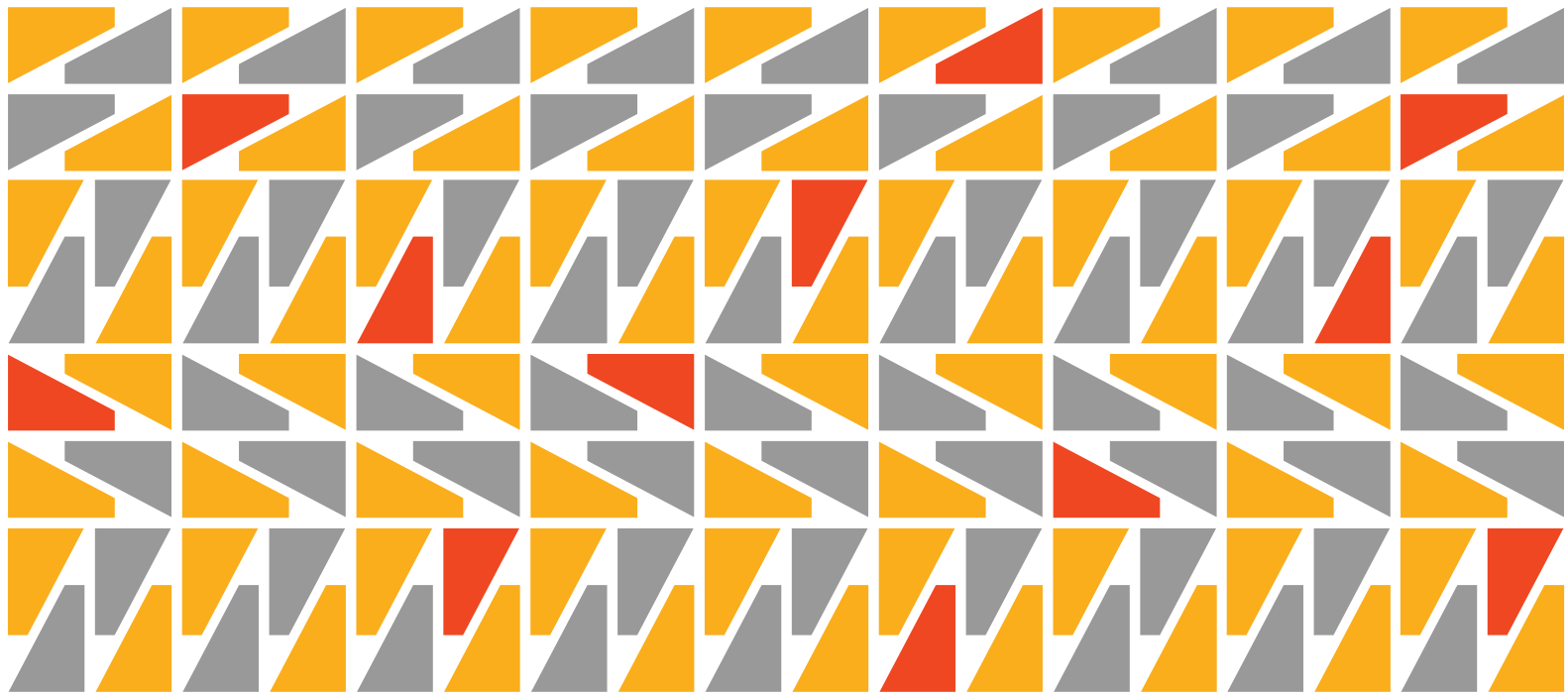


# DISCURSO CONTEMPORÁNEO DEL PROYECTO

visiones desde la  
arquitectura, ingeniería civil  
y gestión 4.0



**30**

AÑOS **UISEK**  
COLECCIÓN DE LIBROS

Violeta Rangel Rodríguez  
Néstor Llorca Vega

Editores

**DISCURSO CONTEMPORÁNEO DEL PROYECTO**  
**visiones desde la arquitectura, ingeniería civil y gestión 4.0**

**Comité Editorial Universidad Internacional SEK**

PhD. Raimon Salazar Bonnet, Rector

PhD. Esteban Andrade, Vicerrector

PhD. Juan Carlos Navarro, Director de Investigación

Dra. Carmen Coral, Presidenta

PhD. Violeta Rangel, Secretaria

**ISBN: 978-9942-808-41-7**

**Editores/Compiladores**

Violeta Rangel Rodríguez  
Néstor Llorca Vega

**Todos los derechos reservados**

Universidad Internacional SEK

**Diagramación e impresión:**

Trama Ediciones

Quito, Diciembre de 2022

Ferreras Cid, Enrique; Llorca Vega, Néstor; López Rueda, Cyntia; Morales Molina, Santiago; Muñoz Hernández, Elmer; Otáñez, Marcelo; Real, María Lucrecia; Rangel Rodríguez, Violeta; Soria Núñez, Luis; Vaca Proaño, Verónica; Vázquez, Pablo; Villota Chiriboga, Cristina.

Discurso contemporáneo del proyecto: visiones desde la arquitectura, ingeniería civil y gestión 4.0 / Enrique Ferreras Cid... (et. al.); – 1ra. ed.—Quito: Universidad Internacional SEK, 2022

185 pág.

ISBN: 978-9942-808-41-7

1. Proyectos – Construcción. 2. Arquitectura. 3. Ingeniería civil. 4. Gestión de proyectos

CDD: 721

# DISCURSO CONTEMPORÁNEO DEL PROYECTO

## visiones desde la arquitectura, ingeniería civil y gestión 4.0

### **Autores**

Enrique Ferreras Cid  
Néstor Llorca Vega  
Cynthia López Rueda  
Santiago Morales Molina  
Elmer Muñoz Hernández  
Marcelo Otáñez Gómez  
María Lucrecia Real  
Violeta Rangel Rodríguez  
Luis Soria Núñez  
Verónica Vaca Proaño  
Pablo Vázquez Quiroz  
Cristina Villota Chiriboga  
Doménica Áldas Vaca  
Diego Bermeo Álvarez  
