada.

Hay un tercer factor importante si hablamos de interiores habitados y recursos pasivos del confort: la ventilación cruzada, eso que tanto placer proporciona cuando los interiores están bien diseñados, especialmente por la noche. Se da el hecho de que la franja costera tiene un régimen estable de vientos, del mar a la montaña de día y de la montaña a la costa de noche, pues la temperatura del suelo se invierte al caer el sol y el aire frío se mueve empujando el aire caliente marino. Todos conocemos los placeres de la brisa que produce esta ventilación en los interiores, pero ni ella ni el uso de otros elementos como la coloración clara de las fachadas o el uso de las cubiertas vegetales, fantásticas en el clima mediterráneo, el único con veranos cálidos y secos: sin agua rellenando los poros de la base orgánica de la cubierta vegetal resulta ser un magnífico aislante que colabora en la descarbonización y puede establecer corredores biológicos en altura y favorecer la biodiversidad.

Otros medios más sofisticados permiten calibrar la relación entre forma, materia y energía con casi las mismas fórmulas que usamos para calcular estructuras, pues termodinámica y estática estructural comparten prácticamente todas sus variables. Si utilizásemos bien los conocimientos disponibles y los medios técnicos, podríamos diseñar equalizando cada edificio para hipótesis de cambio climático de aquí a 20 o 30 años, con altísima precisión, haciendo más verdes nuestras ciudades.

Pero la pregunta clave es: ¿por qué no nos satisface la eficiencia *passivhaus*? Hay una forma muy gráfica de entenderlo comparando las viviendas del norte de Europa con las propias de contextos mediterráneos o castellanos: jamás una tipología tradicional andaluza ha funcionado en el norte de Alemania, ni una noruega puede funcionar en Alicante. Esta obviedad ha sido válida desde los primeros asentamientos humanos hasta nuestros días. La historia es persistente y buena consejera, especialmente al hablar de las ciudades y sus técnicas constructivas y tipológicas. PassivHaus implica una concepción perfectamente adaptada a los rigores de los climas nórdicos con larguísimos inviernos, vientos gélidos y mínimo soleamiento. En España podemos obtener una K y una Q estupendas, pero siempre será a costa de inversiones fuertes y de negar la realidad de nuestro clima. Y lo que es peor: sin aportar perspectiva alguna para minimizar los efectos del progresivo calentamiento de la tierra y los mares, especialmente preocupante en nuestras latitudes. En nuestras comunidades, los factores de confort pasivo frente a la excesiva radiación debieran tratarse prioritariamente.

El factor esencial a combatir es su progresivo incremento en las próximas décadas. Para ello, estrategias climáticas como la adecuación de forma y volumen construidos, orientación y soleamiento, ventilación cruzada o ascendente, masividad y aislamiento, coloración y revegetación tienen mucho sentido si están adaptadas a las características regionales y a unas políticas de balance energético nulo con productos de Km 0. Y, por supuesto, no hay que ser ingenuos: no se trata de abolir el uso de una gran estrategia como es el aire acondicionado, pues el problema no es usarlo los 15 o 20 días al año con calima, sino tener que hacerlo a diario por no tener en cuenta el clima estacional y anual.

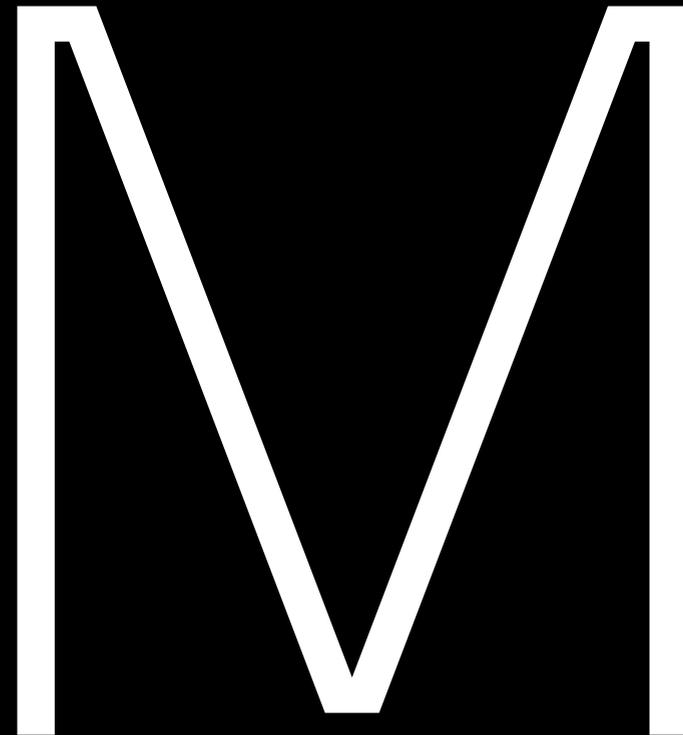
Pero lo esencial es abordar la complejidad de la escala urbana: no basta pensar que, resuelto el consumo energético de las viviendas, está resuelto el problema. De hecho, muchas de las técnicas que permiten tener un edificio «sostenible» consisten en verter los efectos de la radiación a la calle, con fachadas en «escudo» que la rebotan, recordándonos las ciudades medievales y ese grito de «¡agua va!» con el que se avisaba al viandante de que se procedía a arrojar las aguas sucias a una calle usada también como colector. Si queremos combatir el «disconfort» en el espacio público con una perspectiva temporal de décadas, debemos pensar en superficies permeables para obtener una ciudad saludable: un suelo público sano y vivo es una idea que va tomando fuerza según se avanza en soluciones que van más allá de las recurrentes plantaciones de arbolado, a ser posible de hoja perenne, para ayudar a descarbonizar el ambiente. La gestión de las aguas pluviales debe incluir innovaciones radicales en cuanto a permeabilidad del suelo urbano, convirtiéndolo en un agente recolector y biológico clave. Suelos como esponjas comienzan a ser una realidad con los hormigones permeables o los diferentes sistemas drenantes de celdillas conectadas a depósitos. O con los asfaltos de coloración más clara, prácticamente blanca, que disipan el calor que acumulan los asfaltos tradicionales con su negrura y devuelven a la ciudad al caer el sol. No nos valen ya ni los tratamientos cosméticos —como el uso de colorines con los que Javier Marías se explayó con acidez en *El País*, a propósito

de las políticas del espacio público desarrolladas en la Barcelona de Ada Colau— ni las políticas extractivas con las que el Madrid de José Luis Martínez Almeida se maciza de granito, contradiciendo todas las críticas ecológicas a la extracción masiva de materiales que circulan en los medios pidiendo paradigmas alternativos para la materialidad urbana.

La idea de una recuperación conceptual del suelo como el principal elemento vivo y saludable de la ciudad junto con los potenciales corredores ecológicos que pueden establecer las cubiertas verdes allí donde no hay disponibilidad del suelo —los abigarrados cascos antiguos— discuten y complementan las políticas que se centran tan solo en la eficiencia energética de los edificios —por ser exactos: tan solo en la eficiencia interna, sin atender al espacio público con una sensibilidad equivalente—, demandando un debate serio de carácter holístico sobre el papel de los cuatro elementos en la revisión de nuestras ciudades.

Concluyo: el combate contra el calentamiento de las ciudades no trata de resolver un problema técnico, sino de disfrutar integrando en nuestra vida el clima en su sentido más sensual: como fuente de placer. Fuente de placer porque la eficaz organización de los edificios y las ciudades puede no solo mantener sino ampliar los períodos con temperaturas de disfrute contribuyendo a hacerlas únicas, mientras que las simplificaciones y los atajos tecnológicos son dañinos e inútiles a largo plazo.

materia



Tierractual en el camino del arcaico moderno

PALABRAS CLAVE

TIERRA; QUINCHA; EXPERIMENTACIÓN; ECOLÓGICO; ANCESTRAL

IDA PILAR SILVA

Es arquitecta egresada de la Universidad Central de Chile (1997), doctorada en Arquitectura Moderna en la Universidad Politécnica de Cataluña, en España. Ha sido profesora en cinco universidades chilenas y actualmente en la Universidad de Talca. En 2010 se asoció a *Tierractual*, despacho de arquitectura que hoy dirige. Sus obras e investigaciones han sido expuestas en la XVII Bienal de Arquitectura de Chile, en seminarios internacionales en Bolivia, Guatemala, Cuba y Grecia, y en centros culturales y museos en Chile.

Resumen

Se plantea la necesidad de ejercer la arquitectura siendo conscientes de los cambios que estamos viviendo en nuestra época a nivel cultural, así como los desafíos que impone el calentamiento global —y la crisis asociada a él— a la construcción del espacio habitable visto desde la configuración material y las posibilidades de equilibrio que ofrecen los materiales naturales. Se busca entender la profesión como un laboratorio de experiencias desde el diseño y la construcción, que puede enriquecerse con la investigación tanto en obra como en el intercambio con estudiantes. En *Tierractual* se asume como un proceso que acepta la variedad y el estudio continuo, que no descansa en recetas ni estilos.

Procesos realizados y otros en marcha

En *Tierractual*, desde hace más de una década —ante el escenario de cambios que enfrentamos a nivel mundial a causa del calentamiento global—, nos hemos enfocado en investigar, experimentar y construir utilizando técnicas amigables con el medio ambiente. Durante ocho años, en particular, nos abocamos a la construcción con tierra, utilizando técnicas mixtas que combinan estructura de madera con relleno y revestimiento de tierra: lo que en Chile se conoce como «quincha» y, en Uruguay, como «fajina». Actualmente hemos incorporado



FIGURA 1. CASA DE ALEJO, DONDE SE ENCUENTRA LA OFICINA DE TIERRACTUAL. FACHADAS SUR Y NORTE. FUENTE: FOTOGRAFÍAS DE ARYEH KORNFELD



FIGURA 2. DE IZQ. A DCHA.: MAQUETA DEL HOTEL DE TIERRA LOS RUCOS; ESTRUCTURA DE LA CASA ABALOS; CASA ABALOS CON REVESTIMIENTOS DE TIERRA. FUENTE: FOTOGRAFÍAS DE LA AUTORA DEL ARTÍCULO.



FIGURA 3. DE IZQ. A DCHA.: MURO DE QUINCHA EN CASA ABALOS; MURO DE QUINCHA SECA EN CASA ABALOS; SISTEMA DE CUBIERTA EN CASA ABALOS. FUENTE: FOTOGRAFÍAS DE LA AUTORA DEL ARTÍCULO.

también la madera, pues nos ha tocado construir en zonas donde los bosques frondosos y sanos la facilitan.

Sabemos que gran parte de los materiales sintéticos que se utilizan para construir genera un alto consumo energético para su fabricación (Montaner, 2001) y que estos materiales industriales producen un impacto ambiental considerable (Mota et al., 2012), contribuyen a la contaminación y generan basuras. Como señalan Wadel et al. (2010), «cada material extraído de la litosfera que acaba degradado y vertido sobre la delgada capa de biosfera que recubre el planeta, contamina y condiciona la continuidad de la vida» (p. 38).

Nos encontramos en una época de grandes cuestionamientos respecto de las técnicas industrializadas desarrolladas desde la época posindustrial. Creemos que, ante esto, es sumamente relevante revisar y estudiar con profundidad las prácticas de los pueblos ancestrales desde la perspectiva de la época actual. La construcción con tierra ha sido practicada en el mundo por más de tres mil años, solamente interrumpida durante un intervalo de setenta años (Jorquera, 2022).

Es importante señalar que nuestras obras se han desarrollado en Chile, país sísmico, lo que conlleva grandes desafíos a nivel estructural. La quincha nos ha permitido dar un paso desde la arquitectura tradicional de adobe hacia una arquitectura más contemporánea, pues la estructura flexible de madera nos permite generar grandes planos de ventanas, cubiertas más livianas y espacios de amplitud diversa.

La estructura de madera actúa en nuestras obras como el esqueleto flexible y resistente que será relleno con una mezcla de tierra y fibra vegetal, en dosis variables según el clima del lugar donde se encuentre la obra. Incluso es posible que una misma obra tenga muros con distinta composición, de acuerdo a la orientación de cada uno de ellos. Por ejemplo: un muro sur —que en Chile no recibirá nunca sol directo— nos impone enfocarnos en la aislación térmica; esta cualidad es aportada por la fibra vegetal, por lo que el relleno tendrá mayor porcentaje de fibra. Un muro norte, en cambio, recibe sol durante la mayor parte del día; nos



FIGURA 4. DE IZQ. A DCHA.: CASA EN HUILO HUILO; REMODELACIÓN CONSULTA DE PSICOTERAPEUTA; ACCESO DE LA CASA DE ALEJO. FUENTE: DE IZQ. A DCHA., FOTOGRAFÍA DE LA AUTORA DEL ARTÍCULO, DE TOMÁS MUNITA Y DE ARYEH KORNFELD

pedirá, entonces, enfocarnos en la inercia térmica, atributo aportado por la tierra. De manera que los muros norte tendrán mayor contenido de tierra en su relleno.

Diversos ensayos térmicos sobre la quincha húmeda —relleno de paja con agua de tierra— y la quincha seca —relleno de paja— han demostrado que la aislación con un mejor coeficiente de transmitancia térmica se logra con aquel relleno que tiene mayor porcentaje de fibra (Acevedo et al., 2017). La piel de una construcción de estas características debe ser de tierra, para que pueda actuar como un organismo que «respira». Este es otro atributo que tienen las casas bien construidas con tierra; se produce porque las humedades interiores pueden atravesar los muros hacia el exterior para no quedar atrapadas en los espacios, generando hongos y moho.

Un material poroso tiene la capacidad de absorber humedad del ambiente y desorberla, ofreciendo un balance de humedad en el ambiente interior. La tierra es capaz de absorber tres veces más la humedad con relación a materiales como la madera o la piedra, mientras que el ladrillo absorbe solo el 10% de lo que absorbe la tierra cruda (Minke, 2013).

Después de realizar estudios sobre revestimientos de tierra en casas tradicionales de un barrio en Santiago de Chile (Marchante y Silva, 2017), hemos constatado que los que estaban mejor conservados eran aquellos que se mantenían con terminaciones de tierra o una mezcla cal-arena, tierra-cal. En cambio, los que fueron revestidos con cemento —pensando que esto los protegería— se vieron afectados por desprendimientos propios de la «capa de impermeabilización» que genera el cemento, que impide esta «respiración» que describimos.

Una casa de tierra es una casa sana, pues —si está bien iluminada, bien ventilada y posee ventanas que permitan que el calor del sol entre en los espacios— entregará una temperatura confortable. Podrá permanecer abrazada por los muros de tierra en invierno o será protegida del calor por ese mismo abrazo en verano, dada la inercia térmica de sus muros.

Su construcción permite reducir la contaminación en varios aspectos, en las distintas etapas. Cuando se construye, se reutiliza la tierra de las excavaciones, lo cual reduce el transporte de materiales, el gasto energético y la contaminación asociada.

Si bien el volumen de tierra nunca es suficiente, la tierra es un recurso abundante en todos los paisajes y latitudes; donde sea que se construya, hay un porcentaje casi total de posibilidades de encontrar tierra bajo nuestros pies. Esto solo podría reducirse en lugares donde haya, por ejemplo, prevalencia de arena y rocas; allí suele ser más difícil construir, por estar muy cerca del mar, de ríos o de la alta cordillera.

Otro aspecto central de nuestro pensamiento desde la arquitectura es el profundo respeto y cuidado por la ecología del lugar. Esto se aprecia en la forma que tenemos de buscar el emplazamiento dentro del terreno que se nos asigna. Nos interesa trabajar con consciencia respecto de la vida que allí está presente, para intervenir lo menos posible ese suelo y su crecimiento. Evitamos —al máximo posible— derribar árboles; tomamos la distancia propicia y nos albergamos con su sombra y belleza. El sotobosque también es cuidado, así como la vida de invertebrados que allí se desarrolla.

En algunos casos, cuando enfrentamos transformaciones de obra con árboles demasiado cercanos, cuidamos con podas sostener el crecimiento armónico entre la obra y los árboles. Hemos comprobado la alegría de nuestros trabajadores cuando notan que es posible cuidar la naturaleza y ser eficientes.

En algunos casos, nuestras obras parecen desaparecer en el paisaje o estrecharse tanto con él como para trenzarse con la vida orgánica circundante, lo cual recuerda la imagen de un fósil. Valoramos que —aunque implique suma atención a la mantención y limpieza de hojas en las cubiertas— esta característica hace que se establezca una profunda inmersión en la naturaleza, con el resultado de ambientes más calmos y vinculantes.



FIGURA 5. DE IZQ. A DCHA.: INTERIOR DE CASA ABALOS; FOTOMONTAJE DEL RESTAURANTE HOTEL DE TIERRA; REMODELACIÓN CONSULTA DE PSICOTERAPEUTA. FUENTE: IZQ. Y DCHA., FOTOGRAFÍAS DE TOMÁS MUNITA; CTRO., FOTOGRAFÍA DE FRANCESCA CARIQUEO

El sol es nuestro gran aliado. Diseñamos los espacios pensados desde adentro, como un cobijo para que la actividad de las personas encuentre lugares adecuados y acogedores en climas fríos. Allí donde el calor esté al acecho, será el volumen de tierra lo que se interponga para detener el calor en el espesor de los muros. Así, el frío nocturno de los climas desérticos hacia los que transitamos —que enfría los espacios de sueño— será cálidamente temperado por las horas de sol que los muros guardaron durante el día.

Los materiales son parte central en la constitución espacial de nuestros proyectos: en ellos se centra gran parte de nuestra búsqueda de sostenibilidad. Al mismo tiempo, esta configuración del espacio con materiales naturales se asemeja a la naturaleza de los cuerpos que lo habitan; envejecer rodeados de naturaleza nos entrega el valor de ver en ella el paso del tiempo y la expresión de su belleza, tal como sucede con nuestros cuerpos. La madera y la tierra pueden verse impactadas por la vida diaria de los espacios, así como en nuestros rostros irán quedando marcas de nuestras emociones. No es necesario pintar un muro de tierra, él asumirá el paso del tiempo con su propia belleza.

En algunos casos, cuando nos han pedido hacer muros blancos para aumentar la luminosidad interior de los espacios, recomendamos hacer revestimientos finos con cal y arena, alternativa compatible con la respirabilidad de los muros.

Cuando miramos el Coliseo, verificamos que los romanos supieron aprovechar las propiedades de la piedra calcárea de la cual se extrae la cal. Si bien esa piedra proviene de la misma fuente de donde se extraen los materiales para la producción de cemento pórtland, los niveles de emisión de CO₂ y el costo energético en su producción resultan mucho menores (Loayza, 2023).

Si ahondamos en la sustentabilidad de nuestros proyectos, hay que decir que la buena orientación solar y la ventilación cruzada, junto con la aislación de techos con un sistema de sándwich que hemos implementado —cama tierra-paja comprimida-cama de tierra-tablero de madera-ventilación-cubierta impermeable—, nos han permitido medir —con instrumentos, en espacios diseñados y construidos por nosotros— temperaturas interiores de confort, sin la intervención de aparatos para calefaccionar ni enfriar. Con ello podemos constatar que se reducen los gastos en combustible o energía eléctrica y, por lo tanto, la contaminación asociada.

Titula Carl Elefante (2023): «*The greenest building... is the one that is already built*» [El edificio más verde... es el que ya está construido]. Esto significa que es más eficiente y ecológico transformar un edificio que demolerlo para construir otro desde cero. Esta es una idea que trabajamos en nuestra oficina; el *cambio de uso* es una forma de diseñar que estamos dispuestos a trabajar. La vida de las personas cambia, sus hogares también; una familia grande vive la experiencia de criar a sus hijos con ciertas necesidades espaciales que cambian cuando ellos se van a iniciar su propia vida; los padres quedan solos, acompañando compañía, en espacios que les resultan gigantes.

Tenemos el caso de una casa de tierra muy grande —más de 300 m²— que convertimos en una villa con cuatro casas aglutinadas y separadas dentro de la original. La tierra y su ductilidad permiten desarmar paredes fácilmente, reutilizando la tierra en muros nuevos. Pueden abrirse ventanas con menor esfuerzo energético y sin generación de basuras.

Durante la pandemia, en el año 2020, pudimos transformar una bodega de tierra en un espacio para consulta de psicoterapeuta. Como no era posible comprar materiales con facilidad, nos dimos a la tarea de reutilizar todo lo que desmontamos: las vigas de techo se transformaron en cerchas; abrimos ventanas nuevas con robles reciclados que la propietaria tenía guardados; desarmamos muros cuya tierra reutilizamos en muros nuevos; aislación de techo y otros tesoros como puertas viejas y baldosas antiguas fueron resucitadas en este espacio ahora iluminado y bien ventilado. El espacio conservaba un muro de piedras delimitador de una servidumbre de paso que fue terminado con un estuco de tierra que cubrió todos los huecos pasibles de convertirse en madrigueras de insectos. En época de enfermedad vivimos la experiencia de hacer arquitectura sana, que reutiliza.

Por último, sabemos que cada obra es una investigación que nos gusta apoyar en investigaciones teórico-prácticas desarrolladas a partir de temas específicos, como mediciones de temperatura, tipologías de revestimientos, etc. En ocasiones llevamos estas investigaciones a la universidad, para difundir conocimiento. Las nuevas generaciones ansían saber cómo enfrentar los cambios que se vienen; eso nos da la oportunidad de mirar el futuro desde la sabiduría de los pueblos ancestrales, que construyeron formas de vida con mucho respeto de su entorno vital. Con una observación profunda de su alrededor, a partir del cuidado y la investigación, aprendieron sobre la adversidad del clima y el ingenio constructivo para la sobrevivencia.

Como oficina de arquitectura, pensamos que este conocimiento tan antiguo como la vida en la tierra debe ser relevado para recuperar la actitud de respeto y cuidado a la vida y el buen vivir.

Referencias bibliográficas

- Acevedo, R., Broughton, J. y Carrillo, Ó. (2017). *Construcción en quincha liviana. Sistemas constructivos sustentables de reinterpretación patrimonial*. Hualpén: Trama impresores.
- Elefante, C. (2023). *The greenest building... is the one that is already built* [El edificio más verde... es el que ya está construido]. Carl Elefante. <https://carlelefante.com/insights/the-greenest-building-is/>
- Jorquera, N. (2022). *Patrimonio chileno construido en tierra*. Santiago: Ediciones ARQ.
- Loayza, K. (2023) *Estudio comparativo del uso del hormigón de cal mediante el análisis del ciclo de vida ACV*. (Proyecto final de maestría, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España). Repositorio institucional UPCommons, UPC: <http://hdl.handle.net/2117/389309>

- Marchante, P. y Silva, P. (2017). Los revestimientos en la conservación del patrimonio construido con tierra en Santiago de Chile. En C. Neves, Z. Salcedo y O. Borges (Eds.), *17º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra «Tierra-Identities»* [Memorias] (pp. 400-406). La Paz: FAADU-UMSA y Proterra. Disponible en <https://redproterra.org/es/memorias-siacot/>
- Minke, G. (2013). *Manual de construcción con tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Bariloche: BRC ediciones.
- Montaner, J.M. (2001). *Depois do movimento moderno. Arquitetura da segunda metade do século XX* [Después del movimiento moderno. Arquitectura de la segunda mitad del siglo XX]. Barcelona: Gustavo Gili.
- Mota, L., Mateus, R. y Bragança, L. (2012). The contribution of the maintenance phase for the environmental life-cycle impacts of a residential building [La contribución de la fase de mantenimiento a los impactos ambientales del ciclo de vida de un edificio residencial]. En R. Amoêda et al. (Eds.), *BSA 2012: 1st International Conference on Building Sustainability Assessment* (pp. 603-612). Barcelos: Greenlines Institute for Sustainable Development y Universidade do Minho.
- Wadel, G., Avellaneda, J. y Cuchí, A. (2010). La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: cerrando el ciclo de los materiales. *Informes de la Construcción*, 62(517), 37-51. <https://doi.org/10.3989/ic.09.067>

Una ópera sobre una ley es una ópera sobre arquitectura

MAPA + INST Y CARLOS CASACUBERTA¹

Estudio creativo cuyo campo de acción es la arquitectura. Está enfocado en crear de manera sensible y rupturista nuevas realidades materiales, digitales, naturales y culturales. Trabaja en obras y proyectos de diversas escalas, así como en exploraciones vinculadas con la prefabricación, las nuevas tecnologías en madera y el paisaje. INST es la iniciativa de MAPA para la difusión de la dimensión cultural de la arquitectura, la reflexión transdisciplinar y la experimentación con nuevos medios mediante investigaciones, exposiciones y publicaciones.

Músico, intérprete, compositor y productor. Es integrante de Peyote Asesino (premio Graffiti 2022 a mejor disco de *hip-hop* y banda del año)...

¹. Equipo curatorial de «*En Ópera: escenarios futuros de una joven Ley Forestal*» —Pabellón de Uruguay en la 18ª Exposición Internacional de Arquitectura de la Bienal de Venecia—.

Imaginemos una historia del mundo contada por las leyes que lo habitan y le dan forma. Este sería un vasto relato repleto de viejos y nuevos personajes pintorescos —leyes marco, orgánicas, de mayoría simple o absoluta, internacionales, nacionales o federales, permisivas, prohibitivas, declarativas o especiales—, algunos conocidos y otros no tanto. En la trama, el nacimiento de una nueva ley-personaje o la muerte de una antigua sería un acontecimiento intenso capaz de revolucionar las relaciones definidas, abriendo o cerrando oportunidades entre las partes sobre las cuales tienen agencia.

Pero no estaríamos frente a un aburrido argumento repleto solo de textos y declaraciones ni tampoco delante de una narración meramente social de las naciones. Sería, también, otra versión de la historia de nuestros territorios y ambientes, de nuestros espacios y cuerpos, entrelazados por los deseos, sueños, miedos y violencias que nos atraviesan en cada época.

De este modo, una crónica legislativa del mundo hablaría al mismo tiempo de los pasados que nos preceden como de incontables proyectos de futuros por construir, ya que, si bien el derecho opera a través de una lógica historicista —evidente en su autorreferencialidad y en su estructura de cita y repetición—, refleja tanto una continuidad como una voluntad o promesa de ruptura con lo que vino antes (Mawani, 2014).

Es sobre estos ensamblajes legal-espaciales pasados, presentes y, sobre todo, futuros que trata este proyecto —curado por el estudio MAPA, la iniciativa cultural INST y el músico, compositor y productor Carlos Casacuberta— ideado

... Como solista editó los discos «carlos» y «Naturaleza». Fue productor artístico de «Frontera», «Sea» y «Eco» de Jorge Drexler, «Soy sola» de Ana Prada y «Todos estos cables rojos» del grupo La Hermana Menor. Es doctor en Economía y ha publicado en revistas arbitradas sobre economía del arte y la cultura.

para una edición de la Exposición Internacional de Arquitectura de la *Biennale di Venezia*, que se autodeclara un «Laboratorio del Futuro»² y centra su atención en la descarbonización y la descolonización como dos procesos contemporáneos fundamentales.

A través de una extraña pieza de ópera, esta vez la historia es contada por una joven ley forestal de Uruguay que, rodeada de muchas otras voces, se mira al espejo para intentar comprender qué está ocurriendo a su alrededor y qué otros universos pueden tener lugar.

Uruguay y las leyes como laboratorios. Cuando una joven ley forestal cobra vida y nos habla

Posiblemente, el capítulo protagonizado por Uruguay en una historia contada por nuestras leyes sería una aventura interesante. Más breve que el de estados más antiguos, pero cargado de sucesos atípicos con una intensidad experimental semejante a la que tiene lugar en un laboratorio.

