

Ludo/Faber alumni: playful experiences of digital manufacturing for the appropriation of educational spaces

Felipe Arenas¹, Pablo Banda²

¹ Universidad de Las Américas, Santiago, Chile

felipe.arenas.bahamondes@edu.udla.cl

² Universidad de Las Américas, Santiago, Chile

pablo.banda@edu.udla.cl

Abstract. The present study is inserted in the learning context of the Architecture career of 40 students in a course of Applied Digital Fabrication. It seeks to explore the design possibilities that are produced by permeating game design features with digital architectural design and digital fabrication with each other. What spatial design potentials appear when introducing and intermingling the notions of Homo Ludens and Homo Faber in architectural generative design systems?

Keywords: Play, Generative design, Shape grammar, Augmented reality, 3D printing.

1 Introduction

El presente estudio se inserta en el contexto de aprendizaje de la carrera de Arquitectura de 40 estudiantes de segundo año, en un curso de Fabricación digital aplicada. Se busca explorar las posibilidades de diseño que se producen al hacer permear características del diseño de juegos con el diseño arquitectónico digital y fabricación digital entre sí. El puente entre campos surge al evidenciar los puntos en común que poseen el diseño generativo, con el diseño de juegos como sistemas que se sustentan a partir de reglas y condiciones de interacción entre elementos. En este sentido entendemos juego como sistema complejo (Zimmerman, Salen 2004), que tanto en su concepción como en su uso promueve la aparición de dinámicas emergentes difíciles de predecir, pero con mecánicas subyacentes declaradas desde un inicio.

El objetivo de este artículo es indagar en resultados del trabajo con el concepto de juego como proceso y también como uso. Por un lado, se trata de introducir mecánicas y dinámicas de juegos en el proceso en sí de diseño generativo; y, por otro lado, como elementos a fabricar, se apunta a la creación de sistemas de piezas físicas - juego constructivo - que, al posicionarse en una zona común del campus de la casa de estudios, promueva la colaboración entre estudiantes y la sensación de apropiación del espacio.

1.1 Homo Ludens y Homo Faber

Es común que nos refiramos a nuestra especie con el término homo sapiens, donde el adjetivo sapiens se deriva del latín *sapientia*, que significa "sabiduría". Entonces, la principal característica del homo sapiens es la habilidad de pensar y actuar usando como base la razón y el conocimiento. No obstante, en su libro "Creative evolution", Bergson (1998) argumenta que deberíamos autodenominarnos "*homo faber*" en lugar de homo sapiens, pues nuestra propiedad fundamental es la capacidad de "fabricar objetos artificiales". Por otro lado, en su libro "*Homo ludens*", hombre que juega, Huizinga (1954) posiciona el juego aspecto relevante y como digno contendiente ante los otros dos conceptos predecesores. En el presente artículo no se busca relevar una de aquellas ideas por encima de las otras, sino más bien establecer algunos nexos entre ellas que puedan ser de utilidad en el quehacer del estudiante de Arquitectura.

¿Qué potenciales de aprendizaje aparecen al introducir y entremezclar las nociones de homo ludens y homo faber en el contexto de estudios de Arquitectura? El concepto de "homo faber" o humano fabricante hace alusión a nuestra habilidad de crear. Aprendemos haciendo, construyendo y creando formas rígidas y dinámicas. Esto, entendido no sólo desde una dimensión material, sino también psicosocial (crear imaginarios, crear historias, crear realidades) y el potencial de expresión creativa que el nexo entre la creación de lo tangible y lo intangible supone. A través de lo que creamos llegamos a entender y modelar nuestro entorno, no como un mero conjunto de objetos, sino como entidades en las que cohabitamos y en las que damos un sentido a la interconexión de las partes que lo componen, constituyendo un todo a nivel de artefactos y a nivel de las relaciones socio-espaciales que los rodean y atraviesan.