Yerson González Flores  
Santiago Ismael Haro Mollocana  
Alexis Fernando Guachamin Hurtado  
Bryan Esteban Landeta Iza

### **Editores**

Violeta Rangel Rodríguez  
Néstor Llorca Vega



## La Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil en el 30° Aniversario de la Universidad Internacional SEK

**A** nombre de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil de la Universidad Internacional ASEK, tengo el gusto de presentarles el presente libro que celebra los 30 años de existencia de la Universidad.

La Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil se configura con esta denominación por aprobación del Consejo Superior de la Universidad el 28 de agosto de 2020. Desde entonces abarca las carreras de arquitectura e ingeniería civil y las Maestrías de Arquitectura con mención en proyectos integrales MAPI y de Gerencia BIM. Antes denominada Facultad de Arquitectura e Ingeniería (2013-2020) que fusionó tres antiguas facultades: Arquitectura y Urbanismo (i. 1996), Ciencias de la Información (i. 1998) e Ingeniería Mecánica (i. 2008), llegando en 2018 a contener 11 programas entre pregrado y posgrado. En el período de existencia de la Facultad de Arquitectura (bajo todas sus denominaciones) han ejercido el decanato 7 personas: 2 mujeres y 5 hombres. En el año 2021 la Facultad cumplió 25 años de existencia, celebrando este ciclo con una exposición, un libro conmemorativo y una reunión con alumnos y exalumnos, que sirvieron de antesala del 30° aniversario de la Universidad.

En esta configuración de la Facultad conviven arquitectos e ingenieros civiles, compartiendo espacios, conocimientos y aplicaciones prácticas de sus clases. Esta es una decisión consciente y premeditada. Nace del diagnóstico de los retos contemporáneos, en el que el papel formativo de arquitectos e ingenieros civiles sean compatibles con los requisitos de la sociedad hacia la formación universitaria.