Podríamos decir, incluso, que una narrativa de este tipo ya forma parte activa de nuestra identidad, dado que, en la construcción de la imagen de Uruguay como país socialmente innovador, muchas veces, los ámbitos de experimentación se vinculan a la aparición de nuevas leyes.

Son varios los ejemplos en este sentido. A finales del siglo XIX, se aprobaba la reforma de la educación primaria³ que trajo gratuidad, obligatoriedad y laicidad⁴ a nuestras escuelas. A comienzos del siglo XX, se reglamentaba un conjunto de cuatro leyes que posicionaban a Uruguay en la vanguardia del mundo occidental, ya que en 1907 se eliminaba la pena de muerte, en 1913 se aceptaba el divorcio por la sola voluntad de la mujer, en 1915 se legislaba sobre la jornada laboral de ocho horas, y la Constitución de 1917 aprobaba el voto de las mujeres, que sería puesto en práctica por primera vez en 1927 y efectivizado en 1938 con el voto universal femenino (Arocena y Aguiar, 2017). Más tarde, se legalizaría el derecho de huelga y se reglamentaría la promoción de la negociación laboral colectiva, en 1934 y 1943, respectivamente. A su vez, en el convulso 1968 vería la luz otro paquete de leyes que resultaría removedor para la estructura territorial de nuestro país —y que es de relevancia para este proyecto—: la Ley de Semillas, la primera Ley de Forestación, la de Conservación de Suelos y Aguas, la de Fertilización, la Ley de Reforma de las Estructuras Agropecuarias y la Ley Nacional de Vivienda que daría el marco jurídico para el surgimiento de las cooperativas de vivienda. Ya en el siglo XXI, lo harían las leyes ambientales⁵ como la Ley General de Protección del Ambiente de 2000, la Ley de Ordenamiento Territorial de 2008 y Ley de Gestión Integral de Residuos de 2019; y las vanguardistas leyes sociales como la Ley de Interrupción Voluntaria del Embarazo de 2012, la Ley de Matrimonio Igualitario y la Ley de Cultivo y Venta de Cannabis de 2013, y la Ley Integral para Personas Trans de 2018.

En medio de este efervescente recorrido legislativo-cultural nació y creció una ley singular a la que no dedicamos igual atención pero que, sin embargo,

fue capaz de desplegar energías transformadoras de escalas impensadas para nuestro país: la número 15939, más conocida como Ley Forestal,⁶ aprobada en diciembre de 1987.⁷

Su impacto territorial ha sido tal que, por ejemplo, se vincula con la mayor inversión extranjera que ha recibido Uruguay —de US\$ 3400 millones en la segunda planta de pasta de celulosa de la empresa finlandesa UPM, que equivale a casi 6% de nuestro PIB— y es símbolo de un cambio histórico de nuestra matriz productiva agroexportadora. Este podría ser equiparable al que produjo la introducción del ganado bovino en nuestros paisajes hace cuatro siglos, dado que, por primera vez, las exportaciones de celulosa superarán a las de carne este año, pasando a ser el producto líder de las ventas al exterior (Culshaw, 2023).

Asimismo, desde su promulgación transcurrieron seis períodos completos de gobiernos dirigidos por partidos rivales, lo que demuestra que esta ley constituyó la inauguración de una apuesta nacional por lo forestal que es ya una política de Estado asentada.⁸

De manera textual, ella nos dice en su primer artículo: «declárase de interés nacional la defensa, el mejoramiento, la ampliación, la creación de los recursos forestales, el desarrollo de las industrias forestales y, en general, de la economía forestal» (Uruguay, 1988). Toda una declaración de principios que define su perfil y que se ha comprobado en el aumento significativo y sostenido de la actividad forestal. De hecho, en este tiempo la superficie forestada se multiplicó por más de treinta y cinco veces, pasando de treinta mil hectáreas a finales de los ochenta hasta alcanzar más de un millón cien mil al día de hoy (Martínez et al., 2019).

Además, en sus casi seis mil palabras, la Ley Forestal define lo que es un bosque y un terreno forestal y los clasifica; protege a nuestros montes nativos y palmares, al tiempo que obliga a plantar bosques protectores y establece reglas de protección contra incendios; crea nuevas institucionalidades como la Dirección y el Fondo Forestal; promueve beneficios de financiamiento y fija exoneraciones tributarias para el fomento de empresas forestales dedicadas a la plantación y manejo de bosques, producción de pasta de celulosa, papeles y cartones, madera aserrada, madera terciada, tableros de fibra de madera y de madera aglomerada, destilación de la madera o utilización de productos forestales como materia prima en la industria química o generación de energía. Como es de esperar, en ningún momento nombra a la arquitectura.

Pero si la ley cobrase vida —si consideramos que aún no lo ha hecho—, también podría preguntarse —y preguntarnos—: ¿qué procesos he habilitado o truncado?; ¿cómo afecté y afectaré el territorio natural, las infraestructuras, las ciudades y construcciones?; ¿y a los seres vivos, las personas y sus vidas cotidianas? Y, al mismo tiempo, ¿por qué no se habla de mí como un personaje importante? ¿Por qué a veces me siento sola? ¿Con quiénes dialogo y con quiénes no? ¿Cuál será el marco temporal-generacional de mi existencia? ¿Cuáles serán mis pesadillas y los mundos con los que quiero soñar?

2. «*The Laboratory of the Future*» es la propuesta curatorial general dirigida por Lesley Lokko para la 18ª Exposición Internacional de Arquitectura de la Bienal de Venecia.

3. A través del Decreto Ley de Educación Común de 1877.

4. La laicidad demoraría unos años más en quedar verdaderamente implementada.

5. Las leyes mencionadas tienen como antecedentes la Ley de Prevención y Evaluación del Impacto Ambiental de 1994 y la declaración de interés general de la protección del ambiente en la Reforma Constitucional de 1996.

6. Se trata de la segunda Ley Forestal de nuestro país porque, como se mencionó anteriormente, la primera fue aprobada en 1968.

7. Junto a la Ley de Zonas Francas.

8. La idea de lo forestal como política de Estado nacional fue corroborada por la mayoría de los entrevistados en el proyecto.

Una ópera también es un texto activo. **En ópera: hacia una construcción multiautoral**

Como género de música teatral, la ópera, al igual que una ley, también es un texto activo. No solo por el dinamismo dramático que conlleva su puesta en acción, sino más bien por su agencia más allá del escenario en cuanto dispositivo cultural cargado de espesor simbólico.

Históricamente en países como Uruguay la ópera mantuvo un rol importante como parte de los mecanismos del funcionamiento cultural colonial, ya que las élites buscaban mostrar «en sus artes del espectáculo el interés en sentirse cosmopolitas, en participar, desde la periferia, de las artes que ofrecían los centros generadores de novedades» (Fornaro y Salom, 2007, p. 2). En este sentido, el musicólogo Lauro Ayestarán (1953) contaba cómo el Teatro Solís de Montevideo, inaugurado en 1856, brindaba una segunda *performance* paralela a la de la representación artística, uniendo un acto dramático sobre el escenario y un acto político en la sala repleta de «una platea de brillantes, prósperos y fríos burgueses» (p. 162).

La primera ópera uruguaya, *La parisina* de Tomás Giribaldi, fue estrenada en 1878. Ya en la segunda mitad del siglo XX, como parte de la búsqueda de lenguajes propios a través de óperas escritas con características que las alejan del centro, surgieron *Marta Gruni* en 1967, la *Ópera montevideana* de Jaurès Lamarque Pons y *El regreso*, de Ricardo Storm, en 1972. Sin embargo, el género tuvo un lugar menor en el desarrollo de la creación musical del país y fueron pocas las obras aquí compuestas.⁹

Pero incluso existiendo posiciones que anuncian su muerte o que la definen como un género «museístico» únicamente sostenido por los *hits* de los siglos XVII, XVIII y XIX,¹⁰ podemos decir que el *poder* de la ópera continúa vivo. Como el concepto mismo de la ópera está sustentado en la narración, se torna una sugestiva y poderosa herramienta a la hora de explorar distintas y nuevas maneras de narrar, y más aún, como uruguayos exponiendo en una muestra en Venecia. De este modo, nos proponemos jugar con este instrumento cultural simbólico, contaminándolo de otros elementos heterogéneos capaces de plantear nuevas dinámicas entre el *aquí* y el *allá*, mediante una obra multiautoral, multidisciplinaria y multimedia.

Ya desde el propio origen la palabra en italiano refiere a una «obra», lo cual cobra mayor sentido a la hora de hablar de arquitectura, o también Uruguay puede ser visto como una obra en proceso (en *ópera*), sin terminar y abierta a tomar nuevos rumbos.

De este modo, el proceso narrativo que hemos construido busca dar cuenta de que el escenario que una ley crea da lugar a diferentes voces y múltiples visiones, por lo que, más que representar una mirada determinada, se busca contribuir a generar un diálogo que no tiene una versión final y que se encuentra en montaje.

Asimismo, trabajar desde la extraña versión de una ópera nos permite liberar la ficción argumental de la Ley como personaje.

Ella se presentará ante nosotros a través de un gran espejo, cuya metáfora —de presencia múltiple en la literatura— muestra a la Ley como un reflejo de las condiciones, voluntades y negociaciones que la hacen vivir, y también como una figura en la que las personas y los grupos sociales pueden proyectar sus propias ambiciones y visiones.

La corporeidad de la Ley tiene algo humano y algo abstracto, tiene algo vegetal e industrial, porque se encuentra mutando todo el tiempo. También muta su lenguaje musical, que recorre distintos escenarios sonoros para expresar una ópera que no es museísticamente correcta, sino una serie de micropiezas *pop* en las que lo operístico está dado por la gestualidad del canto.¹¹ A su vez, los textos que la Ley canta abren el espacio para la presencia de lo inesperado y la constatación de que el mundo que hoy ha configurado en torno a ella no era previsible en los tiempos de su aprobación. Así, no habla desde una posición única y central para dar lugar a nuevas interpretaciones y ángulos no previstos para observar y pensar.

Esta noción de argumento vivo se expande a través de los diálogos transversales de la Ley con escenas de las espacialidades presentes y futuras que tienen lugar a su alrededor. Estas estallan frente al espejo en una pieza visual —creada por Exceso Colectivo, integrado por los artistas Rafaella Varela, Fol Cvetreznik y Guzmán Bergereau— que entremezcla, *remixa* o *hackea* modelos tridimensionales, escaneos, fotogrametrías, fotografías y videos tomados del lugar de los hechos, recolectados de diversos autores o reciclados de internet.

Finalmente, también se propone una dinámica de interrupción musical del argumento de la Ley por discursos de otra naturaleza. Así, un conjunto de artistas afrouuguayos de una generación reciente interviene y dialoga con la Ley a través de sus obras. Algunas veces con elementos sociales inequívocos, otras con paisajes vivenciales que conviven o se contraponen. La curaduría de estas intervenciones estuvo a cargo de Nomusa —Camila Cardozo—, que es exponente de esta generación y dio lugar a un proceso creativo rico y múltiple en el que, además, intervienen Romina Sánchez, Viki Style y Facundo Balta, así como Gabrielle Santos desde la producción.

Las leyes son textos que construyen espacios. **En ópera: ensamblajes en diálogo en Uruguay**

Si podemos entender la ley como un personaje es porque es tan solo un cuerpo más entre otros, humanos y no-humanos, que aparece en un tiempo y espacio concretos y adquiere responsabilidad y agencia con su propia aparición (Philippopoulos-Mihalopoulos, 2017). Así, desde una perspectiva *latouriana*,¹² la ley puede ser entendida como el ensamblaje en construcción de una ecología política, compuesto por múltiples actores sociales, naturales y tecnológicos puestos en diálogo.

En este sentido, Richard Hogg (2002), en *Law's Other Spaces*, nos invita a dejar de considerar el Derecho como un sistema cerrado y descontextualizado para poder verlo como un conjunto de elementos heterogéneos, discursivos,

9. Luego de la reforma del Teatro Solís, en 2004, retorna la temporada de ópera en vivo o a través de proyecciones desde el Metropolitan Opera House de Nueva York. En 2013, se estrena *Il Duce*, del uruguayo Federico García Vigil, con libreto traducido al italiano.

10. El artículo «*Opera is dead, in one chart*», publicado por Christopher Ingraham (2014) en *The Washington Post*, argumenta que durante décadas raramente se han representado obras compuestas hace menos de cincuenta años, lo que es un signo de no vitalidad. A pesar de las excepciones, falta demanda para piezas nuevas y el público envejece mientras las generaciones jóvenes demandan innovación y otros enfoques dramáticos. A su vez, destinada a un público elitista y reducido, los altos costos de la ópera hacen que las puestas necesariamente se traduzcan en pocas funciones.

11. La voz de la Ley es interpretada por Sofía Colares.

12. Haciendo referencia a las ideas del filósofo francés Bruno Latour en torno al concepto «ensamblaje».

sociales y técnicos que abarcan no solo textos y normas sino también estructuras físicas distintivas, disposiciones espaciales y rituales. Explorar la espacialidad de las leyes es para Hogg «*one path to subverting its imperial claims to objectivity, generality and sovereignty and to recognising the subsistence of other legal orders and other legal possibilities*» [un camino para subvertir sus pretensiones imperiales de objetividad, generalidad y soberanía y reconocer la subsistencia de otros órdenes jurídicos y otras posibilidades jurídicas] (párr. 34).

Por su parte, la arquitecta y teórica Keller Easterling (2021) reivindica el rol político y jurídico del espacio diciendo que, si bien la cultura tiende a darles más autoridad de gobierno a las abstracciones legales y económicas, «el espacio posee información, valor y potencial por encima de evaluaciones financieras o geométricas, y es, en sí mismo, una tecnología de innovación» (p. 24).

Siguiendo estas líneas de pensamiento, *En ópera* centra su atención en una «abstracción legal», nuestra joven Ley Forestal, y explora sus espacialidades y territorialidades —entendidas como tecnologías de innovación y redes cargadas de información nueva y existente— con el objetivo de crear juntos un espacio de mediación donde la justicia espacial pueda emerger (Philippopoulos -Mihalopoulos, 2017).

Para esto, nos cuestionamos: ¿cuáles son las espacialidades y territorialidades de la Ley Forestal?; ¿cómo dialogan con ella y entre sí?; ¿qué controversias enuncian?, y ¿qué futuros más justos podemos construir en conjunto, siendo parte de este ensamblaje?

Para buscar respuestas, el proyecto utiliza la ópera como un medio incómodo que nos obliga a desplazarnos de nuestras posiciones reconocidas. Mediante una estructura en actos, pone en diálogo un amplio repertorio de voces, actores, cuerpos y agencias a través de múltiples escalas espaciales. Esta estructura es transversal a todo el proyecto y se refleja tanto en la narrativa de la exposición como en la organización en capítulos de este libro.

La obertura de la ópera, *Yo soy la ley*, es una pieza que introduce la ley como texto activo que construye el mundo físico a través de la palabra.

El primer acto, *Árbol, árbol, árbol, árbol*, es un acercamiento a las etapas de provisión y producción primaria vinculadas con la plantación de árboles y la transformación del paisaje rural uruguayo y su biodiversidad tras el crecimiento sin precedentes de la actividad forestal. En esta sección veremos cómo millones de plantines de eucaliptus son clonados en viveros de altos estándares biotecnológicos, la aparición sorpresiva de un puma en «peligro crítico» en una de las miles de nuevas hectáreas de plantaciones forestales, y cómo la pradera —que pierde terreno—, el ganado, las mulitas, el monte nativo, el suelo y el agua dialogan, conviven y compiten en un complejo ecosistémico de gran escala que atravesará transformaciones drásticas por el cambio en el uso del suelo.

Luego, en el segundo acto, titulado *Antes que todo*, nos adentramos en las complejidades del entramado logístico e infraestructural que da soporte al sector forestal. Aquí, el espacio infraestructural no es solo el de los camiones, las rutas, el tren y los embarcaderos, sino también el de los protocolos que establecen,

siguiendo a Easterling (2016), «*repeatable formulas*» [fórmulas repetibles] (p. 11) de disposición espacial que impactan en el entorno físico de forma directa e indirecta. Entre ellas, el sistema internacional de certificación ambiental de bosques del *Forest Stewardship Council*, las universidades y la diversificación de sus carreras asociadas al sector, los fondos de inversión provenientes de pensiones, compañías de seguros, bancos e inversores privados, el mercado de bonos de carbono, entre otros.

En el acto *Del bosque a la máquina* centramos la atención en los intensos procesos de industrialización y tecnificación de la cadena forestal con sus paquetes tecnológicos asociados. Por un lado, la llegada de inmensas plantas industriales para la producción de pulpa de celulosa que ha posicionado a Uruguay como uno de los países líderes en la materia. Por otro lado, el auge de la industria de madera sólida, con la reciente aparición de nuevos emprendimientos pioneros en la región para la producción de materiales de construcción con nuevas tecnologías. Las máquinas, las pasteras, el *software*, los rolos de madera, el papel higiénico y los paneles prefabricados de *cross-laminated-timber* «cantan» al unísono junto a la Ley Forestal.

Así, a modo de ejemplo, la Ley dialogará con los bosques y viveros, en una conversación íntima, inmersiva y erótica; con las infraestructuras y protocolos, con orgullo y algo de culpa o arrepentimiento; con las plantas de celulosa y los aserraderos como enormes y enigmáticas criaturas mitológicas.

En ópera, ante todo, es un esfuerzo por ensamblar, entrelazar, contraponer, diversificar y amplificar voces. Es por esto que el cuerpo discursivo y narrativo de esta exposición es el producto de una extensa serie de entrevistas realizadas a personas involucradas en distintos ámbitos de la producción forestal y la construcción en madera.

Conversamos con Leo Lagos sobre los debates públicos y las controversias asociadas al *boom* de la forestación. También dialogamos con Carlos Faroppa, de la Dirección General Forestal, sobre la historia del sector durante las últimas décadas y sus desarrollos futuros. Virginia Morales Olmos nos interiorizó en el funcionamiento de la cadena forestal y los cambios que ha traído, especialmente en el norte del país. Jimena Alonso nos habló del impacto de la actividad en las cuencas hídricas, Fernando García Préchac de qué tanto afecta nuestros suelos, y Alexandra Cravino y Ramiro Pereira sobre los efectos en la biodiversidad. Carolina Neme defendió los recursos naturales del país desde la óptica del derecho ambiental. María Ehrnström-Fuentes nos contó sobre su investigación acerca de las dinámicas extractivistas de la forestación en Uruguay. Eduardo Blasina, del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, enmarcó la actividad forestal en los desafíos que afronta el país en términos de agroecología. El economista Marcelo Cafferla habló de los bonos de carbono y la incorporación de la variable ambiental en la economía. Matías Abergo expuso la escena nacional de la industria de nuevos materiales de ingeniería en madera desde su prometedora empresa Arboreal. Andrés y Agustín Dieste expusieron sus experiencias de experimentación con la madera y las posibilidades de las nuevas tecnologías. Tanto Michael

Rodríguez, ciudadano de Tacuarembó y empleado del sector, como Ruben Silva, del Sindicato de Obreros de la Industria Maderera y Afines, representaron a los trabajadores de la cadena. Los arquitectos y urbanistas Diego Capandeguy y Lorena Logiuratto dieron sus puntos de vista sobre las transformaciones territoriales e infraestructurales que han venido con la ley. Aprendimos sobre las estrategias de promoción de la construcción en madera con Carolina Pérez Gomar, del Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial. Por su parte, Bernardo Martín nos contó sobre el surgimiento del nuevo posgrado de especialización Arquitectura en Madera en la Universidad de la República.

Para finalizar, la última pieza de la ópera, *Coda: Arquitectura*, mueve el foco nuevamente hacia la disciplina arquitectónica y su rol en la construcción de futuros. En ella se presentan los resultados de una convocatoria abierta a profesionales y estudiantes con el fin de exponer el amplio *panorama de nuestros futuros en madera* que estamos diseñando juntos. Asimismo, cierra enunciando preguntas abiertas en una especie de ejercicio especulativo sobre los futuros posibles de la arquitectura nacional en este nuevo Uruguay donde la forestación es protagonista. La totalidad del sector hoy mira muy atentamente la aparición de nuevos y prometedores desarrollos industriales en las áreas de la bioeconomía y la construcción en madera, y la arquitectura no puede quedar fuera de esta discusión.

La construcción con madera como oportunidad de dar(nos) valor. En ópera: laboratorio de futuros situados

Puede agradarnos o no, pero, en definitiva, Uruguay atraviesa una transformación histórica, no ajena a tensiones y controversias, cuya efervescencia puede derivar en la construcción, simbólica y literal, de una multiplicidad de futuros.

Por eso, *En ópera* busca ser un llamado a dialogar abiertamente entre nosotros —procurando conformar un *nosotros* lo más amplio posible— para prestar cuidadosa atención a lo que ocurre en nuestros bosques y ciudades a medida que la Ley Forestal se vuelve adulta. Y es también, en particular, un llamado para que la arquitectura no se quede callada.

La propia ley lo reclama en sus versos: «Hablen conmigo, si pueden; / hablen en contra, también. / No me dejen a solas, / que crezco, hasta enloquecer. / Arquitectura. / Dime quién quieres ser». Tras esto aflora vertiginosamente una pregunta: ¿podemos imaginar a Uruguay como un *laboratorio de futuros contruidos con madera* que sean más justos e inclusivos? O, mejor dicho, ¿cómo podríamos hacerlo?

La certeza de la que partimos es que Uruguay cuenta con una enorme disponibilidad de madera de coníferas próxima a su maduración y óptima para ser cosechada. Esta gran disponibilidad de madera de pino actual y su aumento en el corto plazo obligan a pensar en diferentes alternativas para su aprovechamiento (Uruguay XXI, 2021), ya que las plantas de procesamiento de celulosa solo utilizan madera de eucaliptus. Esto se suma a una industria aserradera en

crecimiento que despliega emprendimientos con tecnología de alto estándar —como una de las primeras fábricas de *Cross Laminated Timber* de América Latina y varias de madera laminada encolada (glulam)— en diversos puntos del interior del país, pero que produce mayormente para exportación. También, a un nuevo ecosistema educativo diverso, descentralizado e interinstitucional en torno a lo forestal, que parece tener mayor capacidad de adaptación al cambio que otras estructuras educativas establecidas, entre otros factores.

Así, frente a, o coexistiendo con, una expansión territorial gigantesca de la forestación enfocada casi únicamente en la producción de celulosa para exportación, la construcción con madera parece ser una alternativa capaz de utilizar las infraestructuras físicas e inmateriales que ya existen para darle otro valor a la cadena productiva en torno al bosque.

A su vez, son varios los argumentos actuales en torno al uso constructivo de la madera como una opción hacia la descarbonización del sector.¹³ Por ejemplo, las investigaciones indican que sustituir el acero y el hormigón por madera en los edificios de mediana altura podría reducir las emisiones de carbono de la fabricación, el transporte y la construcción entre 13% y 26,5%, según el diseño del edificio, los productos de madera que se utilicen y el lugar desde el que se envíen (Hahn, 2023), ya que, al producirse, un metro cúbico de madera almacena una tonelada de carbono en su masa (WoodWorks - Wood Product Council, 2023). Pero también hay quienes sostienen que, por la falta de datos a causa de su novedad, actualmente se están pasando por alto los enormes impactos que la gestión de los bosques y el final de su vida útil pueden tener en el impacto climático general de un producto de madera sólida (WoodWorks - Wood Product Council, 2023). Por otro lado, la construcción con componentes como vigas y pilares de madera laminada encolada y losas y muros portantes de madera contralaminada se basa en el ensamblado de elementos prefabricados, lo cual permite pensar en volver a acceder al recurso al fin del ciclo de vida de los edificios, en un modelo de economía circular o «de cuna a cuna» que sustituya el actual modelo productivo de la mayoría de la industria, «de cuna a tumba».

Los ejemplos de estas discusiones nos hablan de la necesidad de ensayar nuevas formas de mirar, que sean ecosistémicas, transescalares y que incorporen lo temporal en su génesis, para tomar posiciones sensibles frente a controversias complejas. La madera puede ayudar, pero la madera sola no va a salvarnos de nada si, por ejemplo, seguimos construyendo con ella como lo hacemos actualmente, sin revisar transversalmente nuestro ejercicio. Aquí es donde la arquitectura tiene la oportunidad y la excusa de actuar como un espacio de mediación para disponer nuevas prácticas situadas en nuestra realidad que se alejen de las soluciones universales habitualmente pensadas desde el norte global.

Volviendo a Venecia, un texto reciente de la arquitecta y curadora Lesley Lokko (2023) sobre el costoso proceso de construcción de la *Biennale* problematiza el despliegue de recursos que implica una exposición de arquitectura de tal envergadura. Ella se cuestiona ¿en qué va a cambiar algo lo que digamos?, a lo que agrega:

13. En este sentido, se pueden ver los diversos planteos presentados en la serie *Timber Revolution* de Dezeen: www.dezeen.com/timber-revolution

how will what we say interact with and infuse what «others» say, so that the exhibition is not a single story, but multiple stories that reflect the vexing, gorgeous kaleidoscope of ideas, contexts, aspirations, and meanings that is every voice responding to the issues of its time? [¿cómo interactuará lo que digamos con lo que digan los «otros», de modo que la exposición no sea una única historia, sino múltiples historias que reflejen el magnífico caleidoscopio de ideas, contextos, aspiraciones y significados de cada voz respondiendo a los problemas de su tiempo?]. (párr. 1)

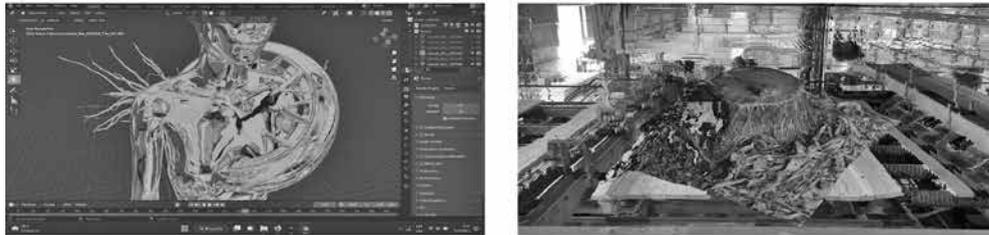
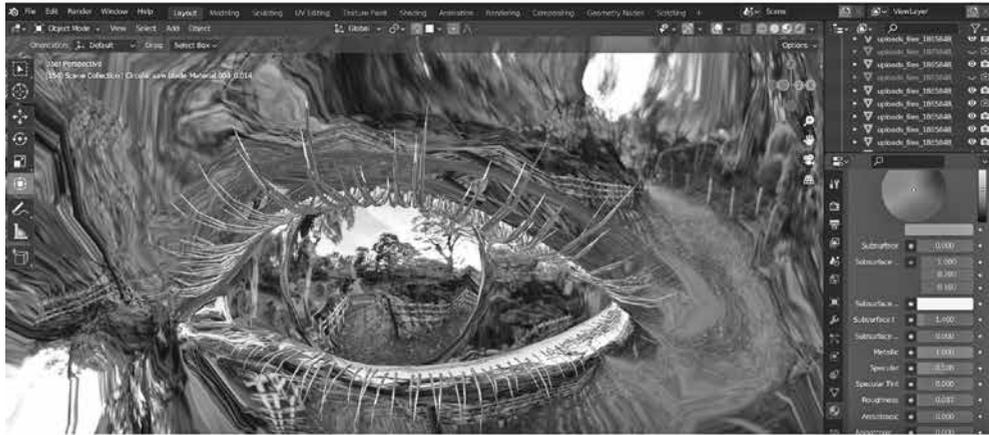
Esta preocupación también ha sido central en la concepción de *En ópera* como un proyecto inacabado que considera que lo que *tenga lugar en Uruguay* es tanto o más importante que lo que suceda en Venecia. Solo así tendrá un verdadero sentido transformador.