Las conexiones entre arquitectura y tecnologías digitales, que inicialmente se remitieron al campo de la representación y luego se ampliaron hacia los procesos de diseño (surgiendo campos como el diseño computacional, diseño paramétrico, diseño generativo, etc.) hoy en día presentan un amplio potencial de desarrollo para los procesos de fabricación (impresión 3d, CNC, Robots, Laser cut, etc.). De esta manera, los estudiantes de arquitectura se enfrentan a la opción-necesidad real de prototipar de manera rápida las ideas de forma, espacio y objeto que pueden especular.

El homo ludens sitúa al juego como una función esencial que antecede a la cultura; más aún, señala que la cultura humana brota del juego y en él se desarrolla. Y si bien, desde el juego es posible desarrollar muchos tipos de aprendizaje (físico, social, cognitivo, emocional), es una acción que traspasa los límites de la ocupación biológica o física. Es una función con sentido en sí misma, que se desarrolla dentro de límites temporales y espaciales

determinados, según reglas obligatorias, aunque libremente aceptadas (Huizinga, 1954).

Las prácticas lúdicas son algo que usualmente se ve en oposición al trabajo o a lo serio, producto de lo cual se puede malentender el juego como algo que se contrapone al aprendizaje. Sin embargo, existen varios puntos que nos pueden ayudar a posicionar al juego como un catalizador de aprendizaje. En el juego se aliviana el miedo al error o la equivocación. Estamos jugando, por ende, lo podemos volver a intentar cuantas veces queramos. Y considerando esto último, todo juego es un sistema de aprendizaje en sí mismo, ya que, en cada iteración, en cada reintentó, llevamos consigo las habilidades adquiridas de las instancias de juego anteriores. Tomando en consideración lo anterior, en el contexto específico del curso implementado por los autores de este artículo, los estudiantes se encargan de designar reglas de diseño y también reglas de juego para el uso de piezas a fabricar, manteniendo un constante nexo entre diseño generativo y juego.

1.2 Diseño Generativo

El diseño generativo se caracteriza por el uso de medios algorítmicos discretos para la exploración rápida de vastos espacios de diseño (Emdanat et al., 1999) desplazando al diseñador desde un rol de dibujante hasta el de un ganadero, o criador de especies digitales (Delanda, 2002). Contando con varias décadas de desarrollo y los más diversos métodos poseen como aspectos fundamentales la capacidad de embeber comportamientos en sus soluciones (Stiny, 2009) y ofrecer cierto espesor u integridad, de modo que el todo más que la suma de sus partes (Alexander, 2009). Para introducir a este modo de diseñar de forma temprana, se revisaron distintos sistemas generativos clásicos en el aula, como Shape Grammar (Stiny & Gips, 1972), agentes tipo Boids (Reynolds, 1987) y autómatas celulares (Conway, 1970; Wolfram, 2002).

1.3 Gamificación en arquitectura

Gamificación es el uso de estrategias, mecánicas y elementos propios de los juegos en contextos ajenos a éstos, con el propósito de transmitir mensajes, cambiar comportamientos, propiciar la motivación o activar el aprendizaje.. Algunos autores (Ekim, T, 2020), (Savov, 2016), (Schnabel, et al, 2014), (Redondo et al, 2020) en investigaciones recientes han logrado aplicar gamificación en el contexto académico de arquitectura con resultados interesantes en cuanto a la evaluación de la motivación a la participación en la resolución de problemas de diseño complejos.

2 Metodología

La metodología empleada utiliza una investigación básica que comprende un análisis bibliográfico de el juego como concepto y una posterior investigación aplicada en el marco del curso teórico universitario dictado por los autores. Esto último implica el desarrollo iterativo de diseño y testeo de prototipos.