Es evidente que las dinámicas sociales se han alterado, que debemos enfrentarnos a nuevos retos y que nuestra dependencia a la tecnología es irrenunciable. Conceptos como el aprendizaje online, el teletrabajo o nuevos modelos de movilidad se harán súbitamente popula-

res, cambiando nuestros requisitos sobre el espacio de toda índole: el laboral, el doméstico, el comunitario y sobre todo, el público.

Es tiempo de mirar hacia las profesiones etiquetadas como clásicas para entender su utilidad actual. Los ingenieros civiles y arquitectos necesitan y merecen ganarse el respeto de la sociedad en medio de lo que Zygmunt Bauman denomina la *Modernidad Líquida*. Para esto hemos acogido los conceptos de divergencia, pensamiento complejo, análisis prospectivos, inclusión o tolerancia en mallas, documentos curriculares y diseño de procesos de aprendizaje. Los retos que la sociedad exige a los que participamos de la modificación del espacio son altos y diferentes a los de antaño.

A esta estrategia se incorporó un discurso que busca trascender las acciones puntuales u operativas, sino que abarque las dimensiones de la comunidad de la Facultad, incluyendo a alumnos, profesores y demás miembros, este discurso está dividido en tres ejes:

1) **Conciencia global**, Un estudiante de la Facultad no solo tiene experiencias de internacionalización, sino que está preparado para trabajar en otras partes del mundo.

2) **Innovación tecnológica**, La ingeniería civil, la arquitectura y en general todas las áreas del entorno construido están en el umbral de un cambio de paradigma tecnológico en el cual tiene múltiples acercamientos: el diálogo entre el espacio virtual y construido; el uso de lenguajes de programación y la noción de ambientes inteligentes; la inserción de nuevos sistemas constructivos, prototipos y materiales, y, la capacidad de adaptar los espacios a los nuevos modelos sociales. Motivando el pensamiento prospectivo.

3) **Papel como ciudadano**. Las tasas de cobertura, graduación y empleabilidad en Latinoamérica y el Ecuador demuestran que tener un título es un privilegio y por tanto genera una responsabilidad con la sociedad. Un estudiante de la Facultad tiene que estar consciente de este beneficio y por tanto de su deber.

Por esto, el presente libro recopila una serie de artículos agrupados en tres temáticas: tecnología, gestión y proyecto. Que en todos los casos buscan presentar ejemplos que desarrollen contenidos pedagógicos, con rigor metodológico y de aplicación práctica.

Son textos que evidencian los discursos que la Facultad debate actualmente para reflexionar sobre el desarrollo científico y paradigma pedagógico, el aprendizaje transversal, la aplicación de la arquitectura en nuevos grupos demográficos e ideológicos, la preparación ante el cambio, la inmersión pertinente y coherente en la innovación tecnológica y la búsqueda de un papel relevante de la Universidad en la ciudad de Quito, el país y la sociedad cosmopolita. En resumen, lo importante no es lo que se aprende sino lo que se hace con lo que se aprende.

Es evidente que 25 años de una historia así solo puede ser posible por el aporte de muchos. Por esto quiero reconocer el soporte que la Institución Internacional SEK con inicios en 1892, a través de su presidente Don Jorge Segovia Bonet dio para la fundación de la Universidad en 1993, la creación de la Facultad de Arquitectura en 1996 bajo el rectorado de Rodolfo Ceprián y la primera Decana Eva Ortiz, a profesores y alumnos fundadores y actuales. También a la doctora Nadia Rodríguez, Rectora entre 2018 y 2022 y al doctor Raymon Salazar, actual Rector de la UISEK, quienes han aportado en este relato tan diverso como dinámico.

