bibliotecaplural

FOLDERS/03

Repositorio de trabajos realizados por el Departamento de Informática Aplicada al Diseño

2018-2019

Fernando García Amen
(edición y compilación)

Autores

Angel Armagno / Gabriela Barber / Luis Flores / Alejandro Folga / Fernando García Amen / Marcos Lafluf / Marcelo Payssé / Paulo Pereyra/ Juan P. Portillo / Marcelo Staricco / Germán Tórtora

CSIC

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY

Fernando García Amen
(edición y compilación)

FOLDERS/03

Repositorio de trabajos realizados por el Departamento de Informática Aplicada al Diseño
2018-2019

CSIC
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY
bibliotecaplural

La publicación de este libro fue realizada con el apoyo
de la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) de la Universidad de la República.

Los libros publicados en la presente colección han sido evaluados
por académicos de reconocida trayectoria en las temáticas respectivas.

La Subcomisión de Apoyo a Publicaciones de la CSIC,
integrada por Héctor Berio, Luis Bértola, Magdalena Coll, Mónica Lladó, Alejandra López Gomez,
Vania Markarián, Aníbal Parodi y Sergio Martínez ha sido la encargada de recomendar
los evaluadores para la convocatoria 2019.

© Fernando García Amen, 2020
© Universidad de la República, 2022

Ediciones Universitarias,
Unidad de Comunicación de la Universidad de la República (UCUR)

18 de Julio 1824 (Facultad de Derecho, subsuelo Eduardo Acevedo)
Montevideo, CP 11200, Uruguay
Tels.: (+598) 2408 5714 - (+598) 2408 2906
Telefax: (+598) 2409 7720
Correo electrónico: <infoed@edic.edu.uy>
<www.universidad.edu.uy/bibliotecas/>

ISBN: 978-9974-0-1905-8
e-ISBN: 978-9974-0-1909-6

Contenido

Presentación de la Colección Biblioteca Plural,
Rodrigo Arim 5

INTRODUCCIÓN/

Desafíos de lo digital,
Fernando García Amen 9

INVESTIGACIÓN/

Físico y digital,
Fernando García Amen 13

Intervenciones en el entorno urbano mediante diseño generativo y fabricación digital,
Fernando García Amen, Marcelo Payssé Álvarez, Paulo Pereyra 45

Kubrick versus Houbolt,
Marcelo Payssé Álvarez, Angel Armagno Gentile 59

Reflexión en la acción,
Marcelo Staricco, Germán Tórtora 79

EXTENSIÓN/

Ecosistemas emergentes de información y ciudad,
Marcos Lafluf Cuevas, Gabriela Barber Sarasola, Fernando García Amen 103

Palacio Salvo en foco,
Juan Pablo Portillo, Luis Flores 123

ENSEÑANZA/

Un código gráfico,
Alejandro Folga, Fernando García Amen.....143

Las nuevas tecnologías digitales BIM en la práctica y la educación del proyecto de arquitectura,
Gabriela Barber, Luis Flores, Juan Pablo Portillo 159

Presentación de la Colección Biblioteca Plural

Vivimos en una sociedad atravesada por tensiones y conflictos, en un mundo que se encuentra en constante cambio. Pronunciadas desigualdades ponen en duda la noción de progreso, mientras la riqueza se concentra cada vez más en menos manos y la catástrofe climática se desenvuelve cada día frente a nuestros ojos. Pero también nuevas generaciones cuestionan las formas instituidas, se abren nuevos campos de conocimiento y la ciencia y la cultura se enfrentan a sus propios dilemas.

La pluralidad de abordajes, visiones y respuestas constituye una virtud para potenciar la creación y uso socialmente valioso del conocimiento. Es por ello que hace más de una década surge la colección Biblioteca Plural.

Año tras año investigadores e investigadoras de nuestra casa de estudios trabajan en cada área de conocimiento. Para hacerlo utilizan su creatividad, disciplina y capacidad de innovación, algunos de los elementos sustantivos para las transformaciones más profundas. La difusión de los resultados de esas actividades es también parte del mandato de una institución como la nuestra: democratizar el conocimiento.

Las universidades públicas latinoamericanas tenemos una gran responsabilidad en este sentido, en tanto de nuestras instituciones emana la mayor parte del conocimiento que se produce en la región. El caso de la Universidad de la República es emblemático: aquí se genera el ochenta por ciento de la producción nacional de conocimiento científico. Esta tarea, realizada con un profundo compromiso con la sociedad de la que se es parte, es uno de los valores fundamentales de la universidad latinoamericana.

Esta colección busca condensar el trabajo riguroso de nuestros investigadores e investigadoras. Un trabajo sostenido por el esfuerzo continuo de la sociedad uruguaya, enmarcado en las funciones que ella encarga a la Universidad de la República a través de su Ley Orgánica.

De eso se trata Biblioteca Plural: investigación de calidad, generada en la universidad pública, encomendada por la ciudadanía y puesta a su disposición.

Rodrigo Arim
Rector de la Universidad de la República
Setiembre, 2019

INTRODUCCIÓN/

DESAFÍOS DE LO DIGITAL

Fernando García Amen
efe@fadu.edu.uy

Este volumen reúne buena parte de la producción del Laboratorio de Visualización Digital Avanzada (vidiaLab) y del Laboratorio de Fabricación Digital (FabLab.MVD), pertenecientes al Departamento de Informática Aplicada al Diseño (DepInfo) de la Faculta de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) de la Udelar en los años 2018 y 2019.

Se trata de la tercera parte de la colección FOLDERS, que dio inicio con el bienio 2014-2015, continuó con el bienio 2016-2017 y concluye con esta edición, que cierra un ciclo.

El DepInfo, que vio la luz en el año 2000, concluirá sus funciones en 2020, producto de la reestructura interna de la FADU. Este final marca el cierre de un ciclo, pero también una gran oportunidad de desarrollo: la concreción del Centro de Integración Digital, un ámbito en que se expresarán de modo transversal las pulsiones de lo digital en todos los ámbitos de la disciplina del diseño. Geometrías complejas, diseño paramétrico, fabricación digital, tecnologías de simulación, diseño evolutivo, generación algorítmica y metodología BIM (*Building Information Modeling)* son algunas de las ventanas de estudio que se abren en torno a lo digital y que habilitan a la construcción intelectual y colectiva de diferentes narrativas emergentes que se presentan como vectores de aproximación a la complejidad del mundo del diseño actual.

Esperamos que esta tercera entrega de la colección FOLDERS represente un justo cierre, y sirva de inspiración transdisciplinaria para los nuevos desafíos por llegar. Que las futuras ediciones de FOLDERS constituyan asimismo nuevos testimonios del camino recorrido y que sirvan como vehículo de estimulación de la creatividad, la innovación y el deseo de construir nuevas visiones del diseño, partiendo del paradigma digital.

INVESTIGACIÓN/

FÍSICO Y DIGITAL

Una exploración en torno a los orígenes de la convergencia físico-digital en la génesis del proyecto de arquitectura

Fernando García Amen
efe@fadu.edu.uy

Resumen

Este artículo intenta construir un discurso de base historicista en relación con los orígenes del paradigma digital en arquitectura, con el foco en los procesos productivos de la fabricación digital y en la génesis de las ideas que la sustentan. Para ese fin, se analiza la obra teórica de cinco arquitectos considerados los precursores de este paradigma, como antecedente histórico de la cuarta Revolución Industrial. Es el caso de las ideas de Frederick Kiesler, Christopher Alexander, Cedric Price, Nicholas Negroponte, y William J. Mitchell. A partir de este análisis, se plantean una serie de posibles escenarios y conclusiones, a manera de claves de comprensión de la convergencia físico-digital en la generación del proyecto de arquitectura.

Palabras clave

Fabricación digital, digitalización, precursores, convergencia, proyecto de arquitectura

Introducción

En el año 2018, prácticamente la totalidad de los espacios y los entornos de la actividad humana están regidos por alguna forma de administración digital. En diversos gradientes de intensidad, según la locación geográfica y el avance de la ciencia y la tecnología, la administración digital del mundo avanza expandiéndose a un ritmo incremental, que más tarde o más temprano acabará abarcando todas las esferas de acción de la humanidad. Incluso, aunque pueda sonar a

ciencia ficción, la administración digital ya interviene sobre factores bióticos y biológicos. Detrás de esta subyacen diferentes capas informacionales que capturan, analizan y multiplican datos de forma exponencial, obteniendo además conclusiones, análisis profundos y, por supuesto, prefigurando escenarios complejos. HAL,[1] la criatura prototípica y en su momento utópica creada por Arthur C. Clark en los años cincuenta, ha dejado de ser un referente icónico de la literatura fantástica para ser una realidad inmersa e inserta en el entramado social de la vida humana. Aeropuertos, controles de vuelo, venta de tickets, pedidos de supermercado, lugares visitados, deseos personales, viajes planificados, dietas personales, historiales académicos, vinculaciones sociales y un largo etcétera están regidos por la capacidad de registro, trazabilidad y prospectiva, que solo es posible en un mundo digitalmente administrado. En este escenario, la clave esencial de entendimiento y comprensión son los algoritmos.

Pero ¿qué sería un algoritmo? La definición más simple y más primaria indica que es una secuencia ordenada de procedimientos e instrucciones, pensada de modo de no generar duda alguna en quien debe aplicarlo. Esta última salvedad cuenta con validez si quien aplica el algoritmo es un ser humano. ¿Pero tiene la misma validez si quien lo aplica es una máquina? La pregunta es, por lo menos, inquietante. La capacidad incremental de procesamiento predicha por la Ley de Moore ha logrado que la informática actual sea cada vez más potente en su capacidad de cálculo, y por supuesto también en su capacidad de asimilar algoritmos también incrementalmente complejos.

Hoy por hoy los algoritmos ordenan y regulan la vida humana. Constituyen, según Yuval N. Harari (2016), el nexo entre las ciencias de la vida y las ciencias sociales; o, el modo de unificar criterios de evaluación de un mismo fenómeno transversal a varias disciplinas.

HAL está presente –tolérese esta sinécdoque–, aunque su presencia esté desterritorializada. Existe repartida entre salas de servidores enterradas en Texas, en California, en Dublín o en Guangzhou, entre muchos lugares más. HAL existe y se replica a sí misma en modo permanente, al tiempo que crece y aumenta su potencia de cálculo y su capacidad ya no simplemente de asumir algoritmos dados, sino de crearlos en función de intereses múltiples. Pero HAL también

1 HAL 9000 es el nombre de la computadora a bordo de la nave Discovery en la novela *2001, a space odyssey,* de Arthur C. Clark. Su nombre se adoptó tomando como inspiración la sigla IBM –por entonces los mayores líderes mundiales en informática–, empleando las tres letras anteriores en orden alfabético. Asimismo, HAL también se ha asimilado a Heuristically programmed Algorithmic Computer.

se ha disgregado en diversos agentes que no siempre ni necesariamente funcionan de modo coordinado. No obstante, con la capacidad de cómputo actual el cruzamiento de datos es paulatinamente más automatizado y también más sencillo.

Solo por parafrasear a Castells (2010), vale decir que la red es el nuevo *espacio de los flujos* (digitales), que tejen la trama informacional del mundo para adoptar una organización algorítmica que asume potestades y controles de forma creciente.

Las máquinas de información, interconectadas y automatizadas, se planean desde las neuronas, se diseñan desde los bits y se soportan desde los átomos. En su ritmo acelerado de superación, administran a la vez que construyen nuevas informaciones, y tejen la red inabarcable de datos que nutren la vida humana actual. La información es una materia prima que se replica, que se multiplica para producir nuevas informaciones a través de algoritmos, métodos heurísticos y tecnologías especializadas. Es un fin a la vez que un medio para la generación de nuevos recursos informacionales.

Ray Kurzweil (1999), quien en cierto modo removió la escena teórica a fines de los ochenta con su predicción de la *era de las máquinas inteligentes*, pronosticó el auge de los *smartphones* (antes de su existencia incluso como prototipo), la explosión de internet (a la sazón una tecnología para pocos usuarios y casi sin contenidos), la masificación de las tecnologías inalámbricas (la actual *cloud*), y el rol de las nuevas tecnologías como contrapeso a los regímenes totalitarios de la época (fines del siglo XX y principios del XXI). En definitiva, esto último fue una aproximación a los conceptos de máquina de guerra versus el aparato de Estado, por ponerlo en términos deleuzianos.

Las máquinas inteligentes, según Kurzweil, serían capaces de recopilar información acerca de todo el conocimiento humano, procesarlo y producir nuevas instancias informacionales con potencia incremental. Así, en 1996 el proyecto Deep Blue de IBM derrotó por primera vez a Gary Kasparov en el ajedrez. Más recientemente, en 2016, un motor de inteligencia artificial llamado AlphaGo venció al que en ese momento era considerado el mejor jugador del mundo de Go, Lee Sedol. En 2017, el mismo motor de inteligencia artificial (IA) pudo con Ke Jie, el sucesor de Sedol. Los creadores del proyecto AlphaGo presentaron sus resultados en el Future Go Summit en China, anunciando asimismo la retirada de la competición por considerar que no es posible para ninguna mente humana batir la fuerza desarrollada por esa tecnología.

Las máquinas inteligentes definen y moldean en la actualidad gran parte de las actividades humanas. No obstante, la predicción de Kurzweil en los lejanos ochenta, la era de las máquinas inteligentes, también tiende a ser superada. A través de la masificación de internet, el acopio de información mediante algoritmos de rastreo, que involucran la determinación de datos personales, intereses, geolocalizaciones y demás informaciones que definen y delimitan la órbita informacional de una persona o un grupo social se ha incrementado de modo exponencial. El *big data* es hoy un instrumento de análisis extremadamente cercano al tiempo real. Su manejo implica la necesidad de buscar patrones de entendimiento, claves de comprensión y análisis de datos que trascienden las posibilidades humanas y requieren de una capacidad computacional cuyo nivel de crecimiento no parece vislumbrar un techo (Christensen, Horn y Johnson, 2008).

La voluntad de tener una copia cifrada de cada fragmento del mundo no deja de intensificarse, constituyendo así un proceso de duplicación digital virtualmente en vías de consumación (Sadin, 2013). Acaso también, una consumación en orden inverso del sueño de Leibniz de un universo creado a semejanza del código, en el que las máquinas reconstruyen el código *a posteriori*, partiendo de lo físico. Aunque pueda sonar algo inquietante, no es menor que se logre concretar así una fantasía metafísica de más de tres siglos.

La duplicación cifrada abarca la idea y la materia. Lo físico y lo digital, lo pensado y lo hecho, lo virtual y lo actual. Depositada en espacios disgregados, protegidos y mayormente desconocidos, las máquinas fabrican en derredor una cobertura misteriosa, hierática, que en su propia condición naturaliza su existencia misma.

Tecnologías como la realidad aumentada *(augmented reality)* o la realidad mezclada *(mixed reality)* se visualizan como herramientas de uso innovador, pero rápidamente asimiladas en un número creciente de disciplinas, desde la ingeniería a la medicina, pasando por la mecánica, la enseñanza, el universo lúdico, y por supuesto, la construcción de entornos a través de la combinación de aspectos físicos y digitales, a partir de los que sobreviene, entre otras construcciones, el proyecto de arquitectura.

La construcción digital del mundo (o su duplicación) a través de tecnologías de relevamiento satelital, de escaneo fotográfico, de algoritmos para seguimiento de conductas, de máquinas visibles e invisibles destinadas a mapear, replicar –e incluso predecir– el comportamiento humano interpela a la humanidad sobre el futuro y abre una ventana de estudio sobre los caminos a seguir, sobre cuáles son sus orígenes y las posibles consecuencias, hacia la constitución de

una humanidad tecnológicamente asistida en todos sus niveles. Esto abarca, por supuesto, la construcción del ambiente que se habita, las necesidades que genera y los modos de atender esas necesidades teniendo como *input* la mayor cantidad de información jamás lograda en la historia del mundo.

Rastreando los orígenes. Información, forma e informática

La información, como conjunto de datos procesados para transmitir una idea, concepto o mensaje con el propósito de incrementar el conocimiento sobre una materia o tema tiene un rol de preeminencia en la actual sociedad del conocimiento. Su valor intrínseco se ve incrementado por la nueva sistematización que surge en torno a esta, construyendo conceptos como la sociedad, la economía y las ciencias informacionales.

La información es asimismo una vía del poder, en todos los sentidos del término. No son casos aislados al día de hoy las pujas entre empresas y gobiernos por la obtención de información, de datos relevantes procesados o por procesar, como materia prima para la generación de tendencias de mercado, manipulación ideológica o estudios sociodemográficos, entre otros fines. Basta con repasar los escándalos de Cambridge Analytica y Facebook en relación con las elecciones estadounidenses, solo por mencionar un hecho de gran difusión mediática.[2]

El valor de los datos se ha incrementado en forma conjunta a la capacidad de procesarlos. Se ha llegado a proponer incluso la idea de que el universo entero consiste en un flujo informacional constante, y que el valor de cualquier fenómeno o entidad está determinado únicamente por su contribución al procesamiento de datos (Harari, 2016). Esta *religión de los datos,* conocida como *dataísmo*, se postula como una posible primera religión digital. Para este enfoque emergente de corte poshumanista no hay una frontera definida entre un procesador y un cerebro humano, pero sí, un lenguaje común, que es el intercambio algorítmico.

Tanto Harari (2016) como Sadin (2013) coinciden en establecer que el dataísmo en cierto modo subvierte la pirámide tradicional del conocimiento. Hasta este momento, los datos se veían como el primer eslabón de una cadena de actividad intelectual. De los datos se obtenía la información, esta se destilaba para lograr el conocimiento y de este último devenía la sabiduría. No

2 *New York Times.* Nota del 10-4-2018: Se puede ver en https://www.nytimes.com/es/2018/04/10/facebook-cambridge-analytica/.

obstante, estos y otros autores actuales consideran que la humanidad ya no es capaz de hacer frente al inmenso volumen de datos entre los que navega a diario. Clasificarlos, ordenarlos, y procesarlos sin una capacidad de cómputo equivale al castigo de Sísifo, puesto que los datos se multiplican exponencialmente a cada intervalo de segundo.

¿Cómo asimilar los megavolúmenes de información de modo de que pueda resultar útil para la humanidad? La única respuesta es la capacidad de cómputo. Dada la asimilación algorítmica de la informática con las ciencias biológicas queda construida, además, la necesaria pasarela de unificación entre la vida inteligente como se ha concebido tradicionalmente y la inteligencia artificial. Quizá pueda sonar algo chocante sostenerlo, pero la interpretación algorítmica de la vida es una visión científica que gana adeptos, y no solo entre los *dataístas*. Hoy en día, personas y comunidades son estudiadas como sistemas de procesamiento de datos. Lo mismo una colmena, una colonia de bacterias, un sistema de bosques, o una ciudad entera (Hidalgo, 2015). Esta visión holística como grandes sistemas de procesamiento de datos interrelacionados, que sería inviable sin la capacidad incremental de cómputo, abona la idea de la duplicación digital del mundo. Desde la época de las primeras escrituras, los papiros o las piedras cinceladas hasta la invención de la imprenta tipográfica como primer medio técnico de reproducción y almacenamiento masivo en monasterios y bibliotecas la información ha necesitado de soportes físicos. Es recién en 1948 que Shannon elabora las bases de la teoría de la información, y la aplicación del álgebra de Boole será el fundamento matemático para industrializar su procesamiento. Este punto de quiebre histórico redefine la relación de la información con la materia, o, de la información con el soporte físico que le da su existencia.

Información, forma y procesamiento: la tríada que sustenta toda actividad humana en los albores de la cuarta Revolución Industrial. Sobre esta misma tríada descansan los cimientos de la producción de realidad física a través de realidad lógica o intangible expresada en bits. Esto, que es en sí la base de la fabricación digital, tiene orígenes en la técnica, en la experimentación, y en la filosofía. Pero corresponde rastrear sus orígenes en la generación de proyectos en los trabajos e ideas exploratorias de algunos arquitectos precursores que, con su labor, contribuyeron a edificar y solventar el paradigma actual, sin haber tenido aún un justo reconocimiento por ello. Es, de acuerdo al autor de este artículo, el caso de Frederick Kiesler, Christopher Alexander, Cedric Price, Nicholas Negroponte y William J. Mitchell. Aunque ciertamente no fueron los únicos precursores, su trabajo merece destaque por su carácter innovador, de búsqueda y exploración metodológica y técnica, a la vez que por su comprensión temprana de la importancia del poder

computacional en la *praxis* del diseño, en particular en el campo de la arquitectura. A través de un análisis de las ideas y propuestas de estos cinco arquitectos, se intentará delimitar el marco teórico e histórico que da origen al paradigma informacional en el diseño y, especialmente, a la convergencia físico-digital en el campo de la arquitectura.

Frederick Kiesler y la arquitectura elástica

Probablemente, de los cinco casos de estudio sea el menos abordado en la actualidad por la academia, acaso por su rareza teórica y su falta de obra construida. Kiesler fue, no obstante, un gran visionario. O también, vale decir, un utopista de la arquitectura, justamente por ser un adelantado a su propio tiempo. Nacido en la actual Ucrania –a la sazón parte del Imperio austrohúngaro– a fines del siglo XIX, se formó en Viena y tuvo algunas colaboraciones parciales con Loos antes de sumarse al movimiento De Stijl y entrar a pleno en contacto con las vanguardias artísticas del siglo XX y varios de sus principales promotores, que en las décadas siguientes moldearían su concepción del arte y de la arquitectura.

La obra teórica de Kiesler debió, como otras, luchar contra la etiqueta de *arte degenerado* impuesta por el nazismo. Así, como muchos colegas, se vio obligado a emigrar a los Estados Unidos de América donde desarrolló el *core* central de su pensamiento, en el que la arquitectura es vista como una continuidad, como algo sin principio y sin final. La forma, para Kiesler, no sigue a la función, sino que esta sigue a la visión. Y la visión sigue a la realidad. Bajo esta premisa, propuso proyectos biomórficos, como estructuras capaces de moverse, de crecer y de desarrollarse, tal como lo haría un cuerpo vivo. Estos cambios acompañarían el devenir, y la necesaria transformación de las cosas a lo largo del tiempo. Esta es la *elasticidad* de su arquitectura: una concepción que va más allá de lo organicista para asemejarse a una estructura viviente (y sintiente) simbiótica con sus usuarios.

Desde su vinculación con las vanguardias en general, con el mundo del teatro *under* y con las exposiciones de arte dadaísta, Kiesler propone la idea de instalación, como aplicación puntual y concreta de sus ideas, en busca de una integración de las artes. Para ellas idea y fabrica una serie de artilugios y artefactos mecánicos que sirven como soporte ingenieril a sus ideas de diseño. Kiesler es pionero en la utilización de autómatas o entidades mecánicas con una finalidad expresa, poseedores de una curiosa autonomía. Phillips (2017) asocia estas creaciones a la primera era de la cultura robótica.

Muchas de las ideas de Kiesler, dado el estado de la técnica en que vivió, eran absolutamente impracticables. Aun así, proyectos nunca construidos como la Endless House de 1924 suponen un inmenso desafío intelectual al *establishment* de su época, y plantean, desde una experiencia proyectual, sus ideas filosóficas sobre el camino que debía tomar la arquitectura desde sus conceptos de correalidad, conectividad y biotécnica.

Estas ideas acompañarían a Kiesler hasta el final. En varias oportunidades se lo clasificó, sin mucho análisis, como un *arquitecto surrealista*. Se le restó valor y se lo colocó entre los artistas desprovistos de cualquier sentido de realidad.

Como arquitecto prefirió seguir sus principios filosóficos antes que sumarse al estilo internacional, aun al precio de no contar con los metros cuadrados construidos de sus contemporáneos, o con el prestigio social de los teóricos del momento. No obstante, el valor de la obra de Kiesler debe ser redescubierto. Su influencia es visible en la obra de Archigram, Greg Lynn y UNStudio, entre otros. La idea de una espacialidad elástica, adaptable, biomórfica, repetible e incluso viva es el sustento de la espacialidad digital construida para ser visualizada mediante realidad virtual, realidad aumentada o realidad mezclada. Desde estas, la construcción de espacios se libera de las limitantes de la física para permitir acaso la fluidez buscada por Kiesler. Su *grotto for meditation* es el antecedente principal de los pabellones y arquitecturas efímeras construidos mediante fabricación digital como proyectos de arquitectura experimental en la actualidad en escuelas y universidades. Asimismo, sus instalaciones artísticas son el prefacio perfecto de las espacialidades digitales que se crearían décadas más tarde.

Kiesler vivió y desarrolló sus ideas incluso antes de la existencia de los conceptos mismos de poder de cómputo, informática gráfica o desarrollo digital. Para este campo fértil debió haber nacido al menos ochenta años más tarde. Aun así, cabría la posibilidad de rastrear su influencia en desarrollos ulteriores y recientes, como las propuestas de Gramazio y Kohler para la utilización de agentes autómatas voladores (drones) en la creación de espacios o la definición tecnológica de fachadas responsivas y gramáticas formales de corte parametricista. Esto aún es materia de estudio, que en este artículo se esboza como enunciado o hipótesis sobre la cual seguir investigando. La obra de Kiesler debe ser redescubierta; sus derivados y ulteriores interpretaciones, también.

Christopher Alexander: *patterns* y visualizaciones complejas

A sus casi 82 años, Christopher Alexander es uno de los pioneros en la búsqueda de la intersección entre la informática y la arquitectura, con una clara vocación innovadora. Reconocido no solo entre arquitectos, sino también entre muchos ingenieros, Alexander es uno de los precursores de la idea de *arquitectura de sistemas*. En ocasión de la conferencia *Object-Oriented Programs, Systems, Languages and Applications* (OOPSLA) de 1996, en San José, California, en la que Alexander fue expositor invitado, declaró: «It is the programs that control the shape of manufacturing, the shape of transportation industries, construction management, diagnosis in medicine, printing and publishing. I almost cannot name a facet of the world which is not already […] under the influence of the programs that are being written to manage control those entities or those operations»[3] (Alexander, 1999, p. 44).

La aproximación de Alexander a la arquitectura es trascendente también para los no arquitectoss decir, para profesionales de otras áreas que en los años cincuenta y sesenta eran transversales o tangentes a la arquitectura, cuando el acceso a la información era limitado y las estrategias de visualización e interpretación de esta estaban aún en sus primeros pasos. Cuando en general las teorías arquitectónicas hacían foco en la representación del proyecto en formatos gráficos o mediante modelos espaciales, Alexander desarrolló una visión estructural, mediante la que sometía a análisis relacionales las partes de un proyecto, asumiéndolo como problema integral cuyas variables podían ser mapeadas, analizadas y abordadas de un modo sistémico. Conceptualmente, la teoría de Alexander consistía en crear un *sistema operativo* para la arquitectura.

Dentro de este sistema, se interesó por las relaciones de las partes con el todo, en diferentes formas que trascendieron la expresión de geometrales o perspectivas, abarcando teoría de grafos, técnicas de cómputo, heurística, visualización social en red y análisis funcionales gráficos. Su concepción indicaba que la arquitectura era algo que debía ser testeado, abordado con un propósito de comprobación para lograr un diseño objetivamente correcto.

Es acaso esta concepción de moralidad, si cabe el término, la que le ha jugado en contra también en la historia reciente de la teoría de la arquitectura, en la que su pensamiento no ha

3 «Son los programas los que controlan la forma de fabricación, la forma de las industrias del transporte, gestión de la construcción, diagnóstico en medicina, imprenta y publicación. Casi no puedo nombrar una faceta del mundo que no se encuentre […] bajo la influencia de los programas que se están escribiendo para administrar controlar esos entidades o aquellas operaciones». Trad. del autor.

sido suficientemente abordado. En general los arquitectos no conciben la arquitectura como algo a ser testeado. Sin embargo, programadores, ingenieros y desarrolladores digitales en general sí han encontrado en los métodos de Alexander un camino de análisis fundamental para su labor. Alexander (1964) fue un precursor: «the computer is a tool. It is a wonderful, miraculous invention. The more we understand about the complex nature of form and the complex nature of function, the more we sHALl have to seek the help of the computer, when we set out to create form».[4] Como todo innovador dentro de una de las disciplinas más autorreferenciales como lo es la arquitectura en el área de proyecto, no cosechó en su momento demasiada simpatía de sus colegas.

El pensamiento de Alexander tuvo un devenir evolutivo y mutó conceptualmente varias veces. En el inicio de la década del sesenta visualizaba todos los problemas de diseño como una estructura jerarquizada, con dos puntos de conexión entre cada requerimiento del proyecto. ¿La razón? Era lo que la potencia de cálculo de ese entonces le permitía lograr. Aun así, logró arquitecturas de datos de altísima complejidad. Es hacia fines de los sesenta cuando finalmente asume los problemas de diseño como parte de una red compleja, con muchos más nodos y condiciones, saliendo del diagrama en árbol para adoptar el *semilattice* (semi celosía) y con este, el lenguaje de patrones.

A pattern language, probablemente la obra más reconocida de Alexander junto a Ishikawa y Silverstein, fue publicada en 1977. Allí se describe un formato de red que organiza partes, vacíos y llenos y establece relaciones entre los elementos del objeto de diseño. Dentro del *lenguaje de patrones* están implícitos los medios para compartirlo y las reglas generativas que le dieron origen, que son asimismo útiles para la creación de nuevos patrones.

Los patrones de Alexander, pues, buscaron ser intuitivos e interpretativos. En pocas palabras, aptos para su uso, reuso y modificación por terceros, de acuerdo a la necesidad de diseño. Después de todo, tal como Steenson (2017) hace notar, la obra se llama A *pattern language*, y no The *pattern language*. Parece haber en la intención de Alexander una voluntad de invitar a reflexionar, no de dictar un manifiesto.

4 «la computadora es una herramienta, un maravilloso, invento milagroso. Cuanto más comprendamos acerca de la naturaleza compleja de la forma y la naturaleza compleja de la función, más tendremos que buscar la ayuda de la computadora, cuando nos propusimos crear forma». Trad. del autor.

Las redes que definen los patrones pueden ser centralizadas, descentralizadas o distribuidas. Y en esta condición, cabe agregar un elemento por demás importante en la concepción de Alexander: la generatividad. Esto es, un sistema que opera tanto como una regla formal como un todo. «Each part is a rule which describes what you have to do to generate the entity which it defines»[5] (Alexander, 1979).

El lenguaje de patrones posee tres características esenciales. La primera: poseer una lógica interna que determina su esencia; la segunda: los patrones producen efectos mayores que la suma de sus partes y la tercera: los patrones poseen intrínsecamente las reglas y los mecanismos para su propia propagación. En suma, el lenguaje de patrones provee de una sintaxis en la que los patrones combinados por el usuario generan una semántica del lenguaje. Así como el código genético puede producir un ser humano, el sistema generativo puede producir formas. Y dentro de ellas, formas arquitectónicas.

La influencia de las ideas de Alexander estriba en su preclara disposición para la ejecución de sistemas generativos variables, que sirviéndose de la capacidad de cómputo de la que le tocó disponer en su época como profesional activo consumaron algoritmos avanzados de gramática formal. De ellos es tributaria buena parte del diseño paramétrico por medios informáticos, el llamado parametricismo, las mecanizaciones de corte y muchas de las estrategias de diseño que se aplican a la fabricación digital.

Más allá de la influencia notoria que Alexander ha tenido sobre el terreno de la producción de software y la arquitectura de sistemas, debe ser reivindicado además como alguien que ha hecho contribuciones de alto valor con las dinámicas del diseño digital de la actualidad.

Cedric Price y el origen de la arquitectura responsiva

Famosa es la frase de Price que dice que la tecnología es la respuesta, y acto seguido se interroga sobre cuál era la pregunta.[6] El entusiasmo tecnológico de Price, al margen de no ser un

5 «Cada parte es una regla que describe lo que hay que hacer para generar la entidad que la define». Trad. del autor.

6 *Technoloy is the answer, but what was the question?* es un audiovisual de 1979 tomado de una de las conferencias de Price en Londres. Se puede ver en https://www.pidgeondigital.com/talks/technology-is-the-answer-but-what-was-the-question-/play/.

arquitecto con vasta obra, lo posiciona como un punto focal y una inspiración para otros colegas como Piano y Rogers, que sí lograron cristalizar una amplia producción construida.

Discípulo de Buckminster Fuller, Price se anticipó en cierto modo al actual London Eye, y ya en la década del ochenta propuso la construcción de una noria gigantesca sobre el Támesis, y el Millennium Dome, obra de Richard Rogers.[7]

Iconoclasta por antonomasia, Price azuzaba a su audiencia con frases que no por provocadoras dejaban de ser proféticas: «it's worth mentioning that with the advent of the microprocessor and the silicon chip more and more people are going to be in the situation where they themselves, have to decide what to do. Society, economic circumstances, will make no demands on their time, but they'll live just as long, unless they kill themselves through boredom».[8]

La mayoría de los proyectos de Price nunca se construyeron. Era sobre todo un arquitecto teórico. Aun así, sus ideas se entroncaron con el paradigma computacional y tecnológico del momento. Quizá tres de esos proyectos nunca construidos son los que merecen mayor destaque, por sus cualidades intrínsecas y su naturaleza responsiva ligada directamente al paradigma tecnológico-computacional. Son los casos del Fun Palace (1963-1967), la Oxford Corner House (1965-1966) y The Generator (1976-1979).

En el primero de ellos, trabajó en colaboración con el director de teatro Joan Littlewood. Elaboraron un proyecto de instalaciones cibernéticas a escala arquitectural, generando un edificio capaz de responder y adaptarse a los usuarios. La noción de *responsividad*, que se consumaría bastante más adelante, tiene en este proyecto el primer antecedente reconocible en el mundo de la arquitectura. Para este proyecto, Price invita a participar a Gordon Pask, quien contribuye a la creación del *teatro cibernético,* que incluye sistemas de control capaces de permitir que la audiencia participe con el edificio de forma interactiva. Llegaron a proponer, incluso, una consola de información que podía atender preguntas de los asistentes y dar respuestas predefinidas. Entrar en el Fun Palace sería como entrar en una red de información participativa.

El segundo proyecto referido, la Oxford Corner House, es un proyecto de pisos móviles con un entorno informacional logrado a través de pantallas localizadas en diversos puntos, con el pro-

7 «Cedric Price: the most influential architect you've never heard of». Artículo en *The Independent, UK.* Se puede ver en https://www.independent.co.uk/arts-entertainment/architecture/cedric-price-the-most-influential-architect-youve-never-heard-of-9852200.html. Fecha de consulta: Noviembre 2019.

8 Ibídem.

pósito de mostrar contenidos de interés cultural cambiantes. El proyecto tenía la capacidad de albergar setecientas personas, una especie de red humana interactiva conectada con diferentes puntos del edificio, y contaba con las tecnologías más sofisticadas de la época: pantallas de rayos catódicos, circuitos cerrados e impresoras de matriz de puntos. Los pisos, a su vez, serían móviles, para la elaboración de diferentes espacios de acuerdo a la necesidad de cada momento, y serían controlados por una poderosa IBM 360 localizada en el basamento del edificio. También en ese espacio se localizarían simuladores de manejo con propósitos formativos, y en la última planta, un planetario. Muchas de estas ideas resultaron utópicas en las posibilidades técnicas de concretarse en la época en que se propusieron. Algunas de ellas se formalizaron años después en la industria en diversos campos. Los propios sistemas conversacionales de voz como Siri o Cortana, instalados en los *smartphones* actuales, son tributarios del concepto *conversational machine* de Price, expuesto en este proyecto. La tecnología finalmente adoptó varias de sus ideas vanguardistas con cierta celeridad. Para la arquitectura faltaría un tiempo más aún.

El tercer ejemplo a comentar es The Generator, un proyecto de fines de la década del setenta en el que Price propone un diseño de 12 cubos móviles, combinables y movibles a través de grúas y estructuras auxiliares, de acuerdo a la voluntad de los usuarios. La movilidad estaba regida por procesadores y microcontroladores vinculados entre sí, y con la capacidad de poder reconfigurar a su propia decisión la estructura general si los usuarios no tomaban decisiones de cambio en un período prolongado, como modo de evitar el tedio de mantener la misma configuración.

Cualquiera de estos ejemplos estaba décadas adelantado a su tiempo. Quizá también por eso mismo su materialización fue imposible. De todos modos, el objetivo de Price parece haber sido sobre todo una invitación a pensar el futuro. Aun sin haber contado con la prensa de sus contemporáneos de Archigram o con la validación y consolidación que da *establishment* de los historiadores, Price fue un innovador y un pensador fuera de su tiempo. El haber trabajado con Fuller sin duda debe haber contribuido a moldear estas cualidades.

