

## Arquitectura sensible en relación con el contexto: Mimesis y proxémica como formas de comunicación.

Sensitive Architecture in relationship with the context: Mimesis and proxemics as a kind of communication.

**Daniela Frogheri**

Universidad de Monterrey, México  
daniela.frogheri@udem.edu

**Fernando Meneses-Carlos**

Universidad de Monterrey, México  
fernando.meneses@udem.edu

**Alberto T. Estévez**

Universitat Internacional de Catalunya, España  
estevez@uic.es

### Abstract

This paper presents a research of the relationship between architecture and context applied to the development of a sensitive pavilion that receives data from live sensors, responds and adapts in real time, generating a biunivocal resilience between the architectural object and the context. The research is developed through the integration between morphogenesis processes, parametric-generative design, Arduino, sensors, input and output devices that connect data and matter, programming and digital fabrication. The result is a pavilion designed and fabricated digitally, that receives data of the environment in real time through sensors and that reacts through changes of color and movements.

**Keywords:** Arquitectura Sensible; Comunicación; Comportamientos; Fabricación Digital; Resiliencia.

### Introducción

En este *paper* se presenta una investigación sobre la relación entre arquitectura y contexto aplicada al desarrollo de un pabellón sensible que recibe datos de sensores en vivo, responde y se adapta en tiempo real, generando una forma de resiliencia biunívoca constituida por la retroalimentación continua entre el objeto arquitectónico y “lo demás”, este último entendido como cualquier tipo de factor externo.

El trabajo aquí presente es la evolución de una investigación previa llamada *Bichos* que desde el año 2013 hasta la fecha se lleva a cabo en la Universidad de Monterrey (UDEM, México) que introduce el diseño computacional y la fabricación digital desde las primeras etapas de formación del diseñador, aplicados a la realización de pabellones a escala real, en colaboración entre un estudio de primer año de la carrera de Arquitectura y el FabLab Monterrey.

El proyecto *Bichos* se basa en general en los principios del *pensar y del hacer avanzados* (Frogheri & Estévez, 2016 a), donde por *pensar avanzado* se entiende la experimentación de procesos de diseño fundamentados en el concepto del proyecto como sistema, a través del pensar paramétrico-generativo-asociativo y el desarrollo de algoritmos geométricos para la comprensión y el dominio de los criterios de organización y generación de las formas, incluyendo tanto etapas analógicas como el diseño digital; mientras el *hacer avanzado* consiste en la comprensión de la relación entre el diseño del objeto arquitectónico y su materialización física, explorando las propiedades intrínsecas de la materia con procesos de estudio analógicos y digitales, experimentando

de manera directa las posibilidades y el potencial de la fabricación digital.

Esta nueva etapa de la investigación surge en parte desde la necesidad de integrar el concepto de relación con el contexto en los procesos de generación de la forma de los pabellones, precedentemente estudiados como sistemas, pero a través de reglas de organización prevalentemente intrínsecas, donde el exterior se consideraba más como un escenario donde ubicar el objeto arquitectónico o un conjunto de factores externos de los cuales protegerse, que como parte integrante del proyecto.

En este caso, la relación entre el objeto arquitectónico y el contexto, se concibe como elemento de la arquitectura en continua retroalimentación con su morfología; por lo tanto, su diseño y su programación son parte del sistema, que más que algo ya listo que se añade desde el exterior, se conforman y se fabrican junto con la estructura, sea en fase de proyecto que de materialización.

Otro motor de la investigación, más general, surge desde una mirada al presente, donde una de las características que definen nuestra época es la elevada capacidad de conectar entidades similares o de naturaleza diferente, sean estas personas, otros seres vivos, cosas, datos inmateriales o elementos tangibles. Dichas posibilidades de comunicación, debidas a los avances de la tecnología y su difusión masiva, han revolucionado el concepto de objeto, desde el momento en que se concibe hasta su materialización física, considerado sea como elemento en sí que en relación con “lo demás”.

Si es verdad que, desde hace varias décadas, antes la electricidad y luego lo digital conectan elementos distintos con un único lenguaje (De Kerckove, 1987), también es verdad que, en estos últimos años, se están desarrollando tecnologías y dispositivos que convierten datos en materia, materia en datos y que los comunican entre ellos.

La fabricación digital, que en sí es comunicación, transforma bits en átomos (Gershenfeld, 1999); dispositivos como Arduino y su plataforma, proporcionan los medios y el lenguaje para hacer hablar datos digitales y analógicos con elementos físicos de manera directa. La difusión masiva de esta tecnología, invita cada vez más al entendimiento de su funcionamiento, transformando el usuario en desarrollador. Este acercamiento generalizado al hacer, que con la fabricación digital ha acortado la distancia entre el diseñador y el objeto, reanudando el diseño del mismo con su materialización física, gracias a la familiarización con plataformas de entrada-salida de datos y materia, permite no sólo de fabricar objetos, sino también de diseñar interacciones entre ellos y con otras entidades, a través de la programación de estas relaciones que entran a hacer parte del proyecto, introduciendo el concepto de conexión como elemento de la arquitectura.