Feliz aniversario y un cariñoso saludo a todos los miembros de la comunidad de la UISEK

**Néstor Llorca Vega**

# ÍNDICE

## PARTE I: ENFOQUES ARQUITECTÓNICOS

### 12 **Capítulo 1:** SISTEMA Y PROYECTO: MULTIPLICIDADES Y “PERFORMANCE”

- 12 Proyecto y Paradigma
- 14 Teoría de sistemas y pensamiento complejo
- 18 Evento y performance
- 22 Aproximación pedagógica
- 25 Notas
- 27 Referencias

### 28 **Capítulo 2:** LA ARQUITECTURA COMO ARTEFACTO: UNA VISIÓN DESDE LA TEORÍA DEL ACTOR RED

- 28 Introducción
- 29 Teoría del actor red: una nueva visión en los estudios de ciencia y tecnología
- 33 Estudios de la ANT en la rama de la arquitectura
- 34 La arquitectura como artefacto y su agencia
- 35 El vacío como mediador en la Acrópolis de Atenas
- 38 La transición en la tipología de pasajes y arcadas
- 40 Conclusiones

### 45 **Capítulo 3:** DENSIDAD + DIVERSIDAD + ACCESIBILIDAD.

#### UNA HERRAMIENTA TEÓRICA Y METODOLÓGICA PARA EVALUAR ESPACIOS URBANOS

- 45 Urban DMA
- 46 Densidad
- 49 Diversidad
- 52 Accesibilidad
- 52 Permeabilidad
- 53 Sintaxis Espacial
- 55 Conclusiones
- 56 Reconocimientos

### 58 **Capítulo 4:** ARQUITECTURA COMO SISTEMA. BABAHOYO COMO ESTUDIO DE CASO

- 58 Introducción
- 59 Metodología y enfoque
- 61 El caso de Babahoyo
- 78 A manera de conclusión

### 81 **Capítulo 5:** EL LENGUAJE TÉCNICO CONSTRUCTIVO DEL PROYECTO

- 81 El lenguaje técnico como herramienta en la resolución de proyectos arquitectónicos
- 85 La tecnología y la aplicación en la elaboración de planos constructivos
- 86 El Proyecto Técnico
- 87 Desarrollo y estrategias del curso
- 96 Conclusión

## PARTE 2: PERSPECTIVAS TECNOLÓGICAS

### 100 **Capítulo 6:** OPTIMIZACIÓN DE ESTRUCTURAS PARAMÉTRICAS DE ACERO MEDIANTE ALGORITMOS GENÉTICOS EVOLUTIVOS



100	Introducción
101	Diseño Paramétrico
103	Optimización Estructural
104	Criterios de optimización
104	Algoritmos Evolutivos
105	Herramienta de Optimización Estructural Galápagos
106	Algoritmo Genético en Galápagos
107	Ejemplo de Modelación y Optimización de Estructuras Paramétricas de Acero Mediante Algoritmos Genéticos Evolutivos
114	<b>Capítulo 7:</b> AUTOCONSTRUCCIÓN Y VULNERABILIDAD SÍSMICA - CASO DE ESTUDIO EN LA COMUNA DE SANTA CLARA DE SAN MILLÁN
114	Introducción
115	Autoconstrucción
117	Configuración estructural y vulnerabilidad sísmica
118	Contexto inmediato
119	Configuración Espacial
122	Caso de estudio en la Comuna de Santa Clara de San Millán
123	Proceso de análisis estructural
132	Conclusiones
135	<b>Capítulo 8:</b> INGENIERÍA CIVIL, UNA CARRERA MULTIDISCIPLINAR: HIDRAÚLICA
135	Introducción
136	Casos de estudio
150	Resultados del análisis
<b>PARTE 3: APORTES A LA GESTIÓN 4.0</b>	
154	A PROPÓSITO DE BIM Y LA 4TA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL
159	<b>Capítulo 9:</b> DIRECCIÓN DE PROYECTOS Y BIM UNA SINERGIA NECESARIA EN LA CONSTRUCCIÓN
159	Introducción
160	Building Information Modeling (BIM)
161	Aspectos Técnicos de la Gestión de Proyectos y BIM
164	El triángulo del talento del director de proyectos
166	Relación entre la Gestión de Proyectos y BIM
168	Desafíos
169	Conclusión
170	<b>Capítulo 10:</b> GESTIÓN BIM Y LA TRAZABILIDAD DE LA INFORMACIÓN
170	Introducción
172	Trazabilidad de los requisitos de información
176	Trazabilidad en los contenedores de información
181	Trazabilidad en el modelo de información
184	Conclusiones