2.1 Conceptualización del juego

Se utilizan dos bases conceptuales para operar en el diseño con foco en la realización de juegos: el framework MDA y las categorías de juegos. MDA significa mecánicas, dinámicas y estéticas, en el idioma inglés. Estos tres conceptos se sitúan como un puente que comunica al autor o autores del juego con los eventuales jugadores. Las mecánicas describen las reglas de juego, entendidas como componentes que contienen algoritmos y procesan inputs. Las dinámicas son el conjunto de interacciones que aparecen cuando los jugadores actúan según las mecánicas y las estéticas definen las respuestas conductuales y emocionales que se espera despertar en los jugadores. (Hunicke, et al, 2004)

En estudios sobre el tema se han descrito en un comienzo cuatro categorías para los juegos: agon, alea, illinx y mimicry (Caillois, 1961) A éstas luego se les une recientemente una quinta llamada Peripatos (Mandoki, 2008).

Agon (competencia): Juegos que representan una lucha de dos o más participantes, enfrentados en condiciones ideales. Este tipo de juegos requiere entrenamiento, disciplina y perseverancia.

Alea (suerte): En esta categoría se busca ser favorecido/a por el destino o el azar.

Mimicry (simulacro): Jugar al “como si”, creer o hacer creer a los demás de ser algo distinto.

Illinx (vértigo): Acciones en que se apunta a remecer por un momento la percepción y de infilir a la conciencia lúcida un estado de alerta.

Peripatos (explorar): juegos de explorar, descubrir, recorrer un entorno.

Entendiendo el MDA como herramienta y las tipologías de juego, los estudiantes plantean un objetivo de actividad a diseñar. Luego, en el proceso de diseño enfocado en la fabricación, se revisa diferentes referentes desde la naturaleza como inspiración. Se apunta a un diseño bottom-up, desde la concepción de una pieza que se pueda propagar, que contenga un sistema de uniones. A través de diferentes iteraciones de diseño análogo y digital, basadas en Shape grammar, los estudiantes definen reglas que interrelacionan secciones de la geometría de la pieza base, para lograr una propagación de la misma en diferentes direcciones del espacio.

2.2 Aspectos de desarrollo del diseño

Para concretar los diseños se recurrió a procesos de modelado paramétrico con software de diseño 3D. Posteriormente se realizaron prototipos con impresión 3D. Para visualizar en el espacio físico las propagaciones propuestas por los estudiantes se utilizó realidad aumentada.

Table 1. Aspectos metodológicos del diseño digital. Fuente: Autores 2022

Aspecto	Definición	Instrumento Específico
Modelado Paramétrico	Secuencia congruente de insumos y productos numéricos, la que en su conjunto establece distintos estados de concreción de un modelo geométrico.	Se expresa a través de programación en Grasshopper, de Rhinoceros.
Impresión 3D FDM	Modelación por disposición de material fluido, en forma de capas apiladas de forma sucesiva para crear un volumen.	Se expresa a través de generación de ruta de impresión (Cura slicer) y físicamente en impresora FDM Ender 3 V2.0
Realidad Aumentada	Montaje a tiempo y escala real de modelos geométricos digitales en una escena de contexto físico real.	Se expresa a través de la herramienta Spark AR e Instagram.

2.3 Roles y retroalimentación del trabajo

El carácter complejo del juego constructivo fue abordado a través de la especialización de los miembros del grupo, haciéndolos responsables de los diversos flancos de desarrollo (ver tabla 02). Es de especial relevancia resaltar el carácter iterativo del proceso de diseño, realizando varias versiones de sus proyectos, avanzando siempre desde la retroalimentación entre prototipos digitales (RA) y prototipos físicos (3D). Esta escisión del desarrollo establece una secuencia y demanda retroalimentaciones de diverso tipo: cercanas en esta secuencia y a través de todo el quehacer del proyecto (ver figura 1). En cuanto a proceso de diseño aplicando gamificación, la asignación de roles considera una visión no competitiva, sino de juego colaborativo. Es decir, un grupo de estudiantes con un objetivo común general, con roles complementarios entre sí, que a su vez cuentan con metas específicas que requieren de una constante sinergia (Rocha, et al, 2008).