Para esto, *En ópera* se concibe como una especie de *lugar de trabajo* en que arquitectos y personas de un amplio campo de disciplinas toman sus prácticas actuales para trazar un camino en el que participantes y visitantes vayan tejiendo por sí mismos lo que el futuro pueda traer. Buscando constituir una plataforma abierta de experimentación local, el proyecto tomará forma en nuestro país a través de un *Laboratorio del Futuro* situado cuya programación pública de conferencias, charlas, talleres y construcción explorará el desafío proyectual de diseñar juntos *nuestras formas de construir con nuestros bosques*.

Para nosotros, un *Laboratorio del Futuro* no implica colocarse bajo las certezas de lo establecido, sino sobre las incertidumbres de lo que aún no es. Se trata de afirmar lo posible.

Referencias bibliográficas

- Arocena, F. y Aguiar, S. (2017). Tres leyes innovadoras en Uruguay. Aborto, matrimonio homosexual y regulación de la marihuana. *Revista de Ciencias Sociales*, 30(40), 43-62. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/9097>
- Ayestarán, L. (1953). *La música en el Uruguay*. Montevideo: Servicio oficial de distribución radioeléctrica.
- Culshaw, F. (2023, 10 de enero). ¿En qué está la mayor inversión de la historia de Uruguay? *El País* dentro de UPM 2. *El País*. <https://www.elpais.com.uy/negocios/noticias/en-que-esta-la-mayor-inversion-de-la-historia-de-uruguay-el-pais-dentro-de-upm-2>
- Easterling, K. (2016). *Extrastatecraft: The Power of Infrastructure Space* [Extrastatecraft: El poder del espacio de infraestructura]. Londres: Verso.
- (2021). *Diseño del medio. Saber cómo trabajar el mundo* (A. Giráldez y P. Ibáñez, trads.). Madrid: Bartlebooth.
- Fornaro, M. y Salom, M. (2007). *El género Ópera en Uruguay: una mirada múltiple*. Montevideo: Teatro Solís. Disponible en <http://www2.teatrosolis.org.uy/imgnoticias/201203/19996.pdf>
- Hahn, J. (2023, 31 de marzo). The hidden carbon impacts of getting mass timber wrong. *Dezeen*. <https://www.dezeen.com/2023/03/31/mass-timber-carbon-assessment-timber-revolution/>
- Hogg, R. (2002). Law's Other Spaces [Otros espacios de la ley]. *Law Text Culture*, 6, art. 4.
- Ingraham, C. (2014, 31 de octubre). Opera is dead, in one chart [La ópera está muerta, en un gráfico]. *The Washington Post*. <https://www.washingtonpost.com/news/wp/2014/10/31/opera-is-dead-in-one-chart/>
- Lokko, L. (2023, 24 de mayo). Introduction by Lesley Lokko. Curator of the 18th International Architecture Exhibition [Introducción de Lesley Lokko. Curadora de la 18.ª Exposición Internacional de Arquitectura]. *La Biennale Di Venezia*. <https://www.labiennale.org/en/architecture/2023/introduction-lesley-lokko>
- Martínez, E. J., Delgado, M., Pedrosa, R., González, E., Rodríguez Miranda, A., Ackermann, M. N., Cortelezzi, Á., Gorenstein, S., Ferrarín, D., Hansz, M., Logiuratto, L., Sosa, L. y Nario A. (2019). *Lógicas territoriales del Uruguay agroexportador. Un análisis de implicancias espaciales de las principales cadenas productivas agroindustriales del país*. Montevideo: MVOTMA, Instituto de Teoría de la Arquitectura y Urbanismo, FADU y Udelar.
- Mawani, R. (2014). Law As Temporality: Colonial Politics and Indian Settlers [Ley como temporalidad: Políticas coloniales y pobladores indios]. *UC Irvine Law Review*, 4(1), 65-95. Disponible en <https://scholarship.law.uci.edu/ucilr/vol4/iss1/5>
- Philippopoulos-Mihalopoulos, A. (2017). El movimiento de la justicia espacial (A. Giráldez López, B. Hermida Castro y P. Ibáñez Ferrera, trads.). En A. Giráldez López, B. Hermida Castro y P. Ibáñez Ferrera (Eds.), *Protocolos* (pp. 27-50). Madrid y Vigo: Bartlebooth.
- Uruguay. (1988, 9 de febrero). Ley n° 15939: Ley Forestal, Fondo Forestal, Recursos Naturales. Recuperado de <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/15939-1987>
- Uruguay XXI. (2021, abril). *Sector forestal en Uruguay*. Recuperado de <https://www.uruguayxxi.gub.uy/uploads/informacion/a29771e03cc49e42fe516c01b0d271dc0fcf4cbe.pdf>
- WoodWorks - Wood Product Council. (2023, 6 de junio). Calculating the Carbon Stored in Wood Products [Calculando el carbono almacenado en productos de madera]. *WoodWorks-Wood Products Council*. <https://www.woodworks.org/resources/calculating-the-carbon-stored-in-wood-products/>







E

experimentación

Contaminación lumínica y entorno urbano

**SUSANA COLMEGNA RICCO
Y MACARENA RISSO BARROS**

PALABRAS CLAVE

ILUMINACIÓN; DISEÑO; CIUDAD; BIODIVERSIDAD

Arquitecta (FArq-Udelar, 1993).
Posgraduada en la especialización
Medio Ambiente Visual e
Iluminación Eficiente (DLLV, FACET-
UNT, Argentina, 2008). Especialista
en Gestión Ambiental UNIT-ISO
14000. Directora del Taller
Colectivo de Diseño de Paisaje
(LdP, CURE-Udelar) desde 2019.
Profesora Adjunta (FADU-Udelar)
de Acondicionamiento Lumínico
desde 2010.

Resumen

La contaminación lumínica —que en términos generales puede definirse como la alteración de la oscuridad natural de la noche— se ha convertido en un problema global con graves impactos para las observaciones astronómicas, la biodiversidad y la salud humana, además del consumo irracional de energía que trae implícito.

Actualmente, más del 80% de la población mundial vive bajo cielos contaminados por los efectos de la luz artificial, es decir, no puede apreciar el firmamento.

En el contexto urbano, la contaminación lumínica es causada por el alumbrado público y también por la iluminación proveniente de los privados, provocando en los seres humanos alteraciones del confort visual y de los ciclos circadianos. Ambos efectos se relacionan principalmente con las altas luminancias de las fuentes de luz y con las temperaturas de color utilizadas —mayores a 3500 K—, que no son las recomendadas para espacios exteriores.

Es importante tener en cuenta el rol que juega el diseño en esta situación, ya que la contaminación lumínica puede evitarse si se tienen en cuenta los criterios adecuados al momento de planificar la iluminación exterior.

En otros países existen normas y recomendaciones al respecto, como por ejemplo la norma legal francesa del 27 de diciembre de 2018 (Francia, 2018) para la prevención, reducción y limitación de la contaminación lumínica, que aborda el tema en sus diferentes aspectos, proporcionando soluciones para cada tipo de espacio.

Arquitecta (FArq-Udelar). Magíster
en Diseño de Iluminación
Arquitectónica (ETSAM-
UPM, Madrid). Doctoranda en
Arquitectura (FADU-Udelar).
Docente Asistente en FADU y en
la LdP (CURE-Udelar). Profesional
en el diseño de iluminación desde
el 2012 a la fecha (Montevideo,
Uruguay) y desde el 2007 hasta
el 2012 en la empresa Intervento
(Madrid, España). Embajadora por
Uruguay en la organización WIL/UK
(www.womeninlighting.com).

Se hace cada vez más necesario darle a este problema la dimensión que tiene y tomar conciencia de las consecuencias que puede ocasionar si no se adoptan las medidas adecuadas.

Introducción

El hombre ha evolucionado en condiciones de iluminación natural, es decir, rigiéndose por las condiciones diurnas y nocturnas dadas por el movimiento aparente del Sol.

Desde el descubrimiento del fuego y su utilización con fines de iluminación podemos decir que se comenzó a alterar la oscuridad de la noche, pero no fue sino hasta finales del siglo XIX que surgió el problema de la contaminación lumínica, cuando aparecieron sistemas de iluminación artificial que permitieron la consolidación del alumbrado urbano y la posibilidad de extensión de los horarios de distintas actividades. Los primeros en plantear la cuestión fueron los astrónomos, quienes percibieron cómo las capacidades de observación se veían afectadas por el exceso de iluminación nocturna. En la actualidad, más del 80% de la población mundial vive bajo cielos con contaminación lumínica.

La Sociedad Española de Astronomía (s.f.) cita algunas definiciones de esta y hace ciertas apreciaciones al respecto:

[es] «la emisión de flujo luminoso procedente de fuentes artificiales nocturnas con intensidades, direcciones o rangos espectrales (colores) innecesarios para las actividades que se planea desarrollar en la zona iluminada» [o, también,] «cualquier perturbación artificial de las condiciones naturales de oscuridad de la noche». Desde este punto de vista todo alumbrado nocturno es contaminante y solo cabe tratar de diseñarlo de manera que la perturbación sea la mínima. La contaminación lumínica [...], directa [o producto de la porción reflejada de] fachadas y pavimentos, supone una amenaza [...] para la astronomía [...] e implica [...] la pérdida del cielo nocturno como parte del paisaje natural y como patrimonio cultural. La alteración de la oscuridad natural de la noche tiene, además, implicaciones para [la biodiversidad]. (párr. 1)

Es claro, entonces, que nos enfrentamos a un problema de escala mundial, con importantes impactos tanto en los distintos ecosistemas como en la capacidad de observación del cielo nocturno, además de aquellos que se relacionan con los consumos energéticos excesivos. Estos impactos son la consecuencia de procesos de diseño y gestión de las instalaciones de alumbrado. Por tal motivo, es sumamente importante comprender la trascendencia que guarda la aplicación de criterios de diseño de iluminación adecuados, ya que allí radica la forma de mitigación de esta problemática.

Por lo tanto, las instalaciones de alumbrado deben atender a estos aspectos, integrando los paradigmas contemporáneos y sus más significativos preceptos:

- respetar la contemplación del cielo nocturno;
- contemplar tanto la afectación de la luz artificial sobre los diferentes ecosistemas como la alteración de los ciclos circadianos de los seres humanos;
- implementar soluciones que no afecten el confort visual de quienes circulan tanto de manera vehicular como peatonal;
- evitar la contaminación lumínica y racionalizar consumos energéticos,
- utilizar fuentes con temperaturas de color que generen impactos mínimos en la salud de los seres vivos.

Cielo nocturno

La *Declaración sobre la defensa del cielo nocturno y el derecho a la luz de las estrellas* (Fundación Starlight, 2007) promueve el cielo nocturno como patrimonio intangible de valor científico, cultural y ambiental.

Los observatorios astronómicos se ven afectados por la contaminación lumínica, pues esta disminuye la capacidad de observación de los telescopios profesionales. Por tal motivo, estos centros de investigación y estudio del cielo se han ido trasladando hacia lugares alejados de las grandes urbes.

Biodiversidad y ecosistemas

Combatir la contaminación lumínica se ha convertido en un asunto de preservación natural y ecológica. Se debe evitar la perturbación de la diversidad biológica, apuntando a minimizar el impacto sobre los diferentes ecosistemas —por niveles excesivos, por luz intrusa, por color de luz inapropiado—.

Las políticas de ordenamiento territorial deberían incorporar esta dimensión en la gestión del territorio en general y de las áreas protegidas en particular para garantizar de forma efectiva la protección del medio natural.

La contaminación lumínica, en lo que respecta a fauna y flora, altera, por ejemplo, ciclos migratorios. Entre otros, los de las aves, que pueden verse atraídas por luces que se encuentran a cientos de kilómetros de distancia. Asimismo, aun con niveles muy bajos de iluminación, puede modificar el comportamiento de los predadores e influir también en insectos, trastocando la polinización diurna y nocturna.

En cuanto a los seres humanos, la problemática gira en torno al confort visual y a los ciclos circadianos. El confort se ve afectado principalmente por deslumbramientos provocados por luminarias de altas luminancias, sin apantallamientos, en las que la fuente de luz queda a la vista del observador. Esto se ha agudizado con la introducción de fuentes con tecnología LED, ya que estas poseen una muy alta luminancia, producto del pequeño tamaño del sector de emisión y del gran flujo lumi-

noso que proporcionan. La alteración de los ciclos circadianos se debe a la utilización de niveles altos de iluminación y temperaturas de color inadecuadas para las horas nocturnas, puesto que alteran los ritmos naturales de actividad-descanso.

En las ciudades el fenómeno es provocado por el alumbrado público y también por iluminación instalada por parte de privados —vidrieras, pantallas, proyectores en fachadas, etc.—.

¿Cómo podemos actuar desde el diseño?

¿Cuáles son los criterios que debemos utilizar para evitar la contaminación lumínica? Los aquí propuestos son válidos tanto para el alumbrado urbano como para otros tipos de iluminación que afecten el entorno urbano.

1. Utilizar luminarias que no emitan hacia el hemisferio superior.

Las luminarias de alumbrado urbano no deberían tener emisión hacia el hemisferio superior, puesto que esa porción de luz es contaminante. Ejemplo típico de esta situación es la que producen las luminarias tipo globo —muy comúnmente utilizadas tiempo atrás—, ya que emiten luz en todas direcciones. Este tipo de luminaria es actualmente desaconsejado y en muchos lugares ha sido retirado o modificado para cumplir con las nuevas recomendaciones.

2. Controlar dirección y grados de apertura del haz de luz, así como también considerar, en la medida de lo posible, la utilización de apantallamientos para evitar la visión directa de la fuente de luz.

Es importante tener en cuenta siempre que el haz de luz quede contenido en el objeto iluminado, ya que de esa forma evitamos la pérdida innecesaria de luz.

3. Utilizar niveles bajos de iluminancia de acuerdo a las recomendaciones.

Los niveles de iluminación recomendados para exteriores son relativamente bajos. Muchas veces en las ciudades encontramos niveles superiores a los recomendados. Este factor —sumado a los antes mencionados— puede producir, entre otras cuestiones, «luz intrusa», que ingresa en las viviendas, ocasionando molestias a sus habitantes. En este sentido, además, se vincula con el punto anterior, en cuanto a la importancia del direccionamiento de las luminarias. Un ejemplo característico de este tipo de situaciones es el de los postes de alumbrado de gran altura instalados cerca de fachadas de edificios residenciales.

Por otra parte, es necesario entender también la importancia de la uniformidad de las instalaciones de alumbrado urbano, ya que el agregado de luminarias que producen altos niveles de iluminación en algún tramo de un recorrido puede afectar negativamente al usuario.

4. Utilizar temperaturas de color de 3000 K como máximo.

Otra recomendación es utilizar fuentes con temperaturas de color cálidas,

que se reconocen como más apropiadas para el alumbrado nocturno. Hay tres motivos fundamentales para esta afirmación:

- los ciclos circadianos se ven menos alterados, puesto que la producción de melatonina sufre una menor afectación. La luz de tonalidad fría —mayor a 4000 K— aumenta la producción de cortisol, hormona vinculada con los ciclos de actividad, mientras que la luz cálida actúa en el aumento de la melatonina, hormona vinculada con los ciclos de reposo, por lo que las soluciones de alumbrado deben contemplar este impacto.
- la difusión de la luz artificial exterior en el cielo nocturno se reduce, lo que disminuye sustancialmente la contaminación lumínica. El hecho de que las fuentes con temperaturas de color cálidas produzcan una menor difusión en el cielo nocturno está vinculado con la composición de la atmósfera, que difunde mayormente las longitudes de onda en el rango azul. En la noche, una mayor difusión produce un aumento tanto de la afectación de los ciclos circadianos de los seres vivos —en comparación con las temperaturas de color cálidas— como también de la contaminación lumínica, por lo que es recomendable el uso de fuentes cálidas.
- las condiciones del confort visual se ven sustancialmente mejoradas. Con respecto a este tipo de confort, las curvas de Kruthof relacionan el nivel de iluminación con la temperatura de color de la fuente. Un grupo de trabajo del Comité Español de Iluminación (2018), a propósito de los posibles riesgos de la iluminación LED para la salud, recomienda que la relación entre los niveles de iluminación y la temperatura de color de las fuentes en las instalaciones de alumbrado exterior se mantenga dentro de parámetros compatibles con las mencionadas curvas. Debido a que los niveles recomendados para exteriores son relativamente bajos —inferiores a 50 lx o 100 lx—, las temperaturas de color de las fuentes que cumplen con las condiciones de confort para dichos niveles se encuentran dentro del rango cálido. En Francia, en 2018, se publicó una norma legal para la prevención, reducción y limitación de la contaminación lumínica, de aplicación en todos los espacios exteriores de acuerdo a su función y uso. En ella, por ejemplo, para los espacios al aire libre y los lugares de observación astronómica, se hace hincapié en la luz blanca cálida con una temperatura de color de 3000 K o menos; para los parques y reservas naturales, los valores máximos son aún más ámbrosos, cercanos a la lámpara incandescente a 2700 K o 2400 K, dependiendo de su ubicación.

5. Considerar regulaciones de niveles de iluminación por horarios de acuerdo a los usos del espacio.

Cabe destacar que no es necesario que los espacios permanezcan iluminados hasta altas horas de la noche, por eso es importante planificarlo de acuerdo al uso y a las necesidades. Para ello es necesario utilizar luminarias que incluyan protocolos de regulación, sensores, etc. Introducir nuevas tecnologías de control aplicadas al alumbrado público contribuye a la operativa y la gestión,

regulando flujos de lámpara o programando encendidos, adaptándolos para las distintas situaciones según la variación de las actividades en la noche.

En algunos países se está trabajando desde hace ya varios años con el manejo de la oscuridad a través de la creación de sectores protegidos —«trama negra»—, en los que el alumbrado nocturno se adapta para limitar sus efectos sobre la flora y la fauna, tratando de compatibilizar esto con las actividades humanas.

Otros aspectos a tener en cuenta son: la educación de la ciudadanía a través de elementos de difusión confeccionados por los actores del área encargada de este tema a nivel gubernamental; la elaboración y aplicación de normativas basadas en recomendaciones existentes, tanto para el alumbrado dependiente del sector público como para la regulación de los privados en lo que respecta a sus aportes al espacio público a partir de criterios personales.

A partir de la aplicación de todo lo expuesto es que podremos comenzar a esbozar una solución a este problema. Es de gran importancia entender la posibilidad que existe de revertir la situación a partir de un diseño de iluminación que tenga en cuenta las medidas de diseño antes enumeradas.

A los efectos de poder llegar a soluciones que disminuyan los impactos de la contaminación lumínica, quedan entonces pendientes tanto el tema normativo como una amplia campaña de difusión pública acerca de los problemas que acaorean las iniciativas no siempre correctas a nivel privado.

Referencias bibliográficas

- Comité Español de Iluminación. (2018). *Posibles riesgos de la iluminación LED. Conclusiones del Grupo de trabajo Comité Español de Iluminación*. Barcelona: Comité Español de Iluminación y MIC. Disponible en <https://www.ceisp.com/el-cei/biblioteca/led-bibliografia-normas-y-reglamentacion>
- Francia. (2018, 27 de diciembre). Arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses [Resolución ministerial del 27 de diciembre de 2018 relativa a la prevención, reducción y limitación de la contaminación lumínica]. *Journal officiel*, «Lois et Décrets», texto n° 17. Recuperado de <https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf?id=1oGur87A8nMabCFToIMxXGSwOeCkt4FYJF3AsstU8dc=>
- Fundación Starlight. (2007, 20 de abril). *Declaración sobre la defensa del cielo nocturno y el derecho a la luz de las estrellas* [Declaración]. Conferencia Internacional en Defensa de la Calidad del Cielo Nocturno y el Derecho a Observar las Estrellas, La Palma, Islas Canarias, España. <https://fundacionstarlight.org/contenido/70-declaracion-sobre-la-defensa-del-cielo-nocturno-y-el-derecho-a-la-luz-de-las-estrellas.html>
- Sociedad Española de Astronomía. (s.f.). *Contaminación lumínica*. <https://www.sea-astronomia.es/glosario/contaminacion-luminica>

Sustentabilidad, construcción en seco y *steel framing*

FRANCISCO PEDRAZZI

Ingeniero civil graduado en la Universidad de Buenos Aires. Actualmente se desempeña como gerente global de Relaciones Institucionales del Grupo Barbieri, empresa líder en la fabricación de perfiles de acero para la construcción en Argentina, con plantas en Uruguay, Brasil y Paraguay. Es presidente del Instituto de la Construcción en Seco de Argentina (INCOSE) y miembro de la Comisión Directiva del Instituto Uruguayo de la Construcción en Seco (IUCOSE).

PALABRAS CLAVE

CONSTRUCCIÓN EN SECO; *STEEL FRAMING*; EFICIENCIA ENERGÉTICA; HUELLA DE CARBONO; DECLARACIONES AMBIENTALES DE PRODUCTO

Resumen

Este artículo refleja algunos de los aportes de la construcción en seco y el *steel framing* a la sustentabilidad de las construcciones, entre ellos la mayor eficiencia energética y la reducción de la huella de carbono y los desperdicios, mostrando datos de estos parámetros, fundamentalmente en comparación con la construcción húmeda. Se mencionan algunos programas gubernamentales sobre reducción de consumo de energía y se hace referencia a los compromisos de la industria del acero —parte fundamental de la construcción en seco y el *steel framing*— en la reducción de emisiones de dióxido de carbono.

Introducción

La sustentabilidad en la construcción es una preocupación que ya no es exclusiva de arquitectos y constructores, sino que se extiende en nuestro planeta. Según el Informe del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2022), el sector de los edificios representa el 40% de la demanda energética de Europa, y —a su vez— el 80% de ella procede de combustibles fósiles. Esto hace que el sector se convierta en un área para la acción inmediata, la inversión y la elaboración de políticas para promover la seguridad energética a corto y largo plazo.

El uso de energía se produce tanto en la fase de obtención de los materiales como en la operación de los edificios durante su vida útil. En tanto el mundo sigue siendo dependiente de combustibles fósiles para la generación de esta energía, la construcción es fuertemente generadora de emisiones de gases de efecto invernadero.

Las nuevas generaciones son mucho más conscientes de los aspectos que hacen a la sustentabilidad, exigiendo productos que impacten de la menor forma posible sobre el medioambiente, las emisiones de gases de efecto invernadero y —por lo tanto— el cambio climático. La construcción no puede estar ajena a estas exigencias.

Es por esto que ya no es posible concebir un proyecto arquitectónico sin considerar el impacto que producirá en el medioambiente, no solo durante el proceso constructivo sino también durante toda su vida útil y —más aún— luego de ella, en la disposición final de los materiales. Existen diversas normas ISO —algunas de las cuales están siendo traducidas por el Instituto Uruguayo de Normas Técnicas [UNIT]— que permiten establecer los requisitos a tener en cuenta en el proyecto, la operación y la deconstrucción de edificios para reducir su impacto sobre el medioambiente.

¿Cómo la construcción en seco y el *steel framing* aportan ventajas con respecto a la sustentabilidad?

1. EFICIENCIA ENERGÉTICA

La configuración propia de los sistemas en seco permite alojar en el interior de los paneles y entre los perfiles que conforman su estructura los aislantes térmicos y acústicos necesarios para superar los requerimientos que establecen las leyes y ordenanzas municipales actuales —tanto en Uruguay como en Argentina— en cuanto a la transmisión de calor.

El efecto del puente térmico generado por los perfiles de acero galvanizado del *steel framing* y la construcción en seco se reduce utilizando el llamado «escudo térmico», que consiste en la colocación de una capa de aislante térmico exterior. El material más utilizado con tal fin es el poliestireno expandido, aunque pueden considerarse otros.

Un muro en *steel framing* posee una transmitancia térmica que implica, en promedio, un 30% de la que provee el mismo muro en construcción húmeda, permitiendo así un ahorro de energía de calefacción y acondicionamiento del 60% al 70%, algo sumamente valioso si consideramos que reducir el consumo de energía es la premisa fundamental a la hora de construir en forma más sostenible.

En la Figura 1, se muestra un ensamblaje típico de *steel framing*, compuesto por una estructura de perfiles PGC de 100 mm; espesor de chapa base de 0,9 mm; espaciados cada 400 mm; con placa de yeso estándar de 12,5 mm del lado interior; barrera de vapor de polietileno de 200 μm; placa de rigidización de Oriented Strand Board [OSB] de 11 mm; barrera de agua y viento; poliestireno

expandido de 25 mm y terminación exterior con revoque base —*base coat*— con malla de fibra de vidrio embebida y terminación de revoque elastoplástico —*finishing*—. Mediante programas de simulación de pasaje de flujo de calor, en el Laboratorio de Construcciones del Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Argentina, se determinó la resistencia térmica de este ensamblaje, resultando un valor de transmitancia térmica —inversa de la resistencia térmica— K de 0,45 W/m^2K . Es posible obtener valores más bajos de transmitancia térmica aumentando el espesor del aislante térmico exterior o, inclusive, del aislante ubicado entre los perfiles, aumentando también la sección de los mismos.

Este valor es menos de la mitad del establecido como máximo admisible en la zona central de Argentina —climas templados— por la Norma IRAM 11603 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2012), que es de aproximadamente 0,9 W/m^2K , dependiendo de las localidades.

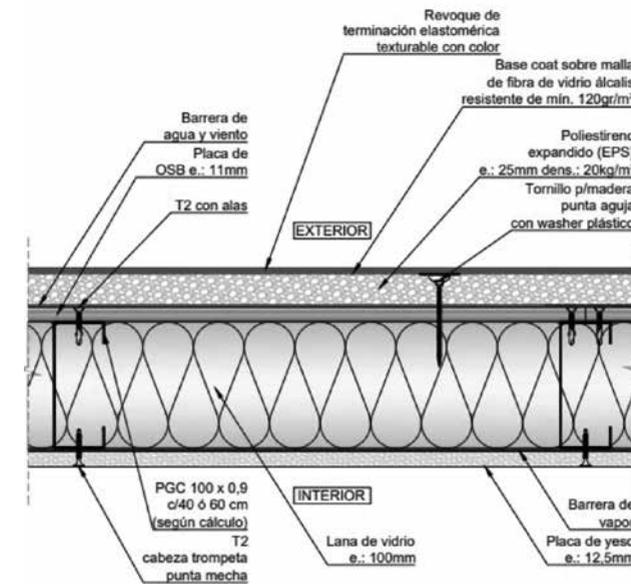


FIGURA 1. TRANSMITANCIA TÉRMICA DE UN ENSAMBLAJE TÍPICO DE MURO EN STEEL FRAMING.
FUENTE: [HTTPS://WWW.INCOSE.ORG.AR/DOCUMENTACION-TECNICA/#61-EFICIENCIA-ENERGETICA](https://www.incose.org.ar/documentacion-tecnica/#61-eficiencia-energetica)

Este ahorro no solo se traduce en una reducción directa de los gastos de electricidad y gas, tanto para acondicionamiento en verano como para calefacción en invierno, sino que contribuye a disminuir las emisiones de dióxido de carbono, principal responsable del efecto invernadero y del cambio climático.