En este panorama, donde las capacidades singulares de las personas y de las cosas adquieren más valor y potencial al conectarse con los y lo demás, la comunicación se ha vuelto uno de los bienes más apreciados y más buscados, convirtiéndose en una de nuestras principales necesidades. Lo cual afecta no sólo la vida de los seres humanos a nivel de relaciones interpersonales, sino también la manera de percibir y concebir los objetos en relación con el espacio y su capacidad de interacción, ya que este potencial de conexión es parte de su naturaleza, de su esencia y por lo tanto de su arquitectura.

Si para quien usa las cosas y habita los edificios esta conexión es un valor y requisito que se busca, para quien los diseña, tiene que ser parte del proyecto, del sistema que lo define: la arquitectura cada vez más necesita hacer uso de dicha capacidad de comunicación para trascender. El objeto en sí es sensible, capaz de recibir datos, elaborarlos, reaccionar, comunicar. Al comunicarse, ya no se puede considerar singular y aislado, sino como componente de algo más complejo que nace de dicha comunicación. En cuanto componente, ya no se puede pensar como fijo o cerrado, sino más bien como un sistema capaz de variar y adaptarse.

Al crecer las conexiones, crecen también las dependencias entre las partes. Gracias a herramientas digitales de cálculo, visualización, materialización y al manejo de elevadas cantidades de datos en tiempo real, crece el dominio de los sistemas complejos generados por interrelaciones que, a pesar de existir desde siempre, sin dichas tecnologías ni siquiera se podrían concebir. Lo cual evidencia otro punto clave de nuestra época: la relevancia de la interdependencia entre entidades, también similares o diferentes, que se introduce cada vez más en nuestra *forma mentis* a la hora de comprender lo existente y elaborar artefactos.

De esta manera, el objeto arquitectónico y “lo demás” se cruzan estableciendo interacciones que afectan a todos los integrantes, que se adaptan el uno al otro en una forma de resiliencia recíproca y continua.

El diseñador cada vez más toma conciencia la existencia de esta capacidad de conexión y empieza a introducirla en sus proyectos, o por lo menos en algunas partes de los mismos. Pero, ¿Está realmente consciente de todo su potencial? ¿Hasta qué punto lo está explorando y usando para sus investigaciones y proyectos?

En los proyectos y en las investigaciones, hoy en día se implementan y desarrollan un sinnúmero de dispositivos que permiten de conectar edificios con el entorno o con factores externos; no es una novedad encontrar sensores de presencia que provocan la apertura o el cierre de puertas o ventanas, detectores de sustancias que activan alarmas o que encienden luces etc.; las tecnologías cada vez más avanzadas permiten de leer, medir, recibir datos, al fin de optimizar, mejorar y economizar tiempo, dinero, energía, acciones, etc. Los edificios contienen cada vez más elementos de sensibilidad al contexto y comunicación; no obstante, están pensadas casi siempre para cumplir determinadas funciones, manteniéndose en el campo de la *utilitas*.

Sin embargo la fabricación digital, acercando el diseñador al “hacer” gracias a las posibilidades materialización avanzadas, más que convertirlo en un constructor, fomenta la ideación y realización de conformaciones antes inimaginables, que además de ser estructuras firmes y cumplir con funciones, generan interacciones totalmente nuevas con lo demás, que se parecen cada vez más a comportamientos extendiéndose a campos, como las sensaciones, las emociones, los estados de ánimo etc., antes concebidos sólo como propios de los seres vivos.

Así mismo la familiarización con sensores, otros dispositivos electrónicos de entrada y salida y su programación, más que convertir el arquitecto en un técnico informático o electrónico que sabe enchufar cosas, lo obliga a cuestionar sobre la naturaleza de estas conexiones, que ya no pueden ser consideradas sólo bajo el punto de vista técnico, sino como elementos su arquitectura y parte integrante de su sistema. Lo cual abre un nuevo mundo de posibilidades donde la comunicación es parte de la arquitectura en todas sus formas y la conformación del objeto contiene en sí la programación de su manera de relacionarse.

A la luz de estas consideraciones, nació la idea inicial de estudiar un objeto arquitectónico sensible a “lo demás”, cuya relación con el contexto se pudiera plantear o como factor del mismo sistema que lo define, o como comunicación entre sistemas que hablan entre ellos, participando de todas formas en los procesos morfogénesis y en el desarrollo de su morfología, siendo dicha relación parte integrante de su arquitectura.

Al plantear el objeto arquitectónico de esta manera, las investigaciones sobre las posibilidades de relación entre el objeto arquitectónico con el contexto, empezaron a dirigirse

más hacia el comportamiento de los seres vivos que al estudio de edificios ubicados en un entorno.