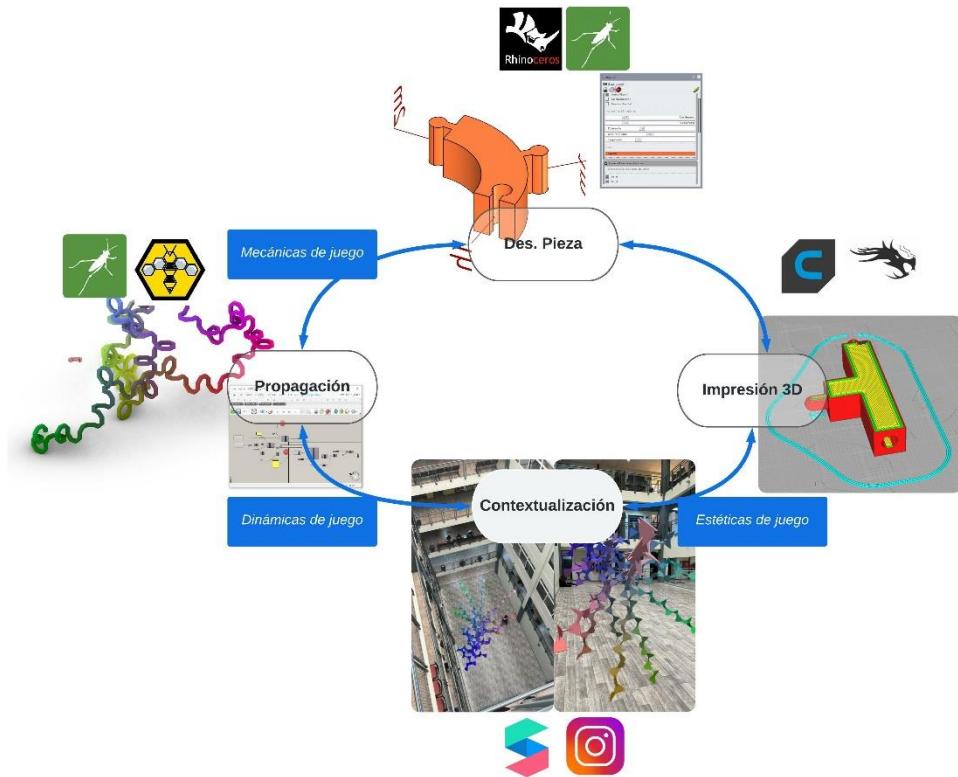


Figure 1. Comunicación entre roles del proyecto. Fuente: Autores 2022

Table 2. Roles por estudiante para el desarrollo de los proyectos. Fuente: Autores 2022

Rol de estudiante	Descripción	Técnicas empleadas	Aspectos a considerar
Diseño de pieza base	Desarrollo de modelación 3d de pieza del sistema.	Modelado 3D usando Rhinoceros y Grasshopper	Escala y morfología de la pieza. Mecánicas de juego.
Desarrollo de propagación	Implementación de reglas de propagación.	Definición de programación visual de propagación usando Grasshopper y WASP. Aplicación de Shape Grammar.	Direcciones de propagación según reglas de vinculación geométrica. Espacialidad generada. Mecánicas y dinámicas de juego.
Encargado/a de impresión 3D	Impresión de piezas a escala. Evaluación y monitoreo de resultados. Levantamiento	Fabricación digital aditiva. Prototipos a escala.	Definición de impresión. Control de proceso. Patrón de

	de errores para mejora de siguientes prototipos.	infill, peso, soportes de impresión. Estética de juego.	
Visualización de contextualización	Evaluación y testeo de prototipos digitales en Realidad aumentada a través del campus de estudio.	Fotomontajes. Testeos de visualización utilizando realidad aumentada. Software SparkAR.	Relación con el entorno. Elementos relevantes de contexto. Dinámica y estética de juego.

2.4 Desarrollo de Piezas

Componente que posee las relaciones y la geometría que define lugar y tipo de acoplamiento. Se relaciona directamente con la propagación, en cuanto establecer el espacio de diseño de las posibles propagaciones. Además, se relaciona directamente con impresión, en cuanto a establecer tiempos y calidades al introducir o no conocimiento de fabricación con FDM.