Price no llegó a conocer a Negroponte. No obstante, fue a través de Gordon Pask, quien trabajó para ambos, que obtuvo una copia del libro *Being Digital*, de 1995. Su comentario fue «Good. But dated»[9] (Steenson, 2017, p. 157).

La interactividad y la responsividad de la arquitectura, tanto como su integración con lo tecnológico y su corte cibernético, marcaron la obra de Price.

9 «Bueno, pero atrasado». Trad. del autor.

El primero de esos conceptos fue llevado a la práctica a finales de los ochenta y principios de los noventa, con ejemplos de costos elevadísimos como alguna obra de Jean Nouvel o Renzo Piano.

El segundo concepto es mucho más reciente en su desarrollo constructivo. Las pieles responsivas inteligentes comenzaron a lograrse a principios de esta década. Primero, experimentalmente en laboratorios de fabricación digital y luego, en propuestas concretas de estudios de arquitectura. Si bien hay mucho para investigar aún en este tema, la idea de piel responsiva como modo de construir un edificio responsivo a estímulos variados, variables y mensurables por medios informáticos comienza a tomar forma en varios proyectos de la actualidad.

Michael Fox (2016) publicó recientemente una muy interesante recopilación de trabajos titulada *Interactive architecture, adaptive world*, en la que se muestran las últimas ideas y proyectos realizados sobre la interactividad y responsividad en pieles y fachadas, y en edificios en general. No aparece más que una sola y tímida alusión a la obra de Price, junto a otros nombres mucho menos relevantes. También es justo decir que es una recopilación de proyectos y no un estudio genealógico de la técnica. No obstante, correspondería, si efectivamente se entiende la acción proyectual mediante las nuevas tecnologías como un aporte a la construcción colaborativa, reconocer el justo valor de quien ha encendido la una de las primeras llamas en este tema. Reconocer las raíces es importante, sobre todo en aras de identificar de dónde vienen las ideas, y definir también hacia dónde llevarlas de aquí en más.

Nicholas Negroponte y las interfaces para la inteligencia artificial

Acaso el nombre más reconocible de los cuatro, Nicholas Negroponte, ha logrado posicionarse mundialmente como un referente de la tecnología a tal punto que la mayoría de las veces se olvida presentarlo como un arquitecto. Tal ha sido su involucramiento con la tecnología desde su posición en el Massachussetts Institute of Technology (MIT) que su plan conocido como *One Laptop Per Child* ha trascendido fronteras para formar parte de políticas nacionales en unos cuantos países, entre ellos, el nuestro.[10]

Negroponte, como se dijo en el subcapítulo precedente, es autor del libro *Being Digital*, que se posicionó como un libro de vanguardia en la década del noventa por haber puesto en la palestra una serie de postulados disruptivos en relación con las formas de desarrollo y la aplicación

10 Ver información alusiva en el sitio web de Fundación Ceibal: https://fundacionceibal.edu.uy/acerca-de/.

tecnológica en varios ámbitos. Negroponte esboza en este libro, además, aunque en un estado muy embrionario, la idea de un paralelismo entre un mundo de átomos y uno de bits.

En una breve aproximación a su carrera, se puede decir que el actual Media Lab del MIT tuvo como antecesor el Architecture Machine Group (AMG), que fuera fundado por Negroponte y Leon Groisser, y operara entre los años 1967 y 1985. El cometido del AMG era integrar la arquitectura con la inteligencia artificial, la informática y la ingeniería en general. Solían trabajar con otros grupos de investigación dentro del MIT, en las áreas de arte, cine, psicología cognitiva y *human-computer interaction* (HCI). Colaboraron asimismo con agencias de defensa del gobierno, recibiendo fondos de Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). Esto les dio acceso a la experimentación con tecnologías hasta ese momento exclusivas del ámbito militar. El resultado de todo esto fue tan rico como heterodoxo para la práctica proyectual de la época. Y más allá del devenir y del desarrollo posterior en los tiempos más recientes del Media Lab, corresponde comentar algunos de los proyectos realizados en la época de AMG, que por su impronta innovadora representaron hitos en el campo de la integración digital con el diseño.

Quizá el primer trabajo que merezca ser comentado es *The architecture machine*, de 1970. Se trata de un libro cuya dedicatoria, curiosamente, fue «a la primera máquina que pueda comprender este gesto» (Negroponte, 1970, p. 4). El libro, influido con seguridad por el entonces destacado artículo *Man-computer simbiosis,* de Joseph Carl Robnett Licklider, pronostica un futuro no tan distante en el que las máquinas arquitecturales convivirán con los humanos. De hecho, no serán instrumentos para el diseño, sino diseños para ser habitados. El proceso de diseño se establecía como un diálogo entre inteligencias humanas y artificiales, llegando a lograr un punto de equilibrio ideal. Argumenta, de modo provocativo, que las máquinas arquitecturales necesitarían habilidades sensoriales como un ser humano. «It is so obvious that our interfaces, that is, our bodies, are intimately related to learning and how we learn, that one point of departure in artificial intelligence is to concetrate specifically on the interfaces»[11] (Negroponte, 1970, p. 38). La información sensorial directa sobre las máquinas generaría un *input* confiable y seguro sobre el que operar desde una inteligencia artificial. Esto interpela además sobre cuán cerca debe estar la máquina de un ser humano, y sobre cuánto tiempo podría esta relación demorar en lograr una simbiosis completa. O acaso, una integración total.

11 «Es tan obvio que nuestras interfaces, es decir, nuestros cuerpos están íntimamente relacionados con el aprendizaje y cómo aprendemos, ese punto de partida en inteligencia artificial es concentrarse específicamente en las interfaces». Trad. del autor.

Las máquinas propuestas por Negroponte son de escala arquitectónica, pero también territorial. Estas máquinas arquitecturales de la ciudad no se definen como periféricos informáticos, sino como entornos inmersivos inteligentes capaces de gestionar información a todo nivel, desde un usuario hasta un sistema entero de transporte. Embrionariamente, pero con una fuerza notable, Negroponte fue en cierto modo el precursor de lo que luego sería el concepto de Smart city.

De hecho, SEEK es el nombre de uno de los proyectos más destacables del período de operatividad del grupo. Se trata de una ciudad diseñada para aprender de sus habitantes. Construida mediante cubos, un brazo robótico era capaz de estudiar los movimientos de los habitantes; tenía la tarea de mover cubos de modo de evitar colisiones, a través de la predicción y del aprendizaje sobre la marcha. SEEK podía aprender, definir nuevos modelos de comportamiento y ordenar los cubos de acuerdo a los cambios detectados. Estos cambios aportaban la dosis de caos real en el sistema y lo obligaban a pensar soluciones alternativas y adecuadas a cada caso. El resultado de este experimento fue una aplicación a la vida urbana como si la interpretara una máquina. Aunque en este experimento los habitantes eran hamsters, en cierto modo fue la consagración de las primeras ideas de Negroponte, y, el éxito del grupo, que continuó desarrollando una actividad constante. Con la colaboración intermitente, además, de Gordon Pask, que fue un socio circunstancial en unos cuantos proyectos.

El aporte más importante de Negroponte en esta etapa fermental de su carrera, con el que contribuyó a modelar un nuevo modo de pensar la arquitectura, fue quizá el haber expandido sus fronteras al incorporar interrelaciones entre el proyecto y la ingeniería, la inteligencia artificial e incluso el arte. De hecho, sus contribuciones a la realidad virtual fueron tomadas luego por la empresa Atari Research en el desarrollo de los primeros videojuegos.

Negroponte logró trascender la idea de Le Corbusier de la máquina de habitar, para proponer algo mucho más extremo: una arquitectura capaz de responder a sus usuarios, aprender de ellos para poder mutar, y lograr una mixtura que buscaba ser perfecta, y así disolver los límites entre lo humano y lo digital.

Este aporte resulta por completo esclarecedor al momento de rastrear las ideas que engendraron los conceptos actuales de integración tecnológica o las exploraciones en torno a ciertas aristas del *big data* y al procesamiento de la marea de datos urbanos, control inteligente de flujos y demás entornos de convergencia físico-digital.

William J. Mitchell y las criaturas conectadas

Mitchell fue, además de investigador y arquitecto, también un contemporáneo de Negroponte. Debido a su pertenencia al MIT Media Lab, laboratorio que sucedió al Architecture Machine Group, integró proyectos conjuntos y puede decirse que conocía una buena parte de sus ideas. Aun así, Mitchell también destacó como un teórico con ideas propias.

La razón por la que Mitchell es incluido en esta exploración por los antecedentes conceptuales de la convergencia físico-digital sobre la que trata esta tesis radica en que su pensamiento en cierto modo amalgama las ideas de Alexander, Price y Negroponte, y abre un camino hacia lo que Mario Carpo (2012) llama el *giro digital*. Es sobre todo en dos de sus libros, *e-Topia*, y *ME++ The Cyborg Self and the Networked City* donde Mitchell plantea una idea de ciudad como la metáfora de una cuerpo/red, con ramificaciones y terminaciones nerviosas que pueden ser físicamente aumentadas o expandidas mediante una intervención algorítmica inteligente, nutrida de los insumos e *inputs* que proveen los aparatos sensoriales. Esto es, un sistema cognitivo complejo y en mutación constante.

Algunas de las particularidades a las que alude son las nociones de virtualidad, registro (memoria) e individualidad. Lo virtual es lo que está sin estar, lo desterritorial. Y este concepto, en el contexto de lo que él denomina arquitectura ambulante (*ambulatory architecture*), refleja la idea de integración entre ese sistema inteligente que es la arquitectura –y la ciudad en la que se inserta– y la humanidad. La tendencia a la miniaturización en las piezas encargadas de la gestión de información y su capacidad creciente promueven una posibilidad de registro y memoria que son capaces de disolver los límites de la individualidad y el entorno. Lo humano es parte de la máquina y la máquina parte de lo humano. La microescala, la miniaturización pone la lente sobre la indefinición sobre la materia. Los átomos son átomos, más allá de a quien puedan pertenecer. O a qué (Mitchell, 2003).

Las *criaturas conectadas* pues, a las que Mitchell también denomina *wireless bipeds,* se mueven equipadas por chips de posicionamiento global, Radio Frequency Identificator (RFID), puntos de acceso a internet, y están capacitadas para codificar y decodificar la información urbana, tanto a nivel territorial como doméstico. Asimismo, las criaturas conectadas tendrán un sistema de producción innovador, descentralizado y también desterritorializado. Lo llama *footloose fabrication* (Mitchell, 1999). En este sistema, los objetos podrán pensarse en un sitio, programarse en otro, fabricar sus componentes en un tercer lugar y comercializarse en un cuarto. La nueva lógica productiva permi-

te la interconexión en red alcanzando una integración de intereses, conveniencias económicas y aprovechamiento del *know how* como no se ha visto antes. Es una muestra de cómo puede funcionar la inteligencia colectiva asistida por las cualidades de la integración en red. La producción de arquitectura y de ciudad, por supuesto no escapan a la misma dinámica, máxime en el entendido de que se trata de componentes maquínicos de una estructura mucho mayor.

Este modo de producción llevaría también a una forma de habitar distinta, nómade, o *electronomadic,* como la denomina. En esta, la relación frecuente entre cuerpos en movimiento y estructuras sedentarias acabaría por colapsar. Por tanto, las estructuras urbanas deberían amoldarse a la flexibilidad necesaria y permitir un afincamiento nómade y la adaptación a nuevos y futuros escenarios posibles.

Mitchell pronostica el declive y la caída del *proyecto de arquitectura* en el sentido tradicional. La desestabilización del paradigma persona-lugar y la separación de funciones, que en cierto modo marcó la tendencia del siglo XX con el modernismo, llega a la obsolescencia cuando las divisiones espaciales deben pensarse como una multiplicidad funcional hecha posible por dispositivos interconectados y acciones que se llevan a cabo conjuntamente entre personas localizadas en diferentes partes del globo. A su vez, los controladores del proyecto estarían sujetos a software, con *inputs* variables de una sociedad nómade.

En este contexto, el programa de arquitectura, entendido como la lista predefinida de requerimientos espaciales y funcionales, pierde sentido. La nueva arquitectura deberá ser adaptable, flexible, nutrida de datos en tiempo real y capaz de procesar esos datos de forma inteligente. En una palabra, responsiva, con toda la carga tecnológica que este término tiene.

La seguridad de lo físico pierde relevancia frente a la seguridad de lo electrónico. Al no ser necesarias en este nuevo escenario fortalezas defensivas, al tratarse de un mundo sin asedios por guerras la seguridad debe centrarse en la información. Esta empieza a ser el bien más preciado, y acaso también el punto focal sobre el cual centrar la nueva seguridad a cuidar. La máquina custodia aquello que lo humano ya no es capaz de procesar solo. La integración final da como resultado el *cyborg y la ciudad en red*.

Mitchell fue además uno de los constructores del paradigma de las *Smart cities*. Para estas ciudades inteligentes diseñó una buena cantidad de proyectos y equipamientos, al tiempo que desarrolló su gran aporte teórico. Destacan sus diseños automotrices libres de contaminación y conectados en red.

Al día de hoy, el pensamiento de Mitchell está más que vigente y, de hecho, muchas de sus ideas comienzan a ponerse en práctica y a asumirse como válidas por parte de la academia, sobre todo entre las universidades de vanguardia en arquitectura e ingeniería de los países centrales.

La convergencia físico-digital toma y aplica varios conceptos manejados por Mitchell, entre los que se incluyen el *mass-customization,* la desterritorialización y la producción como acción virtual.

A manera de conclusión. Claves de comprensión en construcción dinámica

No sería ajustado a la realidad asumir conclusiones acabadas en un entorno de estudio tan dinámico como el que se ha presentado. No por la reinterpretación y puesta en valor de lo que fue, sino por los escenarios que ese pasado y actual presente pueden prefigurar. No obstante, la recuperación en clave poiética de los antecedentes proyectuales de los precursores puede y debe constituir una meseta de apreciación, un punto desde el cual mirar hacia atrás y proyectarse hacia adelante de cara a la nueva generación proyectual. La duplicación digital del mundo, su existencia en bits y átomos, física y digital, constituye no solo un paradigma de estudio, sino probablemente una plataforma general de abordaje de la cuestión proyectual en la actualidad y en el futuro inmediato.

La espacialidad *elástica,* las arquitecturas biomórficas, la creación de patrones complejos y de gramáticas formales autónomas, la producción de formalidades responsivas, la conexión de partes como interfaces estructurales o la interconexión permanente de entornos y usuarios hasta el punto de disolver las diferencias entre ambos son acaso algunos de los parámetros de los que deben dar cuenta las nuevas adopciones de estrategia proyectual. La investigación de los antecedentes históricos es una punta de estudio, que sin dudas enriquece y estimula la producción de conocimiento. Pero allende este valor intrínseco, su valor utilitario en la praxis arquitectural radica en la formulación de interrogantes, que no tendrán por supuesto respuestas acabadas, pero que sí servirán para construir y potenciar el debate a la interna de las universidades y los centros de enseñanza de diseño: ¿qué valor se asigna a la tecnología en la enseñanza de proyectos?, ¿pueden los principios clásicos del diseño coexistir en el nuevo paradigma disruptivo de lo digital?, ¿se debe dejar la innovación tecnológica en manos de unos pocos *adelantados*, o por el contrario, ¿se debe estimular su asimilación desde la academia?, ¿están las universidades preparadas para integrarse a la convergencia físico-digital a la hora de la enseñanza de proyectos?

Las respuestas a estas y a otras preguntas no están aún dadas. De su definición dependerá, en buena medida, el camino a seguir en la generación del perfil de arquitecto que los nuevos tiempos demandan.

Bibliografía

Alexander, C. (1964). *A much asked question about computer and design.* Boston: Boston Architectural Center.

––––– (1979). *The timeless way of building.* Oxford: Oxford Press.

––––– (1999). The origins of pattern theory: the future of the theory and the generation of a living world. *IEEE Software, 16*, (5), 71-82.

Carpo, M. (2011). *The alphabet and the algorithm.* Cambridge: mit Press.

––––– (2012) *The Digital Turn in Architecture* 1992-2012. Hoboken: John Wiley & Sons.

––––– (2017). *The second digital turn: Design beyond intelligence.* Cambridge: mit Press.

Christensen, C., Horn, M. y Johnson, C. (2008). *Disrupting class: How disruptive innovation will change the way the world learns.* Nueva York: McGraw Hill.

Fox, M. (2016). *Interactive Architecture.* Nueva York: Princeton Architectural Press.

Harari, J. N. (2016). *Homo Deus: breve historia del mañana.* Madrid: Debate.

Hidalgo. C. (2015). *Why information grows: the evolution of order, from atoms to economy.* New York: Basic Books.

Kurzweil, R. (2005). *The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology.* Nueva York: Penguin.

––––– (1999). *La era de las máquinas espirituales.* Madrid: Planeta.

Mitchell, W. J. (1999). *e-Topia.* «*Urban Life, Jim –But Not As We Know It*». Cambridge: mit Press.

––––– (2003). *Me++: The cyborg self and the networked city.* Cambridge: mit Press.

Negroponte, N. (1970). *The Architecture Machine.* Cambridge: mit Press.

Negroponte, N. (1995). *Being digital.* Nueva York: Vintage Books.

Pask, G. (1969). The Architectural relevance of Cybernetics. *Architectural Design.* Recuperado de: https://arl.human.cornell.edu/879Readings/GordonPask_Architectural%20Relevance%20of%20Cybernetics.pdf.

Phillips, S. (2017). *Elastic Architecture: Frederick Kiesler and Design Research in the First Age of Robotic Culture.* Cambridge: mit Press.

Sadin, E. (2013). *La humanidad aumentada: la administración digital del mundo.* Buenos Aires: Caja Negra Editores.

Steenson, M. W. (2017). *Architectural Intelligence: How designers and architects created the digital landscape.* Cambridge: mit Press.

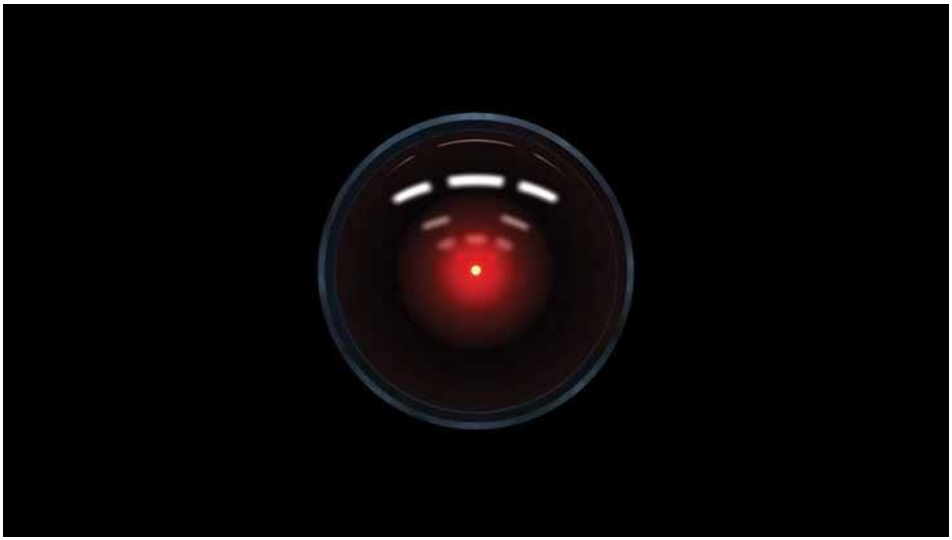

Figura 1. HAL 900. Imagen libre de Internet

Figura 2. Endless House, de Frederick Kiesler. Imagen tomada de https://www.admagazine.com/agenda/endless-house-moma-exhibicion-nueva-york-arquitectura-arte-museo-20150715-1190-articulos

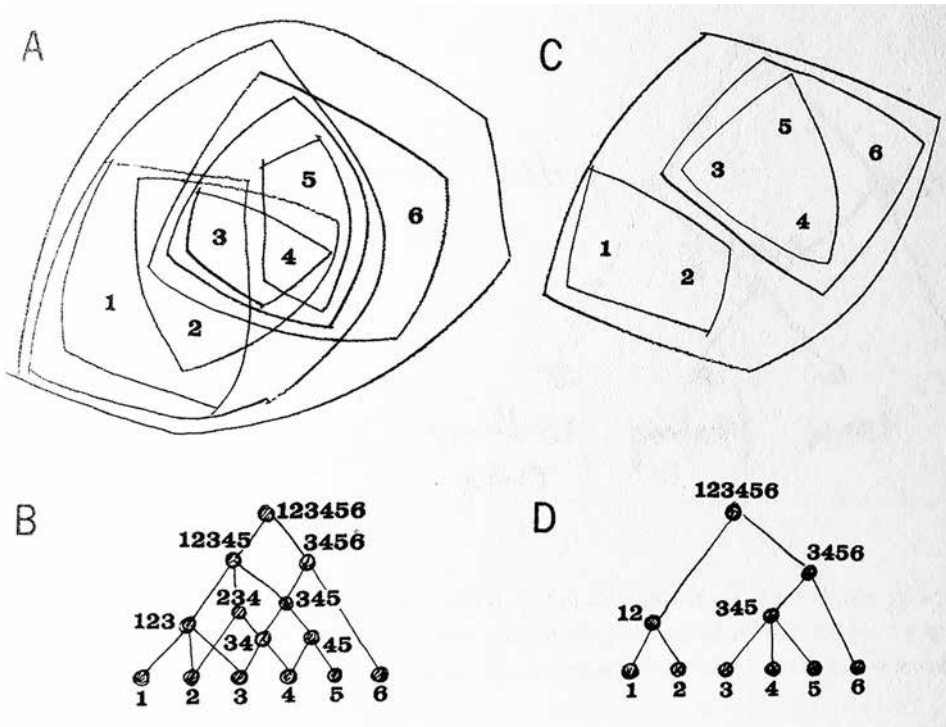

Figura 3. Semilattices y estructuras árbol. Imagen tomada del libro *A city is not a tree,* de Christopher Alexander (2015, 32)

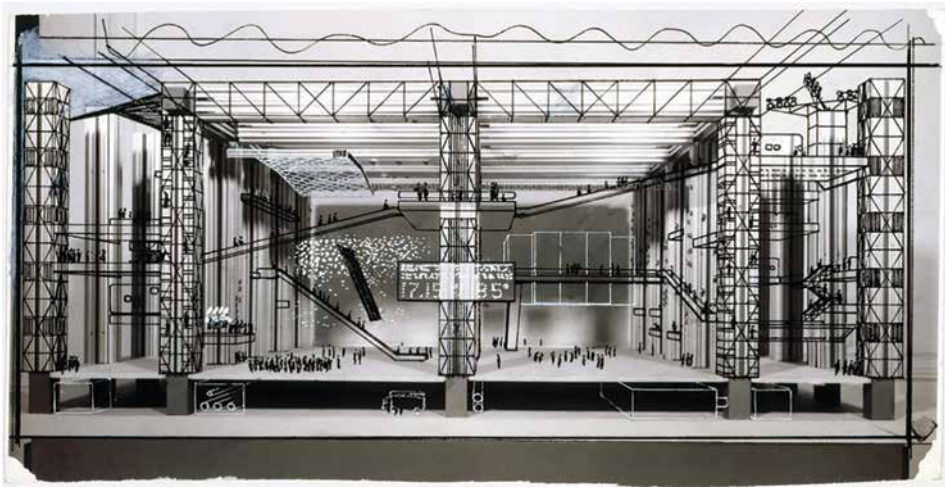

Figura 4. Proyecto del Fun Palace. Imagen tomada de Interactive Architecture Lab

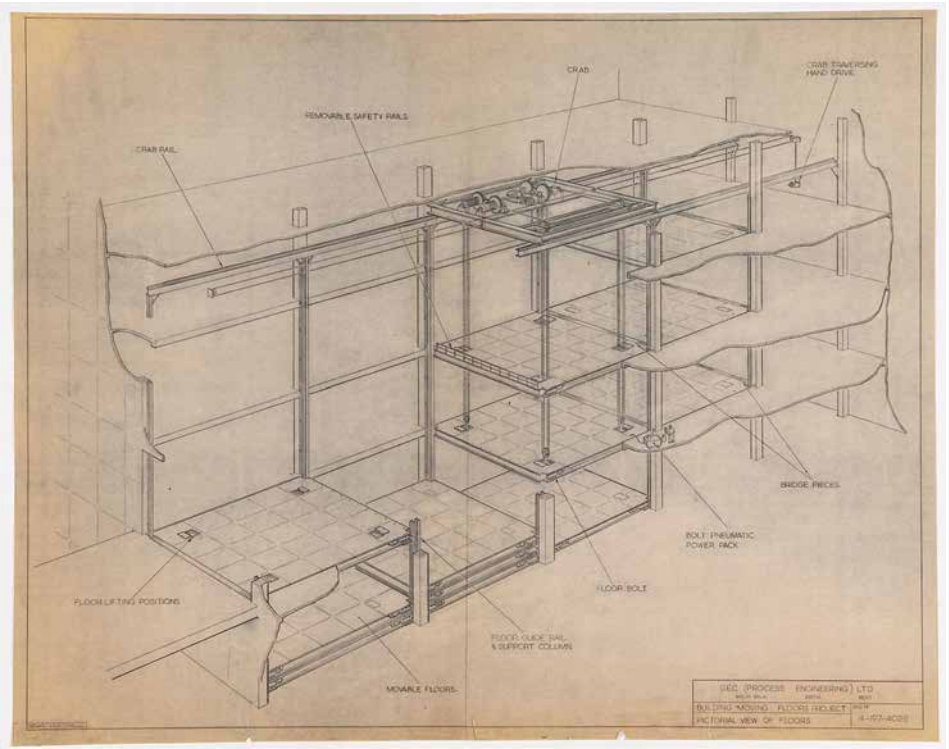

Figura 5. Proyecto de la Oxford Corner House que muestra el sistema de pisos móviles. Imagen tomada del Canadian Center for Architecture

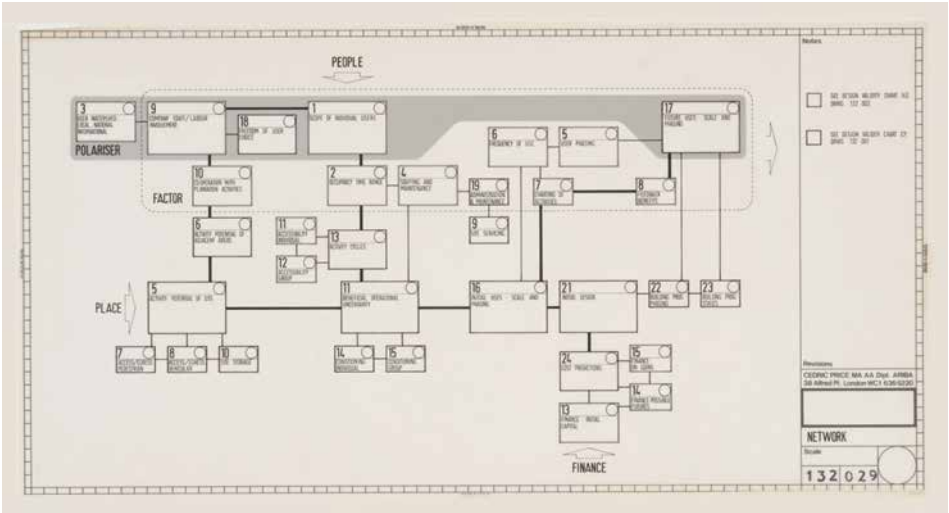

Figura 6. The Generator. Esquema de funcionalidad de los cubos. Imagen tomada de https://generator.anticipatory-design.info/outline/

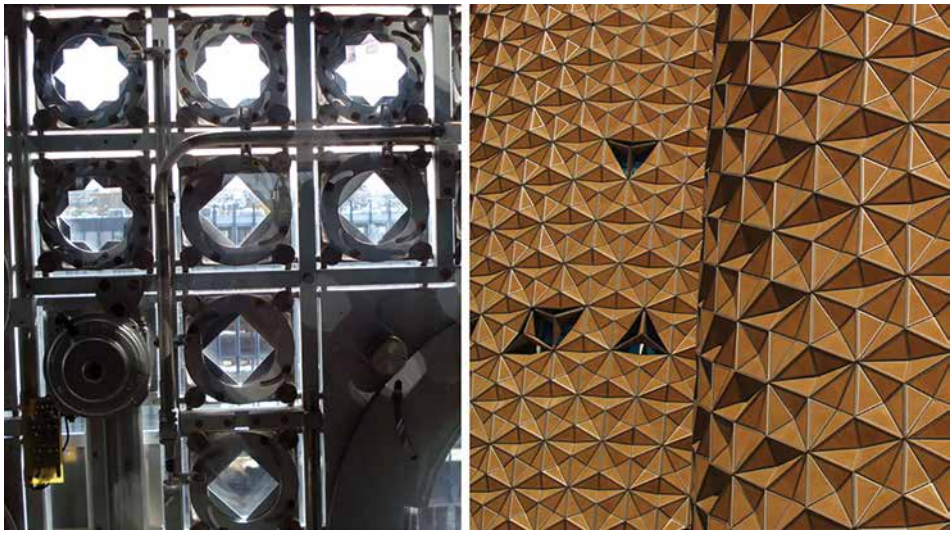

Figura 7. Izquierda: fachada interactiva del Instituto del Mundo Árabe (1987). Derecha: piel responsiva de las Al Bahar Towers (2012). Fotografías del autor

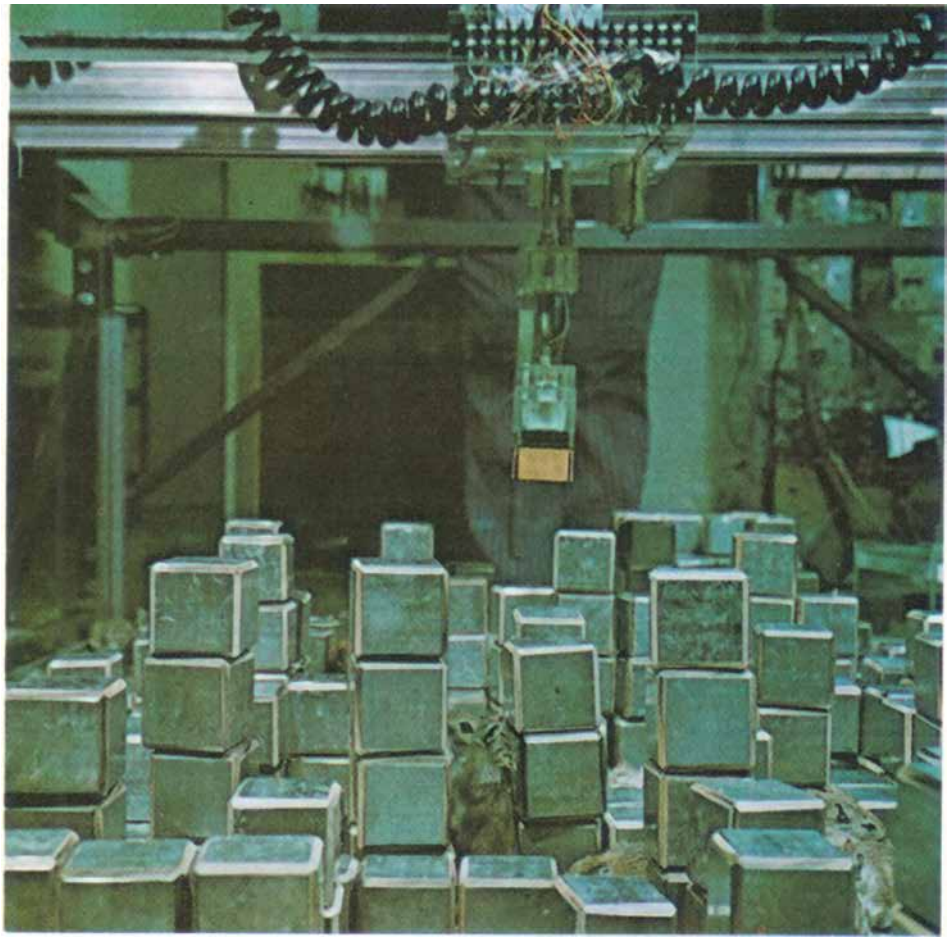

Figura 8. Hamsters en el experimento SEEK. Imagen tomada de CiberneticZoo, https://datanotations.wordpress.com/2012/02/01/animal-in-the-system-life-in-a-computerized-world/

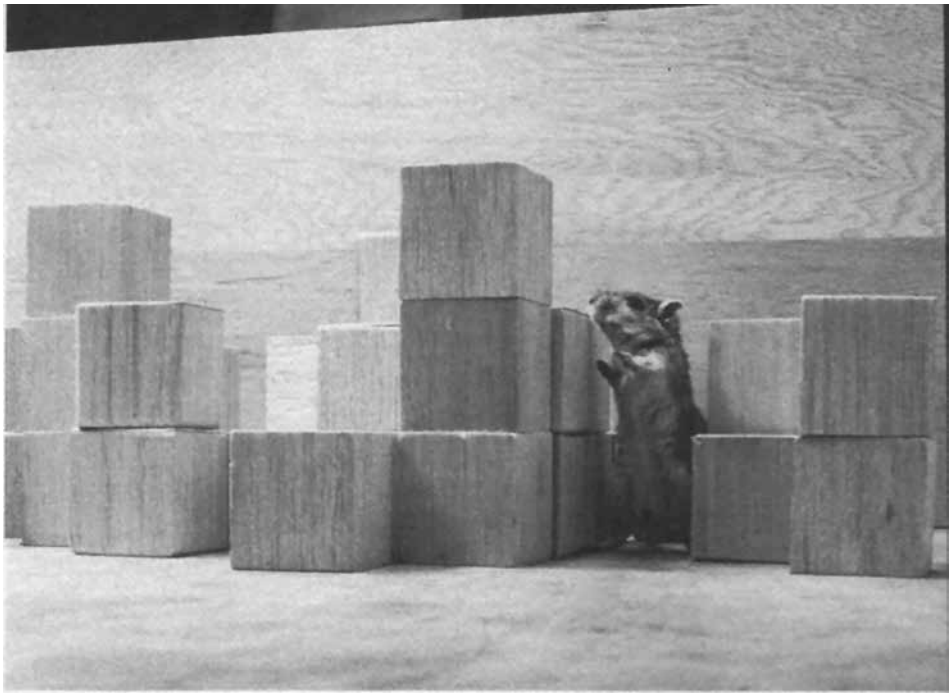

Figura 9. Hamsters en el experimento SEEK. Imagen tomada de CiberneticZoo, https://datanotations.wordpress.com/2012/02/01/animal-in-the-system-life-in-a-computerized-world/

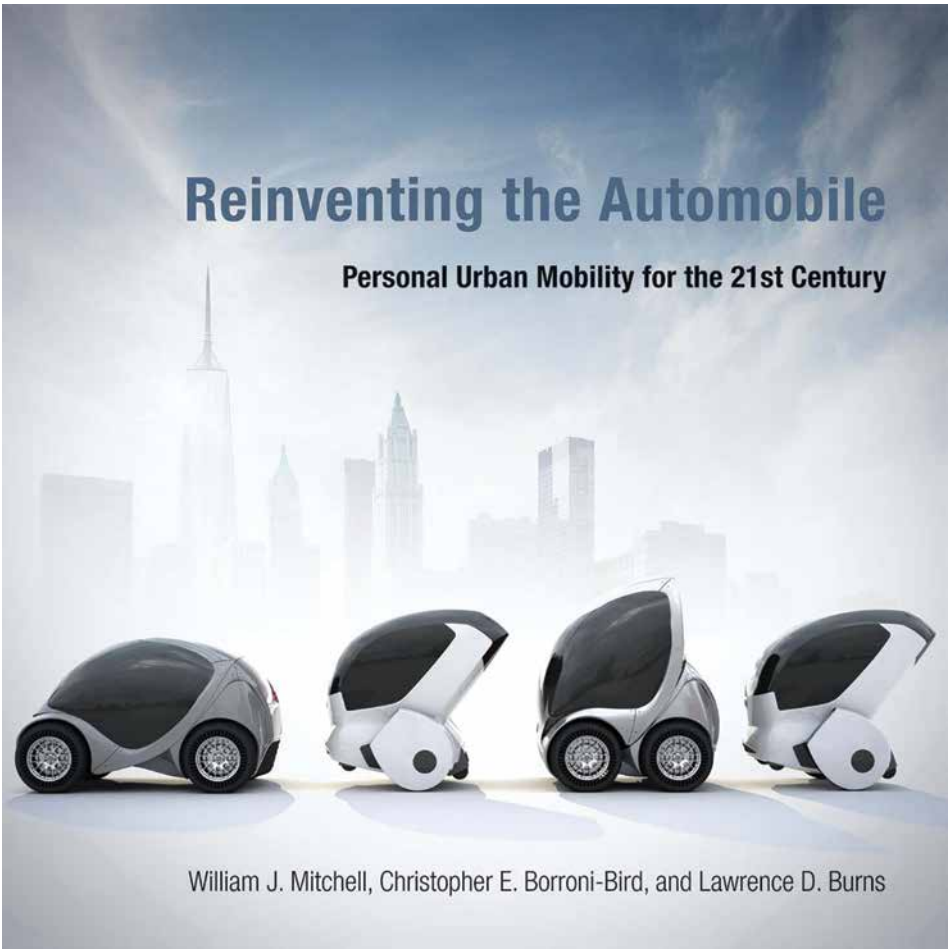

Figura 10. Tapa del libro *Reiventing the Automobile. Personal Urban Mobility for the 21st Century,* de William J. Mitchell

INTERVENCIONES EN EL ENTORNO URBANO MEDIANTE DISEÑO GENERATIVO Y FABRICACIÓN DIGITAL

Tres casos de estudio en la ciudad de Montevideo

Fernando García Amen
efe@fadu.edu.uy

Marcelo Payssé Álvarez
paysse@fadu.edu.uy

Paulo Pereyra
paulopereyra@fadu.edu.uy

Resumen

En los últimos tiempos mucho se ha escrito en referencia a la generación morfológica por medios asistidos por computadora, el diseño de algoritmos y la fabricación digital de dichas morfologías. No obstante, este artículo tiene como propósito construir, desde una perspectiva social, tres diferentes narraciones con base en tres casos de estudio concretos en la ciudad de Montevideo. A partir de ellos se busca construir una reflexión sobre la generación de proyectos a escala 1:1 en el contexto universitario local, y su vinculación con la sociedad.