De aquí la investigación se consolidó en el estudio de un objeto arquitectónico cuya relación con lo demás, basada en los comportamientos y las interacciones entre seres vivos, le permitiera de manejar datos en tiempo real y que esta capacidad se desarrollara y expresara como parte de su naturaleza.

Si es verdad que hoy en día cada vez más hay un sinnúmero de estudios de elementos sensibles aplicados a la arquitectura y a pabellones capaces de reaccionar al entorno de manera directa sea a través de sensores, elementos robóticos, o con materiales performativos, que llegan a manifestar cambios de estado parecidos a comportamientos (basta con dar una mirada a las últimas investigaciones en desarrollo en escuelas o institutos como Architectural Association de Londres, el ETH de Zurich, el SCI-Arch en Los Angeles, el IaaC de Barcelona, el ICD y el ITKE de la University of Stuttgart, el Media Lab del MIT o hasta en los varios Fab Labs de todo el mundo), también es verdad que la mayoría se relacionan con datos de factores medio ambientales y al fin de cumplir con funciones puntuales.

Si en vez buscamos arquitecturas sensibles a “lo demás”, capaces generar comportamientos que trascienden hacia las emociones, estados de ánimo, sentimientos o de todas formas con informaciones que vayan más allá de la mera función, los ejemplos son escasos o incompletos; entre los más cercanos, y sólo para citar algunos, se evidencian el edificio D-Tower de Nox, realizado en el 2004, que, usando bases de datos, lanzaba informaciones sobre estados de ánimo de las personas y datos similares traducidos en cambios de color, pero que más que un espacio habitable se presentaba como una instalación artística, o el más reciente Furl, un modelo de pabellón interactivo cinético ideado en el 2013 por los investigadores Bijing Zhang y François Mangion dentro del Interactive Architecture Lab, un programa de máster de la Escuela Bartlett de Arquitectura de Londres, donde se planteaba un edificio que cambiara de forma respondiendo directamente a datos de ondas cerebrales, pero que nunca llegó a realizarse a escala real. Lo cual por un lado evidencia la actualidad del tema aquí tratado, pero por otro lado habla de también la necesidad de generar espacios habitables capaces de aquella trascendencia antes mencionada, que surge del potencial de comunicación, lo cual es lo que se pretende lograr con esta investigación.

El resultado de esta nueva fase, es un pabellón diseñado y fabricado digitalmente, que recibe datos del entorno en tiempo real a través de sensores y reacciona con cambios de color y movimientos.

El estudio de la comunicación entre el objeto arquitectónico y el contexto está basada en interacciones entre seres vivos y se enfoca en especial en la mimesis y en la proxemia, generando una relación entre el pabellón y los seres humanos que se acercan o lo habitan. A través de sensores de color y de proximidad se reciben datos que, gracias a Arduino, se conectan con la estructura física del pabellón, que incluye en su morfología piezas móviles y leds RGB; con la programación

de varios códigos, han podido explorar varias posibilidades de generar manifestaciones de empatía, acuerdo o desacuerdo, miedo, confianza entre el pabellón y las personas.

En este documento se presentarán el proyecto y los resultados obtenidos hasta la fecha, evidenciando los puntos fuertes y débiles de la investigación.

## Metodología

La presente investigación, aun si con una gran cantidad de facetas, surge principalmente de dos factores: el más general es el gran poder de comunicación de nuestra época que, debido a los avances de la tecnología y a la gran difusión de las mismas, nos permite cada vez más de relacionar entidades similares y distintas de manera directa y en tiempo real con modalidades antes inimaginables, lo cual revoluciona el concepto de objeto en cuanto tal y en relación con el entorno. El otro, más puntual, mueve desde una investigación previa que, basada en los conceptos *del pensar* y *del hacer avanzado*, trata sobre procesos de generación de la forma a través de sistemas y su relación con la materialización, donde en sus etapas precedentes se empezó a manifestar la necesidad de fortalecer la relación del objeto arquitectónico con el contexto.

Desde lo general surge la idea gracias a dicho potencial de comunicación se puedan estudiar tipos de relación entre el objeto arquitectónico y lo demás que vayan más allá de las cuestiones meramente estructurales o funcionales, trascendiendo hacia el campo de las relaciones entre seres vivos o individuos. Desde el segundo, se evidencia la necesidad de hacer que la relación con lo demás, no se considere como un elemento externo añadido al objeto arquitectónico, sino que se desarrolle en conjunto con el mismo, siendo por lo tanto contenido en su naturaleza.

De aquí los objetivos principales de la investigación, aquí divididos para mayor claridad, pero conectados entre ellos: en primera instancia desarrollar un objeto arquitectónico capaz de relacionarse con lo demás de manera directa y en tiempo real, donde dicha relación sea parte de la naturaleza del objeto mismo; y segundo, pero no por orden de importancia, estudiar tipos de relación entre el objeto arquitectónico y lo demás, basadas en las relaciones entre seres vivos y sus comportamientos.