2.5 Propagación

La propagación es el proceso de agregar piezas dados ciertos planos en cada pieza e instrucciones o reglas que establecen la posibilidad de acople. Para llevar a cabo este proceso se utilizó el plugin WASP (Rossi, 2021). Estas reglas fueron heredadas de observaciones y la creación de un Shape Grammar primitivo, no obstante, el diálogo entre la herramienta de propagación, las capacidades de la pieza y las propagaciones resultantes establecieron modificaciones. Se relaciona directamente con la pieza, en cuanto a que están en ella embebidas las reglas de propagación.

2.6 Contextualización

La contextualización es el proceso de emplazamiento de la propagación. Como tal, el encargado posee una relación ubicua con el grupo, proponiendo desde el carácter del proyecto formas de emplazamiento (posicionamiento, anclaje, etc.), velando por aspectos de escalamiento material, relación con técnicas de fabricación terminales. etc.

3 Resultados

Se concretaron 7 proyectos grupales de estudiantes, explorando diferentes mecánicas y dinámicas de juego, de los cuáles se seleccionan 3 para analizar.

3.1 Proyecto A: Cubiformaciones Gamificadas

Mobiliario de juego armable, concebido de plástico reciclado.

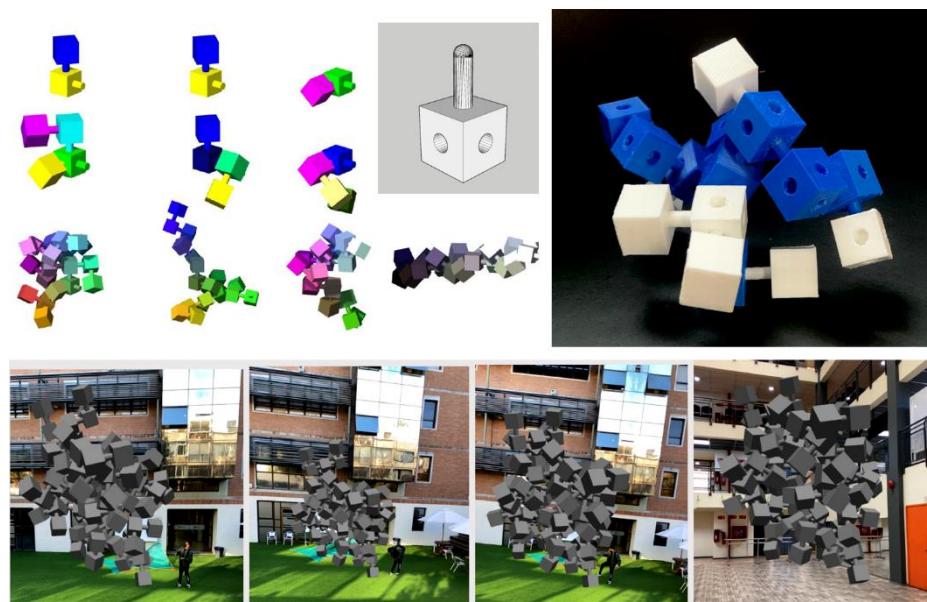


Figure 2. Cubiformaciones Gamificadas. Fuente: Autores 2022

Table 3. Procesos del proyecto Cubiformaciones Gamificadas. Fuente: Autores

Proceso / Rol	Resultados	MDA	Categorías de juego
Pieza base	Componente único consistente de un cubo con tres cavidades o juntas hembra y un vástago o junta macho, el cual posee un largo mayor a la profundidad de las cavidades, de modo de poder mantener una distancia y así variar la densidad volumétrica de las formaciones a producir. La junta macho es lisa y cilíndrica, permitiendo una rotación modulada.	Mecánicas: Conexión, construcción de patrones, cooperación, destreza.	
Propagación	La propagación se basa tanto en la existencia de tres hembras perpendiculares a una junta macho con capacidad de rotación discreta. La conjugación de ambas características dotó de tendencia al giro de 90 y 45° de forma alterna. Esto, y la extensión del macho logra patrones de densidad media y heterogénea.	Dinámicas: juego libre. Representación de formas y figuras.	
Impresión 3D	Se optó por producir grupos impresos con la junta macho apuntando hacia arriba, teniendo la base ciega de cada pieza directamente contra la superficie de impresión.	Emergencia. Estética: Expresión.	Illinx, Peripatos