Introducción

Estos tres casos de estudio seleccionados remiten al trabajo realizado por la Universidad de la República a través del laboratorio FabLab.MVD, con la colaboración de diferentes colegas y profesores invitados de otras universidades. De este modo, se procuró producir un *mix* a partir de diferentes concepciones, modos de aproximación y visiones de la realidad.

La ciudad de Montevideo tiene, en cuanto a su tejido urbano y su producción arquitectónica, una historia breve. Fundada entre 1724 y 1730, remite urbanísticamente a una traza colonial española expandida e intervenida luego, pero arquitectónicamente nutrida de arquitectura renovadora, donde la experimentación del art decó y la arquitectura del ladrillo a partir de los años veinte, intercalada con las arquitecturas historicistas, han construido una mezcla ecléctica de estilos que ha ido gestando la imagen de la ciudad.

Este trabajo remite a tres intervenciones en puntos diferentes de la ciudad, involucrando acciones concretas de producción de ciudad a nivel de prótesis proyectuales.

Los trabajos aquí expuestos se llevaron a cabo con la colaboración de estudiantes de grado, a través de la realización de *workshops* y seminarios sobre la aplicación de las técnicas de fabricación digital en el entorno urbano y su incidencia en su apreciación social.

Metodología empleada

Dentro de los cometidos formativos de los estudiantes de grado de la FADU, se llevaron a cabo sendos *workshops* y seminarios cuyo cometido ha sido promover la reflexión y la creación de intervenciones en el entorno urbano, en especial, en edificios socialmente reconocidos tanto por sus valores arquitectónicos como por su importancia y relevancia en el devenir histórico de la ciudad.

La premisa de los tres casos de estudio fue la utilización de herramientas de diseño paramétrico (Rhinoceros + Grasshopper), la construcción de algoritmos que relacionaran la forma del edificio preexistente con la forma a crear y su producción mediante técnicas de fabricación digital. Los tres casos fueron pensados y diseñados en aula, producidos en laboratorio y luego ensamblados en sitio.

Caso 1. El simbionte urbano

La Ciudad Vieja de Montevideo es el nombre del antiguo casco histórico del trazado original de la ciudad. Allí se sitúan los más emblemáticos edificios de la época neoclásica, entre los cuales se distingue el edificio Misiones, obra del arquitecto alemán Karl Tramabuer. Este edificio, considerado patrimonio arquitectónico de la ciudad, sufrió un colapso en la cúpula del remate en la

esquina, producto del paso del tiempo y del mal estado de conservación. El vacío generado por la ausencia de la cúpula fue la excusa para la construcción de un mensaje nuevo, añadiendo una prótesis tectónica al proyecto original. Esta prótesis, en simbiosis con el edificio de Trambauer, intenta restablecer la forma original mediante la introducción de un cuerpo nuevo, esto es, una estructura no parasitaria, sino simbiótica con el proyecto original, que busca recuperar el diálogo entre la ciudad, sus habitantes y el edificio intervenido.

El simbionte, como se lo ha concebido, es un objeto generado a partir de una forma ideal (la cúpula original), pero sometido a diversas acciones plásticas experimentales. El resultado es un objeto extraño, pero simbiótico, con genes paramétricos, realizado mediante fabricación digital y ensamblado artesanal. Fue desarrollado con las herramientas Rhinoceros y Grasshopper.

El proceso constó de tres etapas: primero, el desarrollo del concepto teórico y la discusión de los aspectos metodológicos. Esta etapa se centró en el desarrollo conceptual del paradigma digital asociado con los problemas de las relaciones parasitarias, para construir ideas entre procesos generativos complejos y comportamiento parasitario en sistemas preexistentes. En segundo lugar, la prueba y la selección del sistema generativo. ¿Cómo crear forma suspendiendo las variables de función y estética? Las primeras pruebas incluyeron modelos de cúpulas tradicionales, que se vieron afectadas a partir de una secuencia de secciones transversales. Se introdujeron variaciones en el proceso repetitivo de generación de formas, pequeñas alteraciones en los patrones de generación para interrumpir ligeramente el descenso lineal de las fuerzas gravitacionales a través de la cubierta de la cúpula. Estas pruebas iniciales se convirtieron en una forma de cúpula, cuyas generatrices se desplazan, giran y retroceden de acuerdo con las variaciones en el patrón generativo. La cúpula tradicional está distorsionada, pero la forma se conserva. La misma lógica formal que construye el domo tradicional se usa para reconstruir este nuevo artefacto. La tercera y última etapa fue la fabricación y la instalación del dispositivo en su lugar. Finalmente, el objeto fue colocado siguiendo la lógica de su generación formal. Las generatrices afectadas para la cúpula-parásito son las que se mecanizaron y ensamblaron para reconstruir la forma. El impacto urbano de un objeto efímero y de bajo costo en un edificio reconocido fue alto, y produjo reacciones sociales de diferente tipo. Dada la rareza de la intervención, se generó un atractor urbano. Los vecinos de la zona tuvieron, al inicio, sentimientos encontrados: desde una aceptación plena hasta un rechazo abierto, con todos los puntos del gradiente entre ambos. No obstante, al momento de retirarlo, luego del tiempo estipulado de permanencia, el propietario del edificio decidió mantenerlo. Asimismo, los habitantes de la zona lo adoptaron como parte

del paisaje, y el valor de mercado del edificio que lo alojó –hasta ese momento sin mucho mantenimiento– se incrementó en forma considerable. Lejos de este último asunto, que excede los cometidos del ejercicio, es menester destacar la trascendencia que puede llegar a tener un simple gesto de intervención con un objeto extraño en un edificio preexistente. Acaso el modo de devenir de un objeto parasitario en un simbionte urbano. Este trabajo se generó con la directa y comprometida colaboración de los arquitectos Federico Lagomarsino, Rodrigo Martín Iglesias, Alejandro Schieda y Santiago Miret.

Caso 2. Gran Salvo

Otro ejemplo de intervención urbana que implicó fabricación digital e interacción social. El Palacio Salvo es probablemente la imagen postal más típica de la ciudad de Montevideo. Una vez más, una parte desmantelada fue la excusa perfecta para integrar un objeto diseñado y producido digitalmente en la estructura del edificio. El lugar del faro colapsado fue ocupado por Gran Salvo, una estructura metálica diseñada para reemplazar la linterna original del domo. Gran Salvo es un objeto grande que combina luz y forma. Las luces se controlan con un Raspberri Pi y las personas pueden interactuar con ellas, definiendo los colores de la luz, la intensidad y el brillo durante la noche. También fue diseñado para enfrentar vientos fuertes y, en el mismo sentido, su morfología sigue líneas aerodinámicas. Edificio antiguo y nueva estructura se integran formando una nueva forma urbana en la ciudad. En línea con los avances de la Internet of Things (IoT), donde los objetos ordinarios están conectados a internet, la intervención también adopta esta tendencia a escala urbana. La participación de la luz como elemento central del proyecto se definió de manera sustancial con el apoyo de programadores e ingenieros, y se implementó a través de un sistema liderado por RGB y sus respectivos controladores. Su manejo es versátil y adaptable a diferentes usos, cambios de color, intensidad y producción de contenido, generando así un hardware con potencial para ser programado de diferentes maneras y con diferentes funcionalidades.

La intervención en el Palacio Salvo generó un amplio rango de percepciones, desde el rechazo más absoluto hasta el elogio más abierto. En cualquier caso, la reacción minoritaria fue la indiferencia.

Con cobertura de prensa en informativos centrales, se inauguró el objeto. El equipo encargado de la ejecución, liderado por el arquitecto Federico Lagomarsino, debió realizar entrevistas en medios, y esto contribuyó al debate social sobre el significado del patrimonio y la voluntad de intervenirlo o simplemente dejarlo estar. Montevideo es una ciudad con poca historia, pero aun así, este tipo de debates enriquecieron la escena académica. Se fraguó de este modo la discusión ética sobre el dilema acerca de la reconstrucción histórica o la intervención nueva. Salvando las distancias y la escala, una polémica similar al actual debate sobre Notre Dame en París.

Aun sin haberse zanjado la polémica, Gran Salvo, creado para ser una intervención efímera, todavía continúa posicionado en el lugar de la cúpula del Palacio Salvo. Allí permanece, iluminando la ciudad y vinculándose –como lo pretendía su creador Mario Palanti– con su *hermano menor*, el Palacio Barolo, del otro lado del Río de la Plata.

Caso 3. Dieste Pavilion

Probablemente la construcción más efímera de los tres casos elegidos; fue concebida como una especie de homenaje al conocido ingeniero Eladio Dieste al seguir el espíritu de su estilo, formas y siluetas. El diseño estuvo a cargo del reconocido arquitecto español Andrés Martín-Pastor, quien fue profesor invitado de nuestro laboratorio para el *workshop* que dio origen a este pabellón homenaje a Dieste.

Así, el resultado es un pabellón de MDF diseñado por tres superficies desarrollables que componen una forma curva que evoca los muros y los techos de Dieste, como en la iglesia de Cristo Obrero, por ejemplo.

La realización de pabellones, más allá de convertirse en una tendencia global en varios centros universitarios de vanguardia, es una oportunidad para la construcción en escala 1:1 de morfologías complejas, capaces de llevar a cabo diferentes nociones matemáticas de geometría descriptiva. El objetivo de esta práctica es transmitir los conceptos básicos de geometría a los estudiantes, aplicándolos al diseño y a un ejercicio constructivo.

El estudio de caso es una estructura ligera, hecha completamente de madera (MDF). Se propuso como una arquitectura efímera, liviana y de bajo costo, capaz de ser reutilizable, y ensamblada con pautas generales o incluso un manual de instrucciones.

Esta arquitectura se basa en las propiedades geométricas de las superficies desarrollables. La limitación con respecto a la necesidad de invocar superficies de revolución obedece a la elección del método de fabricación, basado en el corte de láminas de contrachapado de 4 mm de espesor. Los prototipos propuestos son pieles autoportantes hechas de una sola capa de material.

Con algoritmos de parametrización ha sido posible implementar estas superficies complejas en piezas planas que se cortaron utilizando la tecnología CAD-CAM. Estas se montaron en el suelo como un gran rompecabezas y luego se curvaron en frío en el lugar de destino, para que adquirieran su forma y rigidez finales. Esta curvatura fue lograda por la propia forma geométrica. El sistema propuesto trató de dar una respuesta arquitectónica a partir de la lógica de los recursos materiales limitados (una hoja delgada de material) y el costo mínimo de ensamblaje (autoconstrucción), al tiempo que generó una experiencia de producción real en átomos de una construcción digital en bits.

A diferencia de los casos anteriores, la construcción de Dieste Pavilion no fue una intervención protésica sobre un edificio preexistente, sino una construcción efímera en sí misma. Como concepto original, más allá de ser una forma evocativa del estilo de Dieste, sirvió como experiencia de construcción escala 1:1 de una forma geométricamente compleja y como ejemplo de planificación y realización colaborativa.

Debate

Después de este breve resumen, emergen algunos temas que pretenden ser el núcleo de este trabajo. En el contexto universitario latinoamericano, existe aún un imaginario colectivo de que la enseñanza de lo digital remite exclusivamente al uso de herramientas de representación, y de que lo proyectual es ajeno. Este ideal de raíz albertiana se focaliza en los actos de creación y de ejecución del proyecto como dos instancias diferentes en las que la segunda es una consecuencia de la primera, y no conforman ambas un único acto de creación.

En los casos aquí expuestos, más allá de los resultados obtenidos, se pretendió generar una reflexión sobre lo digital como herramienta de diseño, en todas sus etapas. En el contexto de la cuarta Revolución industrial, la redefinición de los roles en el acto de creación obliga a repensar las estructuras creativas. No solo desde los actores involucrados en la creación, sino también desde sus usuarios. El *mass production* es reemplazado por el *mass customization,* y en ese acto

opera un cambio de paradigma, y la noción de autoría se diluye y se funde en la colaboración de todas las partes intervinientes. La comprensión de esta idea es imprescindible para encarar el acto de proyectar y ejecutar, entendido como un único acto de proyecto.

Asimismo, la idea de trasposición de átomos y bits, a la que llamamos convergencia físico-digital, apuntala también la concepción de unicidad entre el pensar y el hacer, como una realidad colectiva y colaborativa, en la que la realidad física es solo una trasposición en átomos de la realidad digitalmente diseñada.

Finalmente, y como reflexión final, es importante destacar las implicancias sociales del trabajo de campo en la formación de los arquitectos. La realización de intervenciones escala 1:1 como ejemplo de acción proyectual debe tener, además, un correlato como campo de experimentación, en el cual la inserción urbana tenga además una fuerte vinculación con la sociedad, generando y construyendo lazos de unión que sean capaces de forjar al menos una parte de la identidad de la ciudad. En el contexto de la ciudad latinoamericana, y en el de la ciudad de Montevideo en particular, la intervención en puntos estratégicos con acciones provenientes de la academia sirve para forjar vínculos y acercar el quehacer universitario a la cotidianeidad de la vida urbana. Este es acaso el principal desafío que en el momento actual nos interpela.

Bibliografía

Alberti, L. B. (1975). De Re aedificatoria: Opere volgari. Vol. III. Bari: Laterza.

García Amen, F., Iglesias, R. M., Schieda, A. S., Lagomarsino, F., y Miret, S. M. (2016). Digital domes that become urban symbionts. *SIGraDi 2016, XX Congreso de la Sociedad Ibero-americana de Gráfica Digital*, 9-11 noviembre. Buenos Aires, 892-896.

Carpo, M. (2011). *The alphabet and the algorithm*. Cambridge: mit Press.

––––– (2017). *The second digital turn: design beyond intelligence.* Cambridge: mit Press.

Ceccato, C. (1999*).* Microgenesis. The architect as toolmaker: computer-based generative design tools and methods. *Proceedings of the Fourth Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (caadria),* 1, 295-304.

Dourish, P. (2017). *The stuff of bits: an essay of the materialities of information.* Cambridge: mit Press.

Goodhouse, A. (Ed.). *When is the digital in architecture*?. Montreal: Canadian Centre for Architecture, Sternberg Press.

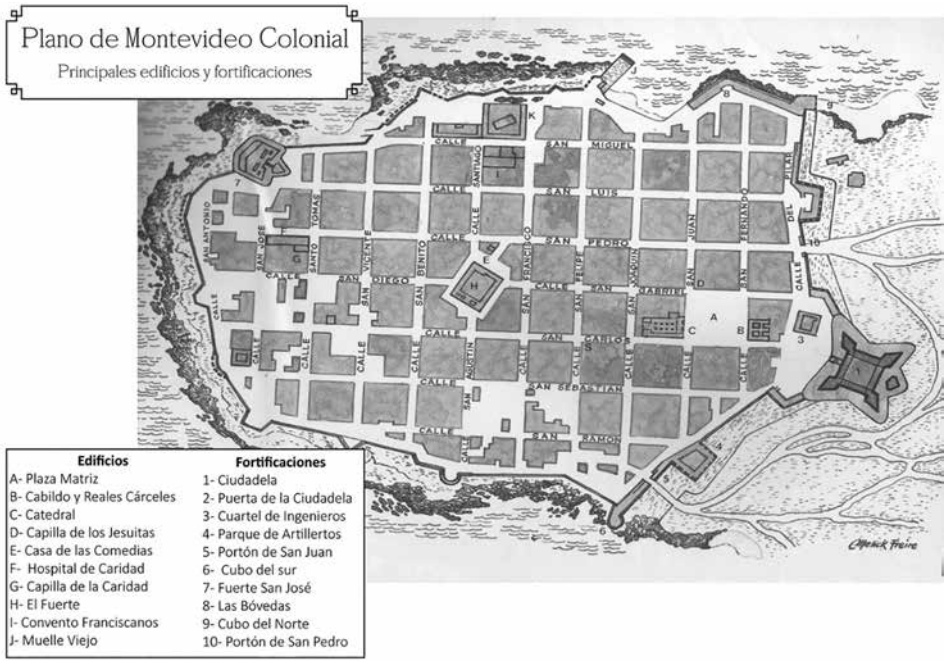

Figura 1. Mapa de la ciudad. Imagen tomada de https://www.thinglink.com/scene/434742734771716096

Figura 2. Instalación del nuevo domo, a cargo de Federico Lagomarsino. Imagen del autor

Figura 3. Palacio Salvo después de la instalación de la nueva estructura. Diseño de Federico Lagomarsino. Imagen tomada de Drone5

Figura 4. Gran Salvo, diseñado por Federico Lagomarsino. Imagen tomada de Drone5

Figura 5. Dieste Pavillion en el sitio. Diseño de Andrés Martín-Pastor. Imagen del autor

Figura 6. Dieste Pavillion diseñado por Andrés Martin-Pastor. Imagen del autor

KUBRICK *VERSUS* HOUBOLT

Ergonomía y diseño

Marcelo Payssé Álvarez
paysse@fadu.edu.uy

Angel Armagno Gentile
angelarmagno@fadu.edu.uy

Resumen

La investigación que se llevó adelante refiere a dos eventos que cumplieron cincuenta años en 2018 y 2019, y que impactaron en gran medida en la historia del diseño: la película *2001: una odisea del espacio,* dirigida por Stanley Kubrick[1] (2 de abril de 1968), y la llegada del hombre a la Luna mediante la Misión Apolo XI (20 de julio de 1969), que fue sustentada principalmente en las ideas del Ing. John Houbolt.[2]

La común necesidad de lograr resultados de alto impacto visual y tecnológico con plazos relativamente exiguos llevaron en ambos casos a un esfuerzo multidisciplinario colosal que logró extremos de calidad e innovación en el diseño que nos siguen maravillando medio siglo después.

La oportunidad es propicia para analizar los diseños que subyacen en ambos emprendimientos, el primero de ellos fundamentalmente visual –apoyado en modelos a escala–, y el segundo de base esencialmente técnica, considerando las importantes implicancias de sobrevivir en condiciones extremas.

1 Stanley Kubrick fue un director, guionista y productor de cine, considerado uno de los mayores y más influyentes directores de la historia de la filmografía.

2 John Cornelius Houbolt fue un ingeniero de la NASA en el Centro de Investigación de Langley, en Hampton, Virginia. Fue el más destacado de la minoría de ingenieros que sostenía el LOR durante las campañas de 1961-1962.

El objetivo principal será buscar invariantes, jalones y contrapuntos en los diseños desarrollados por ambos equipos de proyecto; se utilizarán y evaluarán las nuevas tecnologías de modelado paramétrico y fabricación digital.

Palabras clave

Cine, ciencia ficción, tecnología, ergonomía, fabricación digital, diseño paramétrico

Introducción

La película *2001: una odisea del espacio* refleja las preocupaciones y esperanzas que se respiraban a finales de la década del sesenta en el contexto de la Guerra Fría, la carrera espacial y las promesas y desconfianzas que provocaba la incipiente incorporación de la computadora como ayuda en la toma de decisiones.

Kubrick eligió cuidadosamente el equipo que lo ayudaría a llevar adelante una de sus primeras películas de alto presupuesto. Para ello convenció a Arthur C. Clarke de realizar «una excelente y proverbial película de ciencia ficción»,[3] tomando como base el relato *El centinela,* que Clarke había escrito en 1951.

En cuanto a los detalles técnicos, invitó a los mejores artesanos y diseñadores de modelos –liderados por el diseñador de producción Harry Lange– que serían utilizados para las escenas espaciales, llevando las tomas a niveles de perfección técnica que aún hoy resultarían difíciles de lograr. Buena parte de la atmósfera y el aspecto de 2001 se originaron en pequeños bocetos a lápiz realizados por Lange.

Las capacidades de las computadoras de aquella época no permitían despliegues gráficos muy elaborados y los *displays* disponibles eran simplemente alfanuméricos, por lo que no pudieron ser usados como recurso para generar las imágenes y las tomas necesarias para un film protagonizado por espacios y artefactos del futuro. Por esta razón se debió recurrir a la fabricación de modelos a escala para las naves de tamaño mayor (el aeroplano espacial Orión 3, la

3 Stanley Kubrick el 31 de marzo de 1964. Se puede ver en https://culturacolectiva.com/cine/la-carta-que-dio-vida-a-la-pelicula-mas-importante-de-la-historia/

Estación Espacial V, el transporte translunar Aries 1B, la nave Discovery One, el autobús lunar y las armas orbitales) y a réplicas de tamaño real para espacios habitables de esas mismas naves y objetos de tamaño menor (monolitos y EVA Pods), que requerían interacción física directa con los protagonistas.

El rodaje fue realizado con cierto secretismo en los estudios de la MGM en Borehamwood (Inglaterra) y se apuraron los plazos para que su estreno fuera a principios de 1968. Se temía que los avances en la carrera espacial, la llegada del hombre a la Luna –por la NASA o los soviéticos– e incluso el hallazgo de evidencias de vida inteligente extraterrestre pudieran arruinar la expectativa que la película estaba generando.

Durante un discurso, el presidente John F. Kennedy declaró: «Elegimos ir a la Luna en esta década y hacer todo lo que corresponda, no porque parezca fácil, sino porque resultará difícil».[4] El desafío quedaba establecido: los EE. UU. pondrían un hombre en la Luna dentro de un plazo de siete años. Esto parecía ambicioso en aquel momento y resulta casi imposible visto medio siglo después, incluidas las teorías conspirativas sobre la realidad del hecho y la especulación con la intervención del propio Stanley Kubrick en la realización de las *falsas* tomas de video e imágenes.[5]

Los problemas técnicos eran incontables, la mayoría de ellos a resolver por primera vez –incluidos el sistema de guiado y la computadora de navegación–,[6] con el agravante de que cualquier fallo mínimo podría comprometer la vida de los astronautas.[7]

Uno de los problemas principales era la cantidad de carga necesaria para llegar a la Luna y cómo llevarla hasta allí. Esto fue estudiado tenazmente por Houbolt, que finalmente convenció al comando de la NASA –salteándose la cadena de mandos– de que la única solución era el viaje en etapas con diversos módulos –de comando, de servicio, lunar de descenso y lunar de ascenso–

4 El presidente John F. Kennedy el 12 de setiembre de 1962, en la Universidad de Rice.

5 Durante décadas, grupos marginales sostuvieron –con argumentos fácilmente refutables– que el Gobierno de EE. UU. había contratado a Kubrick para realizar el *falso alunizaje*.

6 Irónicamente, Halcombe *Hal* Laning, del MIT sería el principal responsable del sistema de guía para la navegación espacial.

7 De hecho, esto ocurrió el 27 de enero de 1967 durante un entrenamiento de rutina de la tripulación de la Misión Apolo I, en la que Gus Grissom, Ed White y Roger Chaffee perecieron cuando se produjo una chispa que encendió la atmósfera rica en oxígeno del módulo de comando, que estaba siendo utilizada para replicar las condiciones en órbita.

que se irían utilizando alternadamente a lo largo del recorrido, a partir de varios acoplamientos en órbita terrestre (EOR)[8] y lunar (LOR),[9] este último el de mayor dificultad.

La investigación que llevamos adelante abarcó todo el diseño geométrico del Saturno V, vehículo gigantesco que impulsó la carga requerida, al analizar todos sus componentes y especialmente el Módulo de Excursión Lunar (LEM), etapa que efectivamente llegó a la Luna.

Este componente fundamental para completar la misión fue asignado a la Grumman Aircraft Engineering Corporation, uno de los numerosos subcontratos que posibilitaron el éxito de la colosal empresa. Se trataba de un vehículo de dos etapas –descendente y ascendente– que solamente sería usado desde la órbita lunar hacia la superficie y vuelta.

Las condicionantes de su diseño eran muy particulares y exigentes, ya que debía ser extremadamente liviano, de tamaño mínimo, muy resistente, plegable, acoplable, maniobrable en vacío y con gravedad lunar (1/6 de la terrestre) y presurizado en parte a 5psi (1/3 de la presión atmosférica).[10]

Fueron analizadas todas las etapas por las que fue evolucionando el diseño en sus aspectos geométricos y de uso práctico. Con Thomas Kelly a cargo durante este proceso que llevó varios años[11] fueron evaluadas y descartadas diversas propuestas hasta llegar a la solución que finalmente se adoptó, que representa uno de los productos más eficientes y mejor logrados en la historia del diseño aeroespacial.

Esta prodigiosa nave permitió seis alunizajes, y en su momento de mayor gloria –debido a un severo deterioro del módulo de servicio– sirvió como bote salvavidas en la restante misión (Apolo XIII), posibilitando el retorno a la Tierra de Lovell, Swigert y Haise.

Es interesante remarcar que la pequeña sección de ascenso del módulo lunar, en particular la célula habitable de tan solo 3 m^2, constituyó el primer hábitat humano no terrestre, ya que debió alojar a dos personas y sus actividades correspondientes durante varios días (comer, dormir, trabajar, vestirse y asearse) en un ambiente presurizado y con gravedad natural.

8 EOR: concepto de acoplamiento en órbita terrestre; preferido por Wernher von Braun.

9 LOR: concepto de acoplamiento en órbita lunar (John Houbolt en 1960), adoptado por la NASA el 11 de julio de 1962.

10 «De hecho la belleza del LOR reside en que la NASA podía diseñar a medida todos los módulos del Apolo de manera independiente», especialmente el LEM (NASA en diciembre de 1992).

11 Thomas Joseph Kelly fue el ingeniero de proyectos, gerente de ingeniería y subdirector del programa LEM de Grumman (1962-1970).

Metodología

Dejando de lado buena parte de los innumerables aspectos que pueden ser motivo de análisis de la película 2001 y la Misión Apolo, la presente investigación se centró especialmente en la ergonomía que se percibe en el buen diseño de los objetos de uso y de los espacios habitables.

Así es que estudiamos los diseños contemporáneos que fueron incluidos en la película, elegidos por Kubrick por su innovación y aspecto *futurista*, como los muebles de Olivier Mourgue, George Nelson, Geoffrey Harcourt y Eero Saarinen, y la cubertería diseñada por Arne Jacobsen, entre otros.[12]

Kubrick temía que sus modelos pudieran ser utilizados en películas siguientes de menor calidad, y afectar la leyenda que quería crear, por lo que ordenó la destrucción casi total de los modelos físicos originales utilizados en el rodaje. Por esta razón se tomó el largometraje como fuente primaria de interpretación visual, complementado con planos originales de diseño producidos por el equipo de artistas de la producción. Esto se completó con recaudos escritos de diversas fuentes (bibliografía web e impresa, oficial y extraoficial), dibujo técnico y demás documentación gráfica validada.

Para no perder la lógica general en la que estos objetos/espacios fueron diseñados, los elementos físicos relevantes que intervinieron en ambos eventos se modelaron geométricamente y se materializaron mediante fabricación digital. Se evaluaron distintas técnicas de fabricación y montaje, en comparación con tiempos de ejecución, cantidad de material utilizado y calidad lograda.

12 Objetos destacados: el sillón Djinn de Airborne Internacional (Olivier Mourgue, 1963), el taburete Nelson Perch de la colección Vitra (George Nelson, 1964), la mesa Action Office 1 n.º 64909 de la colección Hermann Miller (George Nelson, 1964), el sillón Model 042 para Artifort (Geoffrey Harcourt, 1960), la mesa de café 35" Round de Knoll (Eero Saarinen, 1957) y los cubiertos Flatware para Georg Jensen (Arne Jacobsen, 1957).

Resultados

La naturaleza interdisciplinaria del abordaje del tema propició el relacionamiento y la coordinación transversal con diversos actores académicos e institucionales. Destacan la colaboración con el planetario de Montevideo a través del vínculo con su director, Óscar Méndez, y con la Sociedad Uruguaya de Astronomía mediante el apoyo de Alejandro Galli.

Hubo instancias de divulgación en la sede de la Alianza Cultural Uruguay-Estados Unidos, así como charlas sobre ergonomía en cursos de grado, en el marco de la disciplina correspondiente a cargo de Rita Soria y María Pascale de la Escuela Universitaria Centro de Diseño (EUCD), y, en relación con el módulo del Diploma de Mobiliario Historia del Mobiliario Moderno, dictado por el Instituto de Diseño de la FADU, gracias a la invitación del Arq. Antonio del Castillo. Asimismo se contó con el asesoramiento de la Arq. Adela Giménez, especialista en arquitectura espacial.

Con todos estos apoyos y motivaciones se modeló y fabricó parte de la sección ascendente del LEM a escala 1:1 a partir de un *workshop* con estudiantes de arquitectura y diseño industrial, utilizando materiales económicos cortados o modelados mediante fabricación digital.

Las naves presentadas en la película,[13] tanto en su volumetría exterior como en los espacios interiores más importantes, fueron interpretadas, modeladas y fabricadas de forma digital a partir de un profundo análisis de las lógicas utilizadas para su diseño. A su vez, en busca de puntos de contacto en los criterios de diseño, se abordó el diseño de Kelly para la cabina de mando del LEM, su ergonomía, necesidades de visión y movimiento, evaluando los resultados logrados en términos de eficacia en el uso de los escasos recursos.

Para todos los elementos que se representan a escala se elaboró una ficha técnica que contiene la esencia de su diseño junto con todas las características que lo definen, tanto del objeto real como del modelo. El color de los modelos a escala fue tomado de la paleta predominante de la película, que muestra mayormente tonos de blanco, gris, negro y rojo, de manera de asociar con rapidez los diseños durante la exposición presentada del 1.º al 12 de julio de 2019 en la FADU.

13 Naves destacadas: Módulo de Actividad Extra Vehicular (EVA), Discovery 1, Orion III, Aries 1B, Estación Espacial V, Bus Lunar y Arma Orbital de EE. UU.

Debate

La década del sesenta marca el ascenso de la informática como herramienta de cálculo y comunicación, todavía limitada a fines militares y universitarios. En el primer caso fue utilizada para criptografía, cálculo de trayectorias balísticas y comunicación entre bases militares en tiempos de guerra (Arpanet). En el segundo caso se destinó a la investigación científica y para instalar las primeras redes de datos académicos utilizando la misma Arpanet, precursora de internet. Estos primeros usos comenzaron a alimentar la creencia de que la computadora pudiera efectivamente tomar el control sobre las decisiones humanas a mediano plazo. Ya a mediados de la década del cincuenta, Isaac Asimov, uno de los padres de la ciencia ficción moderna y divulgador científico, propone en una serie de narraciones la futura existencia de una supercomputadora llamada Multivac, manejada por el gobierno de EE. UU. La colosal máquina subterránea era capaz de tomar decisiones geopolíticas complejas haciendo uso de la ingente información acerca de la realidad, ingresada en su sistema por técnicos especializados. Pero fue recién a fines de los sesenta cuando se estrenaron varios films icónicos de la ciencia-ficción: *2001: una odisea del espacio* (Stanley Kubrick, 1968), *El planeta de los simios* (Franklin J. Schaffner; 1968) y *Solaris* (Andrei Tarkovsky; 1970). Se produce un cambio de paradigma visual en el género y se pone de relieve la paranoia y el cuestionamiento sobre el papel de la inteligencia artificial.

El rol central de HAL 9000 (un supercomputador a cargo de las funciones de la nave) en el film de Kubrick, su omnipotencia y perfil psicopático lo sitúan como uno de los mayores y más icónicos villanos de la ciencia ficción. Una vez más la película se refleja en el presente. El devenir hacia dispositivos inteligentes portátiles de uso individual, dotados de una capacidad sin precedentes,[14] pone en jaque el sistema de relaciones, interacciones humanas y toma de decisiones a una escala que supera las más osadas prospecciones de nuestro pasado literario y cinematográfico.

Por otra parte, la confrontación entre productos ficcionales y reales pone en contraste las distintas motivaciones y objetivos de cada proyecto, lo que se plasma en aspectos estético-funcionales, esto es, la intención de producir imágenes perdurables y verosímiles en la retina del espectador,

14 La computadora del Apolo 11, El AGC (Apollo Guidance Computer) contaba con almacenamiento de 36 864 palabras de 14 bits y una RAM de 2048 palabras. El iPhone XS MAX tiene más de un millón más de memoria, más de 134 millones de veces más de almacenamiento.
https://expansion.mx/tecnologia/2019/07/19/tu-smartphone-es-mas-potente-que-la-computadora-del-apolo-11.

contra la necesidad de ejecutar una misión de suma complejidad que pone en riesgo la vida de seres humanos al tiempo que genera un desafío generacional de trascendencia histórica.

Con la óptica y los instrumentos que nos aporta la cuarta Revolución Industrial tomamos el desafío de investigar y poner en valor –desde el punto de vista del diseño– dos de los hechos más representativos en sus disciplinas, de la tercera Revolución Industrial, que durante los últimos treinta años del siglo XX impulsó la aviación, la era espacial, la cibernética y la utilización de nuevos materiales, permaneciendo en el imaginario de varias generaciones.

Agradecimientos

A los Laboratorios de Visualización Digital Avanzada (vidiaLab) y de Fabricación Digital Montevideo (LabFabMVD), al Servicio de Actividades Culturales (FADU, Udelar), al de Enseñanza de Posgrado y al de Educación Permanente (FADU, Udelar), a Antonio Del Castillo (LDCV), a los panelistas Rita Soria (Cátedra de Ergonomía), Adela Giménez y Pablo Canén (Instituto de Historia), a Agustín Fagetti y Roberto Langwagen (EUCD) y a las siguientes instituciones y empresas por su apoyo: Embajada de los Estados Unidos en Uruguay, Fabrix, Grupo D3 y Barraca Paraná.

Bibliografía

Bizony, P.(2014). *The making of Stanley Kubrick's 2001: A Space Odyssey.* Cologne:Taschen.

Casas, Q., Díaz, V., Iglesias, J., Ordóñez, J., y Ros, E. (2018). *2001: una odisea del espacio; el libro del 50 aniversario.* Madrid :Notorious Ediciones.

Howard, R., Grazer, B., y Hanks, T.(1998). *From the Earth to the Moon;* hbo television miniseries. Warner Bros. Television Distribution. Video.

NASA (2019). *Apollo Lunar Module Documentation.* Recuperado de https://www.hq.nasa.gov/alsj/alsj-LMdocs.html.

Nova (2019). *Apollo's Daring Mission*. Video.

Riley, Ch., y Dolling, P. (2009). *nasa Mission AS-506; Apollo 11: Owner's Workshop Manual.* California: Haynes North America Inc.

Riley, Ch., Coop, D., y Davidson, N.(2008). *Moon Machines.* Science Channel HD documentary miniseries. Discovery Inc. Video. Riley, Ch., Coop, D., y Davidson, N. (2008). *Moon Machines.* Science Channel HD documentary miniseries

The Grumman Corporation (1989).*The Lunar Module Story.* Video.

Kim, M. Y., y Jin, W. CH. (2009). *Classifying and Utilizing The Geo-Spatial Information in Smart City.* Proceedings of caadria.

Seron, A. (2012). *Estado de situación de la Smart City: concepto, enfoques y ejemplos de aplicación.* Memoria de trabajo para el Proyecto alfa Gaviota. Zaragoza.