Hay que recordar que la matriz energética de gran cantidad de países, incluyendo muchos de la Unión Europea, es fuertemente dependiente de los combustibles fósiles. Cada Kwh ahorrado significa menos dióxido de carbono emitido a la atmósfera.

Las directrices europeas sobre eficiencia energética indican, desde hace varios años, que las viviendas nuevas deben ser de emisiones casi nulas —Near Net Zero Emissions [NNZE]— y, hoy en día, los esfuerzos de los países europeos están enfocados a la reducción de emisiones de los materiales de construcción y emisiones producidas al finalizar la vida útil de esos materiales.

2. REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA

La construcción en seco y el *steel framing* no consumen agua durante el proceso constructivo, preservando así este valioso recurso.

3. DISMINUCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO

La construcción en seco y el *steel framing* permiten una reducción promedio de la huella de carbono de una construcción mayor al 40% respecto de su variante húmeda, solo en la etapa de producción. Este valor se incrementa notablemente si se consideran las emisiones durante la vida útil, debido al ahorro de energía de calefacción y aire acondicionado.

Un informe encargado por el Instituto de la Construcción en Seco de Argentina [INCOSE] a la Universidad de Lanús determinó la huella de carbono, hasta puesta en obra, de 1 m² de muro exterior en *steel framing* y en ladrillo cerámico hueco de 18 cm de espesor —en la ciudad de Rosario, Argentina— y arrojó una disminución de la huella de carbono del muro de *steel framing* del 47% respecto de la del muro húmedo [Fig. 2].

Si bien el acero —producto fundamental en la construcción en seco— y el *steel framing* producen una gran emisión de CO₂ en su proceso de fabricación mediante alto horno, su masa en la superficie de la envolvente es muy baja (una pared de *steel framing* tiene, en promedio, una masa total del 20% respecto de la misma pared realizada en construcción húmeda) y esto es lo que reduce las emisiones de CO₂ por unidad de superficie.

Es posible conocer la huella de carbono de los materiales de construcción a través de las Declaraciones Ambientales de Producto —Environmental Product Declaration [EPD] en inglés—, que son informes realizados a través de los procedimientos establecidos en la Norma ISO 14025:2006 (International Organization for Standardization, 2006). Este tipo de informe detalla las entradas y salidas de todos los ítems que intervienen en el proceso de fabricación: energía utilizada, emisiones de gases de efecto invernadero, emisiones de contaminantes, eutrofización, etc. El informe puede abarcar desde la cuna, incluyendo la obtención de las materias primas y su transporte, hasta la salida de fábrica o —en tanto es realmente útil— durante su vida útil y hasta la tumba del material, incluyendo lo que acontece en la disposición final, el reúso o el reciclado.

Las EPD se obtienen a través de un proceso que es auditado por terceras partes independientes, y su visualización es gratuita en la página www.environdec.com.

El cálculo de la huella de carbono puede realizarse mediante normas ISO 14067:2018 (International Organization for Standardization, 2018) e ISO

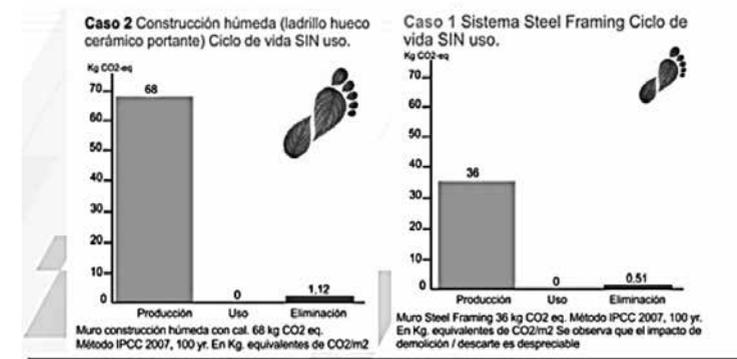


FIGURA 2. HUELLA DE CARBONO. COMPARATIVA M² DE PARED HÚMEDA VS. STEEL FRAMING. ROSARIO. FUENTE: TOMADA DE LA PRESENTACIÓN *CONTRIBUCIÓN DEL STEEL FRAMING A LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GEI* DE PEDRAZZI (2022).

14040:2006 (International Organization for Standardization, 2006). Esto garantiza una metodología de cálculo reproducible.

Hoy existe la posibilidad técnica de fabricar acero sin emisiones, por diversos sistemas. Uno de ellos es a través de hornos de arco eléctrico, que utilizan chatarra como materia prima. La utilización de chatarra —hoy en día en Argentina la acería fabricante de acero plano incorpora un 16% de chatarra en los materiales cargados en el alto horno— reduce la cantidad de energía para fabricar acero y también las emisiones. El compromiso de esta empresa es reducir dichas emisiones de CO₂ en un 20% hacia el 2030.

Pero cuando se fabrica el acero con horno de arco eléctrico, si la electricidad utilizada es producida por fuentes no generadoras de CO₂ —como, por ejemplo, el viento—, se pueden reducir las emisiones casi a cero. Las principales acerías del mundo ya tienen compromisos de fabricación de acero sin emisiones entre 2045 —Thissen-Krupp— y 2050 —ArcelorMittal—.

La producción de acero a partir de hidrógeno verde es ya una realidad, aunque todavía en fase experimental. Existen varios proyectos, uno de los cuales está ubicado en Boden, Suecia. En este, el

hidrógeno con el cual se alimenta la planta proviene de fuentes verdes: el vecino río Lule y parques eólicos de la zona. H2 Green Steel es la empresa emergente que está detrás del proyecto. Si todo sale bien, se espera que los primeros lotes de acero verde estén listos para 2025 y que la de Boden se convierta en la primera planta siderúrgica ecológica a gran escala. (Oliverio, 2023, párr. 8)

4. SITIOS DE OBRA MÁS REDUCIDOS

La utilización de materiales estandarizados —perfiles, placas de yeso, placas de cemento— reduce el tamaño de los obradores, minimizando los inconvenientes a vecinos y habitantes.

5. MENOR DESPERDICIO

Los perfiles de acero galvanizado se pueden entregar precortados a las longitudes necesarias, reduciendo los desperdicios a valores tan bajos como el del 1%. Las placas de yeso se proveen hoy en varios largos estándar, reduciendo también los recortes.

6. DISPOSICIÓN FINAL. REÚSO Y RECICLABILIDAD

En muchos casos, los perfiles de acero pueden reutilizarse al finalizar la vida útil de la construcción, ya que su durabilidad es superior a la vida útil de proyecto, o reciclarse. El acero es el material de construcción mundialmente más reciclado. No pierde masa durante el proceso ni guarda memoria de usos anteriores, debido a la posibilidad de agregar o retirar elementos aleantes en el horno de aleación. Lo que hoy es una heladera se transformará en un perfil para construcción en seco y, al finalizar su vida útil, ese perfil será parte de un automóvil. Asimismo, como mencionamos anteriormente, el reciclado del acero permite ahorrar energía en el proceso de fabricación.

El resto de los materiales que intervienen en la construcción en seco son reciclables en mayor o menor medida.

7. ETIQUETADO ENERGÉTICO DE VIVIENDAS

Estando en vigencia en Argentina la Norma IRAM 11900 de etiquetado energético de viviendas (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2014), es posible la determinación del Índice de Prestaciones Energéticas [IPE], que es la energía en Kwh necesaria para mantener la vivienda en una condición preestablecida de uso y confort, por año y por metro cuadrado de superficie.

El *steel framing* y la construcción en seco permiten mejorar las características de transmisión de calor a través de muros exteriores, obtener así mejores IPE y, por consiguiente, mejores niveles de etiquetado, sin por ello disminuir la superficie útil, ya que los muros exteriores de *steel framing* poseen espesores mucho menores que los de la construcción húmeda y con valores mucho más bajos de transmitancia térmica. El incremento de superficie útil promedio en una vivienda de *steel framing* es del 4% respecto de la alternativa húmeda.

El uso de aberturas eficientes contribuirá a mejorar el nivel de etiquetado general de la vivienda y permitirá la utilización de artefactos de calefacción y refrigeración eficientes, así como la presencia de energías renovables: calefones solares y paneles fotovoltaicos.

El etiquetado, sin ser en sí una herramienta para cuantificar la sustentabilidad de una vivienda, aborda en forma sistemática y reproducible uno de sus aspectos más importantes: la eficiencia energética. Mediante el cálculo del IPE de una vivienda, se pueden comparar diferentes proyectos y tomar decisiones respecto del consumo energético que tendrá la vivienda durante su vida útil.

Asimismo, es posible diseñar estrategias de remodelación —*retrofit* en inglés— para adecuar una vivienda existente de modo que cumpla con estándares más eficientes de uso de energía.

En la Unión Europea, con un enorme parque de viviendas antiguas y poco eficientes ya construidas, los gobiernos están implementando planes de renovación para cumplir con los compromisos de reducción de emisiones asumidos. Un ejemplo de esto es el Superbonus 110% de Italia. La cifra que la consultora Nomisma asignó al impacto económico de la iniciativa Superbonus 110% —en su informe analítico titulado *110% Monitor*— fue de 195000 millones de euros. Mientras tanto, en el frente ambiental, se espera que reduzca las emisiones de CO₂ en 1,42 millones de toneladas y reduzca las facturas de energía de los hogares individuales en más de 900 euros anuales (Parlamento Europeo, 2023, párr. 1).

Según Nomisma, el esquema Superbonus contribuyó a la recuperación económica en Italia, durante la pandemia, al lograr una reducción del 50% en las emisiones de CO₂ de los edificios, acompañada de un ahorro de entre el 30,9% y el 46,4% en las facturas de energía (Parlamento Europeo, 2023, párr. 2). Este esquema de subsidios también jugará un papel esencial en la implementación de la Directiva de la UE sobre el rendimiento energético de los edificios (Unión Europea, 2010) y el cumplimiento de los compromisos sobre neutralidad climática para 2050.

En Francia, Reino Unido y otros países europeos existen sistemas similares, en los cuales el Estado subsidia en forma directa o a través de créditos blandos las remodelaciones orientadas a mejorar el desempeño energético de los edificios, ya que una evaluación completa del ciclo de vida arroja ahorros netos, tanto económicos como ambientales.

Por otra parte, en Uruguay se está trabajando en un proyecto financiado en parte por el Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB] de Alemania, para diseñar la normativa de etiquetado de eficiencia energética de viviendas, que será un paso importante en el camino de mejorar dicha eficiencia.

Ya no es posible pensar un edificio solamente desde el punto de vista funcional y económico-social sin considerar su impacto en el medioambiente. Si bien puede asumirse que los sistemas de evaluación de la sostenibilidad son costosos, existen procedimientos principalmente relacionados con la evaluación del desempeño energético, que son accesibles a los profesionales de la construcción y permiten diseñar edificios más sostenibles o mejorar los ya existentes.

Es un compromiso que los arquitectos, la industria de la construcción y los gobiernos deben asumir para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU (2015). Estamos a un paso del 2030.

Referencias bibliográficas

- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2012). *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina* (Norma IRAM n° 11603).
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2014). *Etiqueta de Eficiencia Energética de calefacción para edificios*. (Norma IRAM n° 11900).

- International Organization for Standardization. (2006). *Etiquetas y declaraciones ambientales. Declaraciones ambientales tipo III. Principios y procedimientos* (ISO n° 14025: 2006). Recuperado de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14025:ed-1:v1:es>
- International Organization for Standardization. (2006). *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia* (ISO n° 14040: 2006). Recuperado de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>
- International Organization for Standardization. (2018). *Gases de efecto invernadero. Huella de carbono de productos. Requisitos y directrices para cuantificación* (ISO n° 14067: 2018). Recuperado de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14067:ed-1:v1:es>
- Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Naciones Unidas. (2022). *Informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*. Recuperado de <https://www.unep.org/es/resources/informe-anual-2022>
- Oliverio, L. (2023, 3 de mayo). *En busca del acero verde: qué aprendizajes y desafíos nos deja la promesa de un remoto pueblo sueco*. En *Red/Acción*. Recuperado de <https://www.redaccion.com.ar/en-busca-del-acero-verde-que-aprendizajes-y-desafios-nos-deja-la-promesa-de-un-remoto-pueblo-sueco/>
- Parlamento Europeo (2023, 2 de marzo). *Halting the 110% Superbonus subsidy* [Detener el subsidio Superbonus del 110%] (Pregunta parlamentaria E-000723/2023). Recuperado de https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-9-2023-000723_ES.html
- Pedrazzi, F. (2022, setiembre). *Contribución del Steel Framing a la reducción de emisiones de GEI* [Diapositivas de PowerPoint]. Presentación para el seminario Aportes de la Ingeniería Civil a la Reducción de la Huella de Carbono organizado por la Asociación de Ingenieros Estructurales de la Argentina y el Consejo Profesional de Ingeniería Civil de la Argentina.
- Unión Europea. (2010, 19 de mayo). *Directiva del Parlamento europeo y del Consejo relativa a la eficiencia energética de los edificios* (Directiva 2010/31/UE). Recuperado de <https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>

P

producción

Casa Bonifacio

HMOZ ARQUITECTOS
 PACO HERNÁNDEZ + SANTIAGO VERA
 ALEJANDRO VARELA Y FEDERICO BORGES

HMOZ, estudio fundado en 2007 en Montevideo (Uruguay), se define como una práctica de arquitectura experimental. Sus integrantes desarrollan proyectos culturales, residenciales, comerciales e instalaciones efímeras; mantienen un fuerte vínculo con la actividad académica en docencia e investigación, y han participado en conferencias, exposiciones y workshops. Sus proyectos han sido publicados en medios locales e internacionales. En 2019, fueron seleccionados para la Bienal de Pamplona (España). Página *web*: www.hmozarquitectos.com. **Paco Hernández**: Arquitecto (FADU-Udelar). Actualmente se encuentra realizando el posgrado Especialización en Diseño y Cálculo de Estructuras de Madera (FING-Udelar y Facultad de Ingeniería-ORT). **Santiago Vera**: Arquitecto (FADU-Udelar). Diplomado en Principios y Aplicaciones de la Fabricación Digital (Fab Academy).

FOTOGRAFÍA: MARCOS VILLALBA Y HMOZ

OBRA	CASA BONIFACIO
PROGRAMA	VIVIENDA UNIFAMILIAR
UBICACIÓN	SOLANAS, MALDONADO (URUGUAY)
MODALIDAD	PROYECTO, ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE OBRA
PERÍODO DE OBRA	2022
SUPERFICIE	TERRENO: 7200 M ² - INTERIOR: 500 M ²
AUTORES	HMOZ ARQUITECTOS, PACO HERNANDEZ + SANTIAGO VERA
EQUIPO DE PROYECTO	ALEJANDRO VARELA Y FEDERICO BORGES
ASESOR DE ESTRUCTURA	INGENIERO FRANCISCO STRIEWE DIESTE
ASESOR DE ILUMINACIÓN	FABRA LIGHTING CONSULTING
ASESOR DE FACHADAS VIDRIADAS	INGENIERO ÁLVARO MORGAGES Y ARQUITECTO JOSÉ PÉREZ
EMPRESA CONSTRUCTORA	DIESTE Y MONTAÑEZ S.A.
SISTEMA ESTRUCTURAL	BÓVEDAS DE CERÁMICA ARMADA, PERFILES PNI 36, PILARES EN HORMIGÓN ARMADO
CERRAMIENTOS VERTICALES PERMEABLES A LA LUZ	ABERTURAS DE ALUMINIO ANODIZADO NATURAL
PROTECCIÓN SOLAR	SISTEMA AUTOMATIZADO DE CORTINAS DE LIENZO DE ONDA PERFECTA
PAVIMENTOS EXTERIORES	MADERA LAPACHO
PAVIMENTOS INTERIORES	ROBLE
CIELORRASOS	BÓVEDAS DE CERÁMICA ARMADA RESTAURADAS (PREEXISTENTES)

Memoria

La intervención en la casa Bonifacio, construida en la década de 1980, consistió en sustituir 30 m lineales de fachada de muro portante de ladrillo, soporte de la cubierta de bóvedas de cerámica armada, por una viga metálica de 33,5 m, apoyada sobre cinco pilares de hormigón armado moldeados *in situ*, y por un gran plano vidriado. Se propone así una nueva relación con el entorno y una revalorización de la preexistencia.

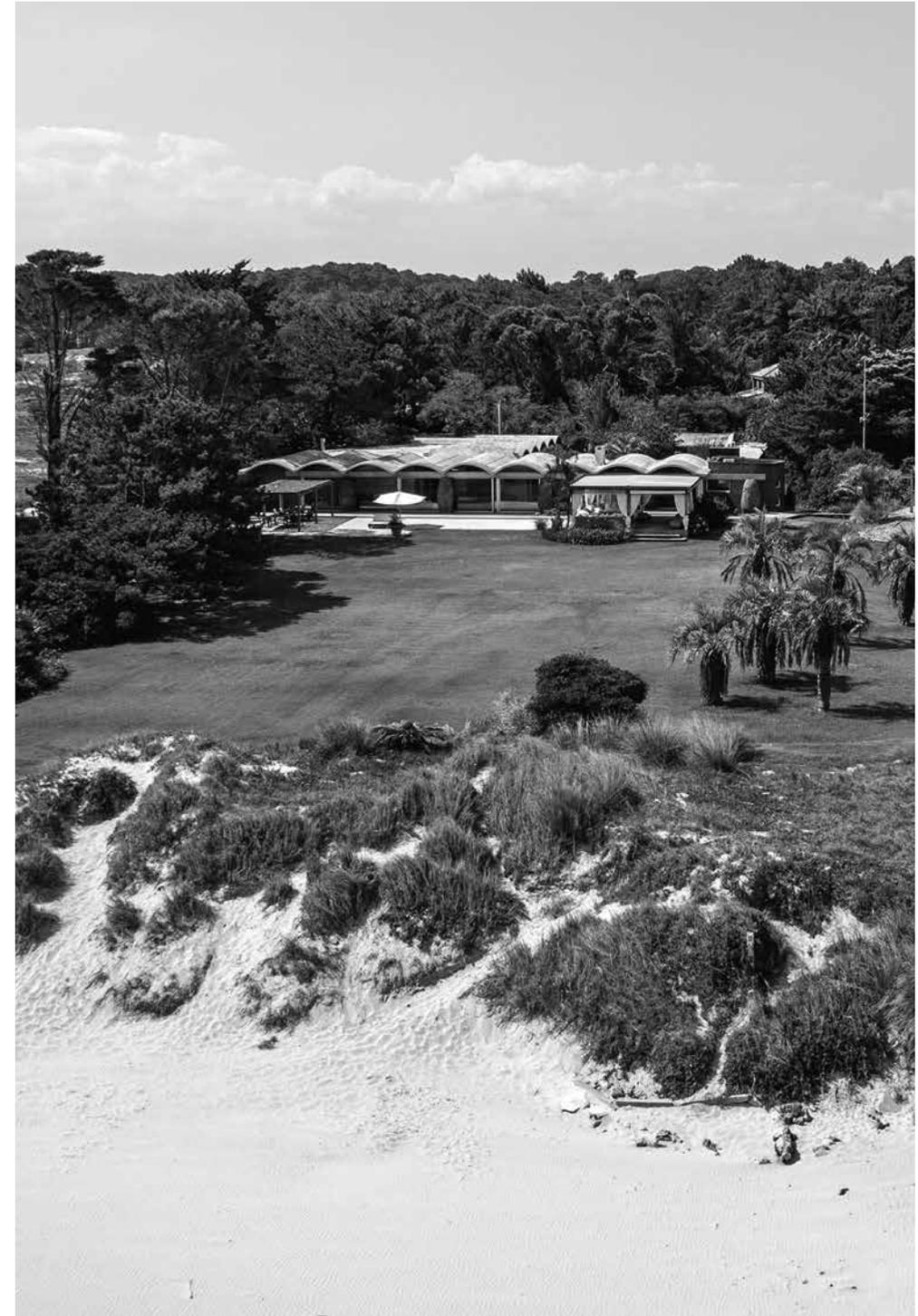
La nueva estructura de la fachada renace sin sus antiguas pieles. Esta libertad de sistemas permite una interacción lúdica entre diferentes entidades plásticas y funcionales: nueve bóvedas, una viga, cinco pilares y un plano.

Preservando la esencia de la casa, las bóvedas de cerámica armada se restauraron en su totalidad y fueron suspendidas mediante un nuevo «objeto» que se presenta enajenado. Mediante contraste y contradicción, la viga subraya el carácter principal. La viga, ajena a la composición previa, se apoya en cinco pilares «extraños» —ficcionalmente, piedras—. Un juego que pone en valor a sus participantes desde su franqueza expresiva.

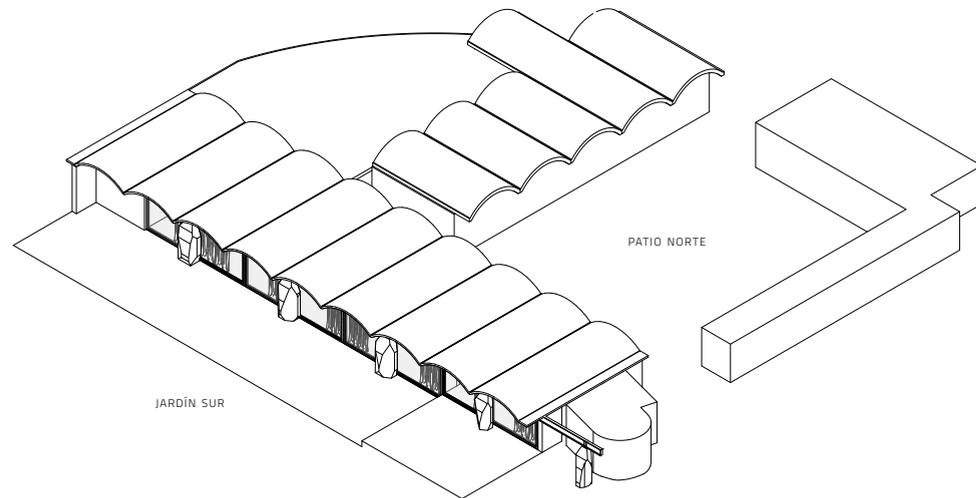
Los muros han sido reemplazados, permitiendo una integración y proyección más generosa entre patio norte, espacio interior y jardín sur hacia la playa. La viga es a la vez sustento de las bóvedas y costura longitudinal, reemplazando el tensor continuo demolido junto al muro de carga original. Por dentro se encuentra, a modo de *curtain wall* inverso, un amplio plano vidriado, incluso en los espacios curvos justo por debajo de las bóvedas, realzando así la potencia de estas y ganando luminosidad.

Los cinco apoyos puntuales constituyeron un ejercicio iterativo, de ensayo y error. Conformados *in situ* artesanalmente, el paso del tiempo los seguirá alterando, con manchas, colores y nuevas rugosidades. Realmente vivos y cambiantes, al igual que los característicos ladrillos. Entidades artesanales que celebran la belleza en la imperfección.

Comprender la intervención y su valor añadido en términos de superficie construida es limitante; quizás resulte más interesante preguntarse sobre qué impacto tiene un cambio en la fachada sobre el conjunto construido. La intervención transforma la relación casa-entorno, celebrando la belleza y funcionalidad estructural, convirtiéndola en elemento esencial del diseño. Tanto la colaboración con expertos como la ejecución meticulosa muestran un modo en el que la ficción contemporánea permite coexistir con la rica historia. La ejecución de Dieste y Montañez, expertos en cerámica armada, demuestra la excelencia tanto en obra como en estudio, en lo técnico y en lo humano, con el objetivo común de revalorizar esta delgada lámina cerámica.