Contexto	Espacios intermedios o públicos. Escala manipulable en relación al cuerpo humano.
----------	---

3.2 Proyecto B: Propagación Natural-Recreativa

Juego urbano ensamblable con escala de piezas de 50 cm de diámetro.

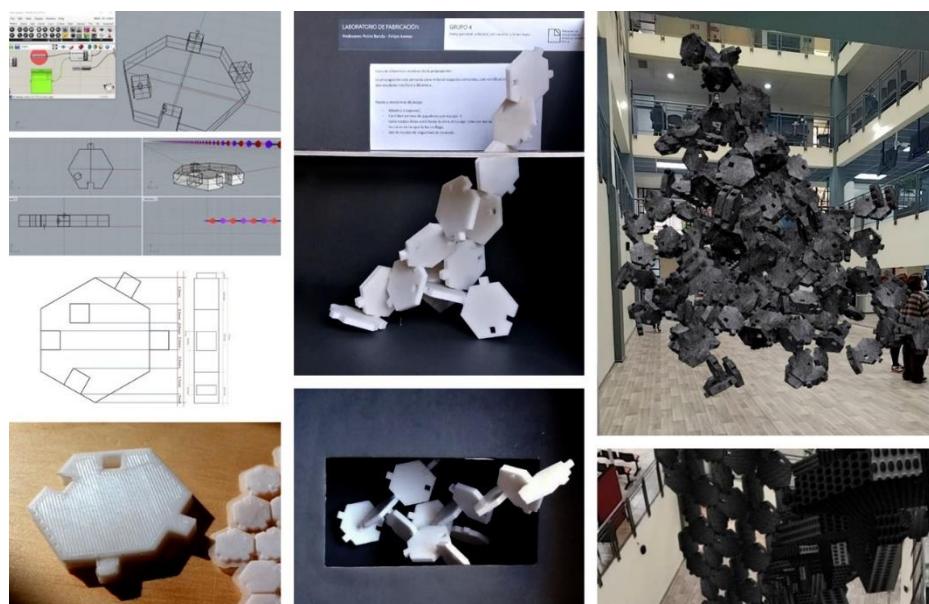


Figure 3. Propagación natural-recreativa. Fuente: Autores 2022

Table 4. Procesos del proyecto Propagación natural-recreativa. Fuente: Autores

Proceso / Rol	Resultados	MDA	Categorías de juego
Pieza base	Componentes hexagonales planos, los que poseen limitadas locaciones de juntas macho (dos adyacentes) y hembra: una opuesta y otra forzando el giro de la pieza, procurando a la vez simplicidad y variaciones diversas.	Mecánicas: Prepar, juego físico, carreras, Dinámicas: competencia. Estética: Desafío	Illinx, Agon
Propagación	Las juntas establecen tanto regularidad de la propagación como un componente re-orientador y caótico, en donde las sucesiones de componentes hexagonales son re-dirigidas por interrupciones tipo meseta.		
Impresión 3D	La impresión 3D de estos prototipos fue simple ya que no presentaron zonas tipo voladizo. Fabricación ideal de estas piezas pudo ser corte láser de acrílico.		

Contexto	Zona indoor o outdoor con suficiente altura libre. Requiere de apoyos a muro y refuerzos a suelo.
----------	---

3.3 Proyecto C: Deja tu rastro

Juego indoor y outdoor capaz de llenar el espacio cartesiano y conectar múltiples niveles con piezas que establecen una trama permeable.