Figura 1. Arthur C. Clarke y Stanley Kubrick en el *set* de *2001: odisea del espacio*
Fuente: https://www.hypeness.com.br/2018/09/livro-2001-uma-odisseia-no-espaco-ganha-versao-maravilhosa-para-comemorar-50-anos/

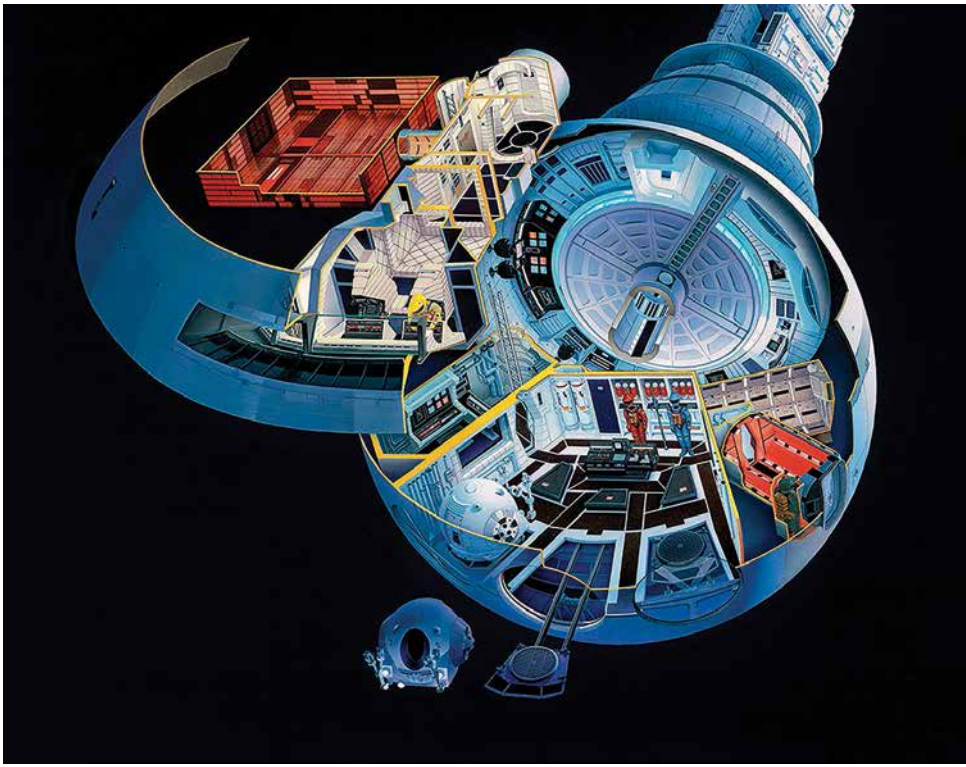

Figura 2. Ilustración original de Sección de la nave Discovery One
Fuente: http://2.bp.blogspot.com/-1xBzfE63G3U/U8oyFVFOyaI/AAAAAAAADUU/INHAhq66E0Y/s1600/2001-1.jpg

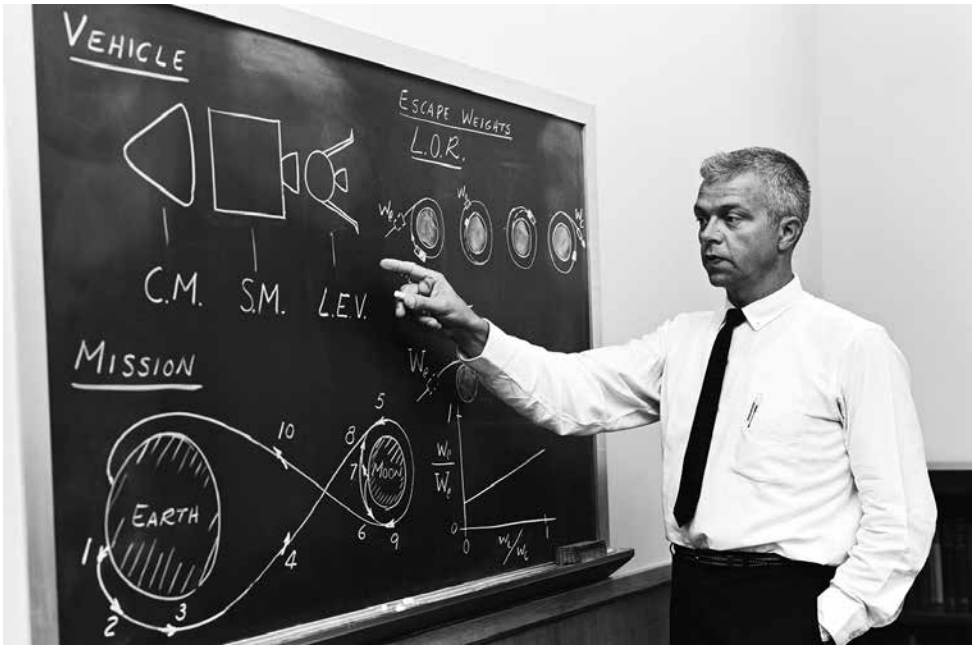

Figura 3. El ingeniero Dr. John Houbolt en 1962, explicando la solución por etapas
Fuente: https://www.nasa.gov/content/john-c-houbolt-unsung-hero-of-the-apollo-program-dies-at-age-95

Figura 4. Modelado de Sillón Djinn
Fuente: Marcelo Payssé Álvarez

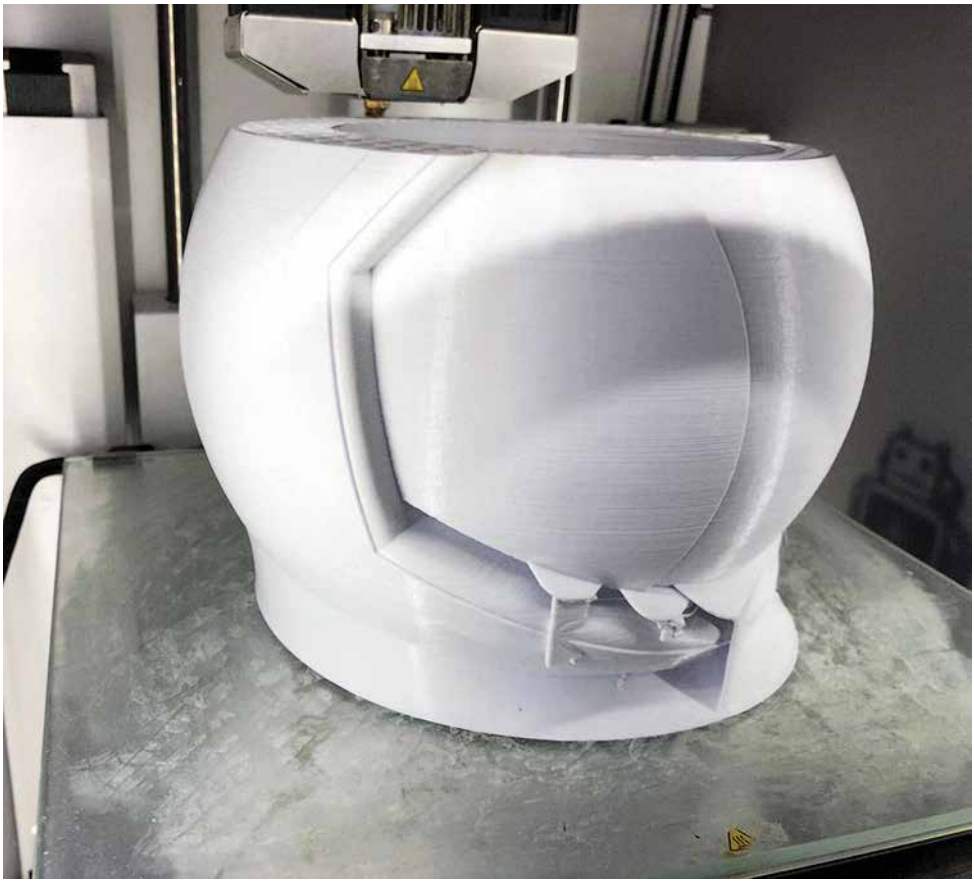

Figura 5. Impresión de casco LEVA
Fuente: Marcelo Payssé Álvarez

Figura 6. Maquetas a escala de EVA POD y David Bowman
Fuente: Gabriela Barber Sarasola

Figura 7. Modelo a escala real del Interior del Módulo de excursión lunar (LEM)
Fuente: Gabriela Barber Sarasola

Figura 8. Exposición en *hall* de FADU
Fuente: Gabriela Barber Sarasola

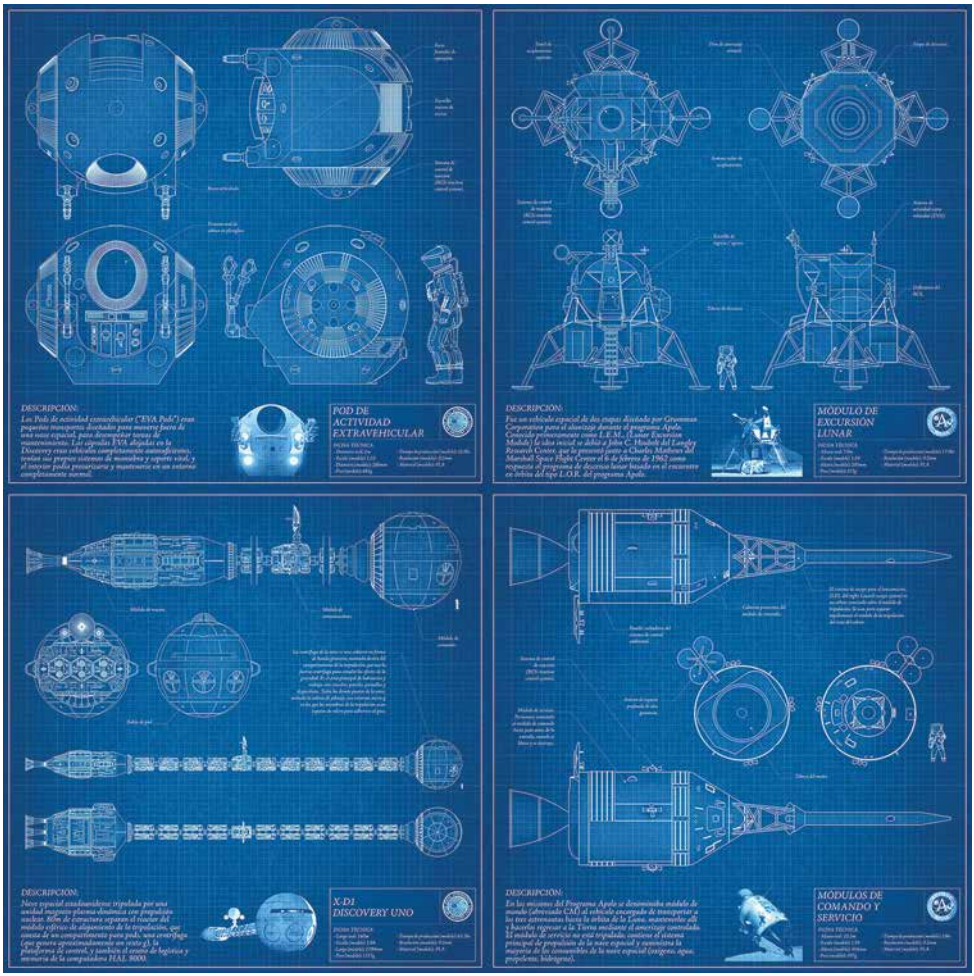

Figura 9. Fichas técnicas EVA Pod, LEM, Discovery ONE y módulos de comando y servicio
Fuente: Angel Armagno Gentile

Figura 10. Modelo a escala real del sensor de visión/comunicación de HAL 9000
Fuente: Gabriela Barber Sarasola

Figura 11. Modelo a escala de la estación espacial V
Fuente: Gabriela Barber Sarasola

REFLEXIÓN EN LA ACCIÓN

Marcelo Staricco
mstaricco@gmail.com

Germán Tórtora
germantortora@gmail.com

Resumen

Durante la última década, en arquitectura hemos presenciado la proliferación de Fab Labs[1] que han generado un determinado modelo de enseñanza y prácticas académico-arquitectónicas a nivel mundial. Si bien desde su creación los resultados de estas experiencias han logrado generar artefactos y sistemas de enorme interés disciplinario, en muchas ocasiones han quedado relegados a los halls, salas de exposiciones y jardines de las escuelas de arquitectura. Son pocos los casos en que estos artefactos han conseguido vincularse con posibilidades constructivas reales y duraderas con el tejido social y físico de la ciudad, con sus habitantes y sus preocupaciones. A partir de esta reflexión presentamos un trabajo conjunto realizado en 2018 por el Taller Danza[2] (FADU, Udelar) y el Lab Fab Montevideo [3] (FADU, Udelar), con estudiantes de primer año, en un intento por salir de la academia y llevar estas prácticas a los espacios de uso común en un intento de confrontarlas con la realidad banal que constituye la experiencia social de nuestro entorno construido.

1 Un Fab Lab (acrónimo del inglés Fabrication Laboratory) es un taller de fabricación digital de uso personal, es decir, un espacio de producción de objetos físicos a escala personal o local que agrupa máquinas controladas por ordenadores.

2 El Taller Danza es una de las nueve cátedras de proyecto arquitectónico de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de la República.

3 El Lab Fab Montevideo es el nombre que corresponde al Departamento de Fabricación Digital de la FADU, Udelar.

Palabras clave

Política, arquitectura, territorio, ciudad, tecnología, código abierto, empoderamiento

Introducción

Política y arquitectura

En los últimos años la política ha tomado un lugar determinante en el debate arquitectónico. Como es bien sabido, la palabra *política* proviene del término griego *polis,* que significa 'ciudad', por lo cual arquitectura y política son dos prácticas que están interconectadas desde siempre. No obstante lo cual, es en los últimos años que se ha ido gestando un discurso alternativo dentro de la profesión (dentro y fuera de la academia) que reivindica la participación y el colectivismo, la preocupación por los problemas sociales y cotidianos de los ciudadanos, el fomento de la urbanidad, el descubrimiento de nuevas libertades colectivas o individuales y las prácticas performativas (y colaborativas) en el espacio público en su doble faceta festiva y reivindicativa.

Si bien no debemos incurrir en el error de pensar que estas prácticas son un fin en sí mismo, estamos convencidos de que la acción pública performativa tiene un valor transformador desde el momento que es un vehículo de expresión pública en la ciudad. Las acciones performativas han canalizado desde siempre el descontento ciudadano y han operado como válvula de escape para la frustración colectiva. A su vez, desde el punto de vista académico, didáctico y pedagógico este tipo de prácticas constituyen una fuerte herramienta de empoderamiento por parte del estudiante, desde el momento que se siente capaz de transformar la realidad circundante y tener voz propia en la ciudad, así como convertirse en un protagonista activo y decisivo de su propia formación.

Arquitectura de código abierto

Desde su origen, a mediados del siglo XX, las tecnologías digitales vienen transformando aceleradamente nuestra forma de vivir y de construir el mundo. Se podría afirmar, incluso sin demasiado temor a equivocarse, que en ninguna época precedente la máquina había afectado de forma tan intensa la vida sobre el planeta, desde los procesos de producción material hasta las relaciones sociales.

En 1961 el Massachusetts Institute of Technology (MIT) adquirió una microcomputadora que logró interesar a un grupo de estudiantes para interactuar con códigos de programación, lo que dio lugar a la formación de un laboratorio de inteligencia artificial que se autodenominó *hackers* (derivado de *hacks*) por la tradición de jugarse bromas entre ellos, y divulgaron así el movimiento de software libre. Veinte años después Steve Levy publica el libro *Hackers: héroes of the computer revolution,* que contiene los seis puntos de los fundamentos del manifiesto *hacker,* en el cual se establece una ética de libre acceso a la información y al código fuente del software. Este fenómeno tiene ya más de sesenta años de inventado. La primera vez que se conectó un ordenador a una máquina fue alrededor de 1940 (control numérico por computadora, CNC), pero hasta no hace mucho la tecnología patentada de la impresión 3D era inaccesible para la gran mayoría de la comunidad. En la actualidad este sistema ha revolucionado la industria debido al abaratamiento de los microprocesadores y a la simplificación de la programación de las máquinas de CNC, lo cual sin duda ha tenido una incidencia directa en la democratización de este tipo de herramientas, suscritas en un principio a grandes corporaciones y sofisticadas instituciones del primer mundo.

Es así que desde hace unos años las herramientas de fabricación digital han empezado a tomar cada vez más protagonismo en la educación de los arquitectos, aunque sus aplicaciones prácticas y reales en la profesión sean, aún limitadas, o al menos no hayan alcanzado el potencial que parecen tener, fundamentalmente en el contexto latinoamericano.[4] Son varias las escuelas de arquitectura que desde hace años están interesadas en los procesos de fabricación de objetos. La Architectural Asssociation de Londres, la ETH de Zurich, el IAAC,[5] entre otros, han sido desde el principio precursores en este campo de enseñanza e investigación disciplinaria. En la actualidad China y Japón están a la vanguardia en el desarrollo de este sistema de pensamiento y producción disciplinaria, no obstante lo cual aún en la actualidad este espacio está restringido, con un desarrollo que se inscribe principalmente dentro de las escuelas, y ha sido en otras disciplinas del diseño, como el industrial (mobiliario, prótesis, utensilios), que ha tenido mayor impacto y aplicaciones prácticas directas.

4 En Europa es posible encontrar varios ejemplos de edificios y espacios públicos realizados mediante el sistema de fabricación digital. El Metropol Parasol, ubicado en Sevilla y realizado por el arquitecto alemán Jürgen Mayer, es de los casos más paradigmáticos.

5 El Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña (en catalán, Institut d'Arquitectura Avançada de Catalunya, IAAC).

Punk Architecture

A mediados de la década del setenta surgió en Gran Bretaña una corriente musical de bandas con fórmulas sencillas y un sonido especialmente fuerte: el punk. En su inicio fue un fenómeno estético-musical que luego pasó a ser un movimiento estético-filosófico que se convertiría gradualmente en una cultura. El movimiento punk puso en práctica la fabricación o reparación de cosas por uno mismo (*do it yourself,* DIY): reparar prendas, instrumentos musicales, organizar sus propios sistemas de trabajo, comunicación, edición (utilizaron los fanzines) y distribución.

Fue una especie de anarquismo o insurrección contra el capitalismo, que derivó en una forma de autoproducción en la que no se espera hacer la voluntad de otros para concretar las convicciones propias. Para Chris Anderson, en su libro *Makers: La nueva revolución industrial,* los *makers* (hacedores) son personas que diseñan y fabrican sus propios productos mediante los nuevos programas de diseño, y las impresoras en tres dimensiones ya están industrializando el espíritu *hágalo usted mismo*. Por otro lado, la actitud que siempre ha tenido el ser humano de hacer cosas, de reparar cosas, esa forma de ahorrar dinero, de entretenerse y de aprender, ahora se ha consolidado en la cultura *maker*. Está claro que la geografía de las cadenas de suministro cambiará. Los *makers* ensamblan, modelan e idean objetos, y por qué no, casas y otro tipo de edificios. Sin ir más lejos podemos referirnos a iniciativas como Wikihouse, un proyecto de código abierto (*Open Source*) de prototipos participativos de vivienda autoconstruibles. Básicamente consiste en una biblioteca de modelos abierta a diseñadores y a cualquiera que busque una manera rápida y barata de construir una vivienda. Una de las cuestiones por las que suscita mayor interés es porque se presenta como solución para la edificación en comunidades con pocos recursos.

Aprender haciendo

Donald Schön (1982a) propuso hace medio siglo tomar como ejemplo de formación el aprendizaje en los talleres de arte y música para mejorar la formación de los futuros profesionales en general. Sostenía que los talleres eran los lugares por excelencia para la formación de profesionales reflexivos, es decir, de profesionales que no solo han adquirido una serie de conocimientos desde la teoría, sino de profesionales a los que les fuera posible enfrentarse a situaciones inesperadas y a las incertidumbres propias de la realidad y, por ende, del mundo profesional. Al

analizar cómo se forma un artista plástico, el autor encuentra que el futuro artista comienza su formación haciendo, experimentando y explorando técnicas al lado del experto, un profesional más experiente que lo guía en el proceso de aprendizaje. Es en esos laboratorios controlados y de *bajo riesgo,* en los que el estudiante puede ensayar soluciones –ensayo y error– tutelado por un docente, donde se produce y reconstruye el saber de modo dinámico y permanente. El docente cumple de esta manera la función de iniciación del novato en el campo profesional, lo acompaña en el proceso para que vaya comprendiendo de modo directo y experimental los problemas concretos del oficio. Este modelo, propio de la formación en varias de las carreras artísticas, nos recuerda al modelo planteado por Dewey, aprender haciendo o, lo que es lo mismo, privilegiar el hacer como fuente de saber.

Al decir de Schön, «Los estudiantes aprenden mediante la práctica de hacer o ejecutar aquello en lo que buscan convertirse en expertos, y se los ayuda a hacerlo por medio de otros prácticos más veteranos […] No se puede enseñar al estudiante lo que necesita saber, pero se puede guiarle: el alumno tiene que ver por sí mismo y a su propia manera las relaciones entre los medios y los métodos empleados y los resultados conseguidos. Nadie más puede verlo por él, y no puede verlo simplemente porque alguien se lo diga, aunque la forma correcta de decirlo pueda orientar su percepción» (1992, p. 21). Es así que en los años ochenta escribe su libro *La formación de profesionales reflexivos: hacia un nuevo diseño de la enseñanza y aprendizaje en las profesiones* (1987), exhortando a que en la universidades se retome la metodología de enseñanza de los conservatorios de música y talleres de arte: «la libertad de aprender haciendo en un contexto de riesgo relativamente bajo» (Schön, 1982b, p. 29).

Mirada desde esta perspectiva, la enseñanza de la arquitectura no se concibe solo como un acto de transmisión de conocimientos direccional, controlable, estable y voluntario. Es también un espacio donde lo irrepetible y lo irrepresentable aparece, donde no solo un saber pasa de un maestro a un estudiante, sino que se trata de un acto en el que se puede hacer presente un saber que antes ambos desconocían. Es por ello que se parte de la experiencia como plataforma de conocimiento y aprendizaje. En palabras de Miquel Adriá (2011): «La experimentación parte del desconocimiento, es la antítesis de la enseñanza académica. El carácter experimental de los talleres los convierte en los laboratorios de aprendizaje, donde se explora lo que no se sabe, se ensayan preguntas sin respuestas conocidas. Pensar es aprender a dudar y proyectar es dar forma a la duda. La construcción del objeto resultante certifica razonamientos y procesos que convierten la experiencia en aprendizaje» (p. 61).

Antecedentes

Los talleres de la FADU, de larga tradición, representan hasta hoy un elemento fuertemente identitario de nuestra institución. Son, por esencia, el lugar de convergencia de estudiantes y docentes. El taller de arquitectura, si bien se ha ido reconvirtiendo a lo largo de los últimos cien años, ha mantenido en ese trayecto aquellas invariantes que lo definen en tanto ámbito fermental e innovador. Fermental porque cuestiona esencialmente las doctrinas, los entendidos y los acuerdos explícitos y no explícitos; innovador en la medida en que instala y pone en el banco de pruebas nuevos dispositivos, abre de forma permanente el campo de posibilidades y alienta la experimentación.

El Taller Danza, en sus casi dieciocho años de existencia, ha intentado implementar prácticas docentes y de aprendizaje que amplíen los límites de la disciplina. Es en esta línea de pensamiento que surgen en 2010 los talleres de obra, que son proyectos ideados, desarrollados, gestionados y construidos colaborativamente, en distintos espacios del territorio, estableciendo diálogos y trabajando en coordinación con distintas instituciones que se han sumado a las propuestas.

Metodología

PENTA es el resultado del primer curso de proyecto del Taller Danza de la FADU de la Udelar, realizado en asociación con el Fab Lab MVD. La propuesta de cada año por parte del taller es realizar la construcción efímera de un proyecto a escala real, concebido y construido colaborativamente por parte de sus estudiantes.

En 2018, el pabellón PENTA abordó las posibilidades de fabricación asistida por computadora, experimentando técnicas con recursos limitados y sistemas de producción digital. La propuesta consistió en la realización de una construcción colaborativa a escala real de un proyecto que potenciara un espacio de la ciudad. El ensayo propuso un abordaje integral del proyecto como instancia de trabajo colaborativo, que abarca desde la etapa de diseño arquitectónico y constructivo hasta la gestión, construcción en taller, estrategia de traslado, montaje en sitio y posterior desmantelamiento del proyecto construido.

La metodología de trabajo empleada fue del tipo colaborativa, a modo de inteligencia colectiva. 24 grupos de estudiantes debieron desarrollar en equipo una propuesta para un determinado

lugar, con un determinado uso, a través de un determinado sistema de producción, en este caso, la fabricación digital. De esas propuestas se eligieron ocho, las cuales debieron ser desarrolladas a través de prototipos a escala (1:5, 1:2) que permitiera perfeccionar el sistema y verificar su eficacia hasta obtener una propuesta viable. Finalmente se eligió una de las ocho propuestas, la cual fue construida de forma colectiva en la nave central del *cowork* paseo cultural de Sinergia Design.

La estructura fue diseñada con pórticos y barras de arriostramiento realizadas en placas de madera de compensado fenólico de 18 mm y 12 mm que fueron cortadas en CNC. El conjunto está ensamblado mediante un sistema de llaves y almas. Muchos de estos detalles y encastres fueron aprehendidos y modificados a partir de la web de fabricación digital WikiHouse, que ofrece los planos para ser bajados y reproducidos. En la construcción de la estructura no se utilizó ningún tipo de tornillo.

Para su diseño y construcción el proyecto debió ser ensayado mediante modelos reales en tres dimensiones que permitieron producir en serie los distintos componentes de su piel, además de prototipos a escala real que posibilitaron las distintas experimentaciones materiales, así como la verificación empírica del comportamiento estructural del conjunto.

Resultados

Respecto a la experiencia concreta, la consideramos exitosa, aunque perfectible, obviamente. Exitosa porque permitió a los estudiantes diseñar y montar todas las partes mediante un sistema de producción digital. La estructura de PENTA –un sistema de pabellones en madera contrachapada, con sistema de encastres– permitió verificar a pequeña escala el potencial constructivo de la fabricación digital mediante el uso del CNC. El estudiante pudo experimentar de primera mano las posibilidades de diseñar, fabricar y construir (o en este caso montar) un artefacto, y evitar así el simulacro.

Exitosa también porque el ensayo permitió generar un vínculo con el medio, al diseñarse dispositivos arquitectónicos para ser utilizados fuera de la facultad, permitiendo exponer y exponerse fuera de los ámbitos académicos disciplinarios. En el caso de Sinergia Design es una institución que además de plantear un modelo comercial se ha propuesto posicionarse como un soporte de trabajo colaborativo, además de anhelar posicionarse como un ámbito

cultural. Es en este contexto que surge la invitación a realizar un trabajo colaborativo entre ambas instituciones, lo cual permitió generar un vínculo entre los estudiantes y los actores reales de nuestra sociedad.

Y, por último, pero no menos relevante, nos permitió instalar el debate sobre la fabricación digital al interior de los talleres de proyecto de arquitectura, tema aún muy incipiente en nuestra facultad, y así como planteaba John Dewey, padre de la pedagogía experiencial, nos permitió seguir ensayando una aproximación al proyecto, que consiste en hacer y pensar en lo que se hace, que sería otra forma de caracterizar la práctica *hacker*.

Debate

Es innegable que hoy la fabricación digital forma parte de nuestra realidad. No obstante, la tendencia actual de nuestra sociedad ha convertido el desarrollo de las herramientas digitales en instrumentos para la promoción de una mayor autonomía individual, sustrayendo la capacidad colaborativa y colectiva que tienen estas prácticas. No en vano, uno de los términos más recurrentes dentro de estas lógicas de producción es *self*, condición que se vuelve paradójica respecto a los modelos y procesos de producción digital, los cuales fomentan el trabajo en red o colaborativo. Es por ello que en nuestra opinión, y en el tipo de ensayos como el ya descrito, en los que se apunta a trabajar en ese sentido, es fundamental resituar desde la academia el potencial de estas herramientas de la esfera individual a la colectiva y suscitar iniciativas y prácticas que promuevan el proceso colectivo en cuanto colaborativo, aunque esto conlleve a sacrificar parte de nuestra autonomía individual. Para la profesión y para el futuro arquitecto que estamos formando, más allá de las técnicas de fabricación digital empleadas en el marco de los talleres, es fundamental la capacidad de entenderse como parte de ese grupo multidisciplinario, que sea colaborativo y esté abierto a recibir los *inputs* del resto de los colegas y, por supuesto, de otras disciplinas.

El papel de los arquitectos ha cambiado a lo largo de los últimos años. Antes trabajaban prácticamente solos, sabían mucho de técnicas de construcción, de materiales y de secuencias de construcción, y eran capaces de realizar construcciones complejas. Esto ha evolucionado en años recientes, y los arquitectos se han convertido en profesionales más especializados en coordinación y en los aspectos más de diseño de los edificios. El mundo se ha vuelto demasiado complejo, lo cual hace pensar que el arquitecto no volverá a trabajar de modo aislado nunca más.

Se espera que este tipo de experiencias desarrolladas en el marco de los cursos de taller de proyecto, y en asociación con otros departamentos de la FADU, sirvan como antecedentes y plataformas para emprender nuevas experiencias colaborativas entre ambos departamentos e instituciones dentro y fuera de Udelar. Fortalecer el vínculo es fundamental para propiciar otras líneas de experimentación tanto en el campo de la investigación como en el de la enseñanza de la arquitectura.

Bibliografía

Adriá, M. (2011). *Talca: cuestión de Educación.* Ciudad de México: Arquine.

Anderson, C. (2013). *Makers: la nueva revolución industrial*. Barcelona: Empresa Activa.

González de Canales, F., y Álvarez Lombardero, N. (2016). *Política y fabricación digital: una discusi*ón en *curso.* Andalucía: Vibok Works.

Himanen, P. (2004). *La ética del hacker y el espíritu de la era de la información.* Barcelona: Ediciones Destino.

Rancière, J. (1987). *El maestro ignorante: cinco lecciones sobre la emancipación intelectual.* Barcelona: Laertes.

Román, J. (2015).*Talca: cuestión de educación.* Ciudad de México: Arquine.

Schön, D. A. (1982a). *El profesional reflexivo: c*ómo piensan los profesionales cuando actúan. Buenos Aires: Paidós.

––––– (1982b). *La formación de profesionales reflexivos: hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones.* Madrid: Paidós.

Sennett, R. (2009). *El artesano.* Barcelona: Anagrama.