El objeto final, desarrollado por el equipo del FabLab Monterrey y el estudio de Elementos de la Arquitectura, se obtuvo a través de una retroalimentación continua entre el desarrollo de sistemas sea analógicos que digitales, prototipos a escala real, la exploración del potencial de la fabricación digital y del uso de dispositivos electrónicos.

## Definiciones y delimitaciones

Los dos objetivos mencionados, si bien aparentemente claros, dejan espacio a una infinidad de posibilidades en cuanto a variedad de campos de estudio, modalidades y métodos de realización, materiales, por lo cual el primer paso obligado fue definir y delimitar: el tipo de objeto a desarrollar, el tipo de

relaciones a establecer, como realizarlas y, finalmente, con qué o quién relacionarlo.

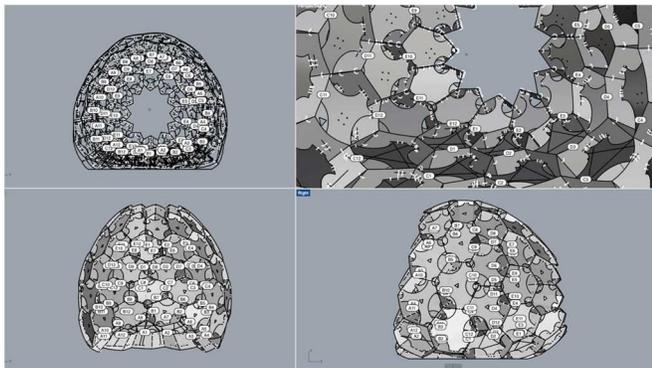
### Un pabellón de la familia *Bichos*

La elección del tipo de objeto arquitectónico fue inmediata, ya que el proyecto nace dentro del marco de la investigación previa *Bichos*, que contiene en sí ya una serie de características bien consolidadas y que se utilizaron como base y una metodología de trabajo para el estudio de las conformaciones (Frogheri & Estévez. 2016a). Por lo tanto, se definió como objeto arquitectónico un pabellón de la familia *Bichos* ideado dentro del concepto del proyecto como sistema, con estudios previos de *form finding* analógico (Figura 1) en modalidad *bottom-up*, para después generarse en *top-down* a través algoritmos geométricos y sistemas digitales paramétrico-asociativos y generativos realizados en *Rhinoceros*, *Grasshopper* y *Phyton* (Figura 2), y finalmente materializarse a través de la fabricación digital. Su morfología surge desde el concepto del proyecto como sistema y nace desde criterios de organización entre una familia de componentes paramétricos que adaptándose los unos a los otros generan un sistema de cáscara auto-portante, que genera un espacio acogedor para sentarse y descansar.



Figura 1: Estudios de *form finding*.

Figura 2: Sistema digital.



Es aquí donde empieza la primera evolución en respeto a los pabellones precedentes: si en las versiones anteriores las lógicas de generación de los componentes y de sus agregaciones fueron determinadas por criterios de organización internos, inspirados generalmente en sistemas naturales, finalizados a la estabilidad de los pabellones y a su uso, en este caso además de dichos elementos, la morfología se pensó considerando también la relación con el exterior; así que por la forma de los componentes, su posición, su manera de agregarse y hasta su número se generaron no sólo según lógicas configuración internas sino para poder permitir dicha

relación. Para lo cual se ampliaron sea la gama de materiales y elementos usados que las técnicas de fabricación manual y digital: a las tradicionales piezas de madera cortadas al láser de los pabellones precedentes, se juntaron elementos de lycra, piezas impresas en 3d, Arduinos, sensores, motores, leds RGB, (Figura 3), el todo pensado como parte integrante de un mismo sistema.

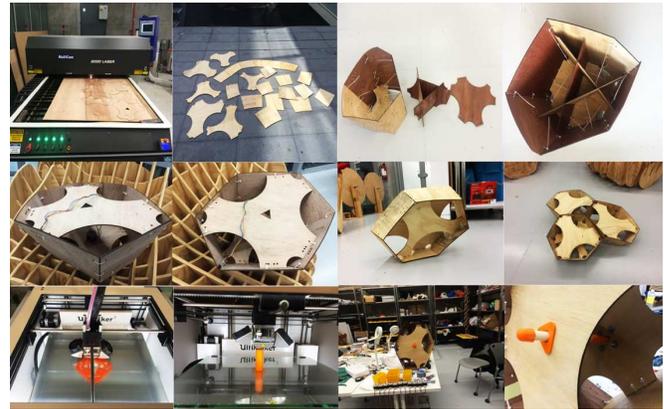


Figura 3: El sistema: fabricación digital, componentes y dispositivos electrónicos.