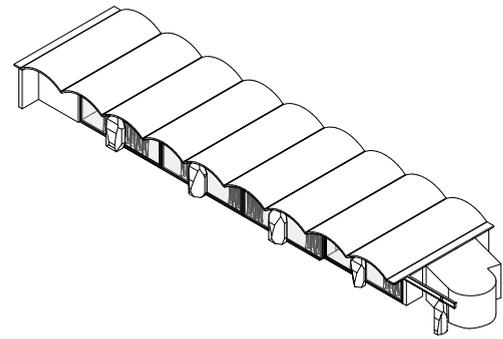




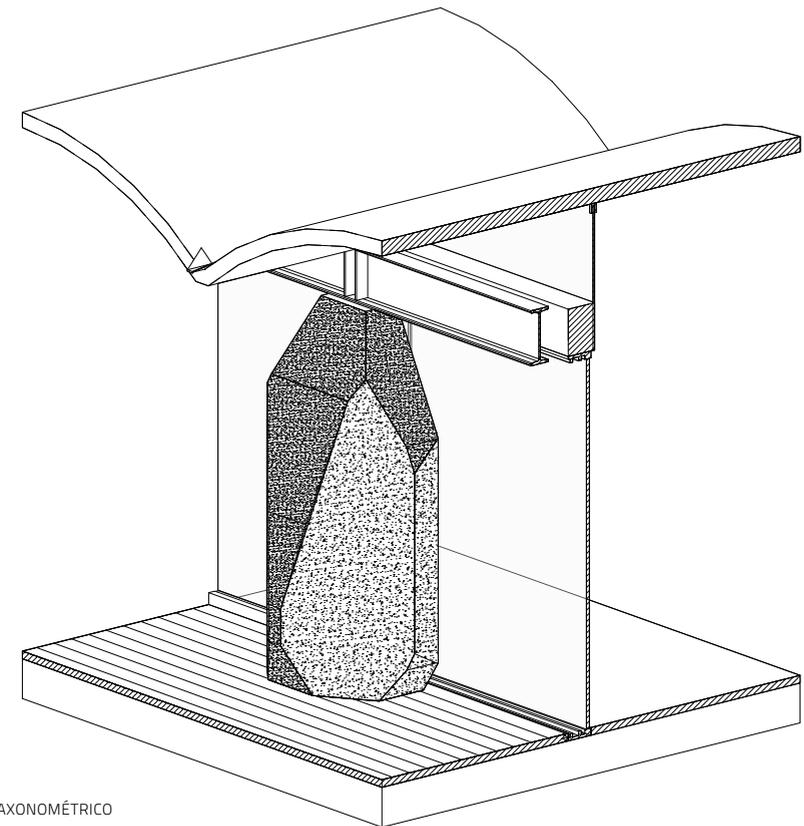
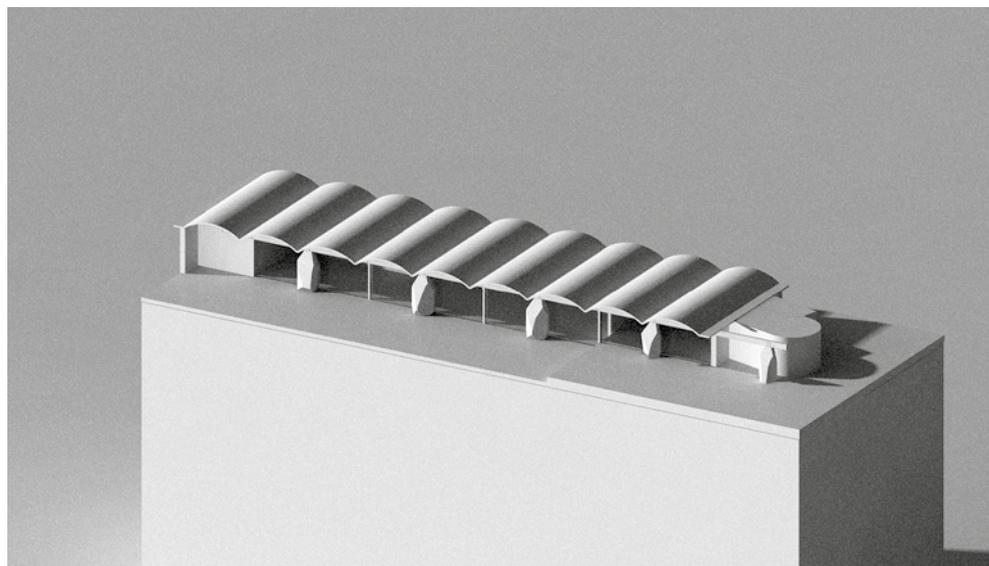
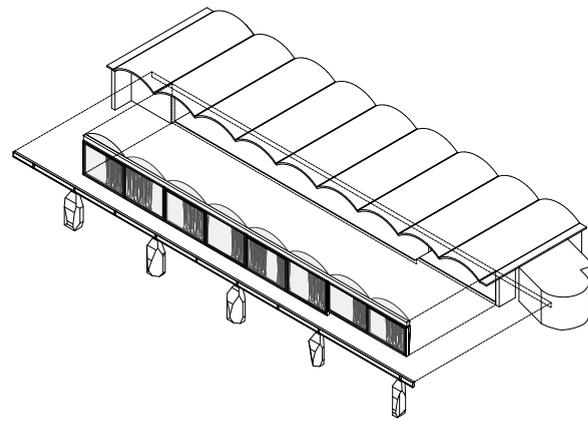


VISTA AXONOMÉTRICA GENERAL

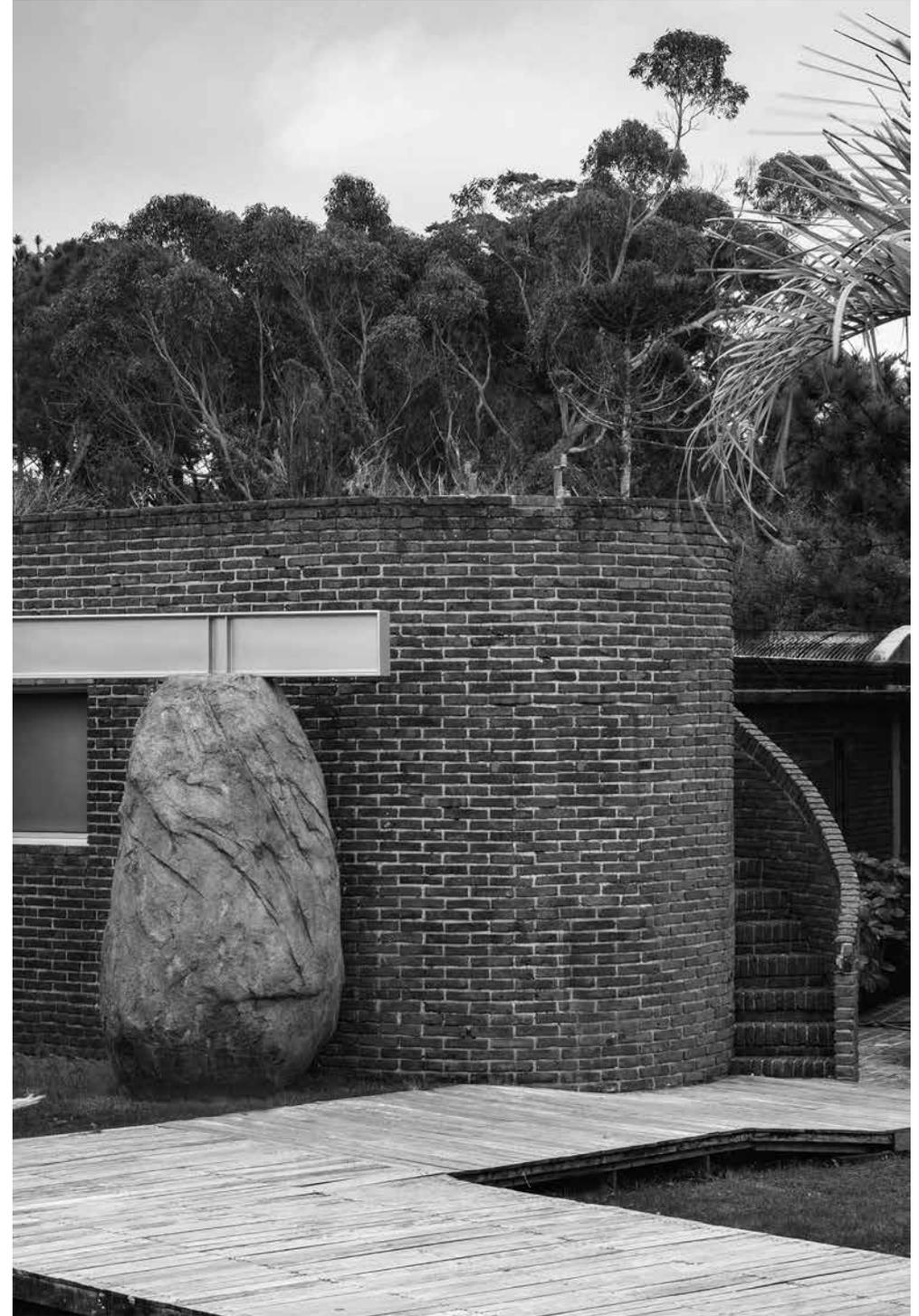


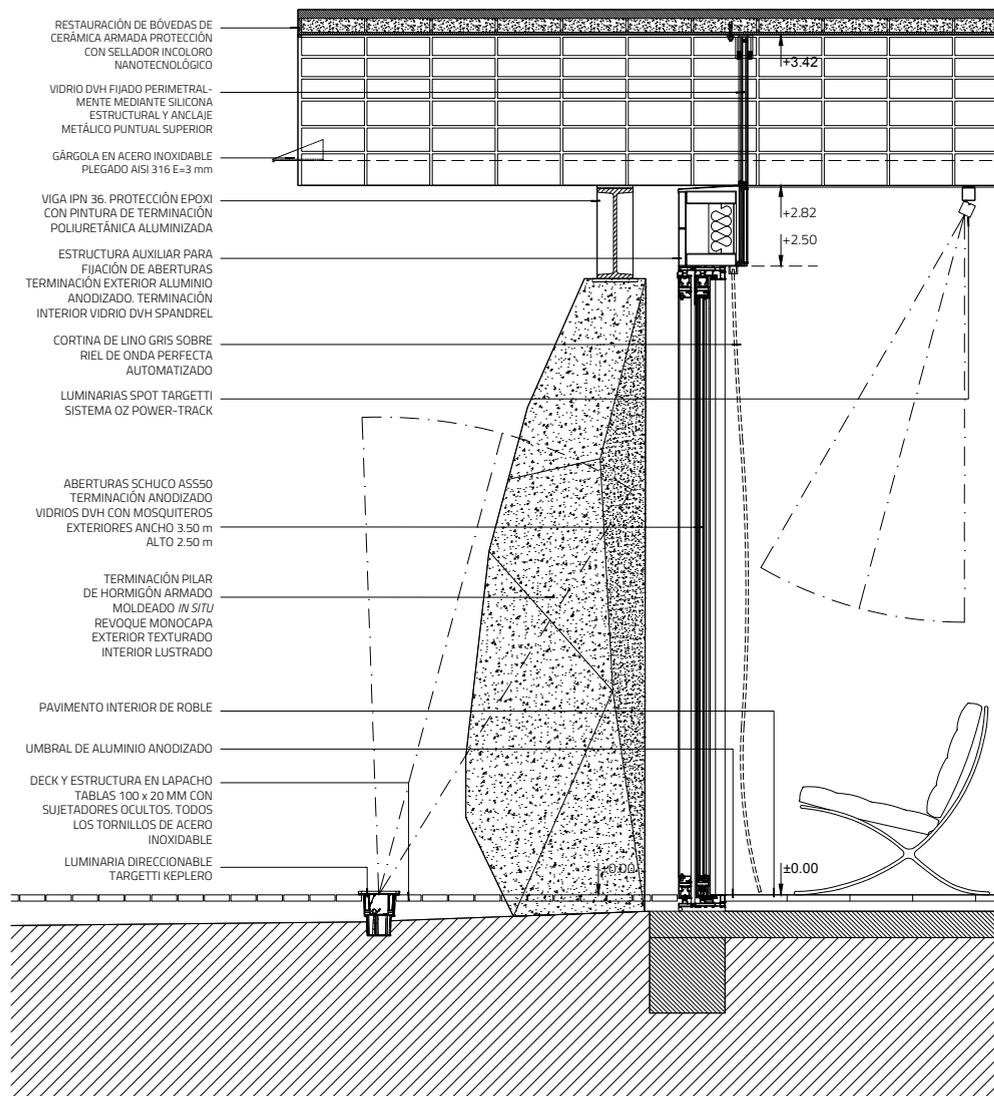


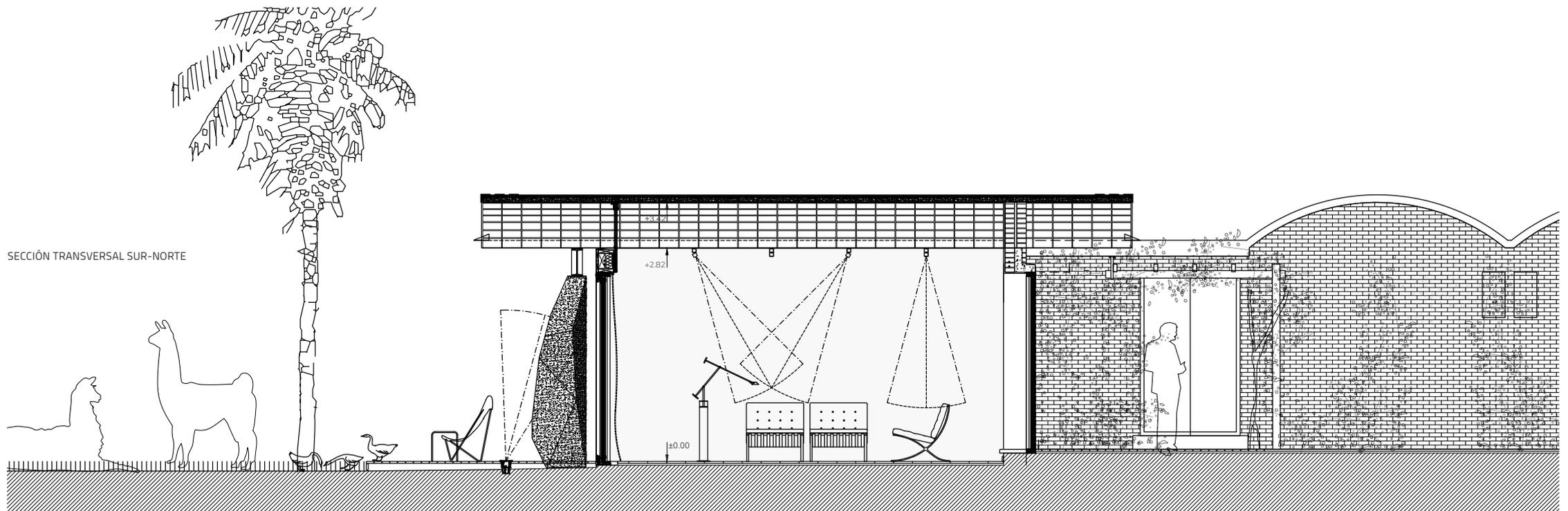
VISTAS AXONOMÉTRICAS



DETALLE AXONOMÉTRICO

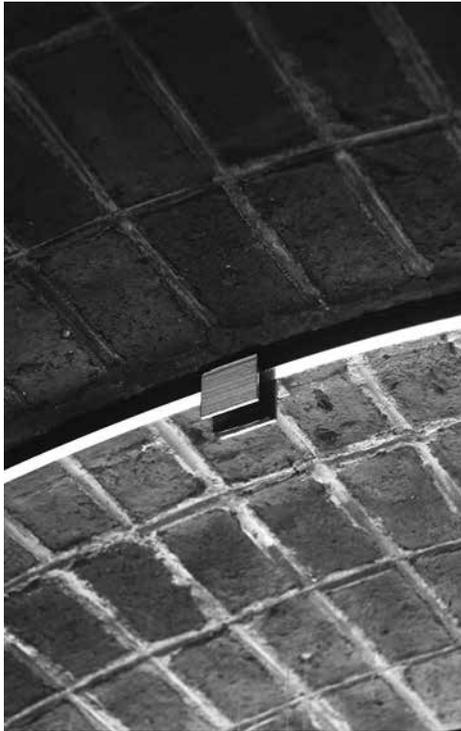




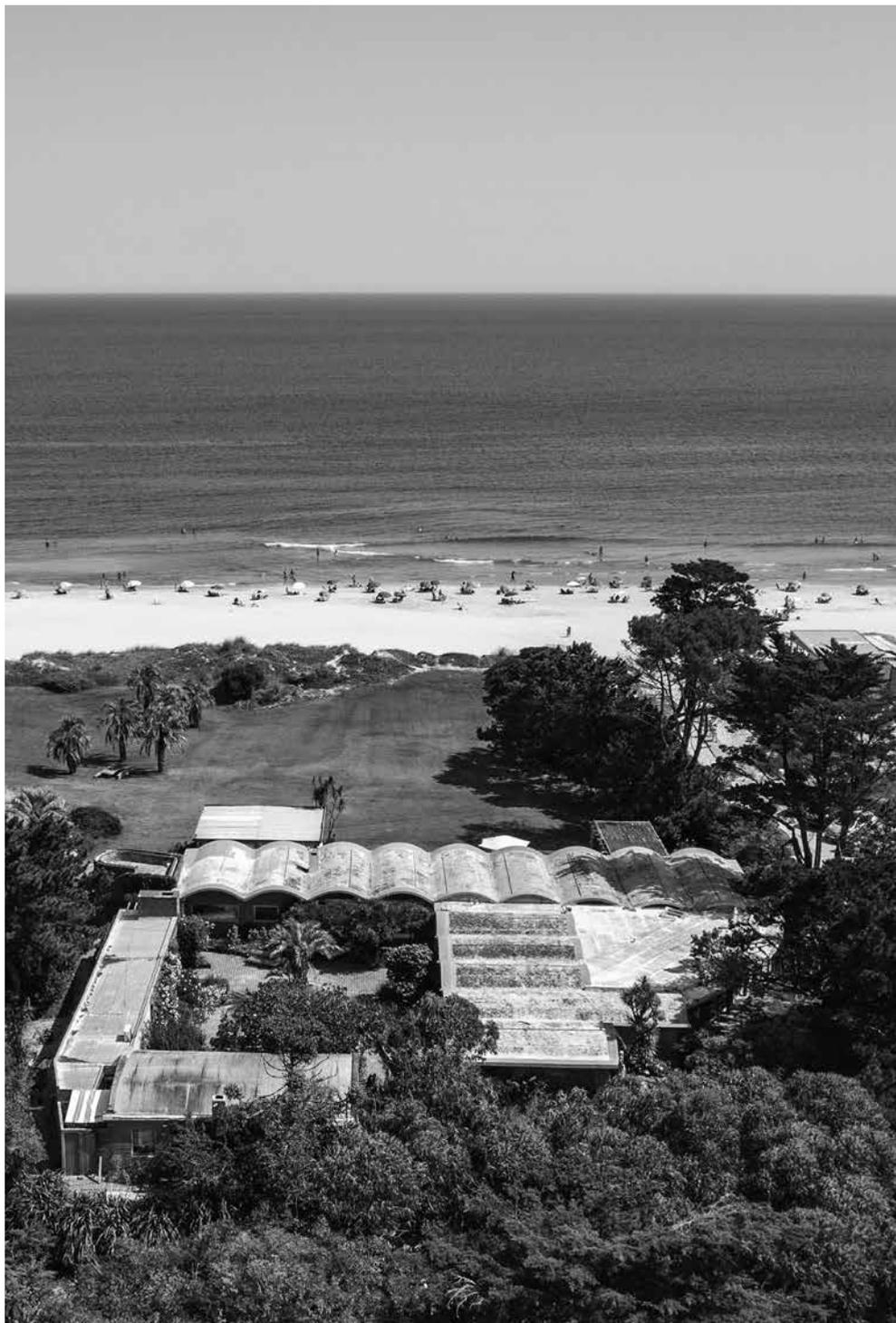












Refugio la escondida

TATÚ ARQUITECTURA

TATÚ Arquitectura nace formalmente en el año 2016, como resultado de un proceso de formación profesional de carácter colectivo que se ha ido nutriendo en el curso del desarrollo de actividades y una formación académica continua. Somos una oficina de arquitectura conformada por arquitectos jóvenes que entendemos el desempeño de nuestras actividades como un servicio de fundamental importancia para potenciar el desarrollo de las personas a través de los entornos construidos en los que intervenimos profesionalmente.

FOTOGRAFÍA: OBRA: TATÚ ARQUITECTURA; OBRA TERMINADA: MARCOS GUIPONI

OBRA	REFUGIO LA ESCONDIDA
PROGRAMA	VIVIENDA
UBICACIÓN	PUNTA COLORADA, MALDONADO (URUGUAY)
MODALIDAD	ADMINISTRACIÓN DIRECTA
PERÍODO DE OBRA	SET. 2021 – FEB. 2022
AUTORES	TATÚ ARQUITECTURA
EMPRESA CONSTRUCTORA	BIG SUR
PRESUPUESTO TOTAL	USD 85.000
SISTEMA ESTRUCTURAL	WOOD FRAMING
CERRAMIENTO HORIZONTALES INTERMEDIOS	WOOD FRAMING
CERRAMIENTO HORIZONTAL SUPERIOR	CUBIERTA LIVIANA (MADERA Y CHAPA)
CERRAMIENTOS VERTICALES OPACOS	WOOD FRAMING
CERRAMIENTOS VERTICALES PERMEABLES A LA LUZ	ALUMINIO Y VIDRIO
CIELORRASOS	MADERA
EXTERIORES	MADERA



Memoria

El terreno se sitúa en una zona de bosque marítimo próximo al primer tramo de playa oceánica de Uruguay. Presentaba una diversidad de especies nativas que convivían en un ecosistema denso y de difícil accesibilidad, con presencia de varios ejemplares de eucaliptos, coronilla y aruera entre otras especies que se querían conservar para construir una narrativa propia entre el futuro proyecto de arquitectura y su paisaje inmediato. A su vez, la topografía del terreno presentaba una depresión pronunciada hacia la zona posterior y lateral, producto de la presencia de dos pequeñas cañadas que recogen el escurrimiento de agua natural de la zona y lo canalizan hacia el mar.

El proyecto intentó mantener el ecosistema al máximo, integrándose a este con una huella lo más pequeña posible. Se optó por un sistema de fundación tipo palafito, conformado por pilotes de hormigón que se apoyan puntualmente en el terreno, dejando toda la construcción suspendida sobre la superficie irregular del suelo.

El refugio articula longitudinalmente el terreno, definiendo dos sectores de carácter diferente: el primero, orientado hacia el norte, con el que mantiene una relación de orden físico, de acceso y vínculo interior-exterior de uso; el segundo, orientado hacia el sur, con el que establece vínculos en función de una lógica de contemplación, para mirar el paisaje a través de una serie de recortes específicos en la cáscara y la cubierta. La distribución interna está articulada por el módulo de baño, que divide las áreas de descanso de las destinadas al uso social. El conjunto está modulado de forma racional en función de una serie de pórticos estructurales que permanecen expuestos al interior y exterior, dando ritmo y textura a la resolución final.

Por último, se optó por aumentar el volumen interior en el área social para adquirir mayor contacto con el exterior y generar un segundo dormitorio-altillo desde el cual observar el horizonte profundo del mar.