1

ENFOQUES  
ARQUITECTÓNICOS

## Capítulo 1

# SISTEMA Y PROYECTO: MULTIPLICIDADES Y “PERFORMANCE”<sup>1</sup>

Autores:

**Enrique Ferreras Cid<sup>2</sup>**

**Néstor Llorca Vega<sup>3</sup>**

### Proyecto y paradigma

A lo largo de varios siglos la noción de proyecto arquitectónico se ha asentado sobre la idea de ‘estilo’. Podríamos situar el punto de partida para entender este enunciado en la tríada vitruviana sobre la que la disciplina ha asentado sus bases epistemológicas durante siglos. Sin embargo, es importante esclarecer que esta visión proyectual articulada en la noción estilística ha oscilado constantemente entre ‘polaridades falsas’ (forma y función, técnica y arte...) que construyen un recorrido heterogéneo en la historia del proyecto arquitectónico.

Tanto los cambios devenidos tras la revolución industrial (con la modificación y modernización de los sistemas de producción, nuevos materiales y nuevas técnicas constructivas) como las nuevas características de la sociedad posmoderna, fueron descentrando paulatinamente la lectura estilística hacia una concepción basada en la espacialidad. Esta nueva realidad proyectual fue recogida posteriormente por el espíritu de las vanguardias que de modo progresivo fue transformando la estructura del espacio clásico en una búsqueda de nuevos valores semióticos propios.

De este modo, se podría decir que si algo caracteriza el proyecto arquitectónico en el siglo XX es la heterogeneidad: si bien el denominado ‘Estilo Internacional’ podría considerarse como una de las primeras corrientes arquitectónicas globales, las reacciones a la

*1 Este texto fue publicado originalmente en: Ferreras, E., y Llorca, N. (2022). SISTEMA Y PROYECTO: MULTIPLICIDADES Y “PERFORMANCE”. In 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ARCHITECTONICS: MIND, LAND AND SOCIETY. THE NEW SENSE OF PLACE AFTER THE BIOEVOLUTION (pp. 20-31).*

*2 Enrique Ferreras Cid  
Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil, Universidad Internacional SEK, enrique.ferreras@uisek.edu.ec, enrique.ferreras@edu.uah.es*

*3 Néstor Llorca Vega  
Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil, Universidad Internacional SEK, nestor.llorca.arq@uisek.edu.ec  
Néstor UAH, nestor.llorca: nestor.llorca@edu.uah.es*

misma (apenas unas décadas después de su surgimiento) abrieron la puerta a un panorama de pluralidad que nunca antes se había producido con tal intensidad.

Es decir, la noción proyectual ha fluctuado constantemente entre una postura hegemónica y las tensiones subyacentes que desencadenan visiones heterodoxas que propician el desarrollo constante de la disciplina en un proceso cíclico.

Sin embargo, en las últimas décadas del siglo XX, una visión del proyecto arquitectónico que incorpora un discurso político, ha suplementado la espacialidad como discurso hegemónico con un nuevo ingrediente, que podría denominarse como performativo<sup>1</sup>. Esta idea implica que el aspecto metodológico se ha vuelto cada vez más relevante en el proceso proyectual, en detrimento de una lectura puramente formal o material. Esta postura ha sido abanderada con gran intensidad (y en muchos casos vehemencia) por figuras destacadas como Rem Koolhaas o Bernard Tschumi, suscitando un intenso debate que se podría decir que a día de hoy aún no está resuelto, y que José Juan Barba describe del siguiente modo refiriéndose a la obra de Tschumi.

*“Esta conceptualización de la arquitectura, a pesar de su brillantez, le ha generado detractores, como aquellos que ven en estos planteamientos la pérdida de algo sustancial -como el valor de la parte física de la arquitectura- o piensan que estas ideas dejan en un segundo lugar las referencias al contexto construido frente a la interacción del individuo, frente a la primacía del hombre.” (Barba, 2019, p.31)*

El cambio de paradigma que suscita esta controversia, podría considerarse como la superación definitiva del ‘vanguardismo’, es más se podría decir que constituye la superación de cualquier -ismo, gestando un nuevo escenario en el que la atención pasa del ‘qué’ al ‘cómo’, y qué centra la arquitectura no tanto en su concepción formal o espacial sino en generar las condiciones adecuadas para el desempeño final de dicho espacio por parte del habitante.