### Sensibilidad y capacidad de acción

Desde el inicio se pensó en hacer que la relación entre el pabellón y el contexto se basara en la capacidad de este mismo de recibir datos, elaborarlos y adaptarse o responder de alguna manera a dichas informaciones; la idea del pabellón sensible surge sea desde las mencionadas consideraciones sobre el potencial de comunicación de nuestra época, sea también desde la naturaleza del proyecto *Bichos* en sí mismo, ya que como dice el nombre, los pabellones, por las lógicas de generación de sus morfologías y por el funcionamiento de sus sistemas constructivos, se consideraron siempre más como seres que como edificios; por lo tanto, una de las evoluciones lógicas del proyecto se dirigía justo hacia lo sensible.

Por lo tanto, se definió que el pabellón recibiera datos de “lo demás” a través de sensores y que estos datos generaran reacciones o acciones por parte del pabellón, manifestándose a través de movimientos, cambios de forma o de luz y color.

En esta parte el rol del equipo del FabLab Monterrey fue fundamental ya que, además del dominio de los sistemas digitales y de la fabricación digital, ya se habían realizado trabajos e investigaciones previas con el uso de sensores, dispositivos de entrada y salida, Arduinos y otros artefactos para leer y devolver datos y el desarrollo de códigos.

### El interlocutor y tipos de relaciones

La delimitación del contexto a relacionar con el pabellón y el tipo de comunicación a establecer no fue tan inmediata. Las primeras propuestas de los alumnos, aun conteniendo todos los puntos mencionados arriba se dirigían hacia lo funcional como por ejemplo hacer que el pabellón cerrara o abriera unas partes en según el sol o la lluvia; sin embargo, la antes mencionada intención de trascender llevó a buscar algo más

radical; por lo cual se decidió dirigir la sensibilidad del pabellón hacia las personas, intentando instaurar con ellas una nueva relación que, aun sin eliminarlas, fuera más allá del uso y de la función. Fue bajo esta vertiente que se empezó a estudiar cómo hacer que el pabellón recibiera datos de acciones de las personas y como programar sus respuestas; lo cual llevó a considerar dichas respuestas como comportamientos, basados en las interacciones entre seres vivos.

Finalmente, dentro de una vasta gama de posibilidades, sea por algunas circunstancias espaciales debidas a la ubicación del pabellón, sea por la existencia estudios previos realizados en el FabLab Monterrey sobre la aplicación de la sinestesia al diseño, en especial la investigación *Trans Synaesthesia* (Frogheri & Estévez, 2016b), se desarrollaron dos comportamientos del pabellón, el primero basado en la proxiemia y el segundo en la mimesis. En el primer caso el pabellón, a través de un sensor de proximidad conectado a unos motores, reacciona al acercarse de las personas a través de un cambio de forma que basado en los estudios sobre la sinestesia y el “efecto Bouba/Kiki” (Ramachandran, Hubbard, 2001b) manifiesta sensaciones de miedo o tranquilidad. En el segundo caso, a través de sensores de color y leds RGB, se ilumina imitando el color de las prendas de las personas que lo habitan o de objetos que estas mismas le acercan, mostrando de esta manera sintonía y empatía. (Figura 4).

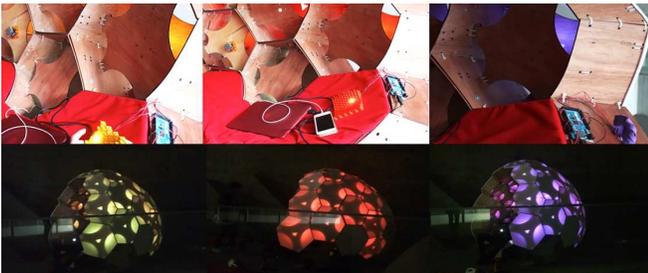


Figura 4: Comportamiento mimético: sensor de color y leds RGB

En ambos casos, además de sensores, motores y leds RGB, se utilizó Arduino sea como dispositivo de conexión entre parte física y datos, sea plataforma para desarrollar los códigos con los cuales se programaron los comportamientos.

## Resultados

### Sistema y cuerpo

El pabellón llamado *Bicho7* (Figura 5) surge desde una proliferación de componentes paramétricos hexagonales organizados según los principios del *close packing* y del panel, que conforman una cáscara ovoidal auto-portante, con dos aberturas que permiten de generar un espacio para sentarse y acostarse, quedando abierto, pero a la vez protegido del exterior.



Figura 5: El pabellón *Bicho7*

La geometría de los elementos, generados a con algoritmos geométricos con *Grasshopper*, se estudió a través de superficies planas y por lo tanto desarrollables, lo cual permitió la fabricación a través de elementos planos cortados al láser. La estabilidad del sistema, aprendiendo de los pabellones precedentes, se logra casi totalmente gracias a la morfología de los componentes y de sus uniones (Maturana & Varela, 2006), lo cual permitió optimizar tiempos y costos gracias al uso de materiales muy delgados, en este caso *plywood* de madera caobilla de 4mm de grosor (Figura 6).



Figura 6: El sistema: materia, organización y motores.