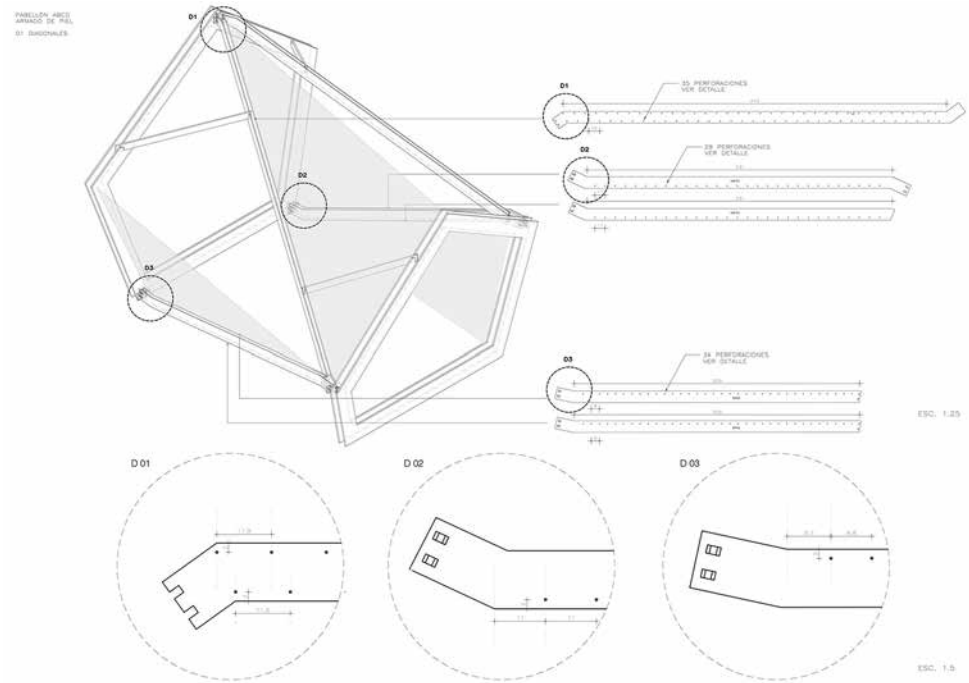

Figura 1. Pabellón ABCD, Armado de piel, Diagonales. Fuente: Marcelo Staricco

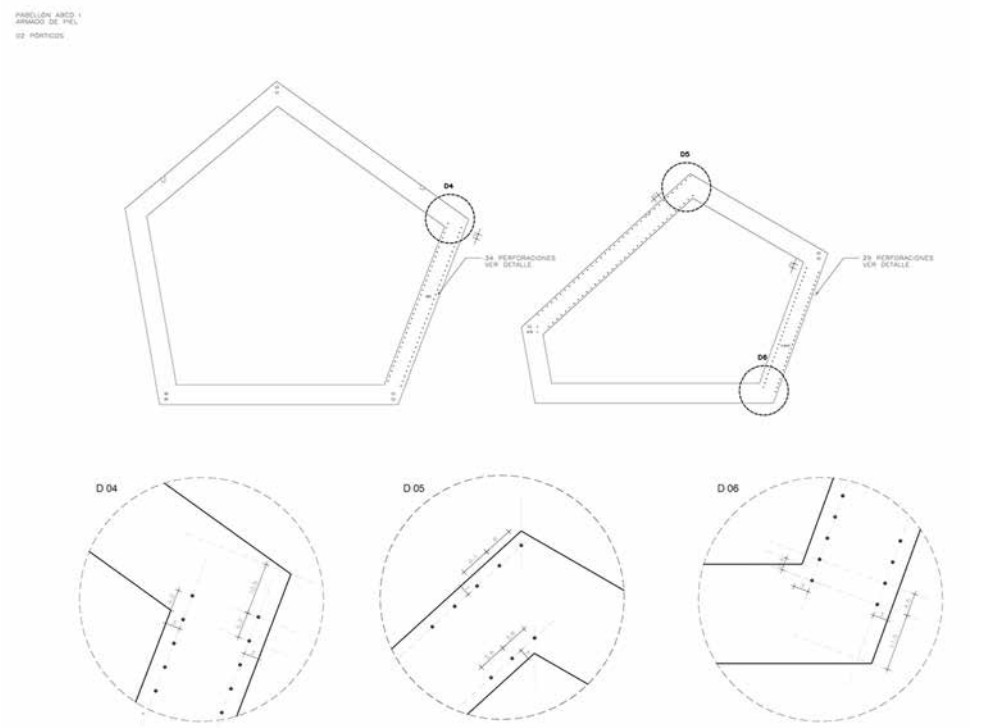

Figura 2. Pabellón ABCD, Armado de piel, Pórticos. Fuente: Marcelo Staricco

Figura 3. Fuente: Marcelo Staricco

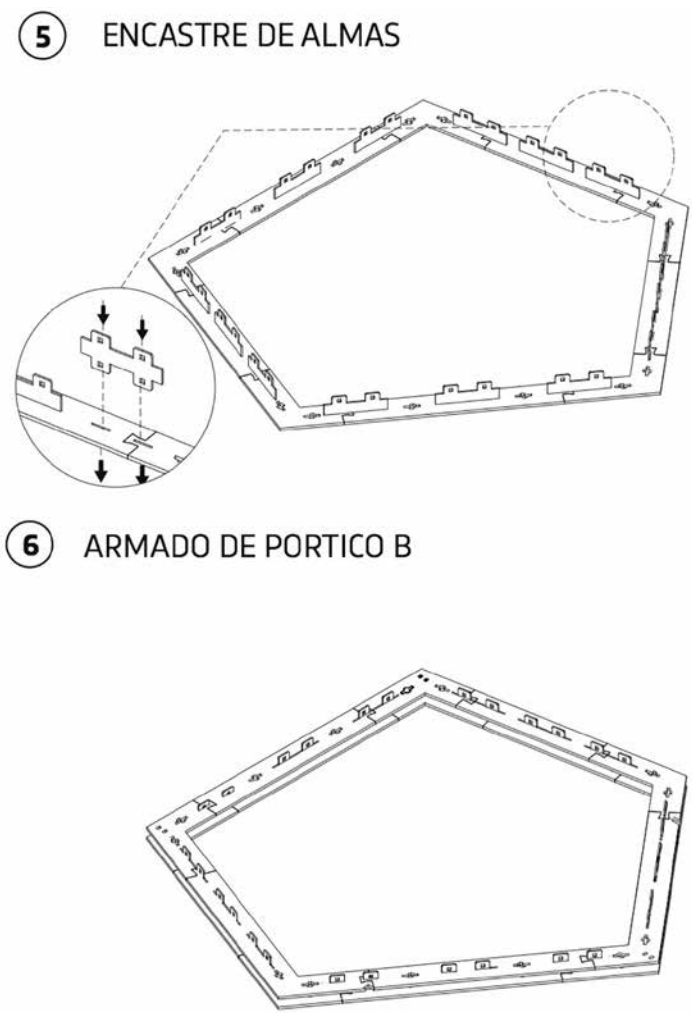

Figura 4. Fuente: Marcelo Staricco

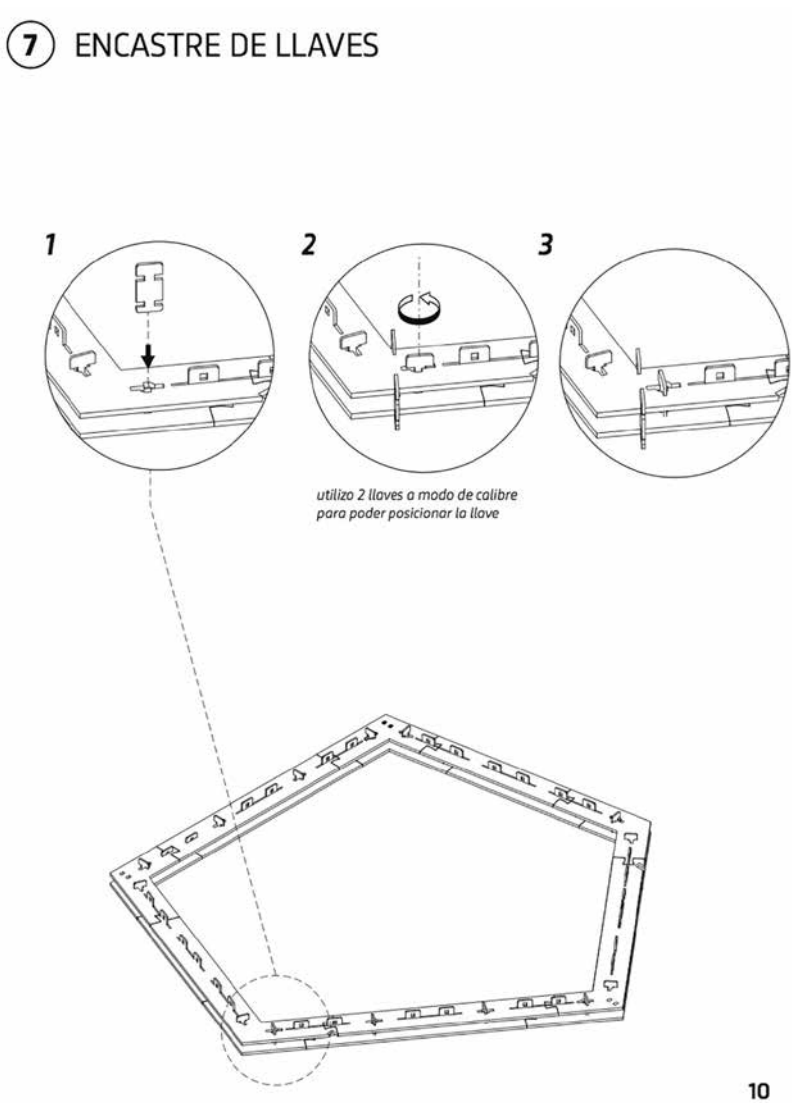

Figura 5. Fuente: Marcelo Staricco

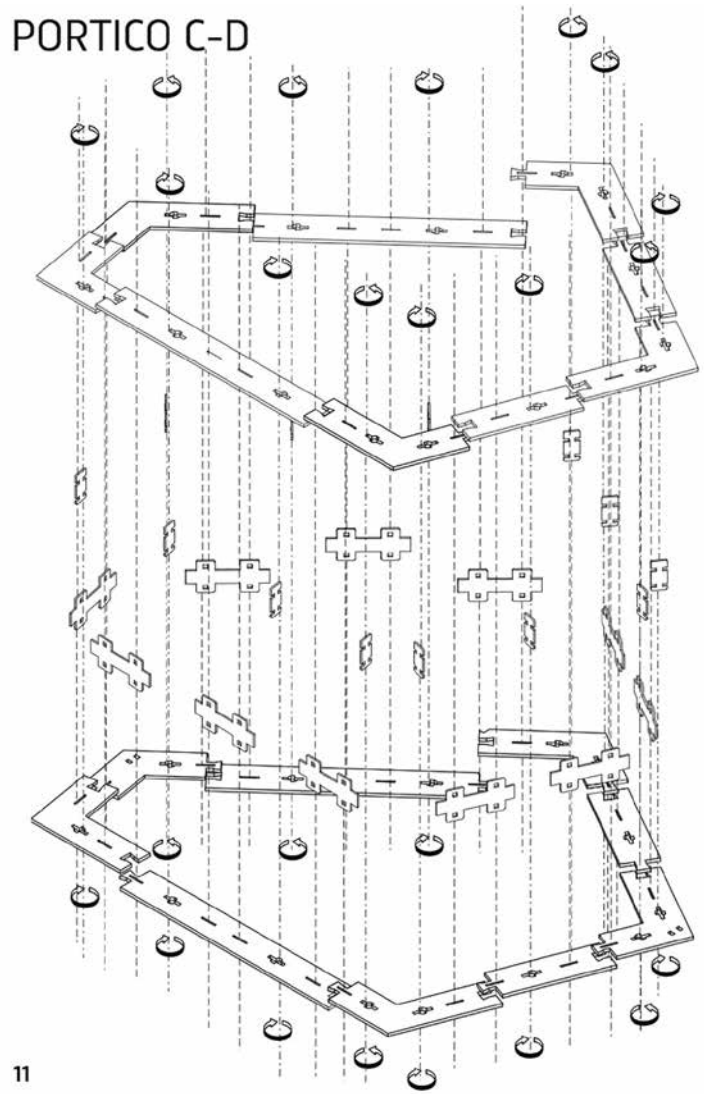

Figura 6. Fuente: Marcelo Staricco

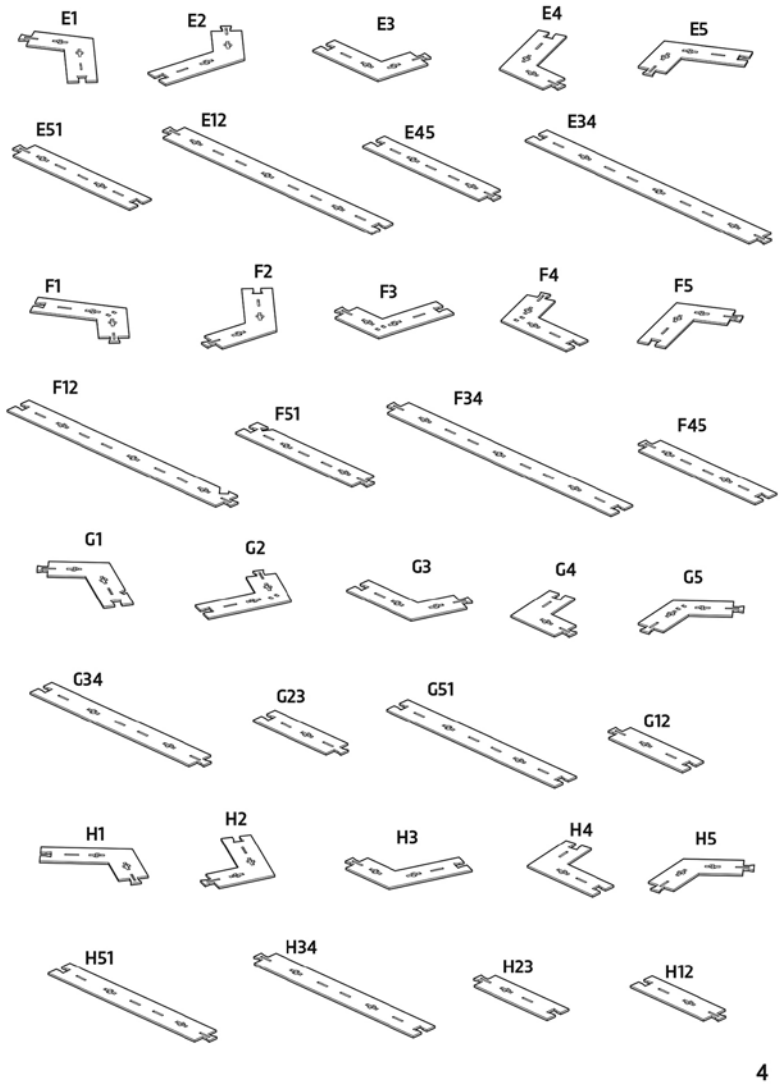

Figura 7. Fuente: Marcelo Staricco

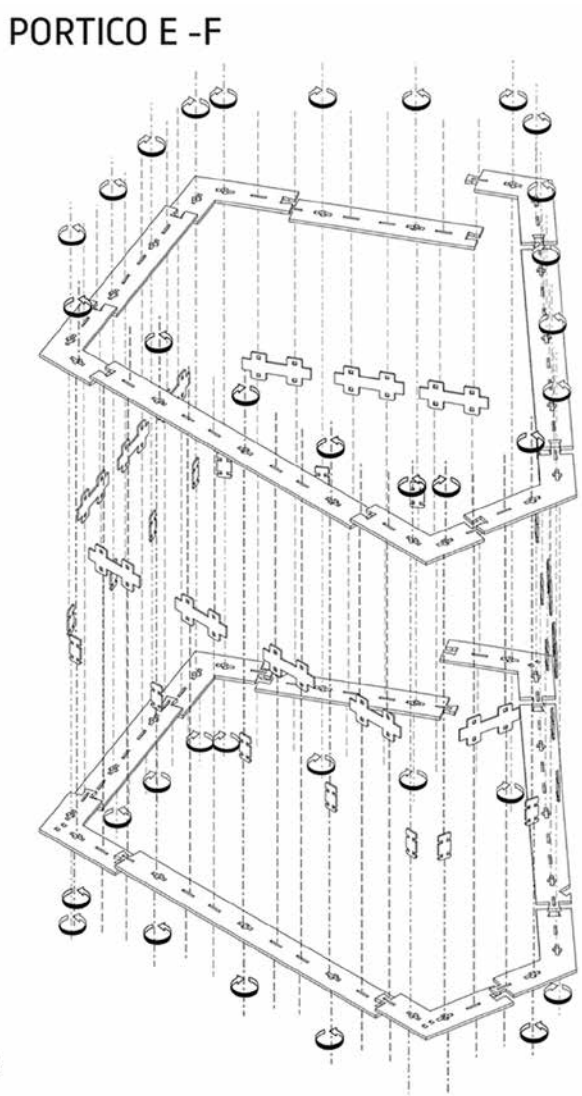

Figura 8. Fuente: Marcelo Staricco

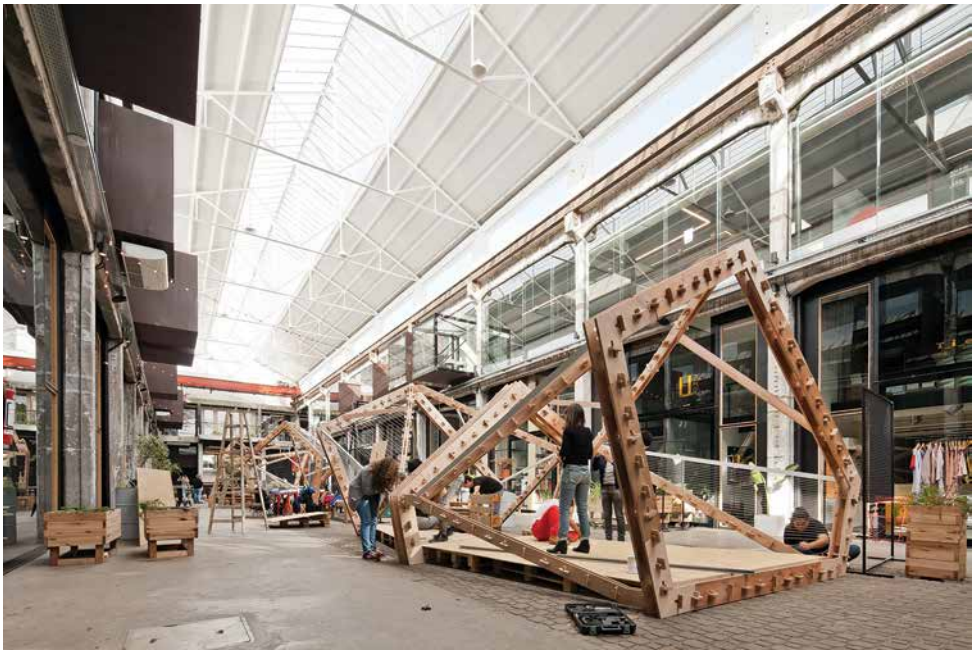

Figura 9. Fuente: Marcelo Staricco

Figura 10. Fuente: Marcelo Staricco

Figura 11. Fuente: Marcelo Staricco

Figura 12. Fuente: Marcelo Staricco

EXTENSIÓN/

ECOSISTEMAS EMERGENTES DE INFORMACIÓN Y CIUDAD

Repositorio digital Anglo

Marcos Lafluf Cuevas
marcoslafluf@fadu.edu.uy

Gabriela Barber Sarasola
gbarber@fadu.edu.uy

Fernando García Amen
efe@fadu.edu.uy

Resumen

Este artículo se centra en la implementación de un repositorio digital y gestión de contenidos del Museo de la Revolución Industrial en Fray Bentos, como parte de un proyecto realizado en el marco del proyecto de I+D «La ciudad inteligente; un palimpsesto digital» , actualmente en desarrollo en el Laboratorio de Visualización Digital Avanzada (Vidialab) de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU). El tema principal del proyecto es el paradigma emergente de *smart cities* con enfoque en el territorio como un paisaje cultural integral. La experiencia, implementación, procesos involucrados y temas afines, son descritos y analizados teóricamente, en la búsqueda de la difusión del patrimonio arquitectónico e histórico.

Palabras clave

Patrimonio, ciudad inteligente, TIC, repositorio digital, difusión del patrimonio, software libre.

Introducción

El desarrollo de proyectos que utilizan Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para la difusión y la apropiación del patrimonio cultural está en una progresiva emergencia, con una diversidad de propuestas que abarcan realidad aumentada, realidad virtual, repositorios digitales, exposiciones digitales, instalaciones interactivas, *videomapping,* software de gestión de contenidos digitales, y un largo etcétera que abarca distintas hibridaciones de software, tecnologías y prácticas asociadas a la cultura digital.

En la actualidad, la integración de las TIC y su mediación en las formas de vivenciar el territorio y de relacionarse con este y con lo patrimonial ha replanteado ambas nociones. Lejos de pertenecer a una categoría física y unidimensional, en ambas se incorporan y superponen dimensiones que sobrescriben múltiples relatos favorecidos por la versatilidad de estas tecnologías. Los replanteos que interesa abordar en el presente artículo son aquellos que refieren a los cambios en las formas de trabajo sobre la difusión y apropiación de lo patrimonial en el contexto de TIC, así como hacer una lectura que nos permita visualizar el lugar que ocupa este en el nuevo ecosistema que plantean las *smart cities*.

Los proyectos destinados a la difusión y revalorización del patrimonio histórico y arquitectónico tienen una gran relevancia en la construcción del territorio, en tanto hacen a su dimensión histórica y aportan elementos identitarios que lo definen a este y a quienes lo habitan, así como el acceso y la apropiación de los bienes culturales que estos implican, ya que juegan un rol en la cohesión social y en el desarrollo cultural, aportan al desarrollo socioeconómico general de la sociedad y toman la perspectiva del desarrollo humano[1] como marco conceptual y teórico.

La concepción de acceso y reutilización en los términos actuales difiere mucho de los conceptos manejados antes del desarrollo exponencial de las tecnologías de información y comunicación en el presente siglo (sitio web de datos, big data, sistemas expertos, etc.). Los proyectos de difusión centrados en los conceptos referidos reclaman una lectura actualizada o contextualizada que pueda integrarse de forma más clara a las nuevas concepciones del territorio y las ciudades.

En esta línea de justificación y fundamentación se presenta este proyecto, para intentar aportar algunas observaciones que puedan ser de utilidad.

1 Perspectiva y teoría asociada en sus inicios a Amartya Sen, adoptada por los principales organismos internacionales en la actualidad.

El proyecto

La implementación del repositorio digital Anglo se enmarca en el proyecto I+D «La Ciudad Inteligente; un Palimpsesto Digital», en la actualidad en desarrollo en el Laboratorio de Visualización Digital Avanzada (Vidialab) dependiente del Departamento de Informática aplicada al Diseño (DepInfo) de la FADU. Dicho proyecto tiene como motivación la designación del Paisaje Cultural Industrial Fray Bentos (también referido como Anglo) como patrimonio de la humanidad por la Unesco en 2015.[2]

Este proyecto de investigación presenta varias vetas que involucran las TIC y los nuevos medios destinados a la difusión y la accesibilidad al patrimonio urbano-arquitectónico de formas novedosas.[3] En ese contexto, surge el proyecto Repositorio Digital del Anglo, para lo cual se forma un equipo multidisciplinario de profesionales de distintas áreas (arquitectura, comunicación, ciencias de la información e ingeniería) para la implementación de este repositorio que agrupa diferentes objetos digitales y documentos de distintos tipos, mediante la utilización de software libre y una serie de modificaciones en su código para manipular los contenidos mediante los metadatos. Información textual, visual, sonora y de valor histórico que fue digitalizada en el museo y que se puede visualizar en un mapa en el que se disponen las arquitecturas que componen el paisaje industrial del Anglo,[4] y reutilizarse en aplicaciones de realidad aumentada u otros desarrollos que referiremos más adelante.

En estos espacios de convergencia que representan estos proyectos se presentan una serie de cuestiones que se pretenden observar y problematizar a partir del estudio del caso mencionado, con el enfoque en tres ejes:

2 El Paisaje Industrial Fray Bentos se ubica en el departamento de Río Negro (Uruguay) y abarca 275 hectáreas que incluyen la arquitectura del frigorífico Liebig's-Anglo, sus instalaciones industriales, los muelles sobre el río Uruguay, el matadero, las áreas dedicadas al pastoreo, las residencias de jefes y obreros y sus lugares de esparcimiento. Su valor radica en que el lugar permite «… aprehender la totalidad del proceso de una producción de carne que tuvo importancia mundial». Extraído del documento *Paisaje Industrial Anglo* presentado a Unesco, elaborado por IMRN (2015).

3 Para mayor profundización en estas formas novedosas de interacción con el patrimonio que plantea el proyecto Palimpsesto Digital, ver el trabajo Interactive Projection Mapping: Proyecto Patrimonio A©(Barber y Lafluf, 2016) en el que se describe y se presenta la utilización de realidad aumentada proyectada para acceso a información del patrimonio en cuestión.

4 Para explorar repositorio acceder a http://fraybentos.patrimonioanglo.com.

a. el ecosistema informacional y de comunicación en el que se desarrollan estos proyectos (universo de metadatos, interoperabilidad, acceso y reutilización).
b. el potencial del código abierto o software libre.
c. los elementos vinculantes con la ciudad desde las concepciones de la *smart city*.

Metodología

Se realiza una descripción general del proyecto, concentrando el análisis e interpretación en los elementos que nos permiten indagar las cuestiones de interés señaladas antes y compartir con la comunidad la experiencia transitada para aportar a los debates implicados.

La descripción general del proyecto se estructura teniendo en cuenta sus principales componentes. Por motivos de claridad en la exposición se divide en tres módulos:

1) Software libre; 2) Trabajo con metadatos y 3) Productos o desarrollos a partir de la gestión de contenidos digitales mediante software (aplicaciones, exposiciones virtuales, visualización de información, reutilización para realidad aumentada, etcétera).

Concentrándose en la descripción y en el análisis del software libre y su relevancia en el proyecto, el ecosistema informacional en el que se inscriben teniendo como referencia tres conceptos: el acceso, la reutilización y la interoperabilidad nos permite por esta vía aproximarnos a las implicancias de estas herramientas en la difusión y apropiación del patrimonio en la ciudad en el contexto de TIC.

Las conversaciones teóricas que guían el análisis del caso de estudio referido lo integran las lecturas actuales sobre el patrimonio en el contexto digital y *smart city,* así como los estudios del ámbito de la ciencia de la información referidos a software libre, repositorios digitales, metadatos y tratamiento de objetos culturales.

El repositorio

Los repositorios digitales son colecciones de objetos digitales de diferente naturaleza (imágenes, sonido y textos) que ofrecen un mecanismo para depositar material por parte del creador, el dueño y el administrador. Cuentan con una arquitectura que maneja tanto el contenido como los metadatos, ofreciendo servicios básicos tales como búsqueda y recuperación, administración, controles de acceso y permisos (Heery y Anderson, 2005).

Entendemos que los repositorios digitales son una materialización del fenómeno de desarrollo del software libre, en el que aplicaciones de código abierto como Dspace, Fedora u Omeka,[5] entre otros, han colaborado para que se produzca un progresivo aumento de ellos en el contexto nacional e internacional. Las implicancias de esto trascienden el ámbito de la difusión del patrimonio y nos conectan también con los conceptos de ciudad inteligente, en la medida que estos software gestionan contenidos mediante metadatos que pueden ser integrados a otras plataformas que hacen a la dimensión informacional de la ciudad.

Si bien el software puede entenderse como un elemento fundamental que hace al repositorio digital, por motivos de este artículo nos concentramos en dos de estos elementos interrelacionados: los metadatos y el software, en tanto son estos los que nos permiten observar y reflexionar sobre la difusión y otros puntos referidos. Estos son entendidos como herramientas para la construcción de ciudadanía, permitiendo la participación en los procesos de significación y resignificación del patrimonio arquitectónico y cultural de la comunidad.

En este sentido, entendemos que construir un repositorio digital es construir territorio en su dimensión cultural e informacional. Se entiende que aportan a la conformación de espacios digitales en la ciudad de Fray Bentos, potenciando y dinamizando los procesos que hacen al desarrollo cultural, ya sea, brindando material para el desarrollo de objetos educativos digitales así como posibilitando su recuperación y reutilización para otros fines.

Para la creación del repositorio se ha implementado y adaptado el software libre Omeka, tanto para agrupar como para gestionar los contenidos digitales del Museo de la Revolución Industrial. La gestión tiene como motivo la difusión y el acceso a documentos visuales de formas novedosas (acceso mediante mapa, galerías digitales georeferenciadas). Al momento se han agrupado en el repositorio doscientos documentos aproximadamente, entre fotografías, mapas, postales, planimetrías y otros documentos. Conjuntamente se generaron cincuenta exposiciones digitales

5 Dspace: *software* de código abierto desarrollado en alianza entre el MIT y HP, que provee herramientas para la administración de colecciones digitales. Fedora (Flexible Extensible Digital Object Repository Architecture). Omeka: Los responsables de Omeka la definen como una plataforma de publicación web libre, flexible y de código abierto, pensada para mostrar colecciones digitales y exposiciones virtuales de bibliotecas, archivos y museos. Se trata de un proyecto del Roy Rosenzweig Center for History and New Media, responsables también del gestor bibliográfico Zotero. Omeka está liberado mediante una Licencia de software libre (GPLv3), con lo cual su distribución, uso y modificación son libres.

georreferenciadas –respetando la estructura programática arquitectónica– que agrupan distintos documentos afines con temáticas de interés general (historia, orígenes y evolución).

Módulo 1. Software libre: breve descripción y análisis

Para el desarrollo del repositorio se optó por el Omeka. Según Soarin (2011), este software se encuentra en la intersección entre un gestor de contenidos web de propósitos generales como Wordpress o Drupal, los software de repositorio como Dspace y Fedora y los sistemas de gestión de colecciones de los museos como Domus o TMS.

En este sentido, Omeka se puede entender como un software libre para generación de repositorios y gestión de sus contenidos digitales, que utilizando estándares internacionales de intercambio de datos de W3C, esquemas de marcado XML y RDS, admite la utilización de estándar de metadatos genéricos, por ejemplo, Dublin Core, o, específicos como VRA CORE (Visual Resources Association Core Categories) y el protocolo OAI-PMH.[6] Al ser un software no propietario, de código abierto, la participación de un ingeniero en programación habilitó la personalización de ciertos aspectos que permitieron adaptarse a las peculiaridades del patrimonio objeto del proyecto.

La hibridación propia de los software culturales a la que refiere Manovich (2003) se puede observar de forma clara en el software utilizado en el proyecto. Por un lado, las exhibiciones promueven la reutilización y potencian las cualidades de comunicación de los objetos digitales, ya que existe un proceso de selección y narración de los objetos digitales. Por otro lado, la gran variedad de *plugins* y su carácter de software libre y abierto son cualidades a destacar, ya que promueve distintos usos: adaptabilidad, accesibilidad e interoperabilidad a través de protocolos y metadatos de fácil uso.

El código abierto y la difusión del patrimonio. Oportunidades e implicancias

Como primera observación a destacar, estamos frente a un proyecto para un museo y propio de este. Se trata del Museo de la Revolución Industrial, pero realizado por un grupo foráneo, lo cual es sintomático de un fenómeno generalizado asociado al desarrollo de las TIC. El traslado y la apertura de actividades y proyectos relacionados al patrimonio que antes estaban circunscritos a determinados ámbitos asociados a instituciones de la memoria como museos comienzan a

6 Open Archive Initiative-Protocol for Metadata Harvesting (OAI-PMH).

ser abordados y realizados desde otros ámbitos donde convergen distintos colectivos o entes institucionales (facultades, empresas, colectivos culturales, etc.). De esta forma, distintos profesionales de variadas áreas (es el caso de arquitectos, documentalistas, ingenieros, diseñadores, entre otros) son agrupados a partir de proyectos comunes trabajando de forma interdisciplinaria y transdisciplinaria, trasladando y combinando diferentes formas de hacer.

Estos traslados y aperturas relacionados estrechamente con este tipo de proyectos, se dan en una intersección en la que convergen una progresiva digitalización y un gran desarrollo de software para gestión de metadatos con código abierto, lo que ha derivado en mayor accesibilidad a herramientas para la difusión y revalorización del patrimonio, habilitando la participación de nuevos actores en los procesos.

Una actividad específica en la que los museos llevan varios años trabajando es la descripción o catalogación de objetos culturales y el desarrollo de metadatos (entendiendo la ficha catalográfica como una antigua estructura de metadatos dirigida a recoger datos para el acceso a estos). Desde la revolución de las TIC, esta exclusividad se ve modificada y es intervenida desde varias áreas como la ingeniería (codificaciones, esquemas XML, software de gestión de metadatos), el diseño (interfaz de acceso) y otras ramas de las ciencias de la información abocadas al desarrollo de normativas y estructuras de metadatos para la descripción y recuperación de datos de objetos arquitectónicos o artísticos.

En el panorama actual, con la expansión y accesibilidad del software libre, es posible que un grupo de docentes o un colectivo minoritario pueda realizar su propio sistema de información sobre un objeto o patrimonio determinado e implementar una galería o una exposición digital, insertar los objetos culturales y su información en los canales de información que circulan en la ciudad, así como en el ámbito global, interviniendo en los flujos de información que se despliegan sobre las ciudades y los territorios, sin tener requerimiento de gastos en infraestructura o licencias de software.

Módulo 2. Trabajando con metadatos

Podemos definir a los metadatos como los datos que describen las características de un recurso. Se utilizan, ya sea por personas o computadoras, para varias funciones, por ejemplo, localización, búsqueda, descripción, evaluación y selección. Existen distintos tipos de metadatos, ya que

se desarrollan en distintos ámbitos de trabajo. De igual manera, en estos últimos años, se han desarrollado varios estándares que contribuyen a su normalización. Dichas normas se elaboran a través de acuerdos generales de los especialistas o grupos de trabajo de cada área o disciplina en la que se utilizan.

En el marco de la implementación de un repositorio, y por lo antes mencionado, se entiende necesario hacer un estudio de los diferentes sets de metadatos y determinar cuál es el más adecuado para aplicar a las diferentes colecciones de fotos, mapas y archivos que conformarán el repositorio.

En la línea de López, Sánchez, Pérez (2003) es posible considerar que el material audiovisual, si bien comparte algunos atributos con el material textual, demuestra cierta complejidad en los procesos de producción, edición, difusión y archivo que representan variables capaces de dificultar su recuperación. Es necesario estudiar esquemas de descripción que garanticen la gestión y la distribución de este tipo de materiales, así como evaluar en qué medida los estándares de metadatos utilizados aproximan al usuario al contenido de un recurso (Caldera-Serrano y Freire-Andino, 2016).

La opción tomada en una primera etapa es la semántica del Dublin Core,[7] la cual, como se refiere en el Grupo de estudio metadatos repositorio Colibrí (2014), ha sido establecida por un grupo internacional e interdisciplinario de profesionales de biblioteconomía, informática, codificación textual, comunidad museística y otros campos teórico-prácticos relacionados. Su uso se generalizó y en 2003 se convirtió en norma ISO 15836/2003.

Dicho estándar de metadatos se profundizó y se utilizó para el presente proyecto. Esta opción se fundamentó en los siguientes criterios: a) es el estándar más utilizado en los repositorios regionales e internacionales y, ante la posibilidad de integrarse a estos en el futuro, es necesaria la compatibilidad de estándar; b) cumple con los requerimientos técnicos, administrativos y de preservación; c) presenta facilidad en su uso; d) es el estándar elegido por el protocolo de interoperabilidad OAI-PMH, y e) puede ser utilizado con el Omeka.

De todas formas, se pretende seguir explorando, en una etapa posterior, otro estándar de metadatos compatible con el software Omeka,[8] manejado como opcional de sumo interés para la

7 http://www.dublincore.org.

8 El reciente plugin de Omeka VRA CORE permite el manejo de este estándar de metadatos. Disponible en http://omeka.org/codex/Plugins/VraCoreElementSet.

difusión de información en el ámbito de la arquitectura, como es la estructura VRA CORE. Según la Library of Congress Cataloging Publication Datapage (2010, p. 24) es «el método adecuado, para describir la documentación visual del patrimonio cultural y de los objetos de museos».

Metadatos y cultura en la Smart City

Como señala Bonete Vizcaino (2016), la ausencia en la profundización de la dimensión cultural de las *smart cities* es generalizada, y el patrimonio cultural es el gran olvidado en los estudios o catálogos de los proyectos asociados a *smart city.* Si bien, como señalan Sanches y Bonete (2016), estos se conectan con varios sectores como el turismo, el urbanismo o la arquitectura son una fuente de riqueza para el desarrollo de las ciudades. Visto esto en el contexto de ciudades en proceso de desarrollo en países con un gran ingreso por turismo, resultaría paradójico no detenerse en este punto. Teniendo en cuenta los límites del presente trabajo, está en su intención hacer visibles algunos axiomas que conectan estos proyectos con el concepto de *smart city*.

Esta referencia nos mantiene atentos a la hora de abordar las concepciones duras y cerradas de *smart city*, entendiendo, como muchos autores, la ambigüedad implícita de este término y su condición de término presentativo –más que representativo– de una realidad en construcción. Sin duda remite a un uso óptimo de la información, interconectada y disponible en la actualidad para comprender mejor, controlar sus operaciones y optimizar el uso de recursos limitados (IBM,2011).

Como refiere el organismo de Medellín[9] en su web, una *smart city* se distingue de otras por una mayor disponibilidad de información y herramientas y por la capacidad de los ciudadanos de mejorar su entorno, entre otros elementos ya referidos. En este sentido, se pone a disposición material sobre el patrimonio, en su gran mayoría con licencias *creative common* para su posterior reutilización, y se genera un cúmulo de datos (metadatos) que pueden ser recogidos por otros sistemas de información (Protocolo OPM) de forma automática, o que permiten el diseño modular que presente la arquitectura del sistema de información. Pueden ser utilizados para el diseño de objetos digitales educativos así como para permitir la integración, utilización y reutilización de los metadatos y datos por otras aplicaciones, como aquellas relacionadas a realidad aumentada orientadas al museo. Es así que conforman aportes relevantes para la construcción de ciudades más inteligentes.

9 Sitio web disponible en http://www.integramun.org/integramun/.

Como señala Komminos *et al.* (2012), una de las ventajas de la revolución de los datos en las ciudades es la posibilidad de gastar menos, en tanto el código abierto está disponible, y de reutilizar datos recogidos en otros sistemas, y para cualquier estrategia de una ciudad inteligente el software libre es clave. En este sentido, este proyecto asociado a lo cultural y patrimonial materializa esas premisas y hace observable esa situación, en tanto el proyecto se ve favorecido y se torna realizable en la medida que es posible prescindir de gastar en licencias de uso, por la existencia de software y códigos abiertos (Omeka). Por otro lado, se desarrolla un cúmulo de datos que es posible compartir y poner a disposición de toda la sociedad para posibilitar un mayor dinamismo y desarrollo cultural de la ciudad.

Según Campbell (2012) y Hollands (2008), se presenta, con distintas asociaciones, un concepto de interés: la idea de centralizar la información. Desde los distintos enfoques posibles la gestión de la información es fundamental.

Fray Bentos, la ciudad en la que se inscribe el patrimonio sobre el que se trabaja, se contextualiza en un país con alto desarrollo en lo que refiere a datos abiertos, gobierno electrónico, acceso y uso de internet, y, por sobre todo, está casi completamente cableado con fibra óptica y dispone de cobertura 4G en casi la totalidad del territorio. Se podría entender esto como un contexto principio para hablar de *smart city,* o por lo menos, de las implicancias en la dimensión cultural asociadas a este concepto, como es brindar un sistema con base tecnológica que permita mayor acceso y difusión del patrimonio cultural a través del uso intensivo de TIC, como refiere Bonete Vizcaino (2016).

Módulo 3. Productos y desarrollos a partir de la gestión de contenidos digitales mediante software libre. Gestión y desarrollo de subproductos a partir del trabajo con software y metadatos

Una breve descripción de este módulo nos permite concluir la visualización de esos procesos de interacción y la construcción del territorio por medio del uso de las nuevas tecnologías de la información.

Generación de colecciones y subcolecciones digitales de contenidos del Museo de la Revolución estructurados de tal forma que representen la estructura física del frigorífico y el paisaje industrial en general. La posibilidad de generar un árbol de colecciones mediante el software[10]

10 Plugin Tree (http://omeka.org/add-ons/plugins/collection-tree/).

permite que los visitantes del repositorio en su proceso de navegación vayan tomando una idea general del paisaje y los espacios implicados.

El proyecto contempla, para una segunda, instancia hacer uso intensivo de la base de datos obtenida y de los potenciales del software, para el desarrollo de lo que podemos llamar subproductos.

a. Explotará la construcción modular y la posibilidad de descarga que habilita el software, así como el uso de licencias *creative common* para propiciar y posibilitar la reutilización de contenidos para la elaboración de objetos de aprendizaje y objetos educativos digitales (ODE) en el ámbito de la educación primaria y secundaria, en tanto muchos contenidos se asocian a los programas curriculares de estos.
b. Realidad aumentada en el paisaje industrial reutilizando los contenidos del mismo repositorio, para mayor conocimiento y apropiación de quien visita el lugar.
c. Aplicaciones y turismo. Para una etapa más avanzada del proyecto, se prevé enlazar el repositorio a aplicaciones relacionadas al sector de turismo en Uruguay como una forma de colaborar con la visualización y el posicionamiento del Paisaje Industrial Fray Bentos como un destino turístico en el interior del país.

Nuevo ecosistema de información y comunicación: nuevas formas de difundir el patrimonio

Una premisa que se intenta explorar con la descripción y el análisis del presente proyecto es aquella que resumimos en la siguiente ecuación: un nuevo ecosistema de información y comunicación es igual a nuevas formas de hacer difusión del patrimonio.