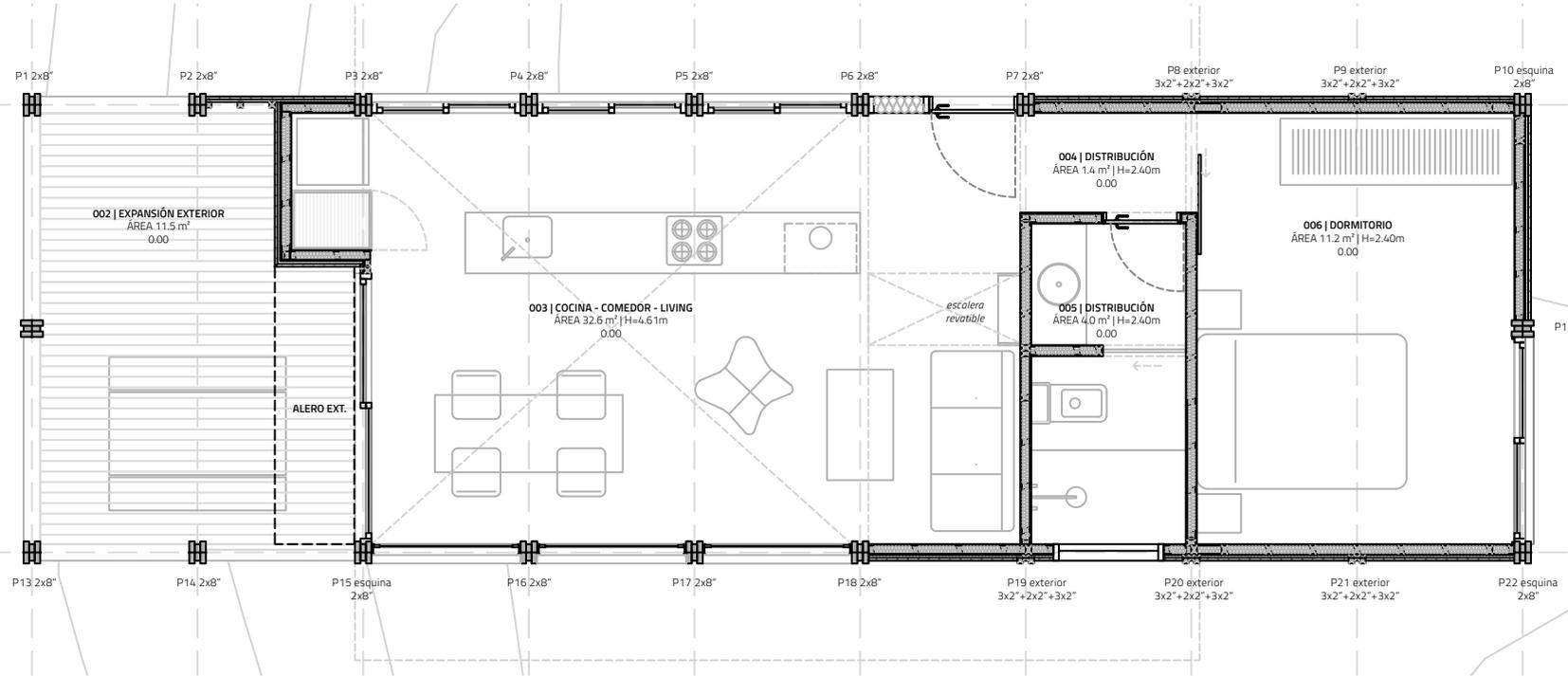




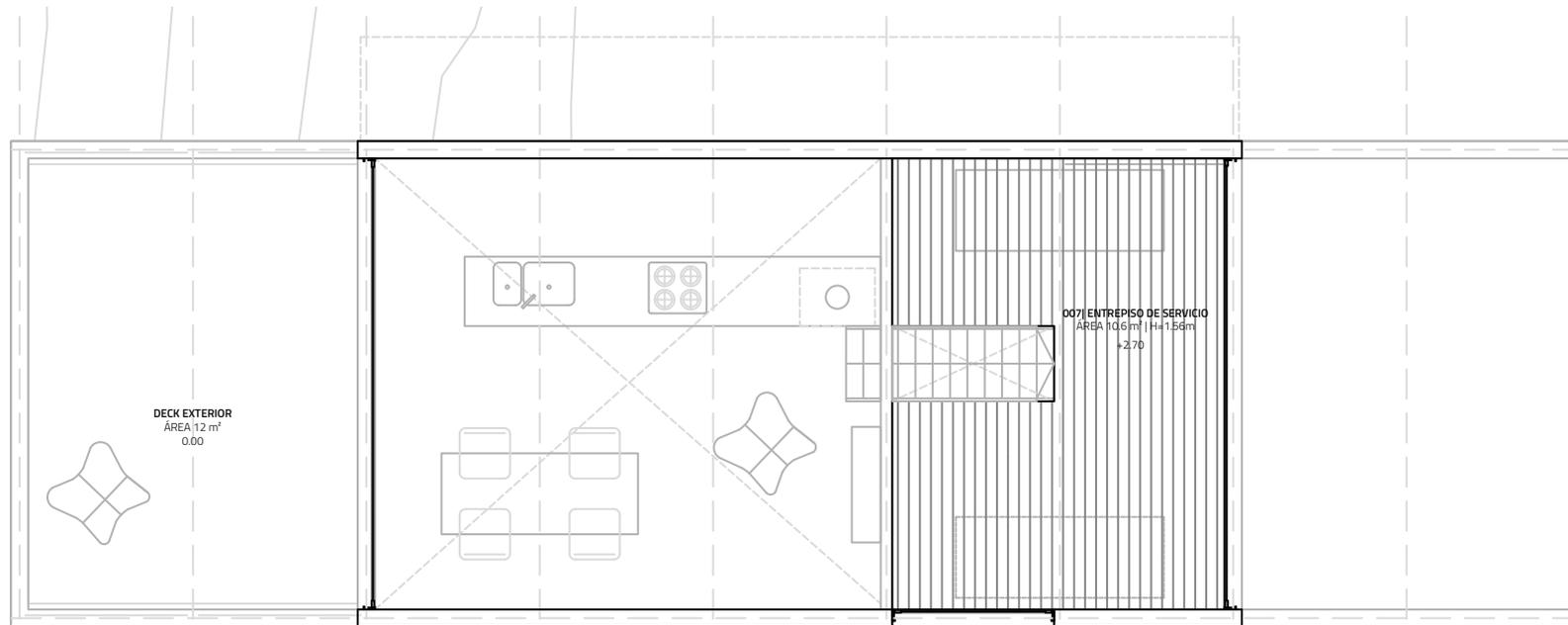


170

171



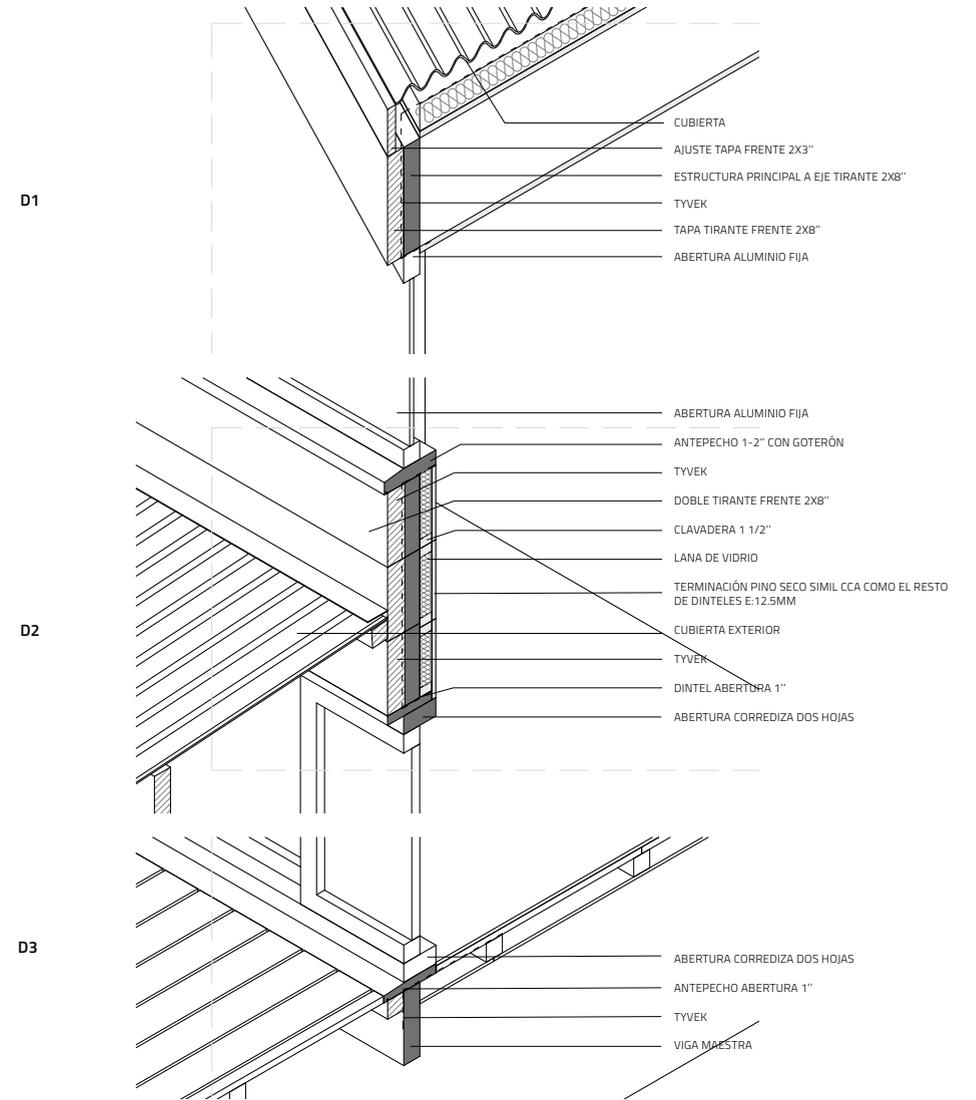
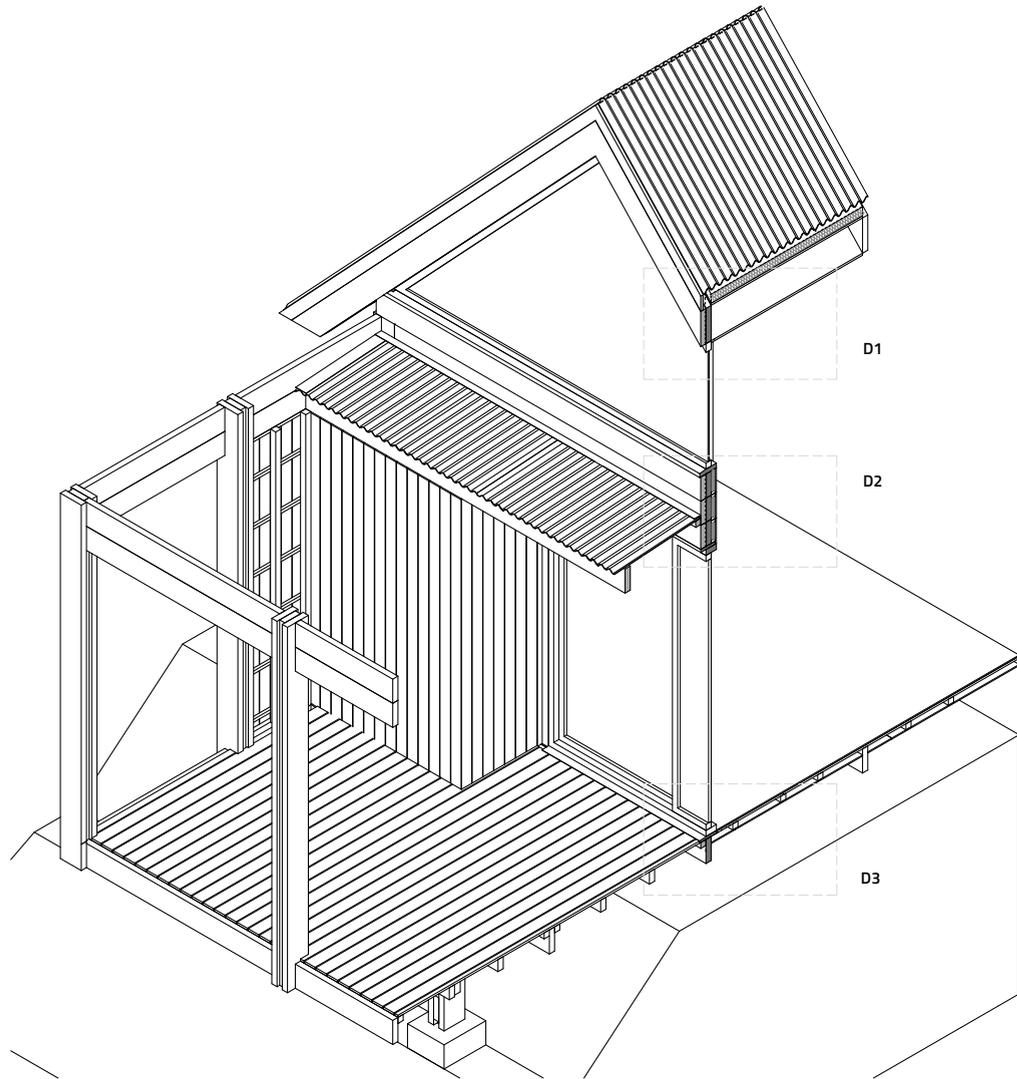
PLANTA BAJA

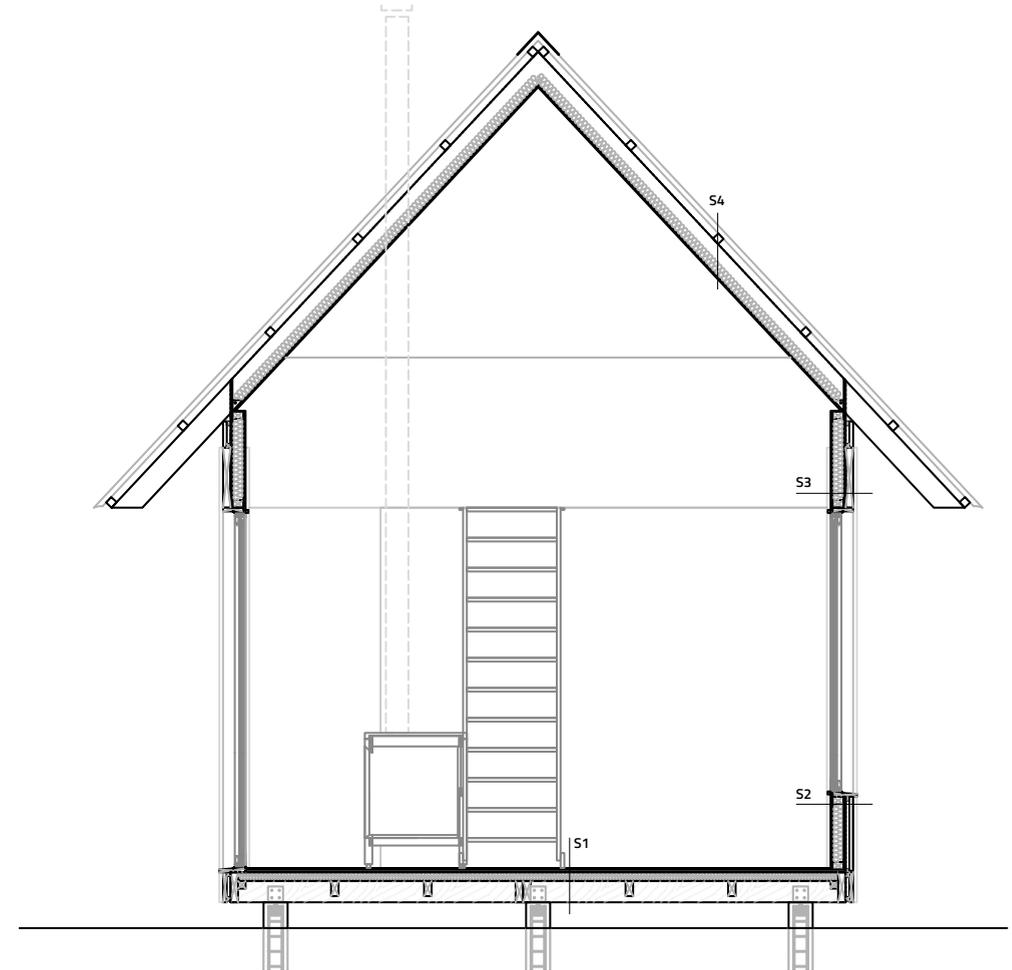


PLANTA ALTA





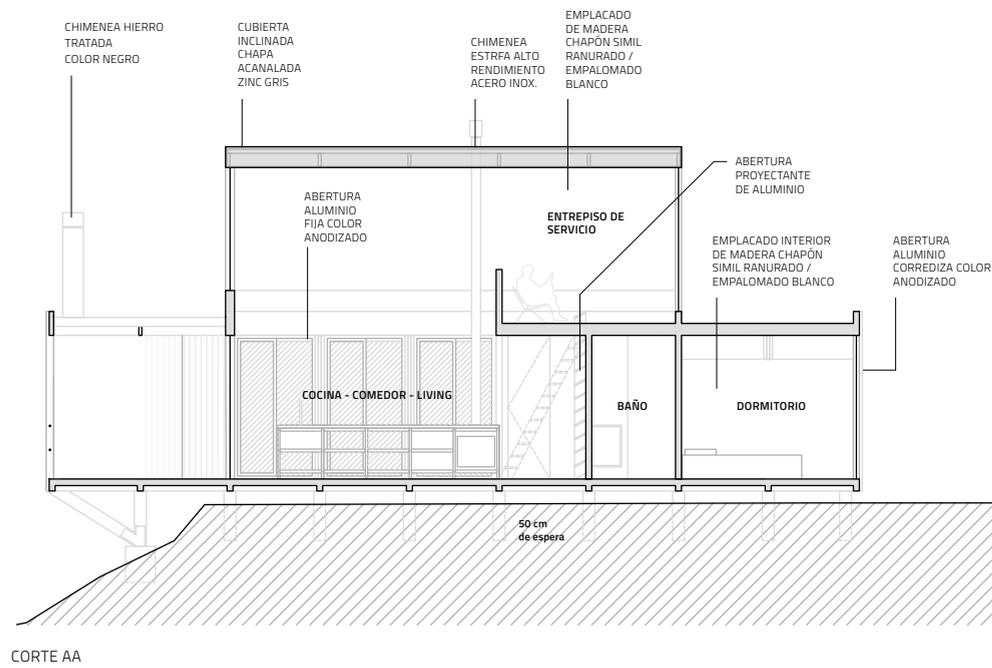
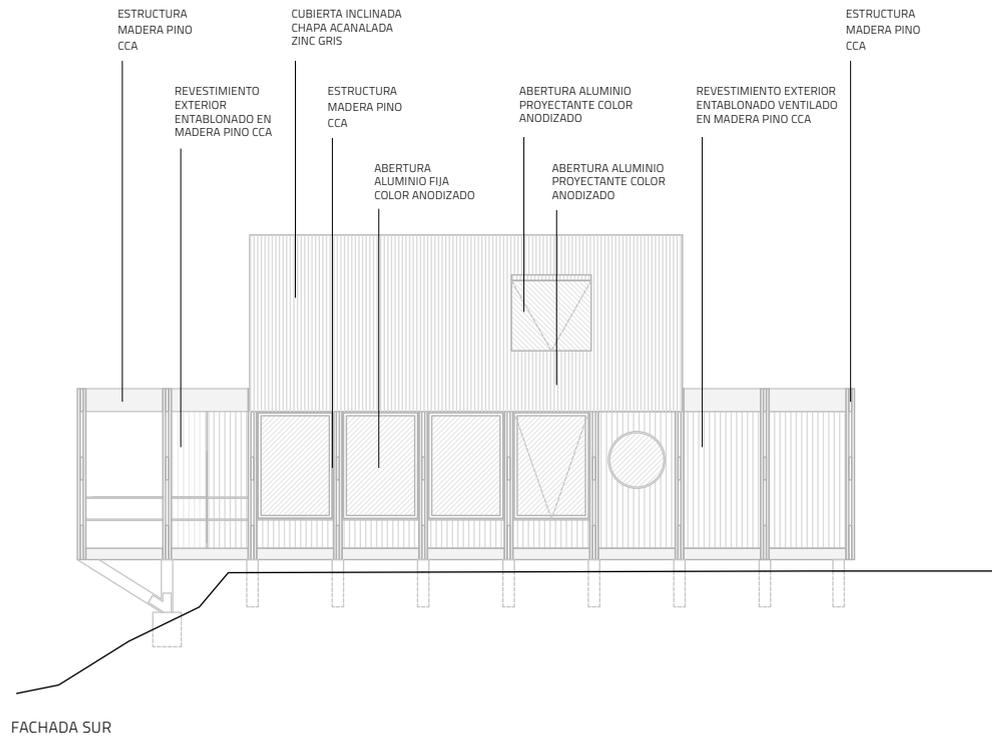




CORTE B-B

- | | | | |
|---|--|---|---|
| <p>S1</p> <ul style="list-style-type: none"> • TERMINACIÓN PISO FLOTANTE • OSB SUSTRATO PISO E:18MM • TYVEK DE PISOS • AISLACIÓN TÉRMICA (LANA DE VIDRIO) E:5CM • CLAVADERA 2X2" C/40CM • OSB INFERIOR E:9MM • TRANSVERSAL RIGIDIZADOR 2X6"(X2) • VIGA MAESTRA 2X8" + PLATINA DE HIERRO AMURADA A PILAR HINCADO DE HOGÓN ARMADO DIAM. 20CM | <p>S2</p> <ul style="list-style-type: none"> • TERMINACIÓN FALSO PILAR E:1" • TERMINACIÓN CHAPÓN PINO SECO E:12MM • TABIQUE LIVIANO, SOLERA Y MONTANTE MADERA 2X3" • AISLACIÓN TÉRMICA (LANA DE VIDRIO) E:5CM • OSB E:12MM • TYVEK • CLAVADERA 1X1" (CAMARA DE AIRE) • TERMINACIÓN EXT, ENTABLONADO PINO CCA E:1" • TERMINACIÓN FALSO PILAR E:1" | <p>S3</p> <ul style="list-style-type: none"> • TERMINACIÓN FALSO PILAR E:1" • TERMINACIÓN CHAPÓN PINO SECO E:12MM • TABIQUE LIVIANO, SOLERA Y MONTANTE MADERA 2X3" • AISLACIÓN TÉRMICA (LANA DE VIDRIO) E:5CM • OSB E:12MM • TYVEK • VIGA MADERA PINO CCA 2X16" • TERMINACIÓN EXT, ENTABLONADO PINO CCA E:1" • TERMINACIÓN FALSO PILAR E:1" | <p>S4</p> <ul style="list-style-type: none"> • CHAPA ONDULADA • CLAVADERA 2X2" C/85CM • TYVEK • TIRANTE MADERA 2X6" • AISLACIÓN TÉRMICA (LANA DE VIDRIO) E:5CM • TERMINACIÓN CIELORRASO INTERIOR, CHAPÓN SIMIL • ENTABLONADO/RANURADO A DEFINIR |
|---|--|---|---|







De cómo hacer cosas con palabras¹

MARTÍN BENAVIDEZ

Nació en Córdoba, Argentina, en 1986. Es arquitecto (FAUD-UNC, Córdoba, Argentina, 2012), especialista en Proyecto Urbano (*Escola da Cidade*, 2012) y magíster en Vivienda y Ciudad (*Escola da Cidade*, 2013) y en Arquitectura y Urbanismo (FAU-USP, San Pablo, Brasil, 2017). Fue investigador invitado en la Universidad Humboldt de Berlín (2016) y artista residente en el Foro de Arquitectura de Alta Austria de Linz (2017), además de jurado del festival de Cine y Arquitectura del MOVE Cine-Arch en Venecia (2018). Es profesor de grado y de posgrado en la FAUD, y en 2018 fundó el estudio Ben-Avid, con sede en la ciudad de Córdoba, Argentina.

Una confesión

Voy a comenzar con una confesión de parte. La cuestión de la *sostenibilidad* como modo de pensar la relación arquitectura-ambiente me resultaba poco interesante hasta hace no mucho tiempo. Como si se tratara de una «idea fuera de lugar» (Maricato, 2000), la asociaba a aquellos problemas importados que parecen corrernos del foco de las contradicciones fundamentales de nuestras sociedades en vías de desarrollo.

Me alcanzaba con pensar que —como brillantemente dijo alguna vez Eduardo Souto de Moura— la buena arquitectura ya es, de forma implícita, sostenible. Pero mi desdén no acababa allí. Creía que la recurrencia con la que la cuestión de la *sostenibilidad* aparece en los ámbitos disciplinares indicaba más la manifestación de una agenda de sesgo colonial que la necesidad de afrontar de manera urgente un tema que nos apremia como especie.

No es necesario ahora aclarar cuán equivocada estaba mi postura.

Un atenuante

Dicho esto, creo que aceptar la centralidad de la cuestión de la sostenibilidad en la agenda de la arquitectura no necesariamente implica que debemos hacer propios los presupuestos que operan de forma hegemónica en nuestra disciplina.

1. Tomo el título con el que fue editada la célebre serie de conferencias de J. L. Austin —1955—: «How to do things with words». No obstante, estas líneas no sugieren ningún tipo de relación conceptual con la temática ni el abordaje propuesto por la teoría de los actos de habla.

Estos es, que, asumiendo que nuestro modo de producción ha puesto en riesgo las condiciones de habitabilidad del planeta —no ya solamente para las generaciones futuras, sino también para nosotros mismos— debemos idear hoy una arquitectura capaz de responder de manera más «eficiente», «racional» y «económica» a unas demandas de confort y consumo del espacio que nadie se atreve a imaginar sino en creciente expansión

De entre las muchas variantes disciplinares que giran en torno a esa contradicción, hay dos que parecen haber ocupado la centralidad de nuestras prácticas y deben ser repensadas: una sugiere una salida positivista por el lado del desarrollo tecnológico; la otra está asociada a una salida fetichista por el lado de una arquitectura verde.

Dos preguntas

No me propongo aquí invalidar las prácticas que se inscriben en cada una de esas tendencias, pero sí preguntarme si acaso ambas no funcionan como expresión de una reproducción ideológica. Esto es, como producto de un conjunto de aparatos conceptuales que, lejos de iluminar la naturaleza de los problemas, ocultan las relaciones sociales y económicas que operan por detrás.

Creo que esa perspectiva nos permitiría entender mejor las relaciones entre ambas tendencias y los contextos económicos y sociales en los que emergen. Pero, como dicha tarea excede con creces los alcances de estas notas, dejaré aquí sentadas apenas dos preguntas:

¿No resulta acaso curiosa la explosión de cubiertas verdes, jardines verticales, balcones ajardinados, macetas de terracota por aquí y por allá, en cada una de nuestras blancas arquitecturas, en el preciso momento en que nuestros teléfonos han vuelto inocultables los desmontes de escala continental que impulsan los suburbios y el latifundio?²

¿No resulta acaso curiosa la multiplicación de paneles solares en cubierta, de fachadas fotovoltaicas o baldosas inteligentes que producen energía al caminar sobre los salones de la arquitectura de excepción, en una época en la que sabemos que el minado de criptomonedas a nivel global consume más energía eléctrica que países enteros?

Una hipótesis

La idea que quiero arriesgar es que existe algo en ambas formas de abordar la cuestión de la sostenibilidad en la arquitectura que, más allá de toda buena intención, funciona más como placebo que como antídoto. Es evidente el desajuste que existe entre la modestísima incidencia en la huella ambiental

2. ¡Me parece fascinante lo áridas que lucen las terrazas ajardinadas de Le Corbusier!

de esas arquitecturas en nuestras ciudades y su asombrosa capacidad para tranquilizar nuestras conciencias como agentes de una industria —la de la construcción— que ocupa un lugar preponderante entre los principales contaminantes del planeta.

Enfrentados a este escenario, entreveo en algunos de los trabajos que desarrollamos en la oficina no un modo de resolver el problema sino algunos indicios de lo que podría en el futuro ser un modo diferente de pensarlo. Un modo que alude a lo que la arquitectura produce como discurso, antes que como realidad material.

Cuatro trabajos (no un horóscopo)

Para hablar de la práctica que desarrollamos en la oficina, voy a abstenerme de cualquier pretensión teórica. De ninguna manera nuestro trabajo puede leerse como respuesta a los interrogantes que me planteo en el actual escenario, y mucho menos en términos de síntesis frente a las contradicciones disciplinares a las que aludí anteriormente. En todo caso, voy a referirme a un conjunto de proyectos —como líneas de investigación— que tal vez puedan ser leídos en su modo específico de abordar la cuestión de la sostenibilidad a contramano de las dos líneas hegemónicas a las que referí anteriormente.

En estos proyectos, la cuestión de la sostenibilidad no aparece abordada desde una pirotecnia tecnológica ni desde un despliegue de plantitas y flores. La cuestión de la sostenibilidad no es planteada en términos de superación, sino que se relaciona a una especie de renuncia —que da lugar a una toma de posición, como si lo que importara de un proyecto fuera menos su impacto en el orden de las cosas que en el de las palabras.

Decidí asociar cada uno de los cuatro trabajos —no sin una buena dosis de ironía— a cuatro temas: el agua, la tierra, el aire y el fuego.

PABELLÓN DE BRASIL (AGUA)

El pabellón de Brasil para la Expo 2020 Dubái enfrenta la necesidad de generar, en un clima extremadamente caluroso, un gran salón de exposiciones dedicado al tema de las aguas dulces brasileñas, las cuencas de sus principales ríos y sus culturas ribereñas. En esas condiciones, la enorme mayoría de los edificios que componen el predio ferial son concebidos como gigantescas heladeras capaces de generar unas condiciones de absoluto confort en sus interiores, que contrastan de manera radical con los espacios «entre edificios».

Para el visitante, desplazarse de un pabellón a otro se vuelve una verdadera travesía en el desierto. Los sucesivos golpes de calor y frío se alternan en una métrica que marca el ritmo de un recorrido sin continuidades [Fig. 1].



FIGURA 1. IMPLANTACIÓN. FUENTE: BEN-AVID

En ese contexto, el edificio explora una posibilidad otra. Imaginamos una especie de oasis en el desierto, protegido por una amplia carpa. Un gran espejo de agua ocupa casi la totalidad del terreno, sombreado por una tensoestructura de tela y acero que lo protege del sol y de los fuertes vientos [Fig. 2]. Esos dos elementos definen el salón de exposiciones, que toma la altura máxima permitida para la edificación, creando un vasto espacio intermedio capaz de dar lugar a instalaciones y performances, videoproyecciones y conciertos, pero también a áreas de descanso y contemplación, conversación y encuentro [Fig. 3].

En el interior de este espacio «sin puertas», la brisa circula infiltrándose entre generosas hendijas que separan los planos horizontales de los verticales, tanto en la cubierta como en el piso. De esta manera, el aire en movimiento entra en contacto con el plano de agua refrigerada y produce un descenso en la temperatura del ambiente. Este pequeño oasis sombreado reduce hasta 6°C la temperatura de un volumen de más de 40000 m³ de aire, sin utilizar equipos de aire acondicionado [Fig. 4]. Con ello, el salón no alcanza las temperaturas de confort de los espacios interiores de los demás pabellones, sino que genera un vasto espacio semicubierto en el cual la brisa y la sombra, así como el silencio y la posibilidad de descansar en contacto con el agua, vuelven esas condiciones de confort acaso innecesarias.

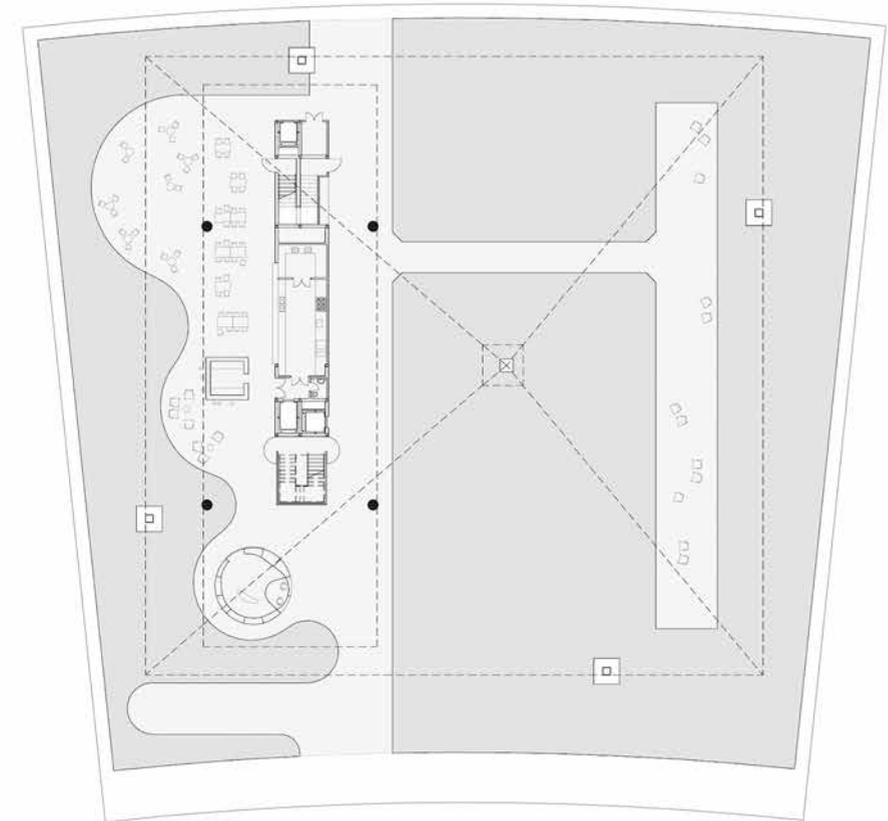


FIGURA 2. PLANTA BAJA. FUENTE: BEN-AVID



FIGURA 3. FOTOGRAFÍA DEL INTERIOR. FUENTE: BEN-AVID



FIGURA 4. FOTOGRAFÍA DEL INTERIOR. FUENTE: BEN-AVID

COLECCIÓN LONDERO (TIERRA)

No hay una ciudad cuya historia no sea, en alguna medida, la historia del dominio de sus cursos de agua. Sea como fuente de aprovisionamiento de agua potable o como vía de transporte fluvial o ferroviaria, como origen en la irrigación de los territorios productivos o el control de las lluvias, los ríos constituyen la infraestructura primordial de la ciudad. Es por ello que sus márgenes son, por lo general, espacios en disputa. Si los cauces de los ríos son, por definición, espacios de dominio público, el control técnico de las variaciones del nivel del agua ha siempre representado un modo de definición o redefinición de los límites de la privatización del espacio urbano. Domesticar los ríos ha sido siempre un modo de expandir las fronteras de la privatización salvaje del espacio.

Es desde esa perspectiva que abordamos el proyecto para la Colección Londero, que prevé una edificación de alrededor de 250 m² y albergará una colección privada de arte en la ciudad de Córdoba [Fig. 5].