Los componentes hexagonales, constituyen una familia con tres variantes: la primera, se utilizó para algunas piezas laterales, pero en realidad es la base de todas, consiste en seis piezas de madera que definen el hexágono y dos elementos internos, siempre de madera que fortalecen la conexión; las uniones entre las partes de estas piezas se obtienen a través de encajes y *cinchos* de plástico; la segunda variante es similar a la primera, pero con otros tres elementos cruzados con encajes, siempre de madera, que formando un triángulo, fortalecen aún más la estructura; este tipo de pieza se utilizaron para la base que es el espacio para sentarse; la tercera variante, siempre basada en la primera, es la más compleja ya que comprende un motor y un pistón, soportados y completados por unas piezas diseñadas a medida e impresas en 3D, y una piel de lycra que recubre la parte superior del hexágono, y una tira de cinco leds RGB; estas últimas piezas son la mayoría, y forman la parte ovoidal de la cáscara; Todos los componentes tienen un espacio para los cables que conectan los dispositivos electrónicos cuales los sensores y los Arduinos a los motores y a los leds RGB; Los componentes se unen entre ellos de manera muy sencilla, con

cinchos y tornillos, lo cual garantizó la rápida construcción y el armado (Figura 7 , Figura 8 y Figura 9).



Figura 7: Fabricación y armado



Figura 8: Instalación de los dispositivos electrónicos: el movimiento

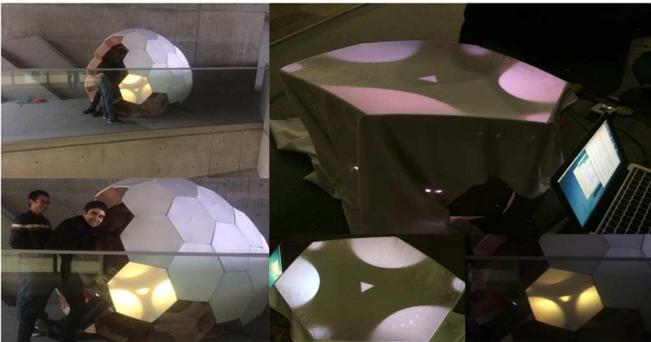


Figura 9: Instalación de los dispositivos electrónicos: el color

### Sistema, comportamiento y forma

El reto principal del trabajo fue desarrollar un objeto arquitectónico que por un lado perteneciera a la familia de los pabellones *Bichos*, manteniéndose dentro de las líneas básicas de la investigación, y que por otro evolucionara en respeto a sus predecesores introduciendo el tema de la relación con el contexto como parte del sistema mismo, y por lo tanto como elemento de su arquitectura.

Para lograr dicho objetivo, sea la conformación general que la de los componentes fueron pensados en base a los siguientes requisitos: 1: Cumplir con las funciones del pabellón como objeto arquitectónico en cuanto tal y a su función de espacio para estar y descansar, que por lo tanto tenía que sostenerse, aguantar el peso de dos o tres personas, ser cómodo, acogedor y generar un poco de privacidad; 2: Relacionarse con objetos acercados por las personas, iluminándose y tomando el color de los mismos, simulando empatía y acuerdo. 3: Relacionarse con las personas que se acercan,

recibiendo los datos de dicha cercanía y reaccionando a través de un cambio de forma que simulara estados de ánimo cuales miedo y tranquilidad.

La estabilidad y el confort se lograron fácilmente a través de la geometría de base de los componentes, la firmeza de las uniones, la conformación general de ovoide alargado en la base y el tipo de porosidad de las piezas. Para manifestar los comportamientos en vez, fue necesario sea programarlos en cuanto tales que estudiar como relacionarlos a la forma.

Para poder expresar el cambio de color (Figura 10), todas las piezas tenían que contener elementos capaces de iluminarse, conectados con el sensor, con un Arduino y, por supuesto entre ellos; este sistema, aparentemente sencillo, se mostró más complicado de lo previsto debido a la gran cantidad de componentes a iluminar, o sea todas las piezas del pabellón menos las de la base, y las largas distancias entre los elementos; además cada led, por ser RGB y por tenerse que conectar con los datos del sensor y con la electricidad, requería cinco cables diferentes, lo cual generó una gran cantidad de conexiones que necesitaban un espacio adecuando donde poderse colocar. Otro tema fue la programación del sensor de color, ya que estando el pabellón en un espacio semi-abierto, para poder lograr el efecto mimético, se tuvieron que calibrar los parámetros de cada color varias veces antes de lograr el efecto mimético buscado. La luz llega a las piezas de manera indirecta y se percibe sea dentro del pabellón que afuera, gracias a la lycra que recubre los componentes en la parte exterior y a la conformación de las piezas internas de los mismos.