**Figura 1.** Intervención del arquitecto Bernard Tschumi en la mesa “Poética y producción” del congreso ANYWAY (1993) en la cual debate con Daniel Libeskind sobre el rol mesiánico de la arquitectura.

No cabe duda que esta nueva lectura supone un desafío para la disciplina y que conlleva nuevos riesgos. Probablemente, el principal es el olvido de la relación entre arquitectura y usuario cayendo en una autocomplacencia escenográfica en la que los procesos generativos de la arquitectura adquieren una condición finalista, casi exhibicionista, que deriva en productos de escaso interés arquitectónico, y que en palabras de Rafael Moneo, podría calificarse como “*artillería metodológica*”<sup>2</sup>.

*“Entonces yo creo que ha llegado el momento en que efectivamente los valores más directos [...] deben afirmarse con más tranquilidad y menos artillería metodológica inútil.” (Moneo en Congreso ANYWAY, 1993)*

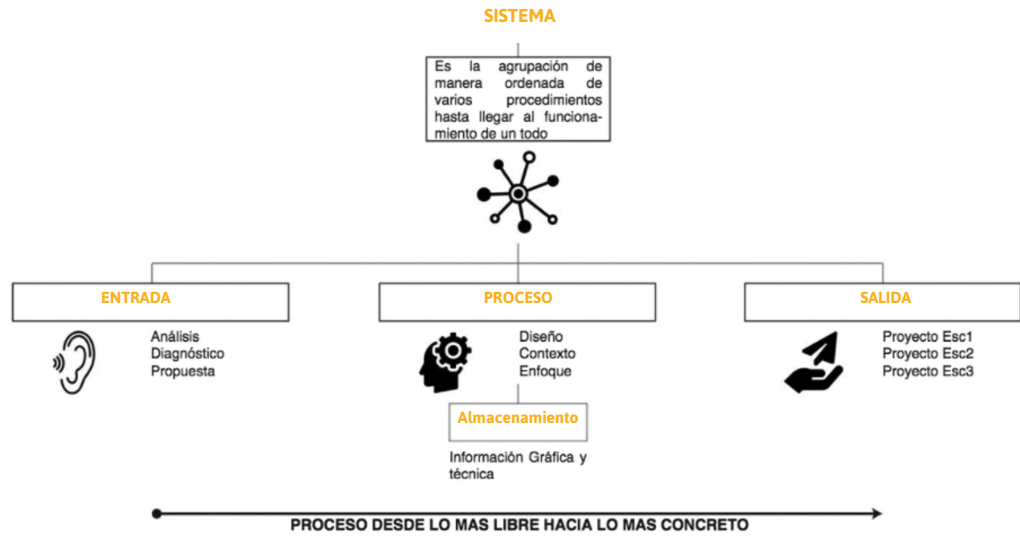
De este modo, una visión contemporánea de la acción proyectual se podría explicar como un ejercicio de síntesis que constituye un “*instrumento de pensamiento y acción*” (Herreros, 2017) que genera reflexiones prospectivas en búsqueda de posibilidades e interacciones que permitan relaciones de coherencia positiva entre el espacio proyectado y las dinámicas sociales<sup>3</sup>. En consecuencia, esta visión deberá asumir la heterogeneidad como valor positivo y por tanto se encuentra en permanente reformulación.

### **Teoría de sistemas y pensamiento complejo**

Frente a este diagnóstico de la naturaleza heterogénea de los procesos de proyecto y uso de la arquitectura, este texto presenta dos herramientas: de proceso, la teoría de sistemas; y de conceptualización, el pensamiento complejo. No como una propuesta metodológica sino como una estructura de organización de la información y la toma de decisiones que permite la incorporación permanente de insumos para el proyecto y la capacidad de procesar las interacciones que estas adhesiones producen.