Desde una perspectiva general y teórica podemos decir que el ecosistema informacional[11] en el que se instalan estos proyectos se caracteriza por la convergencia e hibridación de distintos software y tecnologías y prácticas en cuyo seno se produce un *remix* profundo, teniendo presente los planteos de Manovich (2008). Estos procesos de hibridación y convergencia que caracterizan al ecosistema se ven favorecidos en gran medida por la naturaleza digital de los medios que la

11 Se toma el concepto teórico introducido por Neil Postman en el año 1968, el cual aborda a los nuevos medios a partir del uso de la metáfora ecológica como representación del contexto en el que se utiliza dicho medio.

habitan. A grandes rasgos, si se toma al mismo autor esta naturaleza digital se puede caracterizar a partir de cinco elementos: representación numérica o digital (codificación binaria, que permite la recodificación, lo que implica facilidad de manipulación), modularidad (se conforma a partir de varios objetos mediáticos), automatización (procesos automatizados mediante software), variabilidad (circula en varios medios) y transcodificación (cultural e informática). Si tomamos el proyecto específico que presentamos y nos detenemos en el software y en los procesos que se realizan se puede observar claramente cómo se puede representar o asociar con estos elementos referidos por Manovich (2003). Específicamente en lo que refiere a los circuitos de información de patrimonio cultural, arquitectónico e histórico y sus formas de difundir –al observar otros casos y teniendo en cuenta los estudios especializados al respecto de repositorios digitales o banco de datos relacionados a patrimonios– podemos destacar que se caracterizan por un gran desarrollo del trabajo con metadatos, con el desarrollo de varios estándares internacionales de descripción o catalogación de objetos culturales cada vez más específicos según el tipo de objeto que se describe, como una manera de extraer la mayor cantidad de datos pertinentes e identificadores para permitir una mayor manipulación por el software de gestión de metadatos u otros códigos así como permitir el intercambio de información con otros sistemas de información de la red.

Otros aspectos que hacen a este ecosistema en relación con el patrimonio y con los repositorios es la utilización de software que trabaja con xml u otros lenguajes que permiten el acceso y la utilización desde móviles u otros sistemas y posibilitan su reutilización desde otras aplicaciones. De alguna manera esto nos conecta con la comunicación M+M (máquina con máquina) que ha permitido expandir la red de información digital que hace a la dimensión informacional de las ciudades y los territorios, entendido como un componente que hace a la ciudad inteligente.

Siguiendo con esta comunicación máquina-máquina y la automatización de procesos implicada, la utilización del protocolo OAI-PMH por parte de un software como Omeka favorece el surgimiento del fenómeno de los agregadores de contenidos. Un claro representante de esto en el ámbito del patrimonio cultural es Europeana.[12] Estos actúan como grandes bancos de datos que se alimentan de otros sistemas que se han abierto para la cosecha de sus metadatos mediante este tipo de protocolos. En este sentido, los flujos de información que hacen a la imagen cultural

12 Disponible en http://www.europeana.eu/portal/es.

y al patrimonio en general tienen en su dirección un condicionante cibernético que transforma los conceptos de accesibilidad, visibilidad y difusión de la información.[13]

A partir de esta breve caracterización del ecosistema podemos referir a tres elementos que se presentan en estos ecosistemas y que funcionan como ejes fundamentales del proyecto y ayudan al presente abordaje: el acceso, la interoperabilidad[14] y la reutilización.

Cuando nos referimos a accesibilidad, el concepto que interesa es el que hace referencia a la disponibilidad de los recursos para su acceso, descarga, copia, distribución, impresión y enlazado de sus metadatos. El elemento diferencial respecto a los sistemas convencionales es que los metadatos están normalizados y son recolectables a través de procesos automatizados, facilitando su reutilización sin ninguna barrera financiera, técnica o semántica (Cerdá, 2015). En este concepto se agregan elementos a la definición desarrollada inicialmente por la declaración de la Budapest Open Access Initiative,[15] que nos permite visualizar lo que referimos como acceso en términos de *smart city*, en la que la interoperabilidad de los sistemas es fundamental no solo para garantizar el acceso a las personas desde varias tecnologías distintas: un celular, una tablet o una PC, sino que otros sistemas-máquinas puedan acceder y reutilizar los datos para otras finalidades.

La perspectiva (tecnócrata) de *smart city* es insistente sobre la efectividad del hecho de perseguir a partir de la gestión de la información en las operativas más básicas de los sistemas que hacen a una ciudad (transporte, turismo, seguridad, etc.) y su desarrollo económico y sociocultural. La efectividad en la operatividad y el desarrollo de cualquier sistema tiene como requisito el flujo constante de información en forma bidireccional y circular para permitir los procesos de retroalimentación que garantizan su constante autorregulación y funcionamiento (retomando el origen cibernético de este tipo de perspectiva o relatos que en su forma pura retrotraen a la cibernética de Norbert Weiner de los años cuarenta).

13 En Wikipedia (n. d.) se señala «Europeana es el portal del patrimonio cultural europeo que comenzó con dos millones de objetos digitales y cuya colección alcanzó los 29 millones de documentos en el año 2013» y tiene como uno de sus objetivos «... agregar contenido cultural europeo para construir una fuente abierta y confiable del patrimonio europeo, representante de la diversidad cultural europea».

14 El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) (1990) define *interoperabilidad* como la habilidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar dicha información.

15 La declaración señala que el acceso abierto brinda la posibilidad de que el usuario pueda leer, descargar, copiar, distribuir e imprimir literatura erudita que esté disponible de forma gratuita en internet (Budapest, 2002).

El ecosistema de información de lo patrimonial referido antes replica estas lógicas y funcionamientos hoy asociados a las *smart cities*. A modo de ejemplo, no es sustentable que una aplicación orientada al turismo de la misma ciudad vuelva a digitalizar, describir (metadatos) y conformar una base de contenidos digitales referidos al Patrimonio Anglo cuando puede reutilizar los contenidos o metadatos de estos de forma automática en tanto la base de contenidos digitales mencionada es abierta y de acceso libre.

Implementar proyectos relacionados al patrimonio cultural que puedan conectarse y estar en concordancia con este ecosistema atravesado y construido por el código, la digitalización avanzada y los sistemas inteligentes tiene condicionantes de orden cibernético (sistema de comunicación de las máquinas) donde los elementos acceso, reutilización e interoperabilidad son fundamentales para obtener cierta operatividad y efectividad o sustentabilidad para hablar en términos de smart city en su perspectiva tecnócrata.

Consideraciones finales

El desarrollo de las tecnologías de digitalización y de los softwares para gestión de objetos culturales y conformación de colecciones, su disponibilidad a un costo reducido y su facilidad de uso fue determinante para cumplir los objetivos del proyecto propiciando el acceso y la apropiación, para motivar de alguna manera el ejercicio de la ciudadanía cultural y el desarrollo cultural general de la comunidad.

Las características del software utilizado que se abordaron se consideraron fundamentales en la implementación de este tipo de proyecto si se pretende brindar acceso en los términos actuales, así como posibilitar los ciclos de reutilización de los datos y contenidos recogidos.

Al analizar el acceso y la reutilización en los términos planteados, se entiende que tanto la visibilidad como el impacto de estos proyectos pueden presentar un condicionamiento desde el orden del código. A modo ilustrativo, este imperativo de orden cibernético (de las máquinas y sus sistemas de comunicación) se puede ejemplificar a partir de las siguientes situaciones: a) si un conjunto de datos no está estructurado en un esquema XML u otro lenguaje que permita la interoperabilidad, no solo no podrá ser accedido desde un móvil, sino que no podrá ser integrado a otras aplicaciones y quedará fuera de ciclos de reutilización que dan valor agregado, o, tomando nuestro caso, b) si un repositorio digital no es realizado con un software que pueda tra-

bajar con protocolo OAI-PMH Harvester no podrá ser recogido por otros agregadores o integrarse a los canales y flujos por donde circula y se hace visible la información cultural.

Las vinculaciones visibilizadas con respecto a las *smart cities* desde una perspectiva amplia son evidentes; el concepto de *inteligente* asociado a la ciudad implica la existencia no solo de sistemas de gestión y almacenamiento de información, sino una vinculación de la información con el espacio o el territorio en donde esta no solo representa dimensiones asociadas a la memoria y la cultura, sino que la conforman. También desde esta perspectiva podemos entender que un repositorio realizado con este tipo de software contribuye a la referida eficiencia en el uso de la información y los recursos asociados a la convivencia en un territorio, lo cual define a estas ciudades en el contexto de las TIC, en tanto permite la utilización y la reutilización de la información por el mismo sistema de información generado como de los distintos actores vinculados a este en los distintos niveles de relacionamiento con la información y los espacios (productores, gestores y usuarios de esta información), además de permitir la reutilización por parte de otros sistemas. Como última consideración, se señala la relevancia que tomó configurar el proyecto como una experiencia interdisciplinaria en la cual se vincularon distintas áreas del conocimiento como las ciencias de la información, la arquitectura y la ingeniería. En tal sentido, se considera necesario reproducir experiencias de este tipo.

Debate

El motivo del presente estudio no se limita a una descripción del proyecto a modo de compartir con la comunidad las políticas de metadatos, contenidos y acceso a los datos, así como la descripción de las distintas etapas transitadas en su implementación (lo cual tiene un gran valor por motivos prácticos), sino que pretende poner en discusión y ser un punto de partida para profundizar en la exploración de los alcances de estas herramientas y proyectos asociados al código abierto en el contexto de la digitalización, en tanto habilitan a múltiples comunidades, mediante su accesibilidad y bajo costo, a los procesos creativos para difundir, apropiarse y resignificar el patrimonio cultural, arquitectónico e histórico que las identifica.

Con estas ideas y exploraciones se busca motivar la reflexión sobre la dimensión cultural de las *smart cities,* al introducir la figura del patrimonio y la cultura en relación con los proyectos de optimización de ciudades que encarna generalmente este concepto.

Bibliografía

Aguirre-Ligüera, N., y Ceretta, M. G. (2013). Construyendo un modelo de repositorio de acceso abierto para Uruguay. En: *VI Encontro Ibérico edicic Globalização, Ciência, Informação-Atas* (Porto, 4-6 nov. 2013). Porto: Universidade de Porto (pp. 1209-1219). Recuperado de http://www.youblisher.com/p/745142-VI-Encontro-Iberico-EDICIC-2013-Globalizacao-Ciencia-Informacao/.

Baca, M. (Ed.) (1999). *Introducción a los metadatos: vías a la información digital*. Recuperado de http://d2aohiyo3d3idm.cloudfront.net/publications/virtuallibrary/0892365358.pdf.

Barber, G., y Lafluf, M. (2016). Interactive Projection Mapping: proyecto Patrimonio anglo. *Blucher Design Proceedings, 3,* 795-801. https://dx.doi.org/10.1016/despro-sigradi2016-627.

Bonete Vizcancio, F. (2016). Smart Cities y patrimonio cultural. Una integración necesaria para el desarrollo. *Telos, 102,* 3-7. Recuperado de https://telos.fundaciontelefonica.com.

––––– y Sánchez Martínez, M. (2016) «Smart City» y patrimonio cultural: las aplicaciones móviles de ciudades patrimonio de la humanidad españolas. *Ciudad y Comunicación,* 475-482. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/309427286_Smart_City_y_patrimonio_cultural_las_aplicaciones_moviles_de_ciudades_patrimonio_de_la_humanidad_espanolas.

Budapest Open Access Initiative (2002). La iniciativa de acceso abierto de Budapest. *GeoTrópico, 1* (1), 98-100. Recuperado de http://www.geotropico.org/1_1_Documentos_BOAI.html

Caldera Serrano, J. (2013). Metodología para el análisis de repositorio institucional de colecciones audiovisuales digitales. *Documentación de las Ciencias de la Información, 36,* 209-219.

––––– y Freire-Andino, R. O. (2016). Los metadatos asociados a la información audiovisual televisiva por «agentes externos» al servicio de documentación: validez, uso y posibilidades. *Biblios,* (62), 63-75. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/299498861_Los_meta-

datos_asociados_a_la_informacion_audiovisual_televisiva_por_agentes_externos_al_servicio_de_documentacion_validez_uso_y_posibilidades.

Ceriotto, P., y Testa, P. (2011). *Lucis: directrices y recomendaciones para la aplicación de metadatos en repositorios institucionales. Versión preliminar.* Recuperado de http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/4123/directrices-lucis-bd-2.pdf.

Heery, R., y Anderson, S. (2005). *Digital Repositories Review.* Recuperado de http://www.ukoln.ac.uk/repositories/publications/review-200502/digital-repositories-review-2005.pdf.

Institute of Electrical and Electronics Engineers (1991). ieee Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries. https://doi.10.1109/IEEESTD.1991.106963.

Kucsma, J., Reiss, K., y Sidman, A. (2010). Using Omeka to Build Digital Collections: The metro Case Study. *D-Lib Magazine*, 16, 3-4. https://doi:10.1045/march2010-kucsma.

Moreno Alonso, C. (2016). *Desarrollo de un modelo de evaluación de ciudades basado en el concepto de ciudad inteligente (Smart city).* Tesis (Doctoral), e.t.s.i. Caminos, Canales y Puertos (UPM). https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.39079.

Manovich, L. (2003). *El lenguaje de los nuevos medios de comunicación: la imagen en la era digital.* Madrid: Paidós.

––––– (2008). *Comprender los medios híbridos.* Recuperado de http://www.academia.edu/2800625/Comprender_los_ medios_h%C3 %Adbridos.

Omeka (2017). Recuperado de http://omeka.org/

Patiño, J. A. (Comp.). (2014). *Datos abiertos y ciudades inteligentes en América Latina: estudio de casos.* Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37089/S1420540_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Peset, F., Ferrerrer Sapena, A., y Subirats-Coll, I. (2011). Open data y Linked open data: su impacto en el área de bibliotecas y documentación. *El Profesional de la Información*, 20, (2), 165-173.

Pisarello, G. (2015). Ciudad inteligente, ¿para qué? *El País.* Recuperado de http: https://www.europapress.es/catalunya/barcelona-economias-00982/noticia-pisarello-apuesta-soberania-ciudades-regular-plataformas-digitales-20181113155645.html.

Scheinfeldt, T. (2010). *Omeka and Its Peers.* Recuperado de https://foundhistory.org/2010/09/omeka-and-its-peers/.

Saorin, T. (2010) Catalogación de objetos culturales y difusión digital del patrimonio. *Anuario ThinkEPI, 5,* (2011), 168-172.

––––– (2011) Exposiciones digitales y reutilización: aplicación del software libre Omeka para la publicación estructurada. *M*étodos de *Información,* 2, (2), 29. https://doi.org/10.5557/IIMEI2-N2-029046.

Solano, J. (2014). *Smart cultura y open data.* Conferencia dictada durante el ciclo Smart City: aproximación al desarrollo económico urbano del siglo XXI. Celebrada el 23 de julio. Universidad Complutense de Madrid y Banco Santander.

Subirats J. (2015, 15 de noviembre). Ciudad inteligente, ciudad compartida. *El País* (de España). Recuperado de http://ccaa.elpais.com/ccaa/2015/11/14/catalunya/1447525955_411073.html.

Texier, J., De Giusti, M., Oviedo, N., Villarreall, G., y Lira, A. (2013). *La representación de recursos en los repositorios Institucionales: el caso de estudio: sedici, Repositorio institucional de la Universidad Nacional de La Plata,* [Preprint]. Recuperado de http://eprints.rclis.org/20341/.

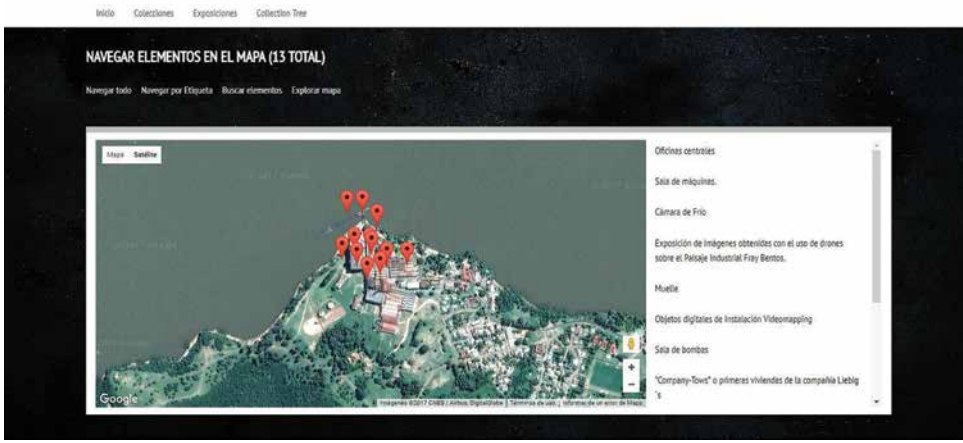

Figura 1: Captura de pantalla de utilización de mapa y georreferencia de documentos. Fuente: Gabriela Barber y Marcos Lafluf

PALACIO SALVO EN FOCO

Un acercamiento a un ícono montevideano

Juan Pablo Portillo
jpportillo@fadu.edu.uy

Luis Flores
lflores@fadu.edu.uy

Resumen

El cometido de esta publicación es presentar los resultados de los trabajos realizados en el marco de la propuesta de intervención para la conservación de las fachadas del Palacio Salvo, cuyo propósito es el reconocimiento de las condiciones y el estado situación de daños, destinada a proponer un plan de restauración y mantenimiento del edificio.

En este artículo expondremos una parte del trabajo, la que se refiere al relevamiento y la graficación de las fachadas, que está dentro de un trabajo más general que implicó el mapeo exhaustivo de daños en la mampostería de fachada del edificio. Se producen una serie de procesos que se retroalimentan mutuamente entre obtención-captura de la forma y la fabricación o configuración física (Átomos-Bits-Átomos), que transitan entre la información computacional y los posibles resultados materiales.

Palabras clave

Relevamiento, Palacio Salvo, drones, patologías, patrimonio, fabricación digital

Introducción

En 2019 la FADU celebró un convenio con la administración del Palacio Salvo S. A. con el objetivo de hacer un diagnóstico del estado de situación de sus fachadas. El equipo fue coordinado por la arquitecta Gianella Mussio y se conformó con docentes del Instituto de la Construcción, el Instituto de Historia de la Arquitectura, el Departamento de Informática Aplicada al Diseño de la FADU (DepInfo) y docentes de las facultades de Ingeniería y de Ciencias dentro del ámbito de la Udelar.

El objetivo central de nuestra participación fue hacer un relevamiento y la posterior graficación de las fachadas que permitiera mapear los daños, ya que no existían gráficos fieles de estas. Cabe mencionar que los gráficos existentes contenían el proyecto del edificio, pero, en definitiva, no fueron los gráficos de la construcción final, y mucho menos los del estado actual de las fachadas, que, como se sabe, han sufrido modificaciones a lo largo de los años. Es decir, que al comienzo del proyecto no se contaba con gráficos actualizados de las fachadas, que es el espacio en el cual se centra este trabajo. El edificio fue despojado de una buena parte del ornamento original por lo que era necesaria una elaboración completa de planos de fachadas a partir de un relevamiento exhaustivo que a la vez relevara los distintos daños. De esta manera, el relevamiento es a la vez el registro de la forma y de los daños a mapear, un registro de la arquitectura desde su composición expresiva y formal al tiempo que registro de alteraciones en la forma que puedan ser objeto de intervención y también de daños o patologías en tanto deterioro de esta.

El trabajo es altamente relevante si tomamos en cuenta sus dimensiones: se trata de uno de los edificios más grandes del país y que fuera en su momento el más alto de la región. Es también uno de los íconos de Montevideo que reside en la memoria colectiva de todo montevideano con una indiscutible presencia en el *skyline* de la ciudad y que tiene un valor patrimonial importante. Sin ninguna duda, es al tomar en cuenta estas condicionantes que surge la necesidad de generar un diagnóstico del estado de situación del edificio que posibilite promover estrategias tendientes a la recuperación y el mantenimiento de la edificación y sus fachadas.

Metodología

Átomos bits átomos

Registro

El proyecto surge como consecuencia de la necesidad de relevar, reconocer e identificar las condiciones físicas de las fachadas del edificio, además de generar un soporte gráfico donde mapear su estado de situación (patologías). El objetivo final es elaborar un diagnóstico del estado de conservación y, a la vez, generar gráficos de fachadas veraces que se transforman en las fachadas oficiales del edificio. Este trabajo demandó la utilización de instrumental poco convencional, pero cada vez más empleado, de captura y registro de la forma, como los aparatos voladores no tripulados o drones (también conocidos como UAV, Unmanned Aereal Vehicle o RPAS, Remotely Piloted Aircraft Systems) aprovechando su capacidad de registrar la volumetría a través de videos de alta resolución que escrutan la totalidad de las fachadas, sobre todo aquellos lugares de difícil acceso. Cabe destacar que el relevamiento edilicio mediante fotografía aérea a baja altura es relativamente nuevo debido al auge que estos aparatos han tenido en los últimos años. También existen antecedentes en los que se han utilizado globos de pequeño tamaño para hacer registros de índole similar, pero los drones tienen una versatilidad mayor dado su porte pequeño y la posibilidad de desplazarse en el espacio casi sin restricciones.

Se descartó el uso de escáner 3D láser de tipo LIDAR en virtud de utilizar tecnología de escáner por fotogrametría. Esta consiste en obtener una malla tridimensional a partir de múltiples imágenes tomadas en un momento acotado en el tiempo, de manera de que todas las imágenes tengan una misma situación de luz.

El drone hace un recorrido en zigzag paralelo a la fachada, que registra su totalidad en una secuencia de tomas de video frontal a su plano, generando un recorrido de columnas contiguas. De dicho video se extraen fotogramas que permiten reconstruir una imagen general de la fachada. Esta imagen es, en definitiva, un mosaico de imágenes de alta definición que no solo permite reconstruir la geometría, sino que es en sí misma un relevamiento visual de las patologías.

Las imágenes que conforman el mosaico son numeradas de manera que se puede identificar a qué sector de fachada pertenece cada una, y de esta manera establecer una correspondencia entre el gráfico y la imagen.

En una primera etapa se seleccionan aquellas imágenes que permitan la reconstrucción total del volumen. Mediante una rectificación fotográfica de los planos de fachadas se posibilita la creación de recaudos gráficos, que son los soportes en los que documentar el relevamiento

de las condiciones generales de las fachadas y su estado de conservación (CAD 2D) y el reconocimiento de patologías y alteraciones. En este sentido tanto las alteraciones sufridas por el edificio como la incorporación de aberturas o su supresión en distintos puntos del edificio son considerables.

El relevamiento fotográfico comprende diversas escalas, desde la global en la que se toman imágenes a una distancia que permita capturar la totalidad del edificio hasta la fotografía de detalle. Las imágenes tomadas a distancia se realizaron a diversas alturas ya que se debe compensar la deformación perspectiva que supone un edificio de cien metros de altura. Por esta razón se tomaron a tres alturas distintas desde el Edificio Ciudadela. En este caso se trata de imagen tomada con cámara fotográfica en lugar de drones, a nivel de calle, a media altura y a nivel de azotea. Por último, se utilizó un registro fotográfico tomado desde el mar a una distancia lejana respecto de la costa, para corroborar alturas.

Toda esta información fotográfica complementa los recaudos gráficos preexistentes al estudio, como planos históricos tanto del proyecto como relevamientos hechos luego de la construcción. Tal es el caso del relevamiento del Ing. Eduardo W. Copetti, de 1964.

Respecto de los planos originales del proyecto, estos conllevan la dificultad de que el edificio ha sufrido modificaciones de considerable magnitud en su fachada, por lo tanto, la utilidad de dichos planos es relativa, por ejemplo, se pueden inferir ejes de simetría, no tanto el detalle de molduras, etc.

Una segunda selección más exhaustiva de imágenes es destinada a la generación de un modelo volumétrico a partir de técnicas avanzadas de fotogrametría digital. Si bien la utilización de estas técnicas se centraba en el campo de la topografía y la cartografía, incluyendo métodos de estereofotogrametría, el desarrollo de nuevas herramientas digitales posibilita avanzar sobre el registro de la forma 3D a partir de fotografía mediante la obtención de una nube de puntos.[1] El proceso de fotogrametría digital, más conocido como escaneo fotográfico 3D mediante *structure from motion multi-view stereo* (SfM-MVS),[2] permite utilizar un sistema no invasivo y de bajo

1 Una nube de puntos es un conjunto de vértices descritos en un sistema de coordenadas tridimensionales tipo XYZ en el que además de la información espacial, para el caso de SfM y algunos LIDAR, se acompaña cada vértice o punto de una descripción colorimétrica en el modelo RGB.

2 SFM se refiere al proceso de encontrar la estructura tridimensional de un objeto a través de analizar señales de movimiento local en el tiempo.

costo (una cámara fotográfica y un software adecuado) para registrar una diversidad de objetos y de tamaños y materiales, aunque se deben tener ciertas previsiones al momento de realizar los registros fotográficos, como, por ejemplo, abarcar la totalidad de la superficie al fotografiar el objeto, procurando que exista un solape de las imágenes entre las tomas (fotos). La generación de modelos virtuales 3D obtenidas por SfM logra definir la composición del color en valores RGB en la nube de puntos, lo que permite restituir la textura original.

Así, al cotejar, complementar y aumentar la información obtenida en la construcción de recaudos gráficos, estos se complementan con un relevamiento métrico que el equipo del IC hizo en algunos puntos accediendo a diversos puntos del edificio. Esta información permite tanto corroborar como dimensionar diversos elementos fotografiados. De esta manera es posible reconstruir cada una de las fachadas del edificio de manera fiel y actualizada, al cruzar la información recopilada, el relevamiento fotográfico *in situ,* el análisis de planos originales, el mosaico obtenido mediante la composición de imágenes y la posterior rectificación fotográfica (frontalización), con la intención de elaborar los gráficos de las fachadas.

Análisis compositivo

El edificio presenta una estructura compositiva compleja tanto en su desarrollo vertical como horizontal. Esto motivó un estudio minucioso de las imágenes que permitiera establecer reglas claras al momento de generar los gráficos. Se reconoció una lógica compositiva de las fachadas compleja, dada, por un lado, por la utilización de ejes verticales de simetrías, como vemos en la Figura 6, los cuales se disponen con un ritmo que aparenta ser regular y simple, pero que un análisis algo más detallado permite reconocer una organización a partir de ejes principales y subsidiarios. Un segundo elemento organizativo son ejes horizontales, con lo cual se genera una clara organización vertical tripartita, base, desarrollo o fuste y remate, reconociendo una serie de divisiones principales y secundarias en horizontal. La combinación de estos ejes horizontales y verticales permite modular las fachadas mediante una matriz, caracterizando los niveles del edificio.

Modelado y fabricación

Luego de obtenidos los gráficos de todas las fachadas se produjo un modelo 3D sólido (Figura 7) cuyo objetivo es permitir la fabricación de una maqueta a escala 1:200 del edificio con impresión 3D. Se cierra de esta manera el círculo *registro de la forma-modelado-materialización*. Este modelo es volumétrico y no posee atributos sobre el espacio interior ya que no se hizo un levantamiento de este; el único espacio modelado cubierto es la pasiva que da a la plaza Independencia.

Resultados

Impresión 3D

Del trabajo se derivan dos productos inmediatos que son, en primer lugar, los gráficos en sí mismos de las fachadas plaza Independencia, avenida 18 de Julio, Andes y en el caso de la torre también la fachada interior. Y en segundo lugar, un modelo 3D de la envolvente, es decir, sin información del interior del edificio, sino de la volumetría exterior, que se utilizará en la realización de una maqueta en impresión 3D a escala 1/200 (Figura 8, y cuatro maquetas a escala 1/500 con mayor grado de síntesis, Figura 9).

Existe un resultado intangible que es la experiencia y el conocimiento generado, que se puede traducir en los procedimientos aplicados que se van refinando conforme se desarrollan esta clase de proyectos. En este caso se combinan imágenes del mismo objeto a diversas escalas, dado su gran tamaño, para definir una geometría altamente compleja por la variedad de elementos a registrar y por lo inaccesible que resultan algunos lugares del edificio.

Esta técnica, que no es novedosa en sí misma, presenta particularidades por el valor patrimonial, por la gran escala que supone y por el importante grado de singularidad que cada elemento posee, es decir, cada ornamento, moldura o ventana es casi único, lo que supuso un reto importante de análisis geométrico.

Existe, por lo tanto, un resultado que podemos considerar como de recuperación de la historia en el que se pone de manifiesto un procedimiento compositivo de ejes y ritmos en horizontal y en vertical de claro carácter clásico, pero exacerbado al límite dada la escala del edificio y su situación en la trama urbana.

Debate

Comprendemos que participar de proyectos en los que el ámbito de actuación intenta poner de manifiesto los valores patrimoniales procurando contribuir en la recuperación de edificios representativos e icónicos «se refiere no solo a las grandes creaciones, sino también a las obras modestas que han adquirido con el tiempo una significación cultural» (ICOMOS, 1964, art. 1), por lo que desde el DepInfo de la FADU pretendemos favorecer la incorporación de novedosas tecnologías apropiadas para diversas tareas, lo que promueve la construcción y el afianzamiento de ese imaginario colectivo, valores intangibles característicos de nuestra sociedad, cumpliendo las funciones de investigación y, sobre todo, de extensión universitaria, tareas intrínsecas a las funciones docentes de la Udelar. «La conservación y restauración de monumentos constituye una disciplina que abarca todas las ciencias y todas las técnicas que puedan contribuir al estudio y la salvaguarda del patrimonio monumental» (ICOMOS, 1964, art. 1.

La consolidación de las técnicas de registro, modelado y fabricación en el ámbito del diseño a partir de dispositivos informáticos en cada una de estas etapas, a saber, registro mediante imagen envolvente vía drones, modelado digital 2 y 3D, obtención de modelos 3D por escaneos fotogramétricos y fabricación por impresión 3D es, en la era de la cuarta Revolución industrial, un paso enorme en nuestro medio. Nos coloca en un punto en el que, en un futuro, quizás no muy lejano nos permita fabricar elementos arquitectónicos a escala 1:1 ya sea mediante posicionamiento de piezas a través de robots o impresión 3D, como ya se realiza, aunque sea de manera experimental en la región, por ejemplo, en Chile.

La concreción de proyectos de investigación del Institute for Computational Design and Construction-University of Stuttgart (ICD/ITKE) constituye un caso emblemático.

Ya existen ejemplos de edificios cuasi totalmente fabricados por una máquina y montados en el taller mediante el sistema *steelframing,* como es el caso de las construcciones de Uruframe en nuestro país. El reto es extender la fabricación a otras tecnologías no secas como la mampostería o el hormigón.

Agradecimientos

A Gianella Mussio y todo el equipo de IC.
A Beatriz Rojas, que posibilitó capturar imágenes desde el edificio Ciudadela.

Bibliografía

Bilmes, G., y Morita, M. (2015). *Fotónica y tecnologías de la luz en conservación y restauración de patrimonio.* Recuperado de https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/5874/11746_5874.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Blanco, A. (2014): *Una revisión al impacto ambiental de la impresión 3D.* Recuperado de https://impresiontresde.com/una-nueva-revision-al-impacto-ambiental-de-la-impresion-3d/.

Carpo, M. (2011). *The alphabet and the algorithm.* Cambridge: mit Press.

Coss Bu, R. (2003).*Simulación: un enfoque práctico.* Ciudad de México: Limusa.

edge (2003). *Personal Fabrication: A Talk with Neil Gershenfeld*. Recuperado de https://www.edge.org/conversation/neil_gershenfeld-personal-fabrication.

Ferreira, M. R., y Aira, V. G. (2017). *Aplicaciones topográficas de los drones.* Recuperado de http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/otragr/index/assoc/HASHac69.dir/doc.pdf.

Hidalgo, C. (2015). *Why information grows: the evolution of order, from atoms to economy.* Nueva York: Basic Books.

icomos (1964). *Carta internacional sobre la conservación y la restauración de monumentos y sitios (Carta de Venecia).* Recuperado de https://www.icomos.org/charters/venice_sp.pdf.

Iwamoto, L. (2009). *Digital Fabrications. Architectural and Material techniques.* Princeton: Princeton Architectural Press.

Kakaes, K., Grenwood, F., Lippincott, M., Dosemagen, S., Meier, P., y Wich, S .(2015). *Drones and aerial observation: new technologies for property rights, human rights and global development.* Recuperado de http://drones.newamerica.org/primer/DronesAndAerialObservation.pdf.

Krauel, J. (2010). Arquitectura digital: innovación y diseño. Ciudad de México: Links Internacional.

Manovich, L. (2008). *Software takes command.* Recuperado de http://softwarestudies.com/softbook/manovich_softbook_11_20_2008.pdf.

Morita, M., y Billmes, G. M. (2015) *T*écnicas de registro *3D para documentación de objetos patrimoniales.* Conferencia: Jornada de Técnicas de Reparación y Conservación del Patrimonio; IV Congreso Iberoamericano y XII Jornada de Técnicas de Reparación y Conservación del Patrimonio. La Plata (octubre).

––––– (2016). Digitalización 3D para documentación de objetos patrimoniales e instalaciones de media art. Recuperado de http://conversaonline.wixsite.com/conversa/morita.

Rodríguez Navarro, P. (2012). La fotogrametría digital automatizada frente a los sistemas basados en sensores 3D activos. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica,* [S.l.], 20, 100-111, setiembre 2012. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/271263468_LA_FOTOGRAMETRIA_DIGITAL_AUTOMATIZADA_FRENTE_A_LOS_SISTEMAS_BASADOS_EN_SENSORES_3D_ACTIVOS.

Santamaría Peña, J., y Sanz Méndez, T. (2011). *Fundamentos de fotogrametría.* Recuperado de https://www.coursehero.com/file/66304324/Dialnet-FundamentosDeFotogrametria-492591pdf/.