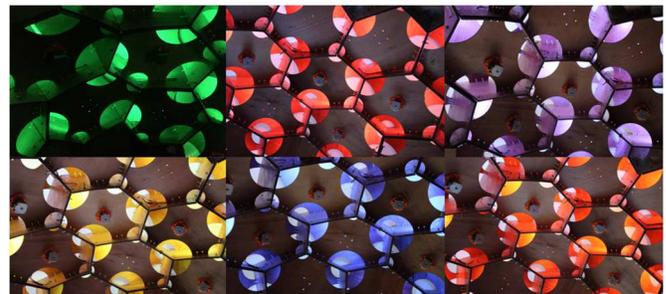


Figura 10: Comportamientos: mimetismo

Cabe decir que en este caso la conexión entre el comportamiento y la morfología no está estrictamente limitado al mimetismo, sino más bien a la posibilidad de iluminar las piezas y hacer que cambien de color; lo cual permite la posibilidad de programar una gran variedad de otros comportamientos, adaptándose a otras situaciones (Wagensberg, 2004) o circunstancias, enviando mensajes que se pueden expresar a través de la luz, con sólo cambiar el código, evidenciando aún más el gran potencial de comunicación del sistema. (Figura 11).



Figura 11: Comportamientos: mimetismo

En cuanto al comportamiento vinculado al acercarse de las personas (Figura 12 y Figura 13), se pensó en la sinestesia y en las reacciones de ciertos animales (Hall, 1971), cuya piel puede pasar de una condición lisa o redondeada a un estado puntiagudo; se pensó por lo tanto de generar estas dos condiciones en los componentes del pabellón, que en estado neutro o normal se muestran como lisos y generan en conjunto una forma redondeada, que simula un estado de tranquilidad, mientras al acercarse las personas, detectadas con un sensor de proximidad, activan los motores colocados en algunos de los componentes, generan el desplazamiento de los pistones, formando una punta en cada uno de ellos; dando al pabellón un aspecto de “asustado” o “defensivo” o “sorprendido” al acercarse de las personas, simulando una primera reacción, para después volver al estado “relajado” cuando la persona se acerca más para sentarse.

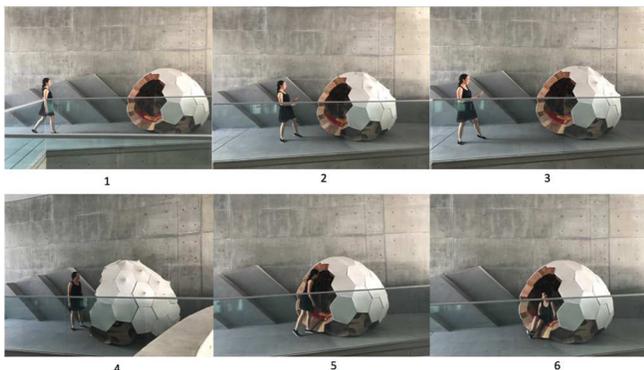


Figura 12: Comportamientos: proximidad

El diseño y la programación de esta parte fueron a la vez muy interesantes y complejos, empezando desde el diseño del movimiento en sí y de los componentes físicos para lograrlos, pasando por la calibración de los sensores, hasta la complejidad de las relaciones entre los motores, su cableado y la distribución de la energía; lo cual hizo que esta parte del sistema funcionara de la manera deseada solo en algunas partes del pabellón, y está todavía en fase de ajuste.

Sin embargo, no obstante, los inconvenientes mencionados, el sistema en general funciona muy bien, y el pabellón, sensible a los colores y a las personas, manifiesta sus comportamientos a través de su misma forma, siendo estos mismos, parte de su naturaleza, como fue planteado desde el inicio. Lo cual se considera un gran éxito, determinando un primer paso hacia aquella trascendencia de la relación entre el objeto arquitectónico y lo demás dictada por las actuales

posibilidades de comunicación (McLuhan, 1995), buscada desde el inicio de la investigación.



Figura 13: Comportamientos: proximidad

## Conclusiones

Uno de los puntos fundamentales de este trabajo fue lograr establecer una relación entre el objeto arquitectónico y lo demás trascendiendo el concepto de edificio tradicional hacia los comportamientos de los seres vivos, pero a la vez sin dejar de ser espacio habitable y por lo tanto de funcionar también como tal (Costa, 2009); dicha consideración es muy importante ya que en general las investigaciones sobre objetos que se “comportan”, como mencionado antes, o son meramente finalizadas al satisfacer funciones, se realizan como instalaciones artísticas o se concretizan en objetos que reciben y actúan, pero en general dejan de ser espacios habitables. Sin embargo, en un mundo donde todo se conecta o tiene el potencial de hacerlo, y donde las cosas cada vez más se definen por su capacidad de relación y de interactuar con lo demás, los espacios necesitan también ser pensados como sistemas cuyas conformaciones contienen sí dicha capacidad de comunicación.

Los comportamientos elegidos para este estudio, aun si seleccionados de manera específica entre una vasta gama de posibilidades con toda la intención de generar cierto tipo de relación entre el pabellón y las personas y al fin de enviar determinados mensajes, en realidad se pueden considerar también como un primer pretexto para evidenciar el poder de la comunicación y abrir las puertas hacia el estudio de otras posibilidades de relación; lo cual por supuesto será objeto de estudios futuros de la línea de investigación *Bichos*.