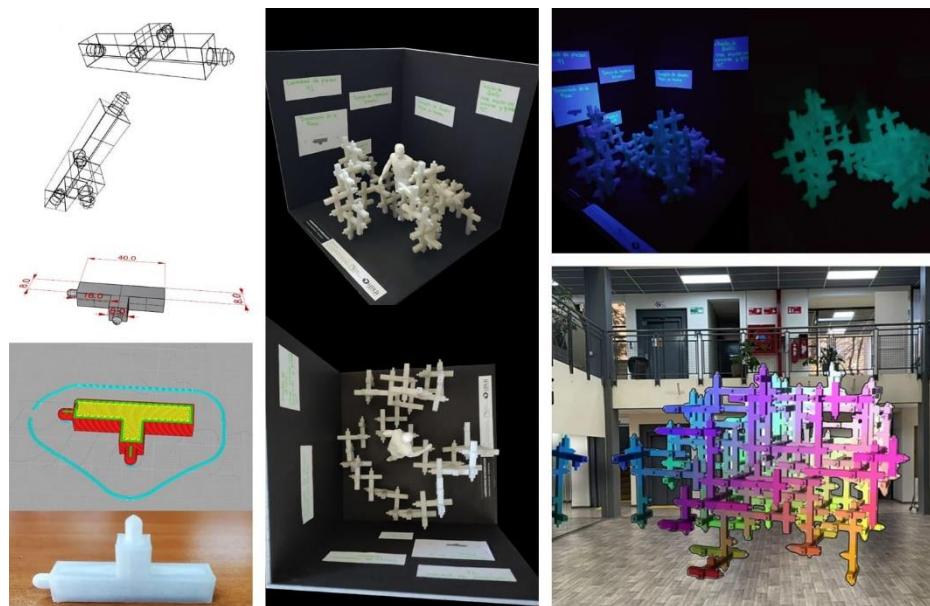


Figure 4. Deja tu rastro. Fuente: Autores 2022

Table 5. Procesos del proyecto Deja tu rastro. Fuente: Autores

Proceso / Rol	Resultados	MDA	Categorías de juego
Pieza base	Piezas conformadas por un tramo largo de 1 mt y otro perpendicular y centrado al mismo de 0.5 mt, formando un componente con la silueta de una letra "T", con dos hembras y dos machos localizados de forma alternada, con un macho en el extremo corto y en la base conformada por el extremo largo.	Mecánicas: Conectar, reconocimiento de patrones, límite de tiempo, destreza, storytelling. Esco nderse. Construir.	
Propagación	Las juntas tienden a crear relaciones de tramas tipo lattice genéricas, las cuales, debido a procesos de acumulación, crean situaciones volumétricas tales como recorridos, espacios auto-contenidos.		Peripatos, agon, mimicry.

Impresión 3D	La impresión 3D de estos prototipos presenta pequeños voladizos dados los machos de los extremos, en donde se procuró la existencia de soportes.	Dinámicas: relación entre niveles. Colaboración. Estética: Descubrimiento.
Contexto	Patio interior de edificio de salas. Relación con niveles y con la luz ambiental.	

4 Discusión

Si bien se logra una exploración amplia en cuanto a variabilidad de propagaciones, los proyectos llegan a geometrías de pieza base sencillas, sin tomar riesgos ni explorar formas complejas. Esto puede deberse a la combinación de una serie de factores (alta complejidad de integración de pasos y softwares, nivel de desarrollo y conocimiento, limitaciones de trabajar con shape gramar, entre otros).

La complementariedad entre prototipos digitales y físicos es relevante. Al observar el comportamiento de sus proyectos en realidad aumentada y en primera persona, los estudiantes pudieron hacer ajustes rápidos en sus diseños y, a su vez, mejorar las piezas que fabricaron a escala. Además de la revisión de prototipos físicos y digitales, se solicitó a los estudiantes entregar textos, como memoria de sus proyectos. Esto es de utilidad como material para una futura evaluación etnográfica de los resultados de aprendizaje y la efectividad de gamificar el proceso de diseño de los equipos de estudiantes (ver tabla 6).