Figura 1. Imágenes capturadas de vuelos con drone. Fuente: Marcelo Payssé

Figura 2. Imágenes Salvo. Fuente: Marcelo Payssé

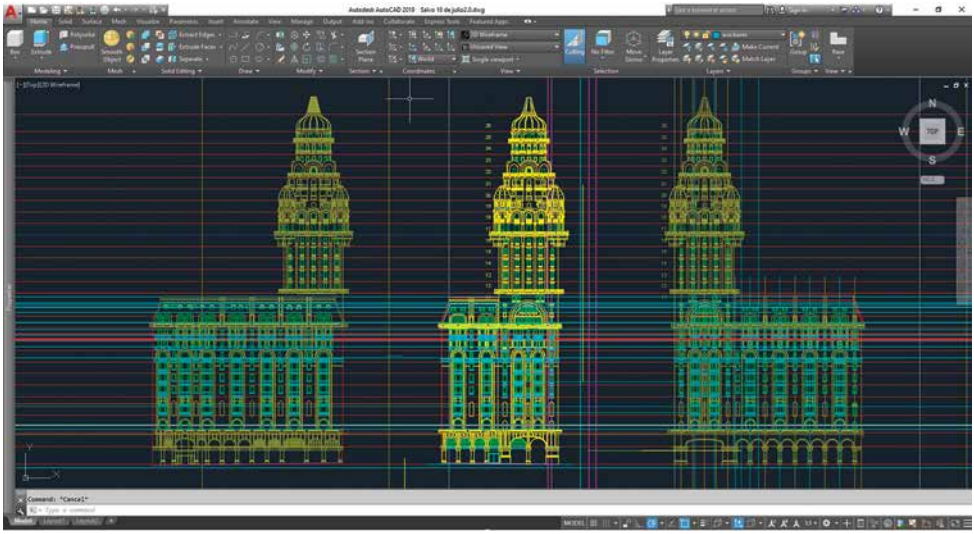

Figura 3. Proceso de dibujo, planos de fachada. Fuente: Marcelo Payssé

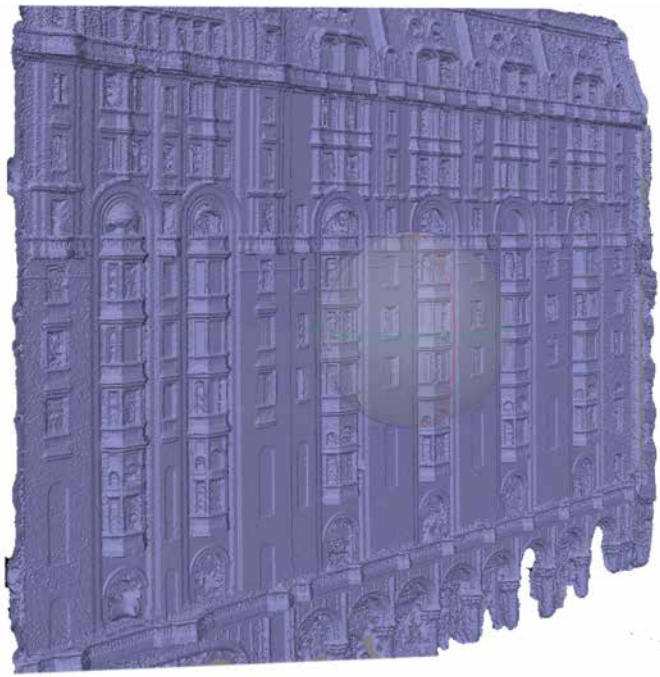

Figura 4. Malla 3D por medio de SFM. Fuente: Marcelo Payssé

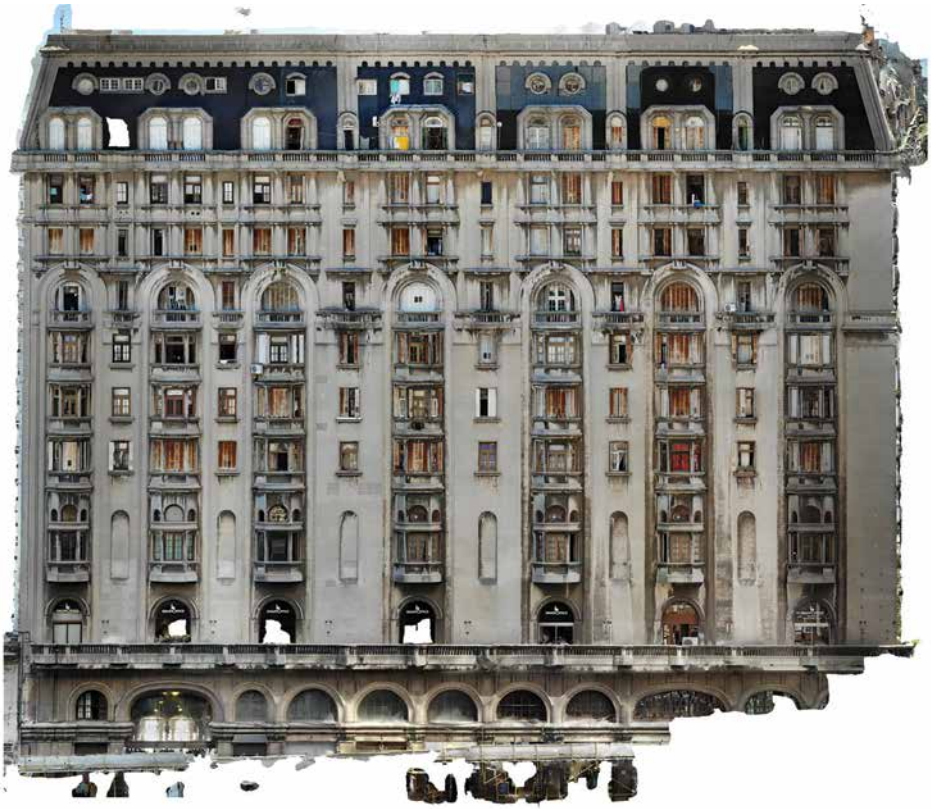

Figura 5. Aplicación de textura con procedimiento SFM. Fuente: Marcelo Payssé

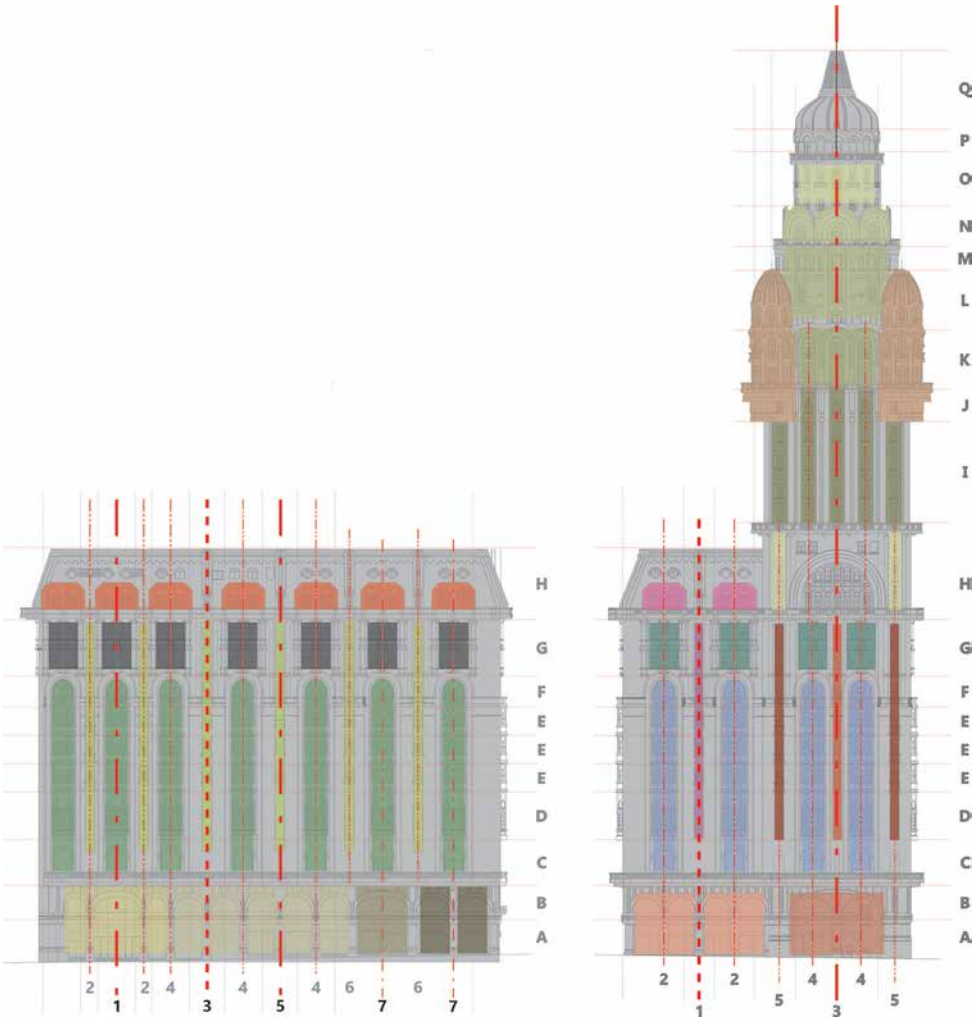

Figura 6. Análisis compositivo geométrico. Fuente: Marcelo Payssé

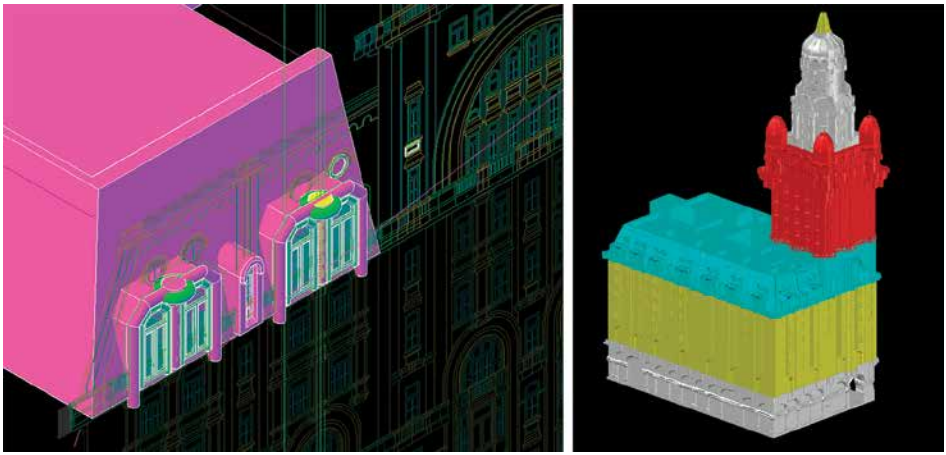

Figura 7. Modelado para impresión 3D. Fuente: Marcelo Payssé

Figura 8. Impresión 3D esc. 1/200, material PLA. Fuente: Marcelo Payssé

Figura 9. Impresión 3D esc. 1/500, material PLA. Fuente: Marcelo Payssé

ENSEÑANZA/

UN CÓDIGO GRÁFICO

Cien proyectos de arquitectura

Alejandro Folga
afotocopias@gmail.com
Fernando García Amen
efe@fadu.edu.uy

Resumen

Este artículo presenta los resultados del desarrollo de un sistema de implementación de codificación gráfica que fue creado para producir una serie de diagramas integrados en una plataforma de guía digital preexistente (www.plexo.edu.uy). El objetivo de este sistema de codificación es, entre otros, presentar una selección de cien proyectos arquitectónicos de diferentes partes del mundo, para que sirva de guía en un viaje académico de estudiantes de arquitectura. Los dibujos fueron hechos por estudiantes avanzados que estaban tomando un curso de pregrado.

Palabras clave

Investigación-enseñanza, arquitectura, codificación gráfica

Introducción

Este *paper* presenta el desarrollo y la implementación de un sistema de codificación gráfica que fue diseñado específicamente para producir diagramas de una selección de cien obras arquitectónicas de diferentes lugares del mundo. El dibujo de los diagramas se llevó a cabo mediante un ejercicio pedagógico hecho con estudiantes avanzados que cursaban una asignatura electiva de la carrera de arquitectura. Esta asignatura se realizó en el marco del Proyecto Académico Plexo-Territorios lúdicos, rector del viaje de arquitectura de 2018. El resultado del ejercicio se

integró en una plataforma digital preexistente (www.plexo.edu.uy) que sirve de guía en el viaje académico realizado por los estudiantes de la Facultad de Arquitectura (FADU) de la Universidad de la República (Udelar) en Montevideo, Uruguay.

Otra manera de presentar nuestro trabajo es decir que su objetivo general fue desarrollar un ejercicio pedagógico con estudiantes de arquitectura que realizarían un viaje académico. Mediante este ejercicio se buscó trascender la mera repetición de los dibujos originales, para promover el desarrollo de lecturas conceptuales (analíticas o sintéticas) de cada caso estudiado. Entendidos de esta manera, los gráficos suponen un nuevo aporte a la actividad académica del viaje, ya que proponen miradas proyectuales o lecturas explicativas de los ejemplos representados. En ese sentido, podemos decir que el objetivo particular del trabajo fue la construcción de un código gráfico propio capaz de reinterpretar y valorar obras arquitectónicas que posteriormente serían visitadas por los estudiantes que habían hecho los dibujos.

Como antecedentes de este proyecto de enseñanza investigación debemos mencionar el trabajo realizado por Plexo (Amén, Álvarez, Portillo y Buzó, 2015) y la aplicación Nómada, creada por estudiantes de arquitectura (Mora, 2016).

Metodología

La metodología que implementamos se desarrolló en tres partes. La primera parte implicó una investigación previa sobre los códigos gráficos utilizados en distintas publicaciones de arquitectura. La segunda parte requirió la definición de un protocolo de dibujo mediante una serie de pautas y criterios comunes. La tercera parte consistió en desarrollar un ejercicio con los estudiantes encargados del redibujo digital (formato CAD).

Investigación previa

El objetivo de la primera parte del trabajo fue reflexionar sobre los conceptos gráficos a partir de los cuales se redibujarían las cien obras elegidas. Esto implicó que el equipo docente llevase a cabo una breve investigación exploratoria[1] sobre diferentes publicaciones y webs dedicadas a

1 Sobre las investigaciones exploratorias Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (1997) nos dicen que estas se efectúan «cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que

recopilar, presentar o estudiar gráficamente obras de arquitectura: guías, manuales y trabajos analíticos sobre proyectos.

De todos los casos estudiados los más interesantes son aquellos que no se plantearon la mera repetición de los dibujos originales, sino que se proponían trascenderlos o reinterpretarlos. Para lograr estos objetivos dichas publicaciones incorporan recursos gráficos que permiten el análisis o la explicación proyectual de los edificios.

A partir de la revisión bibliográfica destacamos tres publicaciones[2] que resultaron los principales referentes para el desarrollo de nuestro propio código gráfico:

- French (2008). *Vivienda colectiva paradigmática del siglo xx.*
- Fernández Per, Mozas y Ollero. (2013). *10 historias sobre vivienda colectiva: análisis gráfico de diez obras esenciales.*
- Fernández Per, Mozas y Arpa (2009). *HoCo: Density, Housing, Construction & Costs.*

Los tres casos utilizan el dibujo técnico para estudiar ejemplos de vivienda colectiva. Uno de los recursos que estas publicaciones tienen en común es el uso de áreas con relleno de color para señalar algunos sectores en las plantas o en los cortes. Este recurso permite analizar la organización programática de los edificios, destacando los espacios colectivos con respecto a los privados (ver ejemplos de estos libros en las figuras 1, 2 y 3).

Claramente se trata de un criterio gráfico-analítico que depende de las ideas que se desean comunicar. En este sentido, es conveniente mencionar aquí la justificación del dibujo analítico que Elena Mata Botella (2002) incluye en la introducción de su tesis de doctorado.

---

no ha sido abordado antes» (p. 13). En ese sentido, Dankhe (1986) establece que los resultados de los estudios exploratorios «en pocas ocasiones constituyen un fin en sí mismos, por lo general determinan tendencias, identifican relaciones potenciales entre variables y establecen el 'tono' de investigaciones posteriores más rigurosas». Las cursivas son del autor. (Citado en Hernández *et al.,* 1997, p.13). En ese sentido, nuestro trabajo cumple con las pautas para definirlo como investigación exploratoria.

2 También debemos mencionar el libro de Peter Eisenman (2010) *Diez edificios canónicos.* Este libro aportó una pauta gráfica definitiva para nuestro trabajo. Se trata de dibujos que incorporan un solo color para analizar proyectos. Pero los dibujos de esa publicación tienen un carácter muy diferente al trabajo que nosotros proponíamos, por eso nos referiremos principalmente a los tres libros sobre vivienda.

Cuando se analiza gráficamente, es cuando se hace patente la capacidad del dibujo para ser selectivo frente a una realidad mucho más compleja. Es por esta capacidad de selección del dibujo que nos permite acercarnos más a la esencia que a la apariencia de los objetos.

Alineados con estos objetivos, en lugar de repetir los dibujos preexistentes nos propusimos generar nuevos gráficos. Asumimos que una forma de producir esta innovación era mediante diagramas[3] a partir de los cuales pudiésemos plantear una mirada analítica sobre los ejemplos, a la vez que realizábamos una sistematización de las obras estudiadas.

Hacia un nuevo código

En el libro *Código Gráfico* (Fernández *et al.,* 2011) se establece la importancia que la codificación gráfica tiene para la comunicación de proyectos:

Si partimos del concepto de *código* –«sistemas de signos y de reglas que permiten formular y comprender un mensaje»– y abordamos las definiciones de *signo* –«objeto, fenómeno o acción material que natural o convenientemente representa y sustituye a otro objeto, fenómeno o señal»– y de *regla* –«lo que se debe obedecer o seguir por estar así establecido» (p. 34)– comprenderemos la necesidad por parte del dibujante-arquitecto-comunicador de conocer y manejar un código gráfico.

Por lo tanto, para generar un código, definir sus signos y explicar sus reglas antes debemos establecer qué es lo que queremos comunicar. En ese sentido, luego de hacer un primer análisis de los casos que se iban a dibujar, tomamos una serie de decisiones metodológicas para definir el tipo de diagramas que produciríamos.

A diferencia de las publicaciones usadas como referentes —que tratan sobre vivienda colectiva moderna y contemporánea— las obras que nosotros debíamos dibujar abarcan un amplio abanico de programas y tipos arquitectónicos, además de que pertenecen a diferentes momentos

3 Josep María Montaner (2014) opina que los diagramas contemporáneos «tienen sus raíces en la voluntad humana de sistematizar y objetivar, en una aspiración a la abstracción que busca una certeza fiable de partida» (p. 20). Además, distingue claramente entre los diagramas que sirven para representar una «lectura analítica de la realidad» y los que «sirven para proponer y proyectar» (p. 10). En este trabajo utilizamos la primera de las interpretaciones.

históricos. Por ello partimos de problematizar[4] la codificación. Entendimos que en lugar de generar un código cerrado era conveniente plantearlo como un código abierto. Es decir, al inicio del trabajo nuestra codificación no estaba totalmente definida, sino que solo se planteaban algunas pautas gráficas básicas.

Las decisiones tomadas en esta etapa nos permitieron generar una primera versión del código gráfico, que posteriormente fue presentada a los estudiantes y puesta a prueba mediante el ejercicio. En esa instancia nuestro código sería sometido a un primer ajuste para adaptarse mejor a los casos estudiados.

Síntesis de los gráficos

Dado que el trabajo estaba destinado a una plataforma diseñada para teléfonos inteligentes, nuestros gráficos debían adecuarse al reducido tamaño de pantalla de estos dispositivos. Acorde a esa condicionante, el nivel admisible de detalles debía atenuarse y simplificarse. Por ello nos impusimos una restricción: realizar solamente geometrales en diédrico (plantas, cortes y fachadas) evitando así las axonometrías y las perspectivas. De esta forma se simplificaba el trabajo a la vez que se obtenían dibujos de una mayor homogeneidad gráfica.

Por otro lado, era preferible que los estudiantes dibujasen cortes y plantas,[5] pues son piezas que permiten un mayor grado de abstracción con respecto a las fachadas. Además, por ser más conceptuales expresan mejor las relaciones entre diferentes espacios, y por lo tanto resultan más adecuados para generar diagramas.

Usos del color

Para conseguir mayor unidad entre los diferentes gráficos definimos un reducido espectro cromático que consistió en no usar más de dos colores por dibujo. A su vez, esa paleta limitada debía ser compatible con las pautas gráficas de la plataforma digital preexistente. Esto determinó

4 Por problematizar se entiende poner en cuestión un tema determinado para poder analizar y discutir los aspectos que plantean mayor complejidad.

5 Aunque sí se dibujaron algunas fachadas, por lo general consideramos que lo que aporta una fachada es más fácil de sustituir por una fotografía.

que en cada gráfico se utilizaran colores que se correspondieran con los cuatro bloques en que se divide el recorrido del viaje académico.[6]

Las condicionantes anteriores llevaron a definir tres reglas que los dibujantes debían cumplir. La primera regla planteaba que en cada dibujo solo podían utilizarse los colores que caracterizaban al bloque de viaje al que pertenecía la obra. La segunda regla era que los colores que caracterizan a cada bloque se podían aplicar con dos diferentes grados de saturación: pleno (100 % de opacidad) y medio (60 % de opacidad). La tercera regla permitía, además de los dos colores por bloque, dos valores de gris (gris 254 y gris 253 en el código ASCII correspondiente a AutoCAD) que eran comunes a todos los bloques del viaje. En resumen, a partir de estas reglas cada estudiante podía utilizar ambas variantes del color característico del bloque, o tenía la alternativa de usar uno de los colores del bloque y uno de los grises.

Ejercicio con estudiantes

La última parte del trabajo consistió en el redibujo digital, mediante la técnica de calcado de gráficos existentes en programas CAD, de una serie de cien diferentes obras de arquitectura. Para eso desarrollamos un ejercicio didáctico con estudiantes que cursaban una asignatura electiva que formó parte de la curricularización[7] del viaje académico y surgió como propuesta del equipo director[8] encargado de la organización del viaje. Por lo tanto, el grupo de estudiantes que hizo el ejercicio estaba directamente relacionado con las guías de viaje y podíamos suponer que también tenía un genuino interés en realizar esta actividad.

6 Tomando como referencia el código ASCII utilizado por el software AutoCAD, los colores de saturación plena que fueron adoptados para cada bloque son: Bloque 1, color 94; Bloque 2, color 140; Bloque 3, color 200 y Bloque 4, color 30.

7 La curricularización del viaje de estudios (entendido como una experiencia fundamental para los estudiantes de arquitectura) implica complementarlo con asignaturas electivas que permiten a los estudiantes obtener créditos académicos a la vez que se generan productos concretos que aportarán conocimientos a su propia experiencia en el viaje.

8 Según el reglamento del grupo de viaje de arquitectura, cada año se realiza una convocatoria en la que se postulan diferentes equipos docentes de la FADU. Uno de estos es elegido como Equipo Docente Director (EDD). En 2018 el EDD estuvo compuesto por: Raúl Buzó, Ángel Armagno, Fernando García Amen, Gabriela Barber, Pablo Canén, Alberto De Austria, Jimena Abraham, Serrana Robledo, Laura Vizconde, Roberto Langwagen, Juan Pablo Portillo y Marcelo Payssé.

Nuestro mayor desafío fue organizar a un amplio grupo de estudiantes para dibujar un más amplio conjunto de edificios respetando un código gráfico común a todos los casos. Esta condicionante implicó la definición de un protocolo de uso de herramientas digitales (templates, formatos de entrega, manejo de archivos, etcétera).

Objetivos pedagógicos del ejercicio

En el artículo «Representación técnica», Inmaculada López Vílchez (2011) plantea tres funciones básicas para las que una representación puede servir: «para conocer, para ver y mostrar, para producir y fabricar» (p. 158).

En nuestro caso resultan pertinentes las funciones primera y segunda. En ese sentido, podemos definir tres objetivos que orientaron el ejercicio académico:

- Propender a que los estudiantes comprendan mejor las obras que luego visitarán, porque redibujar arquitectura es una forma de conocer lo dibujado o de profundizar y acrecentar el conocimiento que ya se posee.
- Presentar los edificios de manera didáctica. Dado que los dibujos están destinados a una guía para estudiantes de arquitectura, nuestro trabajo constituía un aporte para todo el grupo de viaje.
- Proponer un posible recorrido de las obras y de los espacios. Como los dibujos se integrarían a una guía de viaje resultaba válido pensar en ellos como un apoyo a la experiencia del visitante.

A partir de lo anterior se consolidó el requerimiento de plantear una lectura proyectual de los edificios, de manera que los gráficos enfatizaran o destacaran algún aspecto notable de cada proyecto. Un listado, no exhaustivo, de posibles lecturas comprendería: análisis espaciales y compositivos, organización estructural, definición tipológica, vínculos contextuales, etcétera. En definitiva, cada dibujo debía pensarse como un diagrama cuya función era presentar las ideas de los proyectos.

Para cumplir con estos cometidos se instó a los estudiantes a elegir los dibujos que resultasen más representativos, es decir, aquellos que mejor comunican las ideas y atributos proyectuales de cada obra.

Etapas del ejercicio

Etapa 1. Presentación

El ejercicio comenzó con una clase teórica y colectiva en la que se presentaron los objetivos del trabajo, las pautas para realizar los gráficos y los diferentes formatos de entrega.[9] En esa primera instancia asignamos[10] los cien edificios a los 51 estudiantes inscriptos en el curso. Esto implicó que cada estudiante debía hacer los gráficos de dos edificios diferentes. Luego de esta clase, como instancia previa a la tarea de dibujar, los estudiantes realizaron una búsqueda de información sobre los proyectos que les fueron asignados (textos, análisis, fotografías y gráficos) para así conocerlos y entenderlos.

Etapa 2. Seguimiento docente

La segunda etapa implicó un proceso de sucesivos ajustes, para lo cual definimos una serie de instancias semanales de corrección. Para coordinar el numeroso grupo de estudiantes que participó del ejercicio contamos con un equipo docente multicátedra (docentes del EDD provenientes de diferentes áreas académicas de la FADU) que se encargó de hacer el seguimiento de los estudiantes y controlar el avance de los dibujos.

Etapa 3. Ajuste final e implementación

Luego de que los estudiantes culminaran con el trabajo asignado, el equipo docente coordinador fue responsable de procesar todos los gráficos para poder incluirlos en las guías digitales. Esta tarea implicó hacer algunos ajustes mínimos en los dibujos entregados.[11] Por ejemplo, se normalizaron tamaños de texto, se agregaron símbolos de referencia (escala gráfica y símbolos de norte) y se ajustaron los colores de relleno (solo en aquellos casos en los que no se respetó el código establecido).

9 Los formatos de entrega fueron tres: una versión impresa y dos archivos (DWG y PDF).

10 Por lo general es preferible que los estudiantes elijan los casos para conseguir un mayor compromiso con el trabajo. No obstante, nosotros optamos por repartirlos de manera aleatoria ya que disponíamos de poco tiempo y las obras eran numerosas.

11 En esta tarea participó activamente Ana María López.

Resultados

Finalmente, 27 estudiantes culminaron el ejercicio y se confeccionaron 54 dibujos en total. En las figuras 4 y 5 presentamos una selección de algunos de los gráficos que evaluamos como los más adecuados en función de los objetivos planteados. La figura 4 muestra gráficos de plantas (realizados por los estudiantes Claudia Bonari, Clara Lagarriga, Paula Miller y Mathias Cristiano respectivamente) y la figura 5 muestra cortes y fachadas (hechas por los estudiantes Ana Clara Sica, Sebastián Ibarra, Mathias Cristiano, Ignacio Fontán y Anifrid Fernández).

El producto final de este trabajo –es decir, la producción de geometrales interpretados y valorados para la comprensión funcional, concisa y veloz del observador– se integró a la plataforma general del viaje en diferentes formatos: como parte del contenido de las guías interactivas de viaje, como insumos de la aplicación Nómada, previendo geolocalización y posicionamiento, pero, sobre todo, como producto final de una actividad de reflexión y pensamiento sobre una serie de edificios icónicos, antes de su visita.

Discusión

Como evaluación general del trabajo consideramos que por tratarse de un proyecto que desarrolla enseñanza e investigación en paralelo la experiencia fue doblemente provechosa. En lo relativo a la investigación, el mayor aporte fue la definición del propio código gráfico y la producción de una serie de dibujos originales, generados especialmente para formar parte de las guías. En relación con la enseñanza, el principal aporte del trabajo consistió en desarrollar un ejercicio pedagógico al mismo tiempo que debíamos coordinar un numeroso grupo de dibujantes trabajando con una consigna común. En definitiva, se trata de una investigación sobre la representación gráfica y también, de una actividad didáctica en la que ambas partes están mutuamente imbricadas y se retroalimentan.

Evaluación pedagógica

La evaluación primaria de la metodología pedagógica implementada nos sugiere que el ejercicio presentó una complejidad excesiva para algunos estudiantes. A pesar del buen nivel obte-

nido en la mayoría de los trabajos, no podemos desconocer que una proporción significativa de los inscriptos no logró completar el ejercicio. Por diferentes razones el 47 % de los estudiantes abandonó el curso, lo que nos lleva a cuestionar la didáctica aplicada.

Por otro lado, debemos reconocer que algunos de los gráficos que sí fueron entregados no aportan una mirada significativa del caso estudiado e incluso pueden llegar a mostrar una lectura confusa o engañosa. A pesar del significativo empeño puesto por los estudiantes –y del correspondiente apoyo que estos recibieron por parte del equipo docente– no todos los edificios consiguen buenos resultados al hacerlos pasar por el tamiz de la codificación.

Consideramos que uno de los principales factores causantes de dicho problema fue el escaso tiempo de que disponíamos para realizar el trabajo, aunque no podemos obviar que este conflicto también puede estar relacionado con la exigencia de incluir por lo menos un color para cumplir con la codificación. Esta obligación pudo llevar a algunos estudiantes a producir dibujos en los que el uso del color resulta un recurso forzado. Por ello, una de las conclusiones que extraemos de esta experiencia es que los recursos gráficos no siempre resultan pertinentes ni tienen validez universal.

Por todo esto, consideramos que el sistema de codificación requiere de algunos ajustes. Cuando el viaje académico haya culminado estaremos en condiciones de hacer una evaluación del desempeño de la plataforma. Los resultados definitivos sobre su aprovechamiento podrán ser mensurados cuando se tengan registros de uso, niveles de satisfacción y *feedback* general de los estudiantes a partir del uso de esta herramienta. Para esa instancia nos hemos propuesto realizar una revisión completa del código y plantear adaptaciones de cara a las posibles ediciones futuras de las guías.

A pesar de todos los inconvenientes antes mencionados, debemos recalcar la importancia de este tipo de actividades, pues se trata de un trabajo que explota algunas de las potencialidades inherentes de este particular viaje de estudios.

Sin duda el mayor aporte del trabajo fue para aquellos que cursaron la asignatura electiva, dado que el ejercicio de generación de diagramas fortalece los criterios de análisis y facilita el abordaje de la arquitectura como objeto de estudio. En definitiva, el ejercicio individual realizado por cada estudiante complementa su preparación para el viaje académico. No obstante, además de contribuir a la formación de aquellos estudiantes que cursaron la asignatura, el objetivo más ambicioso de este trabajo fue producir un resultado que trasciende a los participantes del curso

y se colectiviza a todo el grupo de estudiantes que viaja. Por estas dos vías nuestro trabajo permite una mejor preparación del viaje como evento académico y experiencia fundamental para el conocimiento de la arquitectura.

Docencia e investigación

Con referencia a la relación entre enseñanza e investigación, el profesor Porfirio Morán Oviedo (2003) reclama un docente doblemente formado: en la disciplina y también en pedagogía. Este perfil lo encuentra en aquellos que denomina docentes-investigadores, pues son quienes «enseñan lo que investigan y hacen de su práctica docente objeto de estudio» (p. 18).

En ese sentido –y volviendo a lo planteado en la Introducción– entendemos necesario defender esta modalidad de trabajo en la que se produce una clara retroalimentación entre enseñanza e investigación universitarias. En definitiva, nuestra investigación estuvo pensada para generar una herramienta didáctica que pretende una mejora de la enseñanza y, por otro lado, el ejercicio pedagógico se integró como herramienta en la realización de una investigación sobre codificación gráfica.[12]

Docencia y extensión

Consideramos que la principal contribución metodológica de este trabajo fue la definición de un protocolo de dibujo que, en una instancia posterior, puede extrapolarse a un mayor universo de estudio, e incluso podría ser aplicado en otras investigaciones pedagógicas.[13]

Por último, en la medida que la plataforma digital puede ponerse a disposición de otros interesados (incluso por fuera de los grupos de viaje) se trata también de un proyecto de extensión universitaria. De esta manera nuestra experiencia completa el círculo virtuoso de la integralidad universitaria (Kaplún, 2012). Esto nos vincula con las tecnopolíticas –tema central del Sigradi XXI– en tanto la tecnología de las guías digitales permite un crecimiento de la información y del conocimiento sobre arquitectura.

12 También podríamos invertir el orden de estas dos oraciones coordinadas y el resultado seguiría siendo válido.

13 Estamos pensando en diseñar un ejercicio didáctico (con estudiantes avanzados de cursos de proyecto de arquitectura) en el que ensayen la aplicación de una codificación específica en diversas escalas de edificios o proyectos.

Bibliografía

García Amen, F., Payssé Álvarez, M., Portillo, J. P., y Buzó, R. F. (2015). Plexo: una travesía multisensorial. In: *Blucher Proceedings*, volumen 2, n.º 3, San Pablo, p. 493-496.

Fernández, L., Pantaleón, C., Folga, A., Garat, D., y Parodi, A. (2011). *Código gráfico.* Montevideo: Universidad de la República.

Fernández Per, A., Mozas, J., y Arpa, J. (2009). *HoCo: Density, Housing, Construction & Costs.* Victoria Gasteiz: a+t architecture publishers.

Fernández Per, A., Mozas, J., y Ollero, A. (2013). *10 historias sobre vivienda colectiva: análisis gráfico de diez obras esenciales.* Victoria Gasteiz: a+t architecture publishers.

French, H. (2008). *Vivienda colectiva paradigmática del siglo XX.* Barcelona: Gustavo Gili.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (1997). *Metodología de la investigación.* Ciudad de México: Mc Graw Hill.

Kaplún, G. (2012). *La integralidad como movimiento instituyente en la universidad.* InterCambios, *1,* (8). Recuperado de https://ojs.intercambios.cse.udelar.edu.uy/index.php/ic/article/view/11.

López Vílchez, I. (2011). Representación técnica. En L. Cabezas (coord.). *Dibujo y construcción de la realidad: arquitectura, proyecto, diseño, ingeniería, dibujo técnico.* (pp. 153-196). Madrid: Cátedra.

Montaner, Josep María. (2014). *Del diagrama a las experiencias, hacia una arquitectura de la acción.* Barcelona: Gustavo Gili.

Mata Botella, E. (2002). *El análisis gráfico de la casa* (tesis de doctorado inédita). Madrid: Upm.

Mora, P. (2016). Estudiantes de arquitectura uruguayos crean guía de viaje para smartphones. Recuperado de https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/787223/estudiantes-de-arquitectura-uruguayos-crean-guia-de-viaje-para-smartphones.

Morán Oviedo, P. (2003). El reto pedagógico de vincular la docencia y la investigación en el espacio del aula. *Contaduría y Administración, 211*, 17-30.

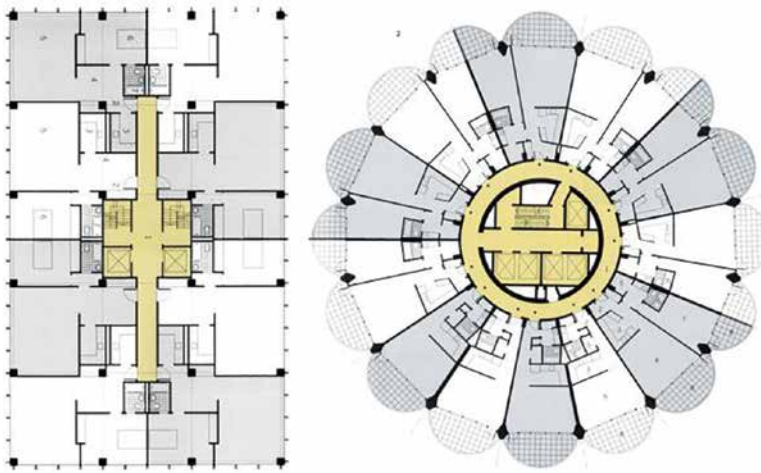

Figura 1: Vivienda colectiva paradigmática del siglo XX. Fuente: French, Hilary (2008)

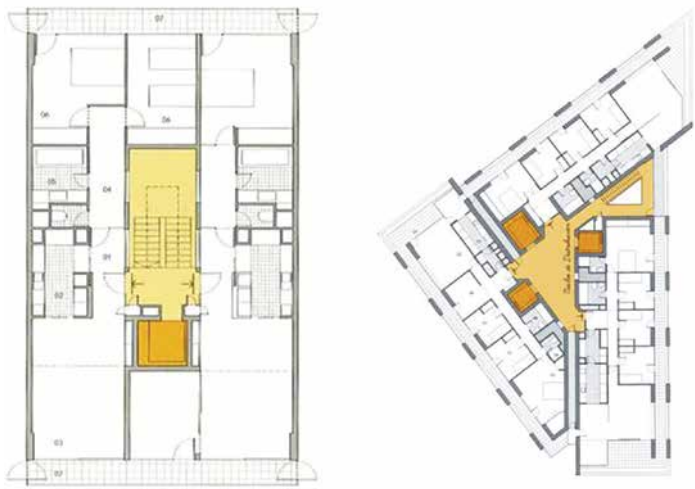

Figura 2: 10 historias sobre vivienda colectiva: Análisis gráfico de diez obras esenciales. Fuente: Fernández Per, Mozas, y Ollero (2013)

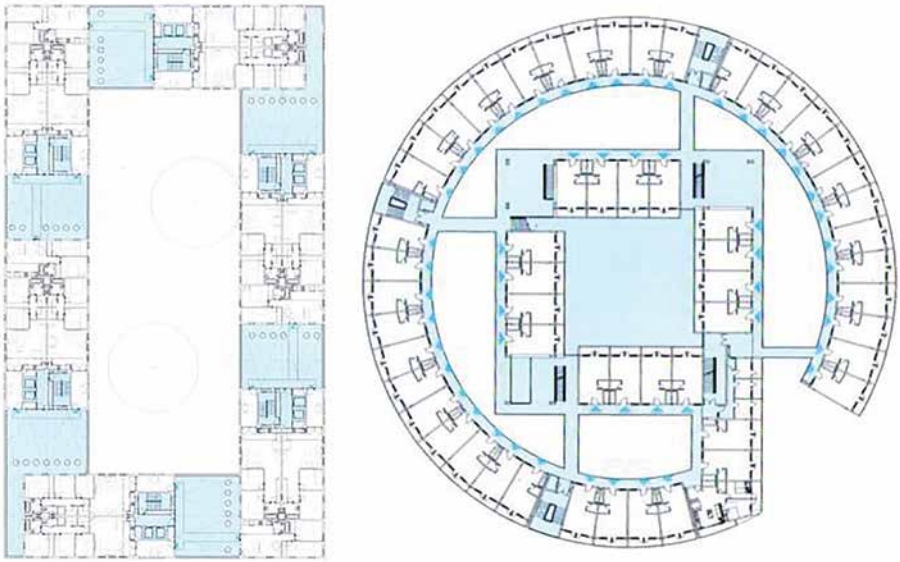

Figura 3: HoCo: Density, Housing, Construction & Costs, Fernández Per, Mozas y Arpa. Fuente Alejandro Folga (2009)

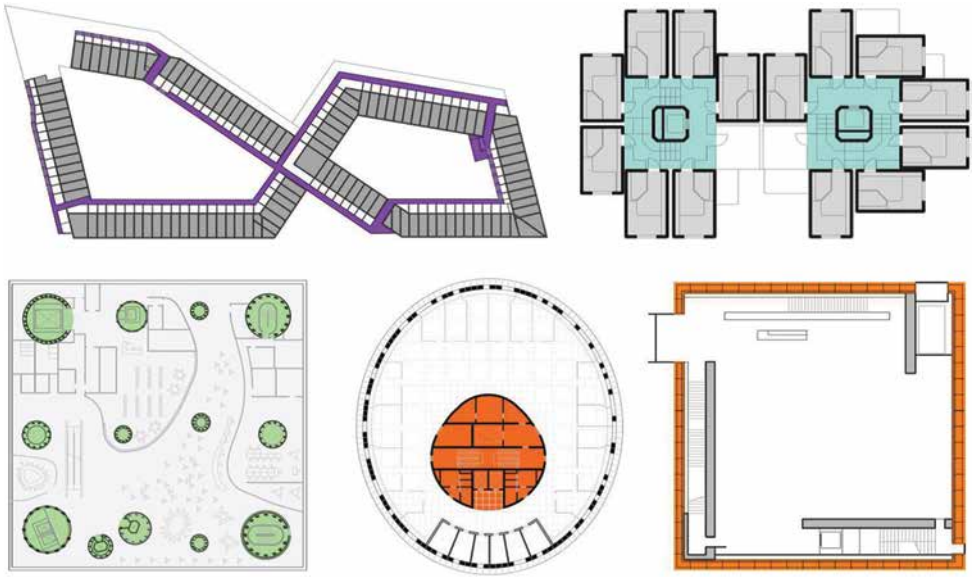

Figura 4: Plantas de diferentes edificios realizadas por los estudiantes del curso

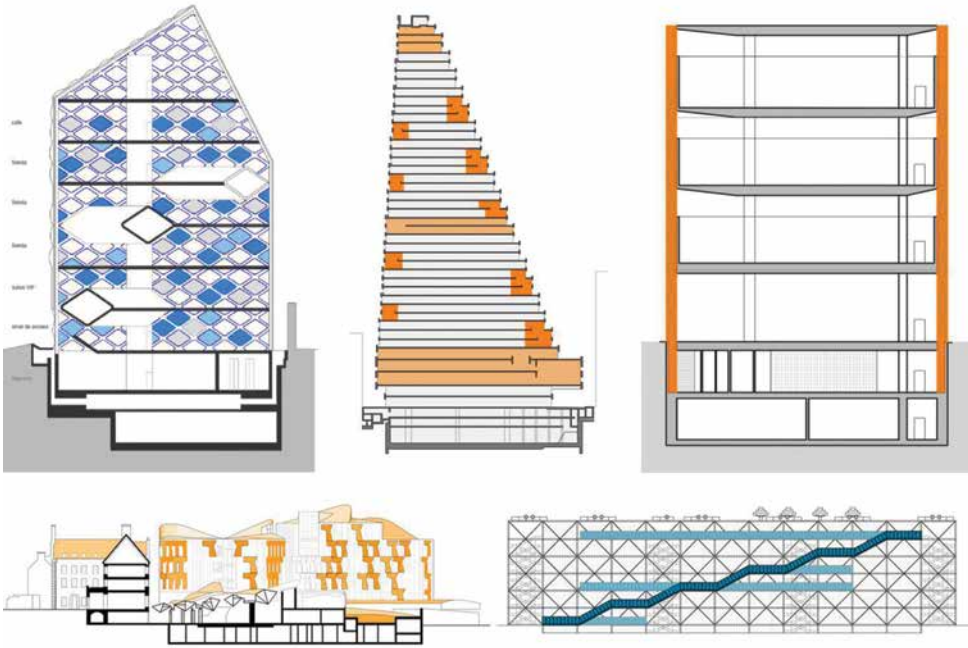

Figura 5: Cortes y fachadas de diferentes edificios realizados por estudiantes del curso.

LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DIGITALES BIM EN LA PRÁCTICA Y LA EDUCACIÓN DEL PROYECTO DE ARQUITECTURA

Experiencias con parametricismo y programación visual

Gabriela Barber
gbarber@fadu.edu.uy

Luis Flores
lflores@fadu.edu.uy

Juan Pablo Portillo
jpportillo@fadu.edu.uy

Resumen

En la actualidad, el diseño asistido por computadora en arquitectura va más allá de la simple representación de planos para convertirse en un modelo digital holístico que implica elementos conectados en sistemas en los que es posible simular su funcionamiento. En este contexto surgen interrogantes sobre cuáles son las herramientas y destrezas que debemos dominar en las disciplinas del diseño. Este artículo se centra en una serie de reflexiones en torno a la incorporación del diseño asistido por computadora, y más específicamente *Building Information Modeling* (BIM), en la era de la cuarta Revolución industrial, a la enseñanza de la arquitectura. Se parte de una experiencia concreta en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) de la Universidad de la República, de la que derivan algunas reflexiones que surgen de la experiencia y de los resultados obtenidos, buscando aportar al debate que se genera en torno a la forma de proyectar, pensar y representar arquitectura.

Palabras clave

BIM, arquitectura, enseñanza, fabricación digital, Proyecto

Introducción

«Durante las últimas décadas, el desarrollo del uso de metodologías digitales para la generación de forma ha sido vertiginoso» (Miret, 2015, p. 3).

En la actualidad estamos en un momento de profundos cambios en la forma que interactuamos con el mundo. La robótica, el internet de las cosas, la fabricación digital, los *smartphones* y otras grandes innovaciones promueven que autores como Klaus Schwab (2016) estén hablando de la cuarta Revolución industrial. Desde la arquitectura, estos nuevos factores de la contemporaneidad aportan al desarrollo efervescente de oportunidades en la forma de afrontar el proyecto arquitectónico. Sin embargo, alineado con estas cuestiones, surgen nuevas interrogantes y reflexiones, que oscilan entre el optimismo y la incertidumbre en torno al quehacer del arquitecto.

En la década del setenta la cibernética se introduce en la discusión del ámbito arquitectónico generando debates y reflexiones sobre la disciplina (Ortega, 2009). Las TIC han cambiado la forma de vivir, pero también la forma de proyectar. En el contexto local estos cambios se empiezan a manifestar con distintas líneas. Luego de cien años de la existencia de la Facultad de Arquitectura y la carrera de arquitectura, nuestra facultad se consolida como un conjunto de disciplinas en torno al diseño en las que la arquitectura no es ya la única carrera dictada. Este cambio conlleva la inauguración de un nuevo plan de estudios (2015) que persigue acortar la extensión de la carrera de grado que en la actualidad es relativamente larga (para promover la realización de cursos de posgrado) y actualizar la currícula del arquitecto. Uno de los aspectos más relevantes en este cambio es la manera de enseñar la representación de la arquitectura, que antes implicaba el dictado de una serie de cursos específicos a tal fin que ahora se integran en la enseñanza de proyecto, cambio que en nuestra facultad involucra una cátedra múltiple y por tanto muchas maneras de enseñar la representación, ya no como algo independiente, sino como parte del quehacer del proyecto arquitectónico.

Luego de varios años de la introducción de herramientas BIM (*Building Information Modeling*), en 2017 se instala a nivel nacional la discusión acerca de esta metodología con la realización de

encuentros y la conformación de la versión local del BIM Forum. La discusión apunta a que el BIM se convierta en un estándar en la construcción debido a sus grandes ventajas en todas las fases de diseño (conceptual y detallado), en la construcción y en el mantenimiento de edificios al posibilitar el aumento de la productividad, la calidad del entregable y la variabilidad (Borrmann, König, Koch y Beetz, 2018). Algunas de sus grandes ventajas radican en la posibilidad del trabajo colaborativo entre las distintas partes interesadas en el proyecto mejorando la coordinación y la eficiencia en el dibujo en la fase de diseño ya que los cambios se realizan en una de las vistas del modelo y se actualizan en todas las demás evitando posibles errores al reingresarlo manualmente, y también se pueden identificar interferencias entre las distintas partes que conforman el modelo y así evitar conflictos (Borrmann *et al.*, 2018).

Circunscripta en la metodología BIM, la parametrización es uno de los nuevos procesos de diseño en el que la informática manipula volúmenes de datos imposibles de procesar de forma rápida por la mente humana. Se busca incorporar los conceptos de componente, parámetro, objeto dinámico, complejidad y concepto de parte y ensamblaje como idea de fabricación más que la idea de construcción en la enseñanza de arquitectura. Todos los objetos poseen parámetros fácilmente editables que varían según el objeto. Los parámetros de los objetos pueden personalizarse con técnicas de modelado avanzado con herramientas de programación visual como Dynamo.

Metodología

La condición de contemporaneidad de estas nuevas formas e interrogantes es tal que tanto en el medio local como en los estudios de arquitectura y a nivel curricular se están incorporado estas herramientas en forma incipiente. En consecuencia cabe preguntarse cuáles son las herramientas que debemos dominar en las disciplinas del diseño en la contemporaneidad y cómo deben ser incorporadas a la currícula.

En lo que respecta a este artículo, buscamos aproximarnos a algunas de las posibles respuestas en torno a la forma en que impactan las nuevas tecnologías, desde la parametrización y la metodología BIM, en la práctica y en la educación de la arquitectura, basándonos en una experiencia desarrollada en la FADU de la Udelar. De esto derivan algunas reflexiones que surgen de la experiencia y de los resultados obtenidos, buscando aportar al debate que se genera en torno a la forma de proyectar, pensar y representar arquitectura.

El curso «BIM Avanzado para Arquitectura» aborda la inclusión del paradigma BIM desde una perspectiva global, esto es, a nivel de diferentes disciplinas como arquitectura y estructuras e instalaciones, así como la incorporación de herramientas de diseño mediante algoritmos[1] que buscan la automatización a nivel del profesional en el modelado. El abordaje de la programación para generar *plugins* que permitan realizar cálculos, el desarrollo de modelos de instalaciones tales como Sanitaria o Estructuras o el desarrollo del diseño generativo[2] mediante Dynamo son algunos de los tópicos más importantes. Asimismo, se hace hincapié en el modelado de componentes complejos que son potencialidades en el modelado BIM.

Las nuevas herramientas BIM en el diseño

Debemos aclarar que BIM se sustenta en procedimientos de diseño arquitectónico, manejo y documentación de la información mediante relaciones y vínculos paramétricos. La diferencia sustancial con otras herramientas digitales basadas en el manejo de parámetros reside en que es una metodología hacia la conformación del hecho arquitectónico; es mucho más que un conjunto de datos y valores o un cúmulo de recaudos de representación del objeto arquitectónico. En definitiva, la sumatoria de partes, dispositivos, elementos y estructuras y la planificación temporal del proyecto del edificio permite una completa interconexión de todos los elementos que componen el modelo, de forma tal de posibilitar la correcta coordinación entre áreas y flujos de trabajo. Sumado a esto, incorpora la sistematización de trabajo colaborativo aportando flexibilidad en el diseño del proyecto general, de modo que se establece así una tríada básica conceptual: simulación-parametrización-colaboración/interoperabilidad como condición taxativa del modelado BIM, o más correctamente, metodología BIM.

Como diseñadores debemos extender y ampliar nuestra visión en la incorporación de programas digitales en la práctica y en la enseñanza de la arquitectura, ya que estos programas son cada vez más sofisticados, potentes y versátiles en las nuevas posibilidades de diseño. La metodología BIM implica un modelo holístico (*Whole Building Model)* del proyecto de arquitectura,

1 Un algoritmo es una secuencia de pasos consecutivos que permiten obtener un resultado, generalmente mediante un código de programación, como si se tratase de una receta.

2 El diseño generativo permite mediante herramientas de programación de alto nivel (lenguaje cercano al hablado) el desarrollo de diseños dinámicos o también familias de diseños que cambian conforme se modifican ciertos parámetros de entrada.

es decir, una descripción completa del edificio. Según el grado de modelado puede adquirir otras dimensiones en el flujo de trabajo BIM como 4D (cuando se integra el factor tiempo), 5D (cuando se integra la estimación de costos) o 7D (cuando se integra el ciclo de vida del proyecto), por ejemplo. Por tales razones este *Whole Building Model* trasciende lo que es una herramienta de representación, para conformar procesos de mayor complejidad. Esta cualidad puede dificultar la integración de estos procesos en el acto creativo del proyecto.

La transformación de la arquitectura contemporánea está intrínsecamente ligada a diversos factores tales como los procesos evolutivos digitales, los avances en los procesos productivos en la industria de la construcción, el desarrollo de nuevos materiales y la simulación de modelos arquitectónicos. En este contexto surgen dos posibles ventajas: se libera la producción de la rigidez de la estandarización dando lugar al impulso proveniente de la fabricación digital y la variabilidad (Carpo, 2009), y se potencian nuevas organizaciones formales y funcionales del proyecto de arquitectura.

La unión intrínseca entre arquitectura y herramientas digitales en términos actuales es indisoluble, entendida como una relación de trabajo conjunto. Pero cabe interrogarse si la arquitectura debe depender de las TIC (tecnologías de la información y de la comunicación). «La importancia que tiene el uso de la tecnología en esta carrera tan compleja se refleja en la facilidad que puede brindar un tipo de software al realizar un trabajo de manera rápida y sencilla, las TIC y la arquitectura actualmente son uno solo» (Hernández, 2016: 36).

¿Cuál es la innovación pedagógica que pueden conllevar estos nuevos procesos en la enseñanza de la arquitectura? La enseñanza de la arquitectura vista en su doble condición: las formas de hacer y de pensar proyecto; la primera condensada en los talleres y la segunda en la teoría de la arquitectura y los problemas que plantea la contemporaneidad. El gran desafío es la hibridación académica por la cual se logren aunar estas dimensiones en la ideación del proyecto. La incorporación de TIC a través de las herramientas digitales en los procesos de diseño se hace cada vez más imprescindible en el desarrollo de posibilidades y métodos. Se hace necesario definir líneas de investigación en didácticas, no solo en la comunicación y en la representación de la propuesta proyectual acabada, sino efectivamente en los procesos de conformación del proyecto y su diseño como proceso integral.

Estos procesos didácticos conforman un campo de conocimiento propio de desarrollo e investigación en los resultados de arquitecturas formales, como en las metodologías didácticas esen-

ciales en la formación de grado. Cambiar la forma de hacer y pensar el proyecto, incorporando factores de la contemporaneidad como son las aplicaciones de software propios de la disciplina, podría potenciar la innovación pedagógica en la enseñanza de la arquitectura.

La condición de contemporaneidad de lo digital en estas nuevas formas de hacer y pensar, en el medio local y a nivel curricular, es una realidad, así como la incorporación de estas herramientas en forma incipiente es irremediable al existir una diversidad de factores que accionan la utilización de estas herramientas.

El debate de estas interrogantes no debe estar supeditado al accionar de independientes, particulares o privados (hoy por hoy indirectamente está cayendo en su esfera); por el contrario, la oportunidad de acompañar los nuevos métodos de idear y realizar arquitectura, las nuevas realidades materiales y las nuevas metodologías productivas, además de otros componentes de diseño, debe ser una tarea de los ámbitos de formación. Esta discusión cae en la esfera de la responsabilidad universitaria y, en consecuencia, de la facultad y sus talleres de proyecto, que deberán desarrollar e implementar respuestas a los nuevos escenarios.

La academia debería tener una participación pujante en el desarrollo de metodologías proyectuales, mediante el uso de estos instrumentos, y proponer debates sobre la yuxtaposición entre el hacer y el pensar a partir de los nuevos horizontes tecnológicos y, por ende, nuevos lineamientos didácticos de actuación.

Nueva forma de crear, nueva forma de pensar: la experiencia del curso BIM Avanzado para Arquitectura

El curso «BIM Avanzado para Arquitectura» se propone como curso de posgrado, educación permanente y grado avanzado, con una duración total de 40 horas aula, con un formato presencial y la entrega final de un trabajo crítico-reflexivo por parte del estudiante. Este trabajo puede ser elaborado por duplas de estudiantes. Los destinatarios de este curso fueron egresados y estudiantes avanzados de la carrera de arquitectura. Se parte de la premisa de que los estudiantes inscriptos dominan las tecnologías de software orientadas al paradigma BIM como Revit de Autodesk, en un nivel básico, de forma tal que se pueda dar un salto en la profundidad del uso de la herramienta.

Se trazaron como objetivos la creación de componentes complejos como la creación de familias anidadas (familias dentro de familias, por ejemplo, un componente *cerradura* que forma parte de otro componente *puerta*), el trabajo en equipo colaborativo o la creación de parámetros personalizados, así como el diseño algorítmico o modelado generativo. El concepto de *componente* que estamos utilizando es el de archivo rfa de revit, que permite cargar un elemento dentro del modelo edilicio tal como una abertura. En este último caso se trata de utilizar herramientas de programación visual para generar modelos complejos morfológicamente.

Por otro lado se abordan herramientas como el análisis energético, MEP (instalaciones de mecánica, eléctrica y sanitaria por sus siglas en inglés) y modelado de estructuras que permiten avanzar hacia la generación de un modelo edilicio completo.

La metodología BIM está cambiando el concepto de modelo 3D de un modo tal que este ya no se concibe para un propósito particular, como sucedía en el pasado, sino que ahora se concibe como un modelo holístico y su fin es para múltiples requerimientos (por ejemplo, aplicado al análisis energético). Este concepto también se conoce como *Whole Building Model,* modelo completo o descripción completa. Si antes un modelo era, por ejemplo, pensado exclusivamente para cálculo estructural o para visualización, ahora ese mismo modelo se orienta hacia todos los objetivos de forma simultánea. En Revit es posible modelar la albañilería, la estructura, las instalaciones, el modelo energético y el modelo económico, además del modelo visual.

El curso supuso cuatro instancias de análisis de diversas herramientas:

Diseño generativo

El diseño generativo es un método para generar formas relativas a partir de la modificación de las variables que las definen, o, en palabras de Lars Hesellgren, con una mayor referencia hacia la disciplina, pero también desde una endogamia confusa; el diseño generativo no es diseñar un edificio, es diseñar el sistema que diseñe un edificio. En este sentido, la computadora aparece no como herramienta para representar, sino para pensar la arquitectura, algo conocido como *Computational Design Thinking* (Terzidis, 2006).

La incorporación de Dynamo y la capacidad de trabajar con una metodología de diseño generativo nos permite modelar de manera compleja masas conceptuales o partes constructivas sobre la base del archivo por categorías en Revit, participando de un nuevo proceso de diseño en el que debemos descomponer nuestros sistemas de ideas y decisiones.

Tal como se puede leer en *La Nueva Ciencia de las Ciudades* (Batty, 2013), ya referenciado en los estudios sobre generadores primarios (Darke, 1979), la importancia de entrar en el proceso de diseño a través de estos instrumentos radica en que no nos veríamos limitados por las capacidades de un tipo de herramienta y su lenguaje, pudiendo además obtener las conclusiones complejas propias del cálculo computacional.

En esta unidad temática se dedicaron ocho horas aula para ejercicios prácticos. En la modalidad de clases teórico-prácticas se implementaron ejercicios de diseño arquitectónico. Se apoyó desde lo teórico con un abordaje de lo paramétrico y su evolución en la historia de la arquitectura. Asimismo se han implementado cursos previos en formato taller para diseñar y fabricar objetos arquitectónicos efímeros o permanentes. Estos cursos también son un antecedente para la formación de una maestría en fabricación digital.

Interdisciplinariedad y análisis

Exploración de metodologías BIM (flujos de trabajo, trabajo colaborativo y diseño conceptual que permite el diseño volumétrico, pero parametrizado) en dicho proceso. Aquí se pone énfasis en el trabajo en equipo (colaboración), se aborda la complejidad desde el trabajo con archivos vinculados, opciones de diseño y el desarrollo de componentes complejos (familias cargables). En este último punto se profundizó en el desarrollo de componentes anidados en varios ejemplos que buscan potenciar y optimizar el trabajo. También se trabajó en el desarrollo del modelo completo, esto es, no solo la arquitectura, sino también las instalaciones y la estructura. De esta manera el desarrollo de componentes que contienen información no exclusivamente geométrica, sino también de consumos y flujos, permite luego analizar el funcionamiento del edificio dinámicamente desde el punto de vista de dichas instalaciones. En el caso de la sanitaria es posible analizar y dimensionar diámetros de tuberías en función de flujos y consumos. Lo más importante de BIM es el trabajo colaborativo (Kymmell, 2008), pues la colaboración de los distintos actores involucrados a lo largo de toda la existencia del edificio se basa en estándares que permiten modelar y modificar la información de una representación digital de una serie de características físicas y funcionales del edificio.

- Se incorporaron herramientas desarrolladas por el equipo docente mediante código c# (código de programación) como *plugins* para Revit en tanto herramientas de estudio energético para potenciar el análisis sobre sustentabilidad.

- La incorporación de herramientas desarrolladas localmente con *plugins* para el software de modelado 3D Sketchup. Se trata de una experiencia externa a la facultad, pero que desarrolla *plugins* para trabajo con Sketchup y Steel Framing. Los desarrolladores participaron en el curso como invitados.

Resultados

El principal aporte del curso está en el hecho de abordar un fenómeno de por sí importante en la agenda del debate: cómo trabajan el BIM y la fabricación digital en forma conjunta.

En la enseñanza se introduce una herramienta de diseño de arquitectura como es el modelado conceptual combinado con el diseño algorítmico. Esta estrategia de diseño se incorpora a otras iniciativas recientes similares que se centraron en Rhino+GrassHopper. En esta oportunidad se utilizó Dynamo+Revit, el diferencial es que se introduce una herramienta asociada al paradigma BIM.

Asimismo se proponen una serie de reflexiones teóricas por parte de los estudiantes en el marco de los trabajos finales de curso junto a modelos de familias que realizaron. Se inicia así un debate sobre BIM que consideramos de valor en este sentido. A partir de los trabajos entregados surgen algunos puntos a mencionar.

En cuanto a la aplicación de BIM en la construcción:

Es cierto que si bien hay un panorama optimista en la efectividad de los procesos de la metodología BIM, hay cierta inercia al cambio por parte de los actores en la implantación de la metodología en el entorno de la construcción. Se requiere de gran conocimiento para poder implementar BIM de manera correcta.

Hay múltiples plataformas y múltiples actores que intervienen que pueden o no manejar los mismos softwares. BIM es más que saber operar con Revit o ArchiCAD; implica tener conocimientos de gestión de proyectos, y las figuras del BIM Manager y del Project Manager son de vital importancia.

Aunque es posible trabajar BIM casi exclusivamente desde un solo programa, la verdadera eficiencia se crea cuando se cruzan las plataformas y se maximiza la compatibilidad y el potencial de cada software específico.

Uno de los mayores desafíos a nivel nacional es la falta de personal capacitado, por lo cual se hace necesaria una mayor capacitación, que puede representar una inversión importante a la interna de las empresas.

Si vemos el ciclo de vida de los edificios podríamos definir tres etapas: antes de la construcción, durante la construcción y después de la construcción. En otras palabras, etapa de diseño, etapa de construcción y etapa de operación y mantenimiento. El uso de BIM aparece en todo el ciclo.

Se tiene que poder trabajar con protocolos que garanticen comunicación y la legibilidad a través del tiempo.

En cuanto al diseño, surgen otra serie de reflexiones

La base del diseño paramétrico es la generación de geometría a partir de la definición de una familia de parámetros iniciales y la programación de las relaciones formales que guardan entre ellos. Consiste en la utilización de variables y algoritmos para generar un árbol de relaciones matemáticas y geométricas que permitan no solo llegar a un diseño, sino generar todo el rango de posibles soluciones que la variabilidad de los parámetros iniciales nos permita.

El modelado paramétrico es una de las razones de ser de la metodología BIM. Es precisamente donde este sistema demuestra su potencial y principal diferencia con un sistema CAD o un modelo convencional, ya que los parámetros añaden dinamismo y flexibilidad al proceso.

BIM es ahora la nueva manera de crear, compartir y manejar el diseño del edificio a través del proceso completo de este.

Hace algunos años irrumpió en el medio el concepto de diseño paramétrico, que se identifica por su vanguardismo con formas imposibles creadas a partir de algoritmos y complejas herramientas informáticas provenientes de industrias como la aeronáutica.

La variabilidad de la forma (aunque compartan una matriz algorítmica) con las posibilidades de modelado complejo al combinarse con la fabricación digital no implican mayores costos en la producción en serie no estándar (Carpo, 2009).

Debate

Las herramientas de fabricación digital (*routers* CNC, cortadoras láser e impresoras 3D) junto a las herramientas de diseño asistido se han impuesto en nuestra casa de estudios a medida que también se han ido incorporando a la industria a nivel nacional, como se expuso en el presente artículo. En el campo académico estas herramientas de hardware y software están incorporándose con más fuerza a nivel de estudios de posgrado, dada la estructura de planes de estudios que se viene afirmando.

En el caso de las herramientas BIM existe una gran cantidad de usuarios, tanto estudiantes como profesionales de distintas disciplinas que demandan formación de alto nivel. Es indudable que estas experiencias así como la profundización de herramientas de programación visual aportan en el actual proceder del arquitecto y en otras disciplinas, hibridando roles y procesos. En las temáticas de los trabajos presentados por los alumnos se pudo apreciar que existe una preocupación creciente en el uso BIM. También la aparición de aplicaciones y *plugins* a nivel nacional que colaboran en la industria de la construcción y la fabricación digital dan cuenta del rumbo que está tomando nuestra profesión y su enseñanza.

Sin duda la integración de las tecnologías de modelado-captura, escaneo 3D y fabricación digital integradas en los procesos de gestión de la información BIM es un desafío que aún debemos afrontar. Estamos convencidos de que el profesional de la industria de la construcción, no solo arquitectos, sino diseñadores en general y fabricantes-constructores deben dominar estas tecnologías, y en este sentido adaptarse a las nuevas formas y posibilidades que se están incorporando en el ámbito internacional en pos de la eficiencia en la construcción, pero también en su contribución al abanico de posibilidades creativas que se abre en las formas de hacer el proyecto de arquitectura.

Agradecimientos

A Alberto de Austria por su aporte en el presente artículo.

Referencias bibliográficas

Batty, M. (2013). *The New Science of Cities*. Cambridge: MIT Press.

Borrmann, A., Köning, M., Koch, C., y Beetz, J. (Eds.) (2018). *Building Information Modeling:Technology Foundations and Industry Practice.* Springer. https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-92862-3?noAccess=true.

Carpo, M. (2009). La desaparición de los idénticos: la estandarización arquitectónica en la era de la reproductibilidad digital. En: Ortega, L. (Ed.), *La digitalización toma el mando.* Barcelona: Gustavo Gili.

Darke, J. (1979). The Primary Generator and the Design Process. *Design Studies, 1* (1) 36-44.

Franco, J. T. (2018). *What is bim and Why Does it Seem to be Fundamental in the Current Architectural Design?* Recuperado de https://www.archdaily.com/888727/what-is-bim-and-why-does-it-seem-to-be-fundamental-in-the-current-architectural-design.

Hernández Cabanz, M. (2016). *Las tic en la arquitectura* (Ensayo final, Licenciatura de Arquitectura). Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Kymmell, W. (2008). *Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations.* Nueva York: McGraw-Hill Inc.

Miret, S. (2015). *La técnica y el autor en la era digital. Arquis, Universo Paramétrico, 6,* 34-41.

Ortega, L. (Ed.) (2009). *La digitalización toma el mando.* Barcelona: Gustavo Gili.

Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Génova: World Economic Forum.

Terzidis, K. (2006). *Algorithmic architecture.* Oxford: Architectural Press.

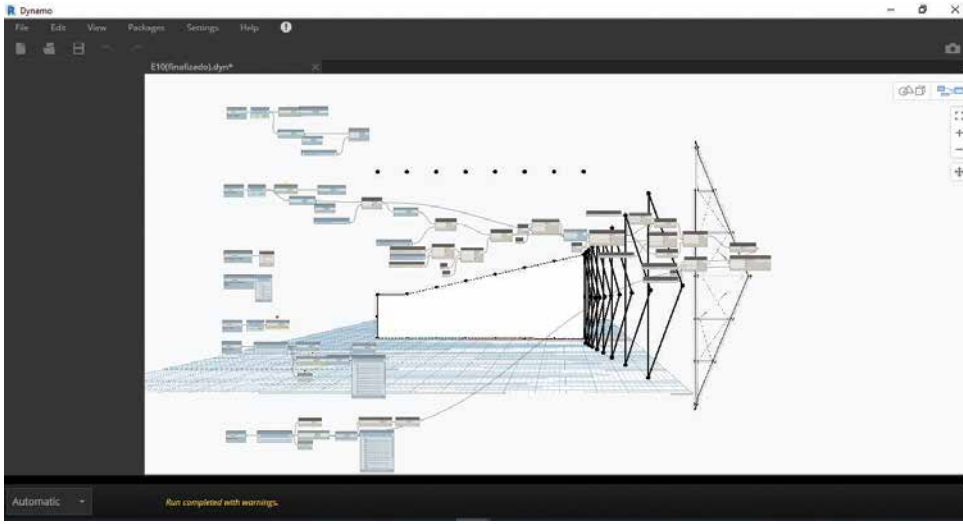

Figura 1. Diseño de elementos estructurales con Dynamo Revit. Utilización de Dynamo para el trabajo con sistemas de componentes adaptativos (estructurales). Fuente: Juan Portillo

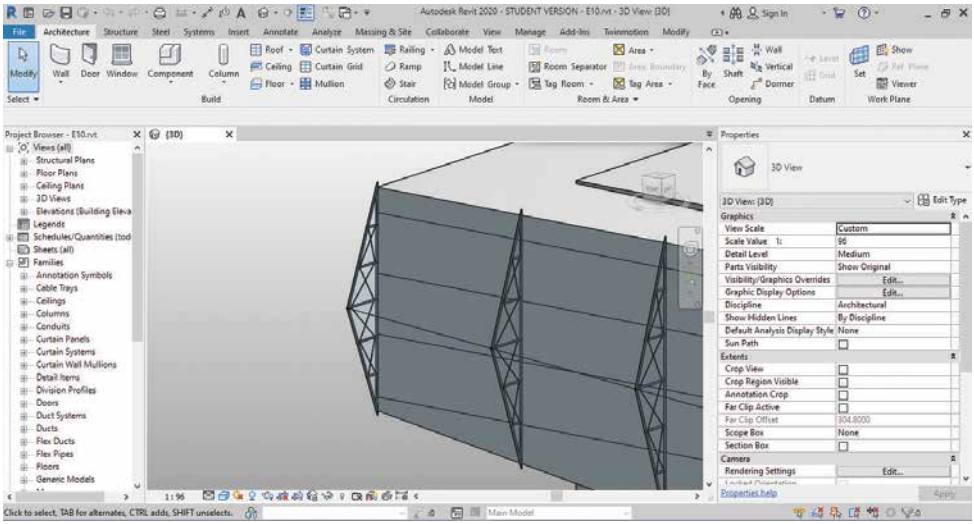

Figura 2. Diseño de elementos estructurales resultado en Revit. Fuente: Juan Portillo

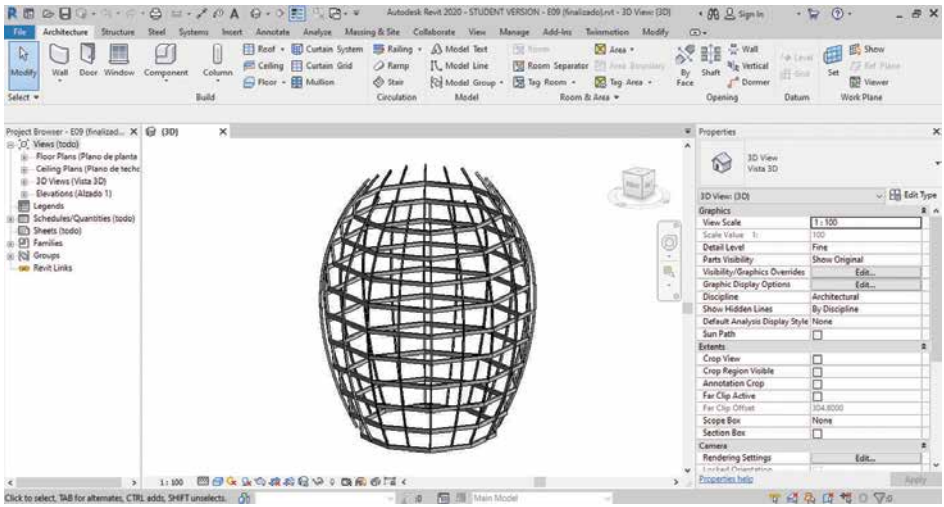

Figura 3. Diseño generativo en Revit desde Dynamo. Fuente: Juan Portillo

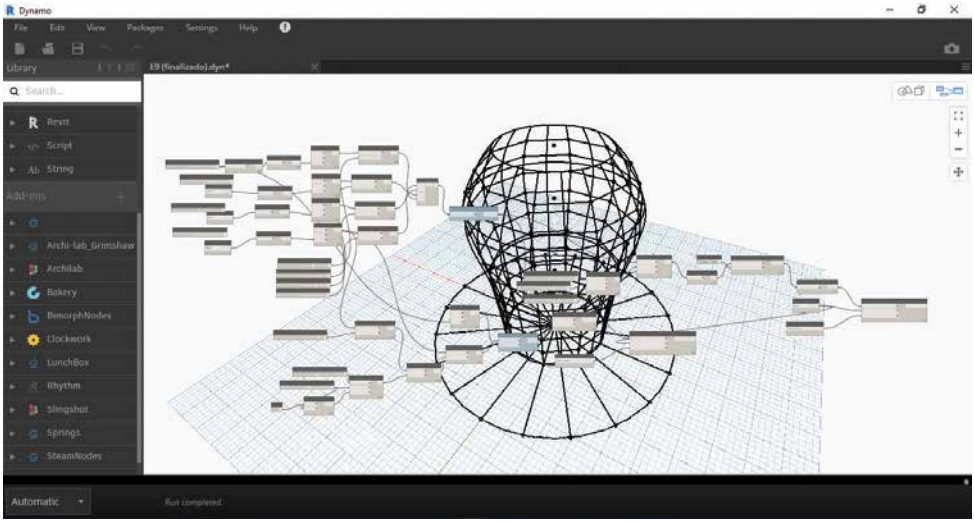

Figura 4. Diseño de elementos con Dynamo Revit. Fuente: Juan Portillo

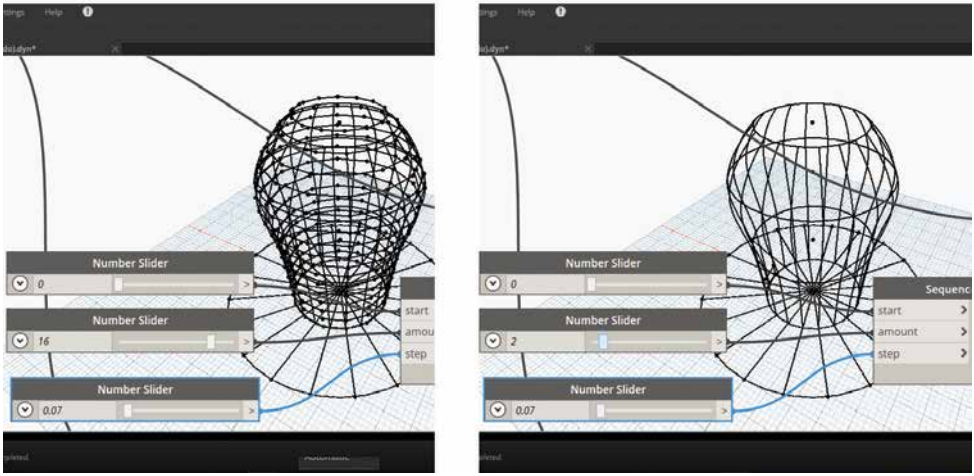

Figura 5. Variabilidad paramétrica. Fuente: Juan Portillo

Este volumen reúne buena parte de la producción realizada por el Laboratorio de Visualización Digital Avanzada (ViDiaLab) y por el Laboratorio de Fabricación Digital (FabLab.MVD), pertenecientes al Departamento de Informática Aplicada al Diseño (DepInfo) en 2018 y 2019.

Se trata de la tercera parte de la colección FOLDERS, que dio inicio con el bienio 2014-2015, continuó con el bienio 2016-2017 y concluye con esta edición, que cierra un ciclo. El DepInfo, que vio la luz en el año 2000, concluyó sus funciones en 2020, producto de la reestructura interna de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Este final marca el cierre de un ciclo, pero también una gran oportunidad de desarrollo: la concreción del Centro de Integración Digital, un ámbito en el que se expresarán de modo transversal las pulsiones de lo digital en todos los ámbitos de la disciplina del diseño.

ISBN: 978-9974-0-1905-8
9 789974 019058