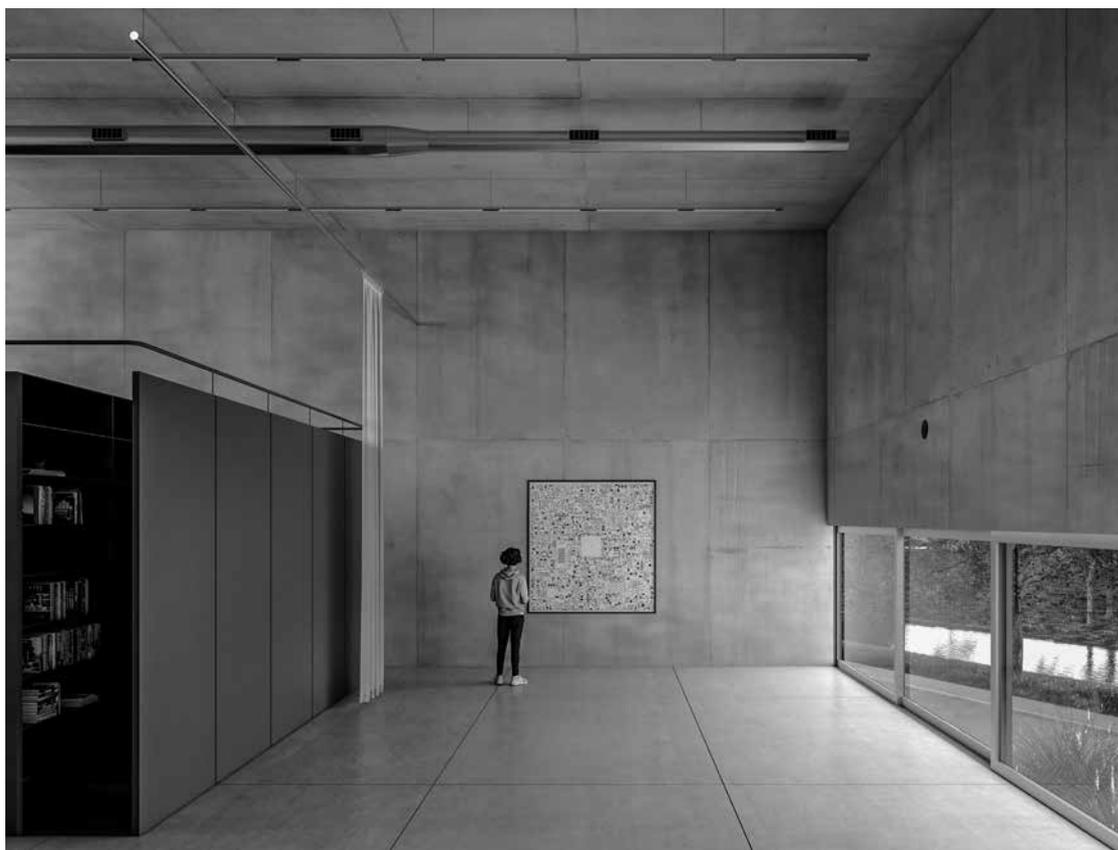


FIGURA 5. RENDER DEL ESPACIO INTERIOR. FUENTE: BEN-AVID

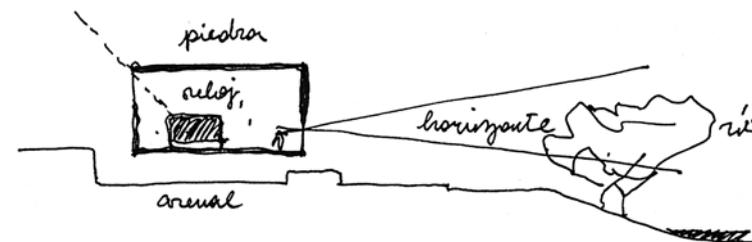


FIGURA 6. CROQUIS.
FUENTE: BEN-AVID

Localizado frente al Río Suquía, entre la barranca que delimita su lecho mayor y el cauce principal, el sitio de su emplazamiento constituye el tema fundamental del proyecto [Fig. 6]. Entendimos que el terreno le pertenece antes al río que al propietario, y —a partir de ello— liberamos de forma radical la planta baja, a la que definimos como un jardín meándrico que se funde visual y espacialmente con el Río Suquía [Fig. 7].

Para ello, imaginamos una edificación extremadamente austera, como una piedra artificial sobreelevada 2,8 m sobre el nivel de acceso y apoyada en su sector central [Fig. 8]. Queríamos tocar el terreno con tan pocos apoyos como resulte posible y resolver el límite entre el dominio de lo público y lo privado apenas con una pequeña escalera basculante que abre y cierra el acceso a la colección, tornando innecesario el cerramiento perimetral de la planta baja [Fig. 9].

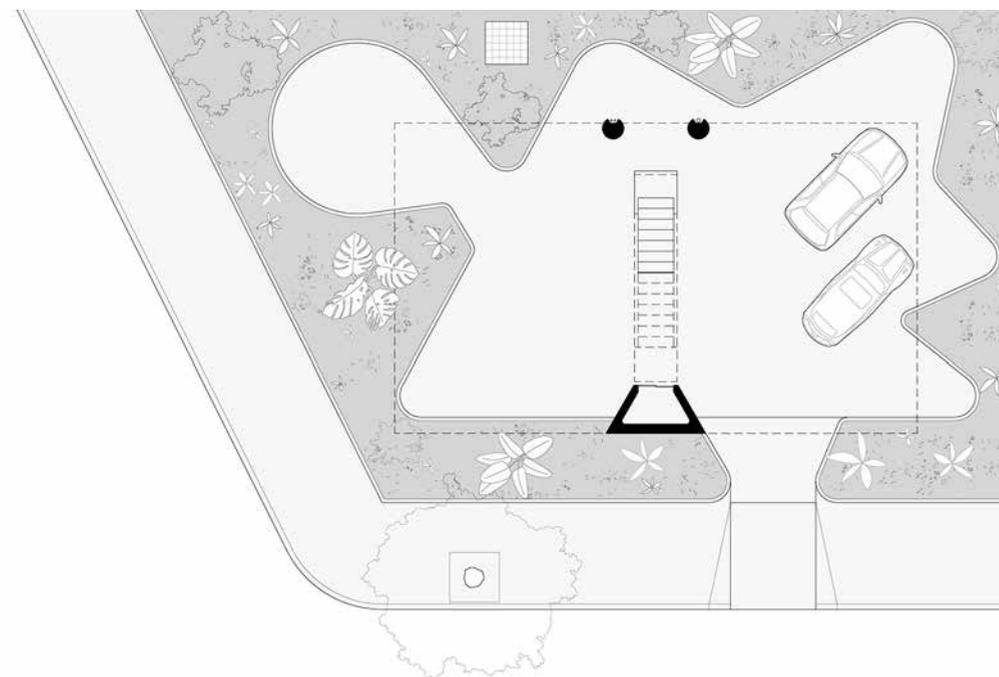


FIGURA 7. PLANTA BAJA. FUENTE: BEN-AVID



FIGURA 8. RENDER EXTERIOR.
FUENTE: BEN-AVID

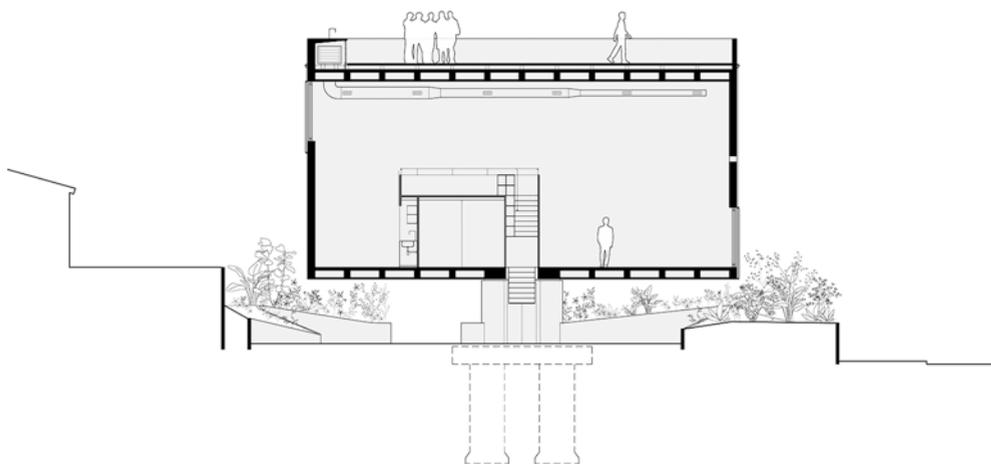


FIGURA 9. CORTE LONGITUDINAL. FUENTE: BEN-AVID

Entendimos la operación de despegue del edificio del terreno como un modo de proteger la colección ante eventuales inundaciones. Pero, sobre todo, como un modo de restitución de suelo al río. Como si el edificio pudiera enunciar, con todas las contradicciones que ello implica, «es aquí donde estoy, no es aquí donde debería estar».

MUSEO MARÍTIMO DE BRASIL (AIRE)

Son pocos los programas edilicios que demandan un control tan riguroso de las condiciones de iluminación, temperatura y humedad interior como el de un museo. En climas tropicales como el de Río de Janeiro, esto lleva a que cuanto más exigentes se tornan dichas condiciones, más introvertido se vuelve el carácter de los espacios expositivos. A su vez, y como es lógico, cuanto más extensos se vuelven dichos espacios, mayor es su demanda de energía para el acondicionamiento interior.

El proyecto para el Museo Marítimo de Brasil supuso una oportunidad para pensar un modo diferente de encarar esta cuestión. Localizado en la región portuaria de Río de Janeiro —en el remate de la Avenida Presidente Vargas sobre la Bahía de Guanabara—, el Museo contará con un extenso programa de exposiciones y archivo de piezas, así como un amplio conjunto de programas complementarios: auditorio; áreas técnicas y administrativas; áreas pedagógicas, gastronómicas y comerciales; totalizando algo más de 11000 m² cubiertos [Fig. 10].

A partir de eso, separamos el programa del museo a partir de dos categorías conceptuales. La primera de ellas gira en torno al grado de vinculación de cada programa con la dinámica de la ciudad; la segunda clasifica los espacios de corta y larga permanencia.

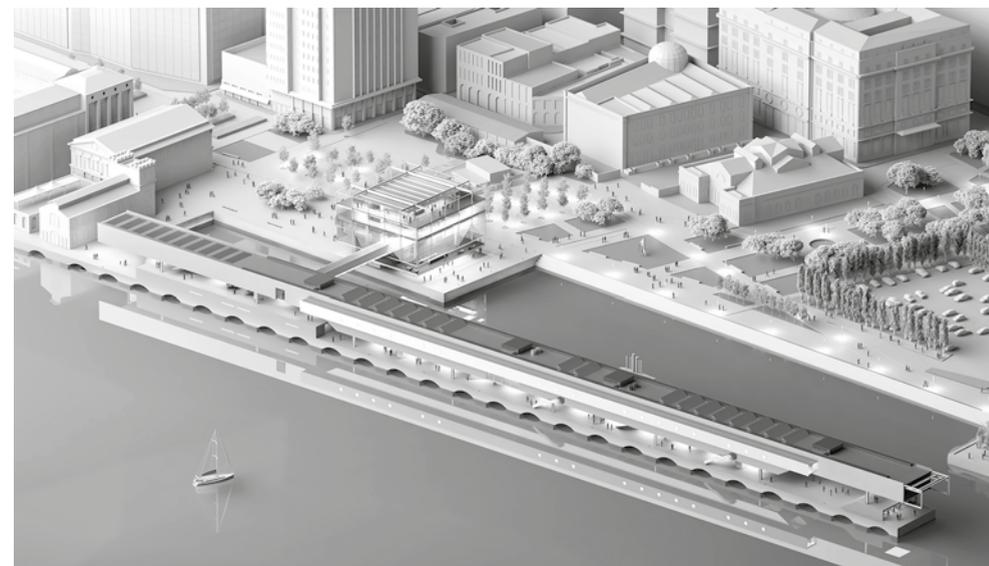


FIGURA 10. RENDER MAQUETA. FUENTE: BEN-AVID

A partir de la primera categoría, definimos —por un lado— un «edificio muelle» que reúne el programa expositivo propiamente dicho, así como las áreas de acervo técnico, que requieren del más alto grado de acondicionamiento interior [Fig. 11]. Este edificio se resuelve como una lámina más bien introvertida, de casi 300 m de largo, de fachadas casi totalmente opacas,



FIGURA 11. RENDER DESDE EL AGUA. FUENTE: BEN-AVID

resueltas con paneles de gran aislación térmica. Por el otro, un «edificio continente» que reúne, en una torre completamente abierta al exterior, el conjunto de aquellos programas que se relacionan de manera directa con la dinámica de la ciudad, pudiendo incluso funcionar en rangos horarios autónomos.

A partir de la segunda, definimos espacios de paso o uso ocasional y de larga permanencia, tanto para visitantes como funcionarios de la institución. A partir de esta doble categorización, se propuso el uso de climatización interior exclusivamente para aquellos espacios ligados de forma directa a la exhibición o mantenimiento de obras, y aquellos de larga permanencia como áreas administrativas, restaurante, auditorio, etc. Esto supone algo menos del 40% del total del volumen de aire del edificio, a partir de lo cual más del 60% restante es tratado como espacios intermedios, sin cerramientos verticales, a modo de «veredas verticalizadas» que reducen drásticamente el consumo de energía del conjunto [Fig. 12].

Cafés, *foyers*, *halls* de acceso, circulaciones y salones de contemplación panorámica de la ciudad son tratados como espacios intermedios cuyas condiciones de confort varían de acuerdo al propio clima de la ciudad de Río de Janeiro [Fig. 13]. Al fin y al cabo, pensamos un edificio no solamente para embarcaciones sino fundamentalmente para quienes desean tripularlas. Y, como sabemos, el exterior no representa para el navegante una intemperie.



FIGURA 12. FOYER AUDITORIO. FUENTE: BEN-AVID

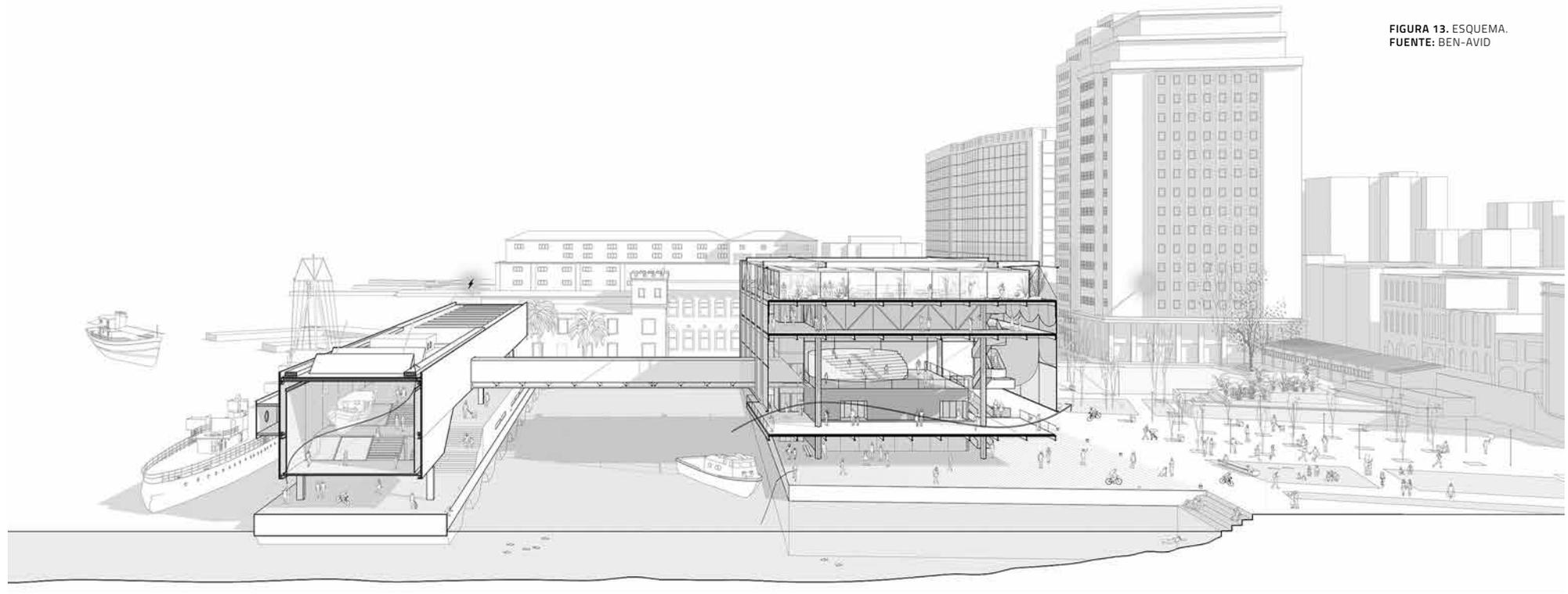


FIGURA 13. ESQUEMA.
FUENTE: BEN-AVID

ATELIER AVETA (FUEGO)

Córdoba ha atravesado en las últimas tres décadas un proceso de suburbanización absolutamente descontrolado. No solamente ligado a la consolidación de los barrios cerrados como modelo de producción del espacio, sino también al crecimiento exponencial de la urbanización de sus valles y cordones montañosos aledaños. Las consecuencias de este proceso, en términos ambientales —harto abordadas por toda la literatura especializada—, son devastadoras en tantos aspectos que su mera enumeración resulta fastidiosa: desmonte de la flora autóctona y expulsión de la fauna local; impermeabilización de las cuencas hídricas y contaminación de napas subterráneas; aumento en el consumo de energía per cápita y consolidación de los modelos de transporte individuales. Pero, entre todas ellas, los incendios forestales son —sin duda— los que han ocupado un lugar de destaque, debido al carácter apocalíptico de las imágenes que producen.

El fuego, generado en su inmensa mayoría por acción humana, ha sido en las últimas décadas el mascarón de proa tanto del negocio inmobiliario como de la expansión de la frontera rural.

El encargo de proyectar un pequeño atelier para una pareja de amigos en las sierras de Córdoba nos enfrentó al conjunto de contradicciones que supone la posibilidad de ocupar un terreno de condiciones paisajísticas extraordinarias y las consecuencias que conlleva cuando es comprendido como proceso colectivo [Fig. 14]. A partir de ello, ensayamos el proyecto no de una casa sino de una especie de «carpa en descomposición» [Fig. 15], que presentamos de la siguiente manera:

Queridos Hugo y Adriana:

No quise proyectar para ustedes una casa. Tampoco una cabaña.
No me gusta la idea de poseer un paisaje.
Imaginé una construcción provisoria, como una carpa.
Que nadie la pueda heredar.
Una arquitectura transitoria.
Como una cáscara de naranja en la montaña.
Casi en descomposición.
Incapaz de resistir al fuego, porque nada resiste al fuego.
Tan pero tan combustible que guarda dentro de sí
la idea de su reconstrucción. Volátil.
De un lado transparente, del otro opaca, fresca y opaca.
Pocos puntos de apoyo, sobrevolando el terreno natural.
Habrá piedras en su paisaje interior.
También unas lavandas
y tal vez una planta de cedrón.
La imagino ambigua,
como la ciudad en donde se cocinan sus fundamentos.



FIGURA 14. RENDER DE LA SALA. FUENTE: BEN-AVID



FIGURA 15. RENDER DE LA FACHADA. FUENTE: BEN-AVID



FIGURA 16. RENDER POSTERIOR. FUENTE: BEN-AVID

No pensamos una arquitectura capaz de enfrentar los incendios que amenazan cada año el sitio de su implantación, sino una arquitectura tan frágil que sea capaz de dar cuenta de su propia transitoriedad. Una arquitectura no como conquista de territorio sino como el acampe de un viajero. Como las sombras en La Mancha debajo de las cuales Sancho y Don Quijote conversaban largamente en el horario de la siesta. Hecha de paja, policarbonato, madera y acero, enteramente modulada a partir de las dimensiones de una placa fenólica [Fig. 16]. Pensada para que la lleve el fuego.

Epílogo

Hay una famosa entrevista a Vilanova Artigas, de la década de 1980, en la que el arquitecto paulista comenta que al proyectar el edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de San Pablo sentía que:

Moría de miedo de dibujar aquello tan simple como lo que estaba haciendo. ¿Qué es lo que van a decir de eso? ¡No es nada! ¡No tiene puerta en la entrada! Yo quería que la entrada fuese lo que es: un peristilo clásico, griego. Sin puertas. Solo entran dioses a la FAU. Allí no hace frío ni calor (Vilanova Artigas en FAUUSP, 2019, 14:06).

Son muchos los abordajes posibles de ese enunciado. Me gustaría, para cerrar estas notas, comentar apenas uno, que ilumina un aspecto extraordinario de la idea de proyecto en arquitectura. Uno que parte de preguntarnos quiénes son esos «dioses» para los que proyecta Artigas una escuela. En el uso irónico que hace de la idea, podemos percibir que de ninguna manera se trata de seres idealizados. Por el contrario, se trata de aquellos que son capaces de entender que habitar un «espacio sin puertas», con todas las implicancias fenomenológicas y también políticas que ello supone, implica renunciar a algunas de las comodidades que permiten los espacios compartimentados. Habitar una escuela como un espacio de convivencia colectiva supone, antes que nada, una construcción subjetiva. Los «dioses» de Artigas no son incapaces de sentir frío o calor, sino que son capaces de poner una demanda de comodidad en segundo plano, frente al deseo de habitar un espacio profundamente democrático.

Creo que, de la misma manera, podemos imaginar hoy la posibilidad de anhelar arquitecturas capaces de no comprometer el futuro del planeta. No porque necesariamente supongan en su realidad material una superación de las contradicciones medioambientales actuales, sino porque puedan ser leídas, en su condición de discurso, como una toma de posición frente a la complejidad del momento que nos toca enfrentar.

Desde esta perspectiva, discutir la relación arquitectura y ambiente no se vuelve un asunto de puros tecnicismos o placebos frente a la inminencia de una debacle climática, sino —fundamentalmente— la posibilidad de ensayar una

crítica a los modos de producción y consumo del espacio en el mundo contemporáneo. Y, junto con ello, la posibilidad de reposicionar la arquitectura en el amplio campo del debate cultural, no solamente acerca del tipo de espacio que anhelamos habitar, sino del tipo de personas que queremos ser.

Referencias bibliográficas

- FAUUSP. (2019, 18 de diciembre). Vilanova Artigas: espaço e programa FAU USP [Vilanova Artigas: espacio y programa FAU USP] [Archivo de Vídeo]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=059mpdNs5aY>
- Maricato, E. (2000). As idéias fora do lugar e o lugar fora das idéias. Planejamento urbano no Brasil [Las ideas fuera de lugar y el lugar fuera de las ideas. Planificación urbana en Brasil]. En Arantes, O., Vainer, C. y Maricato, E. (AA), *A cidade do pensamento único. Desmanchando consensos* (pp. 121-188). Petrópolis: Editora Vozes.

Pabellón brasileiro para la Expo 2020 Dubái

MARTIN BENAVIDEZ (BEN-AVID),
MARTA MOREIRA Y MILTON BRAGA (MMBB),
Y JOSÉ PAULO GOUVÊA (JPG.ARQ)

La oficina desarrolla proyectos de arquitectura a nivel nacional e internacional, de diversas escalas y complejidades: espacios de uso comercial, galerías y salas de exposiciones, infraestructuras de transporte urbano y metropolitano, planes directores, etc. Cabe destacar, entre estos, el Museo Marítimo de Brasil, en Río de Janeiro, y el pabellón de Brasil para la Expo 2020 Dubái, obra por la cual recibe una nominación a los premios Mies Crown Hall Americas Prize y el premio a Obra del Año del prestigioso portal Archdaily. Ben-Avid fue seleccionado en 2021 por el mismo portal como uno de los veinte estudios jóvenes sobresalientes a nivel mundial. En 2022 el estudio fue seleccionado finalista del premio Début en la Trienal de Lisboa Millennium.

FOTOGRAFÍA: JOANA FRANÇA

OBRA	PABELLÓN BRASILEIRO PARA LA EXPO 2020 DUBÁI
PROMOTOR	APEX-BRASIL
UBICACIÓN	DUBÁI (EMIRATOS ÁRABES UNIDOS)
MODALIDAD	CONCURSO PÚBLICO DE ARQUITECTURA
PROGRAMA	PABELLÓN DE EXPOSICIONES
PERÍODO DE OBRA	2018 - 2021
ÁREA DEL LOTE	3772 M ²
ÁREA CONSTRUIDA	3901 M ²
AUTORES	MARTIN BENAVIDEZ (BEN-AVID), MARTA MOREIRA Y MILTON BRAGA (MMBB), Y JOSÉ PAULO GOUVÊA (JPG.ARQ)
COLABORADORES	ANA CAROLINA ISÁIA, ALEN GOMEZ, ALFONSINA SASSIA, CLARA VARANDAS, CONSTANZA VILLARREAL, EMILIA DARRICADES, FRANCO FARA, FELIPE SUZUKI URSINI, GABRIEL ANDREOLI HIRATA, GERMÁN FERRADAS, IGNACIO PÁEZ, JUAN PABLO PARODI, JULIETA BERTONI, MARIA JOÃO FIGUEIREDO, MATEO ARJONA, MICAELA MORENO, MURILO ROMEU, RAPHAEL CARNEIRO, RENAN FERREIRA, SEIZEN UEHARA, STEFANIA CASARIN, TOMAS MILAN, TOMÁS QUAGLIA MARTÍNEZ Y VICTOR OLIVEIRA
CONCEPTO ORIGINAL EXHIBICIÓN	GUILHERME WISNIK Y ALEXANDRE BENOIT
INGENIERÍA	MARATÁ INGENIERÍA: MIGUEL MARATÁ, ANA MARTINHO, ELIS SILVA, GABRIELA TREVIZAN, ISABELA ABRÃO Y NAIRA COSTA AFACONSULT: RUI FURTADO, CARLOS ALMEIDA, GUSTAVO ALVES, MARCO CARVALHO, PAULO SILVA, RAUL SERAFIM Y MARIA RUI CASTANHOLA
CONSULTORÍA DE ESTRUCTURAS TENSADAS	RUI PAULETTI
RESPONSABLE TÉCNICO	CONSULTORÍA DE INGENIERÍA MJU: MUWAFK AL JUBOORY, MOHAMED WALID ABDALLA ELHABSHY, HANI I. M. ABDALMENEM, NAZEER AHMED KHAN, MOHSIN IQBAL, ALNILMAR PAUL RODRIGUEZ, MOHAMED SALAH AHMED ELSHEIKH, MOHAMAD EL MOGHRABI Y BINU BHASKAR

VIDEO MAPPING
(CONCEPTO ORIGINAL)

CACTUS: LUCAS WERTHEIN, MARCELO PONTES, NOAH WAXMAN Y FELIPE REIF

SEÑALIZACIÓN

CLDT DESIGN: CELSO LONGO, DANIEL TRENCH Y ALEXANDRE MENDES

ACÚSTICA

INACOUSTICS: OCTÁVIO INÁCIO

DISEÑO DE SONIDO
(CONCEPTO ORIGINAL)

NICO ESPINOZA

ASESOR JURÍDICO
Y FINANCIERO

BEATRIZ LICHTENSTEIN

Memoria

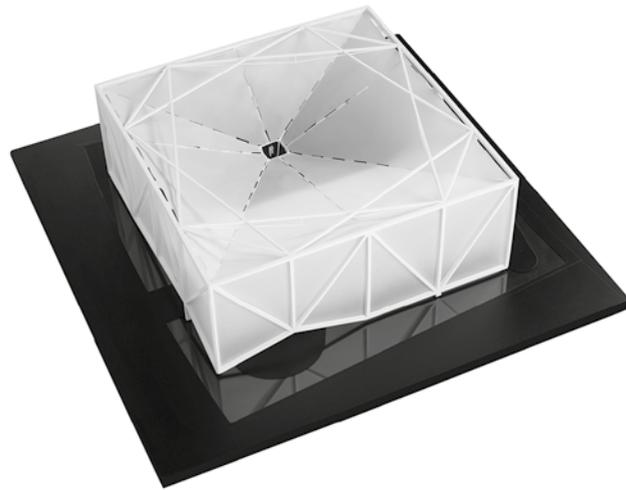
El pabellón tiene como protagonistas las aguas de Brasil: sus ríos y manglares, cuna de la fertilidad de la vida, una herencia natural que subyace en todo el discurso sobre la sostenibilidad del planeta. Con su estructura de acero tensado y su ligera tela blanca, el pabellón es un tejido sobre el que se proyectan videos, creando una atmósfera inmersiva de imágenes, sonidos, aromas y temperaturas variables, sobre una zona de aguas onduladas y poco profundas por las que pueden caminar los visitantes del pabellón. Es un lugar de interacción, de un carácter escénico sorprendente. Es un escenario para la visualización de una naturaleza y una cultura centradas tanto en la preservación como en un futuro hecho sostenible a través de la tecnología.