Por supuesto el trabajo tiene algunas lagunas y unos puntos débiles, entre los cuales la necesidad de encontrar una manera más sencilla y elegante para producir los movimientos de las piezas que producen variaciones de forma o las conexiones entre los datos de entrada y las acciones consecuentes, de momento realizadas con una elevada cantidad de cables y que seguro se pueden estudiar de otra manera; sin embargo, aun así, se logró plantear la relación con el contexto como elemento de diseño que participa en la morfología, lo cual da una nueva dimensión al concepto de proceso de generación de la forma y fortaleciendo la idea del proyecto como sistema.

Otro tema que se evidenció, que determinó realmente un gran aprendizaje para los estudiantes, fue la comprensión de las posibilidades de extensión del campo de acción del arquitecto y del diseñador en general: además de tener su primer acercamiento con el mundo del diseño computacional y de la

fabricación digital, los alumnos, al relacionarse de manera directa con el equipo del FabLab Monterrey, pudieron entrar en contacto otra capa del *hacer avanzado*, que comprende el desarrollo de códigos, el uso de dispositivos electrónicos, la capacidad leer y devolver datos y acciones en tiempo real; lo cual les proporcionó todo un mundo de posibilidades para sus futuros proyectos.

Así como mencionado en varias ocasiones en este *paper*, el trabajo aquí presente surge desde una investigación más amplia, de la cual, a la luz de los resultados, además de ser una evolución, se puede considerar como una nueva rama de desarrollo que mira hacia el estudio de las posibilidades de relación entre arquitectura y contexto que llevan los avances de la tecnología y el potencial de su difusión masiva hacia el mundo de los espacios habitables. Por lo tanto, la investigación no se cierra con este pabellón, sino más bien es fuente de nuevos materiales para el desarrollo de nuevos avances.

## Agradecimientos

Realizar una investigación siempre es un reto; aplicarla a la vida real, construyendo una obra arquitectónica de verdad, es un reto aún más grande; desarrollarlo del todo en ámbito académico, en tiempos reducidos y con estudiantes del primer año de la carrera, parece ya pertenecer al mundo de las cosas imposibles; sin embargo, es algo que se está haciendo y por lo tanto se puede; pero trabajos de esta categoría, se logran sólo con un gran equipo que funciona en todas sus partes; por esto, los autores de este escrito, agradecemos al equipo del FabLab Monterrey a los alumnos del estudio de Elementos de la Arquitectura de la generación "otoño 2016" que participaron activamente en todas las etapas del proyecto. Cabe decir que todo trabajo adquiere más valor cuando se lleva afuera de la experiencia en sí y se cuenta a los demás, así que agradecemos también a Guillermo I. López Domínguez por sus preciosos consejos para la explicación del trabajo.

## Referencias

- Costa, M. (2009). *Psicología ambientale e architettonica*. Milano, Italia. Copyright 2009 by Franco Angeli s.r.l., Milano, Italy..
- De Kerckove, D. (1987). *Inteligencias en conexión: hacia una sociedad de la web*, Teleservicios Editoriales SL. Primera edición, Barcelona, España: Editorial Gedisa.
- De Kerckove, (1999). D. *La piel de la cultura: investigando la nueva realidad electrónica*, Barcelona, España: Editorial Gedisa.
- De Vos C., De Kerckove, D. (2013). *Ecrit-Ecran*., tomos 1,2,3; Paris, France: L'Harmattan.
- Frogheri, D. & Estévez, A. T. (2016b). *TransSynaesthesia: Mapping, visualizing and materializing human synaesthesia to think and make multisensorial things*, pp. 824-830, en XX Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital [Blucher Design Proceedings, v. 3, n. 1], Blucher, São Paulo.
- Frogheri, D. & Estévez, A. T. (2016a). *Entre el pensar y el hacer avanzados*, pp. 219-226, en XX Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital [Blucher Design Proceedings, v. 3, n. 1], Blucher, São Paulo.
- Gershenfeld, N. (1999). *When Things Start to Think*, New York, USA: Henry Holt and Company Inc.
- Hall, E. (1971). *La dimension cachée*. Paris, France: Éditions du seuil.
- McLuhan, H. M. (1964) *Gli strumenti del comunicare: mass media nella società moderna*. Milano, Net.
- McLuhan, H.M. (1995). *La Galaxia Gutenberg*. Barcelona: Planeta Agostini.
- Maturana, H. & Varela, F. ((2006). *De máquinas y seres vivos: autopoiesis: la organización de lo vivo*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Ramachandran, V.S., and Hubbard, E.M. (2001b). *Synaesthesia: a window into perception, thought and language*. *J. Consciousness Stud.* 8, 3–34.
- Wagensberg, J. (2004) *La rebelión de las formas o cómo preservar cuando la incertidumbre aprieta* 1ª edición. España. Tusquets Editores, Metatemas MT8