**Figura 2.** Estructura básica de un sistema. (2021)

### TEORÍA GENERAL DEL SISTEMA



La visión de la arquitectura desde esta teoría permite analizar la manera en la que los componentes de un proyecto se comportan. Dicho comportamiento otorga capacidades receptoras a estos elementos en el espacio que se manifiestan en la organización de los mismos o las relaciones que permiten. Esto le da dos características a la arquitectura: dinamismo y capacidad de reacción, entendidas ambas como una respuesta a solicitudes de los habitantes del espacio.

El proyecto visto como un sistema promueve relaciones e interdependencias entre los elementos que lo configuran, creando vínculos en el espacio que interactúan de manera sincrónica a diferentes escalas. Este atributo del objeto y su respuesta a distintas situaciones es análogo en la teoría general de sistemas al contenedor del mismo según su tamaño y objetivo para ser subsistema, sistema o suprasistema. A nivel pedagógico para esta comparación entre escala y sistema se entiende al revisar el video "Powers of Ten" de Charles y Ray Eames, que

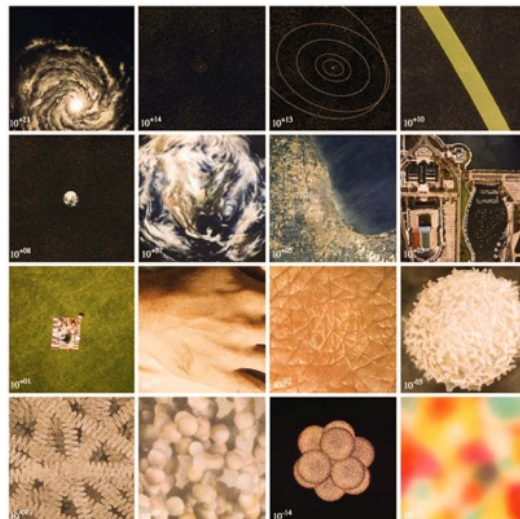
permite entender las diversas solicitudes a las que un mismo elemento arquitectónico debe responder a varias influencias en la que intervienen al menos tres escalas: 1) la barrial que genera las interacciones del edificio con un su territorio vecino, 2) la del edificio, su forma y por tanto el lenguaje que representa, y 3) de uso, en la que se evidencia que el espacio generado es útil para la actividad para la que está diseñado.

Esta aproximación a la arquitectura no tiene una naturaleza metodológica vista de manera ortodoxa, en la que existen restricciones que organizan una estructura secuencial, rígida y dimensionada en el proceso proyectual. Al contrario, pretende tener una capacidad adaptativa más “líquida” entendida desde los postulados de Z. Bauman, en las que son los objetivos del sistema los que definen su estructura, permitiendo siempre ser creciente, cambiante y adaptativo al ambiente. Para poder mantener el control suficiente sobre este proceso es necesario definir el objetivo del proyecto para generar la equifinalidad del sistema, es decir la aportación de todos los elementos con independencia de su diversidad hacia un mismo fin. Esto permite también el reacondicionamiento del sistema cuando cambian sus elementos y la capacidad de incluir en un proyecto aportes de naturaleza más diversa. En la actualidad se solicita a la arquitectura incluir consideraciones que rebasan los límites de la disciplina y los proyectos fallan muchas veces en este requerimiento, bien porque los

acogen con cierta demagogia o porque son incapaces de trascender una visión ortodoxa de la arquitectura. La heterogeneidad permite relacionar procesos diversos y darles una vocación común en el espacio.

Esta diversidad de elementos, insumos y requisitos ocurren en “tiempo real”, un concepto contemporáneo del tiempo que caracteriza el siglo XXI. Esta condición nos ha entrenado para asimilar la complejidad de una manera sincrónica en la que existen múltiples variables y realidades. Lo “complejo” como idea tiene cierta ambigüedad conceptual casi contradictoria: por un lado,

**Figura 3.** Powers of Ten (1977), Charles y Ray Eames.





tiene una connotación negativa llevada a una situación difícil. Calificaciones como: “economía compleja”, “relaciones complejas”, “coyuntura política compleja” son frases que utilizan este atributo para caracterizar algo difícil y enmarañado. Por otro lado, lo “complejo” relacionado al “Pensamiento Complejo” de Edgar Morin <sup>4</sup> naturaliza la capacidad actual de las sociedades de entender cómo los hechos culturales se ensamblan de manera dialéctica y cohesionada para crear un tejido de conocimientos y realidades, que permiten definiciones dinámicas de objetos y procesos.