Arquitectura

Como en tiempos de crecida, cuando un río se desborda inundando lo que antes era tierra, el proyecto inunda, con una fina capa de agua, toda la tierra de Brasil en Dubái. Una topografía uniforme y oscura, hecha de hormigón negro pigmentado, lijado y antideslizante, deriva su motivo poético del Río Negro en la cuenca del Amazonas. En este lienzo se representan meandros, playas y remansos, creando una gran plaza de agua. Está protegida por una estructura tensada de 48 m de ancho y 18,5 m de alto; cuatro paneles verticales que conforman una cubierta,



un *impluvium* asegurado por cables anclados al espejo de agua. Durante el día, esta estructura da sombra y protege las aguas; al anochecer hace del pabellón un cubo luminoso y flotante. Inmerso en proyecciones, sonidos, vapores y aromas sutiles, este espacio constituye la esencia de la experiencia museográfica propuesta, cuyo tema son las aguas fluviales de Brasil.



FACHADA FRONTAL



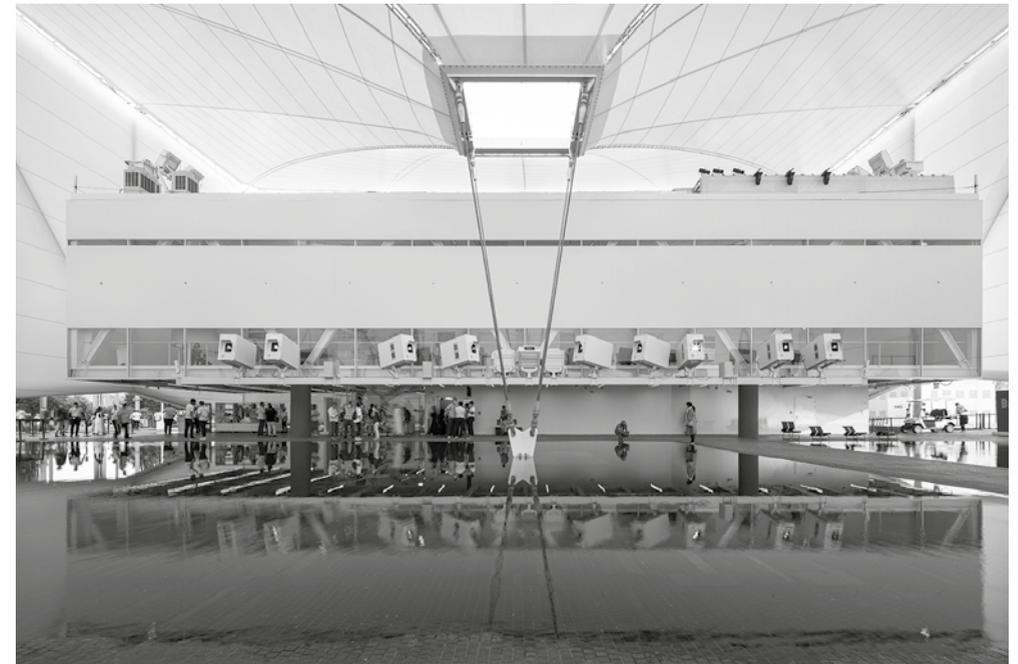
FACHADA RESTAURANTE



FACHADA POSTERIOR

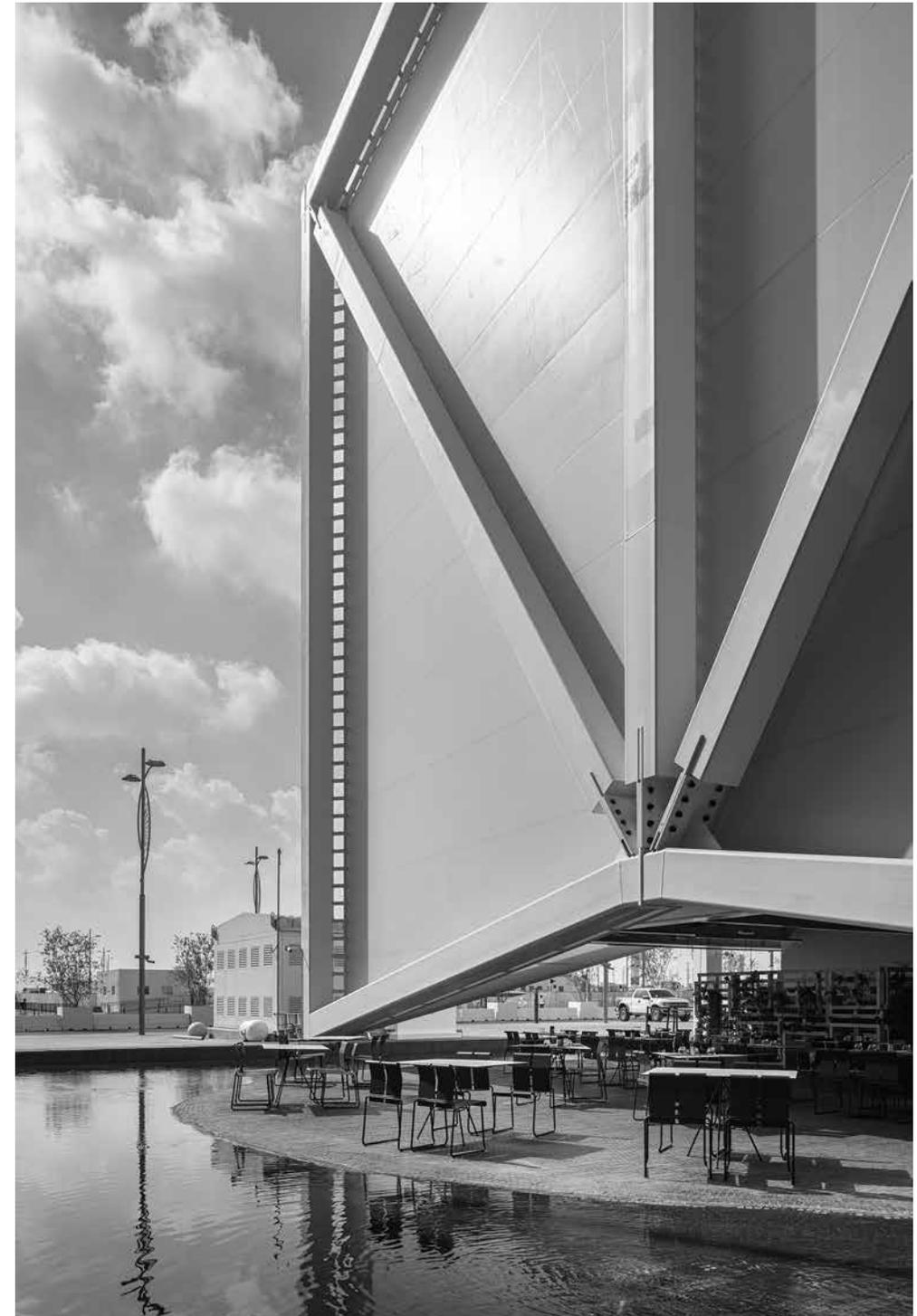


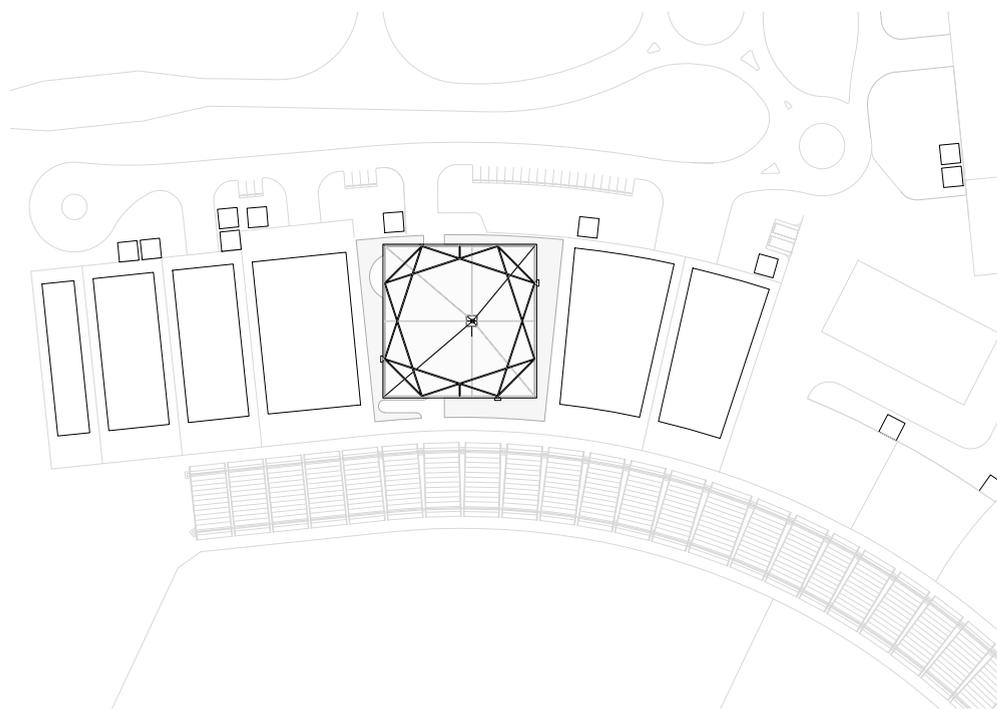
FACHADA LATERAL





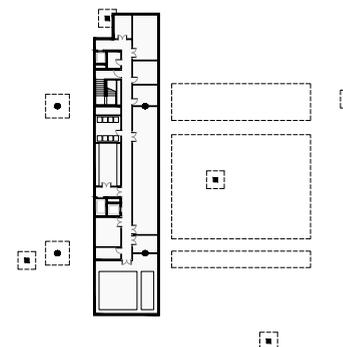
A los visitantes que deseen entrar en el agua sin mojarse los pies se les ofrecerán las botas Goldon, que se hicieron famosas en Venecia, y que se llevan allí sobre los zapatos en momentos de *acqua alta*. El acceso al pabellón y los paseos por él pueden realizarse en sus zonas secas, donde también se encuentran instalaciones complementarias a la exposición, como una cafetería, un restaurante y una tienda. Estos se encuentran en un volumen separado, suspendido y enrejado, que se proyecta sobre la plaza del agua, a la manera de las casas sobre pilotes o palafitos del norte de Brasil. En la primera planta climatizada, a la que se accede por escaleras y un ascensor de gran capacidad, hay una sala polivalente para conferencias, debates, películas y pequeños espectáculos. La iluminación está totalmente controlada; se ha previsto una pantalla de alta resolución para presentaciones con luz ambiental. Desde el vestíbulo, los visitantes tienen una vista privilegiada de la plaza del agua que hay debajo. Este espacio puede utilizarse para exposiciones complementarias, como las de objetos delicados o valiosos. Esta planta y la siguiente también cuentan con espacios para reuniones privadas con funcionarios del gobierno brasileño y para uso técnico. En la azotea, fuera de la vista, están el depósito de agua contra incendios, las máquinas de aire acondicionado y los dispositivos museográficos, como los proyectores de imágenes y luz, los altavoces y los aspersores de aromas.



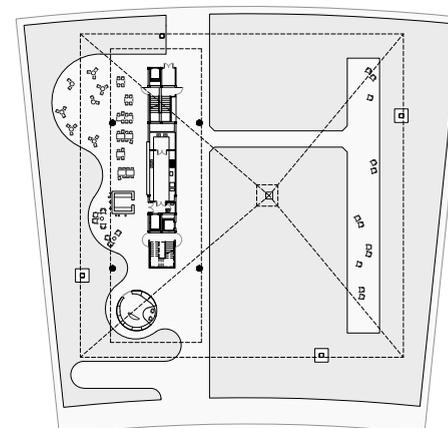


PLANIMETRÍA

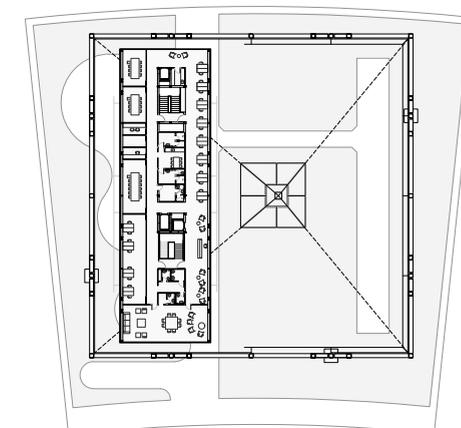
La estructura deja claro que la planta baja es la zona principal para los visitantes y que el acceso es más restringido cuanto más alejamos de ella. A esto se añade su claridad estructural, que hace que sea rápido su montaje y desmontaje. De hecho, no requiere el tipo de transporte de gran escala que la exposición podría sugerir. Como suele ocurrir con la arquitectura brasileña, su lógica estructural surge como parte inseparable de su lógica arquitectónica y de la lógica de su uso, en este caso, museográfico. El pabellón hace uso de materiales de todo el mundo pero con el mismo concepto que siempre ha caracterizado nuestro estilo arquitectónico: el hueco contemporáneo. Esta coherencia, unida al escaso volumen de construcción, supone una ganancia considerable desde el punto de vista de la economía y la sostenibilidad.



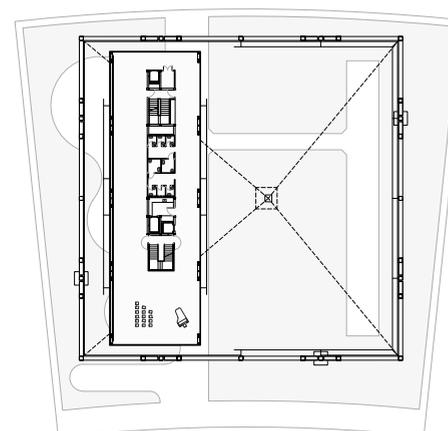
PLANTA SUBSUELO



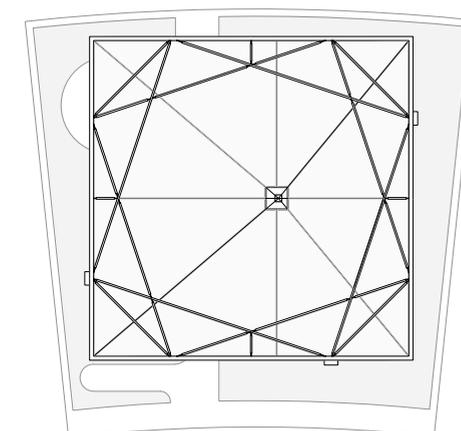
PLANTA BAJA



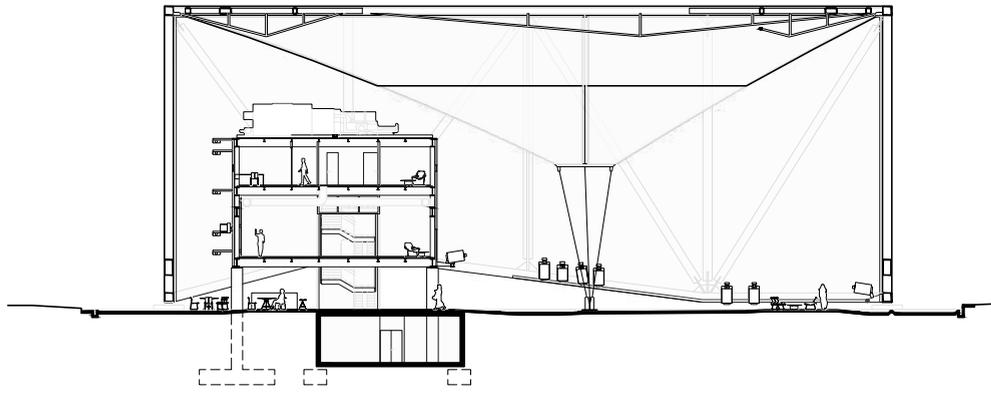
PLANTA SEGUNDO PISO



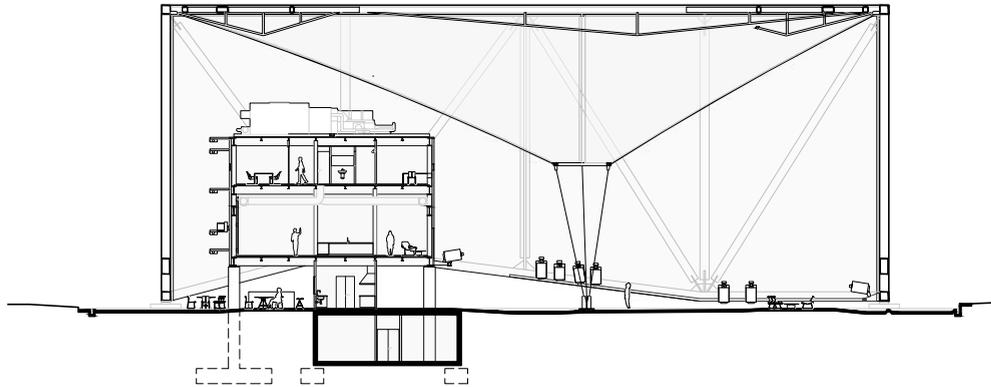
PLANTA PRIMER PISO



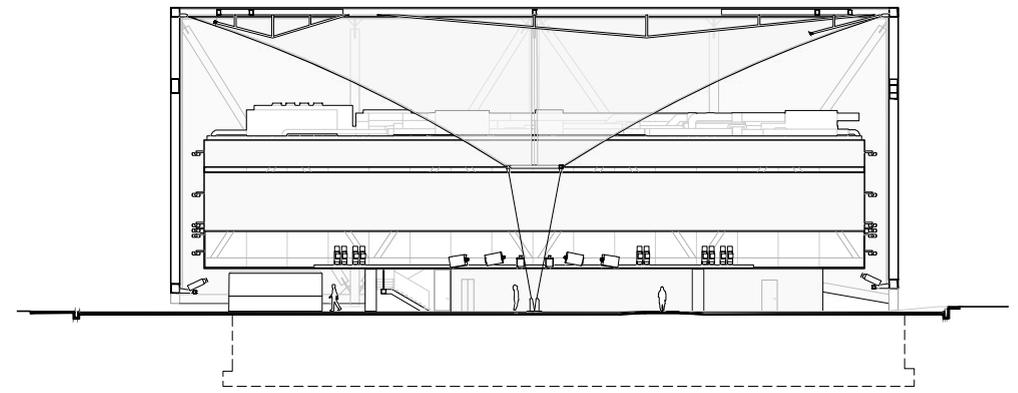
PLANTA CUBIERTA



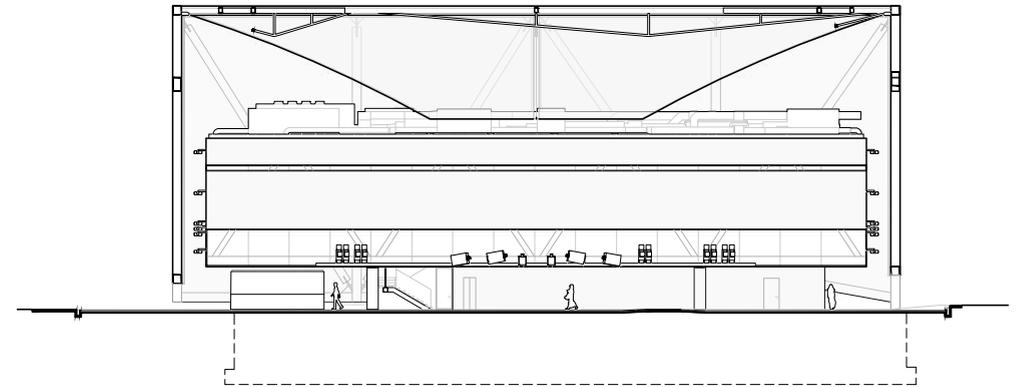
SECCIÓN A



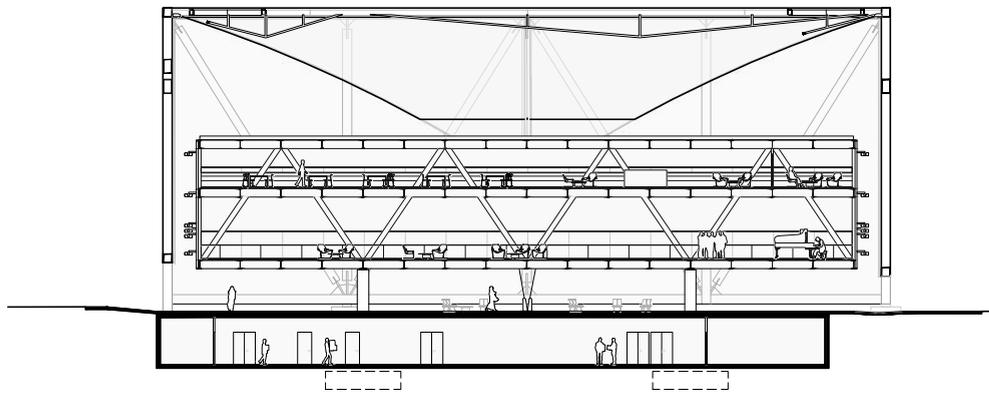
SECCIÓN B



SECCIÓN C



SECCIÓN D



SECCIÓN E



Por último, siendo el agua el elemento central de la propuesta, con sus asociaciones con nuestra larga y profunda relación con nuestros ríos, se convierte aquí en un material de construcción: el soporte de la exposición.

Evitando imágenes que disminuyan la compleja diversidad de nuestros recursos naturales o que oculten una urgente conciencia crítica sobre el futuro del planeta, presentamos el pabellón como una gran plaza del agua sobre la que cuelga una gran nube solar, abrazando a sus visitantes y animándolos a participar activamente en una experiencia medioambiental brasileña.



TEXTOS DE TECNOLOGÍA
COMITÉ EDITORIAL

MARIO BELLÓN

Secretario ejecutivo del Instituto Uruguayo de la Construcción en Seco. Director de la revista técnica *Edificar* y del espacio de exhibición y capacitación Constructiva. Director de la agencia D+B Comunicación y de la distribuidora y librería editorial Forum.uy. Director del espacio La Columna en Radio Sarandí. Miembro del Consejo Directivo de la Liga de la Construcción del Uruguay. Asesor en gestión de recursos y proyectos del Fondo de Publicaciones y Divulgación del Instituto de Tecnologías (FADU-Udelar).

JUAN JOSÉ FONTANA

Arquitecto (FArq-Udelar, 2001). Doctor (Universidad de Alicante, 2012). Profesor Titular del Instituto de Tecnologías (FADU-Udelar) en régimen de Dedicación Total. Miembro del Comité Académico del Doctorado en Arquitectura (FADU-Udelar). Director del Diploma de Especialización de Diseño de Estructuras en la Arquitectura (FADU-Udelar).

JORGE GAMBINI

Arquitecto (FArq-Udelar, 1999). Doctorando en Proyecto (FADU-Udelar). Profesor Titular del Instituto de Tecnologías (FADU-Udelar) y profesor Adjunto del Taller Velázquez (FADU-Udelar). Director de la Carrera de Arquitectura (FADU-Udelar).

CLAUDIA VARIN

Arquitecta (FArq-Udelar, 2014). Magíster en Arquitectura, área tecnológica, (FADU-Udelar, 2023). Doctoranda en Arquitectura (UNC, Argentina). Docente Ayudante del Instituto de Tecnologías (FADU-Udelar). Integrante del comité editorial de la revista *Textos de Tecnología* y del equipo de investigación Arquitectura con Tierra. Docente Ayudante en Tecnología Integrada. Integrante del Centro de Sustentabilidad de FADU. Docente de Capacitación en Bioconstrucción en el Instituto de Enseñanza de la Construcción (UTU). Integrante de la Red Iberoamericana Proterra.

GUILLERMO ZUBELDÍA

Arquitecto (FArq-Udelar, 2016). Magíster en Eficiencia Energética y Energías Renovables (URJC, España, 2018). Integrante del equipo de Patrimonio FADU, desarrollando actividades de extensión e investigación. Integra el grupo I+D «Artes aplicadas a la arquitectura con valor patrimonial». Integrante del comité editorial de la revista *Textos de Tecnología*.



ARMCO

Este símbolo marca la diferencia

PERFILES ESTRUCTURALES
PERFILES PARA LA CONSTRUCCIÓN EN SECO
PANELES PARA LA CONSTRUCCIÓN

**ENTRE LOSA Y LOSA
TODO LO QUE NECESITÁS
ESTÁ EN MC3**



KNAUF



MC3
CONSTRUYENDO
CONFIANZA

AQUAPANEL®

MATERIALES, HERRAMIENTAS Y ASESORAMIENTO PARA TU OBRA SECA

📍 Dra. María Luisa Saldún de Rodríguez 2383 🌐 www.mc3.com.uy ☎ 2 601 41 55 📱 @mc3uruguay

BARBIERI

Drywall Plus

PERFILES PARA TABIQUES
Y CIELORRASOS GALVANIZADOS



ELEGÍ PARA TUS CLIENTES

LO QUE ELEGIRÍAS PARA VOS



adbarbieri.com

Reconectando la naturaleza con lo urbano



El Termowood finlandés de Lunawood es un hermoso material de madera que se fabrica utilizando solo calor y vapor.

La modificación térmica hace que la madera nórdica sea dimensionalmente estable y resistente a la intemperie completamente sin productos químicos.

Estas características únicas inspiran a arquitectos y diseñadores a crear proyectos asombrosos en todo el mundo. Los productos Lunawood se pueden utilizar en fachadas, interiores y paisajismo en todas las condiciones climáticas.



Próximamente
en nuestro
showroom

barracaparana.com

CASA CENTRAL
Democracia 2350
T: 2200 0845 int.1

YESOCENTRO
Democracia 2319
T: 2200 0845 int.2

CDL
B. Berges 4300
T: 2227 7952

MALDONADO / PUNTA DEL ESTE
Av. J. Batlle y Ordoñez y Ruta 39
T: 4222 0492