Table 6. Algunos fragmentos de testimonios de estudiantes. Fuente: Autores

Tema	Testimonio de estudiante
Impresión 3D de prototipos.	<i>Los prototipos impresos servían de ayuda para explorar las distintas maneras en que era posible ensamblar una propagación. Esta debía cumplir tanto con las reglas como con los objetivos, lo que significaba que las piezas, las reglas y la propagación debían trabajar en conjunto.</i>
Modelación de piezas	<i>Además de aprender a usar la aplicación correctamente para modelarla primeramente se debe partir de un boceto. La propagación tiene que llevarse a cabo siguiendo leyes escritas, debemos decidir cómo se unirán las piezas, para tener cierto control de cómo se verán cuando estén ensambladas, en este caso comenzamos con escoger y enumerar cada unión.</i>
Juego como programa de uso	<i>Nuestro proyecto abarca un área donde las personas puedan diseñar su espacio de juego en las plazas, parques e incluso en los campus de universidades. Mediante el diseño digital, buscamos resolver diversas opciones de juego que pueden ser implementados a pequeña y gran escala, mediante una serie de piezas de fácil transporte y montaje.</i>

Propagación de piezas

El hecho de que la propagación sea en 3D está netamente relacionado al juego propuesto. Con relación a esto, fue necesario diseñar detalladamente las juntas. Cualquier fallo en ellas provocaría que el sistema se desarame o que simplemente no pueda armarse. Por esto, el desarrollo del proyecto requirió en todo momento máxima atención al detalle para llegar al resultado final con éxito. Las propagaciones que se presentan son solo unos ejemplos de lo que se puede llegar a hacer con las piezas.

References

- Bergson, H. (1998). Creative evolution. 1911. Trans. Arthur Mitchell. New York: Dover.
- Caillois, R. (1961). Man, Play, and Games.
- Conway, John, "Game of Life", Scientific American, 1970
- DeLanda, M. (2002). Deleuze and the Use of the Genetic Algorithm in Architecture. *Architectural Design*, 71(7), 9-12.
- Huizinga, J. (1954) Homo Ludens.
- Hunicke, R., LeBlanc, M., & Zubek, R. (2004, July). MDA: A formal approach to game design and game research. In *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI* (Vol. 4, No. 1, p. 1722).
- Mandoki, K. (2008). Estética cotidiana y juegos de la cultura: Prosaica I (Vol. 1). Siglo XXI.
- Redondo, E., Fonseca, D., Sánchez-Sepúlveda, M., Zapata, H., Navarro, I., Gimenez, L., & Pérez, M. A. (2020, July). Edugame4city. a gamification for architecture students. viability study applied to urban design. In *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 296-314). Springer, Cham.
- Reynolds, C. W. (1987). Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model. *Computer Graphics*, 21(4), 25–34.
- Rocha, J. B., Mascarenhas, S., & Prada, R. (2008). Game mechanics for cooperative games. *ZON Digital Games 2008*, 72-80.
- Savov, A., Buckton, B., & Tessmann, O. (2016). 20,000 Blocks: Can gameplay be used to guide non-expert groups in creating architecture?.
- Schnabel, M. A., Lo, T. T., & Aydin, S. (2014). Gamification and rule based design strategies in architecture education. In *DesignEd Asia Conference*.
- Stiny, G., & Gips, J. (1972). Shape grammars and the generative specification of painting and sculpture. *Information Processing 71 Proceedings of the IFIP Congress 1971. Volume 2*, 71, 1460–1465
- Tekinbas, K. S., & Zimmerman, E. (2003). Rules of play: Game design fundamentals. MIT press.
- Tibbits, S., & Tomas, A. F. (2013). Biomolecular, chiral and irregular self-assemblies. *ACADIA 2013: Adaptive Architecture - Proceedings of the 33rd Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture*, 261–268.