La historia de la ciencia desde el siglo XVII al XX, denominada “clásica” se sostiene en doctrinas que condenan la complejidad, porque esta era vista como una confusión de las apariencias que necesitaba destruirse para llegar al conocimiento. Lo complejo era algo que necesitaba ser revelado o resuelto. Mientras que el determinismo entendía el mecanismo del universo desde leyes claras, la complejidad se basa en la premisa de que siempre se conoce solo una porción de lo que conocemos. En arquitectura, el determinismo creó ciertos dogmas con una naturaleza reduccionista. Las características Vitruvianas de la arquitectura deben ser revisadas no porque sean falsas sino porque son herméticas; el postulado de Luis H. Sullivan de “la forma sigue a la función” ha tenido un largo camino desde 1896; las reglas y restricciones promovidas desde la caracterización tipológica y estilística han premiado la obediencia metodológica por encima del resultado y en la actualidad se disfrazan de nombres como cánones, certificaciones o normativa. Y aunque, es irrefutable que la arquitectura se sigue soportando en el espacio y la actividad que contiene, las reglas de proyecto tienen una naturaleza compleja, y sobre todo los requisitos que la sociedad demanda de la arquitectura van más allá de su forma, uso o estética. De varias maneras, los postulados de Robert Venturi en “Complejidad y Contradicción en Arquitectura” ya declararon esta necesidad de reconversión de la arquitectura en la que el espacio debe tener la capacidad de interpretar al habitante.

Desde este punto de vista los procesos contemporáneos de arquitectura son complejos y se organizan desde estrategias de proyecto complejas, no son aditivos sino sinérgicos a manera de un sistema no jerárquico. Esta idea implica entender el proyecto desde la multiplicidad Deleuziana<sup>5</sup>, como proceso en el que se consideran múltiples entradas que se influyen mutuamente entre sí de un modo anti jerárquico. Esto da lugar a un proceso exploratorio que actúa en tiempo real y que es abierto y heterogéneo y no significa que sea subjetivo o caprichoso, sino que la consideración de las múltiples entradas arroja múltiples resultados

heterogéneos basados en los datos (inputs) y directrices de proceso, en donde el todo no se concibe como la suma de sus partes, sino por la capacidad sinérgica de conseguir un resultado a partir de las interacciones de las mismas, denominada “superación”. Así se ve la complejidad como una respuesta natural a las demandas del siglo XXI. Las incontables fuentes de información, la constante interacción entre lo físico y lo virtual, las nuevas obligaciones planetarias para encontrar un equilibrio entre los límites ambientales y el crecimiento exponencial de la población mundial son requisitos obligatorios de nuestros tiempos y son mejor entendidas desde el pensamiento complejo. Vivimos tiempos de complejidad de identidades, de construcción del conocimiento, de nuevos aparatos culturales y productivos y de la cosmovisión que nos rige como sociedad. La arquitectura no puede ser ajena a este cambio de paradigma.

Desde esta visión hay un necesario acto de humildad por parte de quienes hacemos el proyecto, ya que si entendemos la arquitectura como un elemento dúctil que es construido desde un proceso de alta plasticidad que es capaz de recibir nuevos aportes de manera sincrónica a través de un sistema no jerárquico. Los arquitectos y arquitectas tenemos que renunciar al control del espacio y promover situaciones espaciales. Eliminar las restricciones y permitir las condiciones, y asumir que los espacios más útiles son aquellos más tolerantes al cambio.

### **Evento y performance**

1. *There is no architecture without action, no architecture without events, no architecture without program.*
2. *By extension, there is no architecture without violence.<sup>6</sup>*

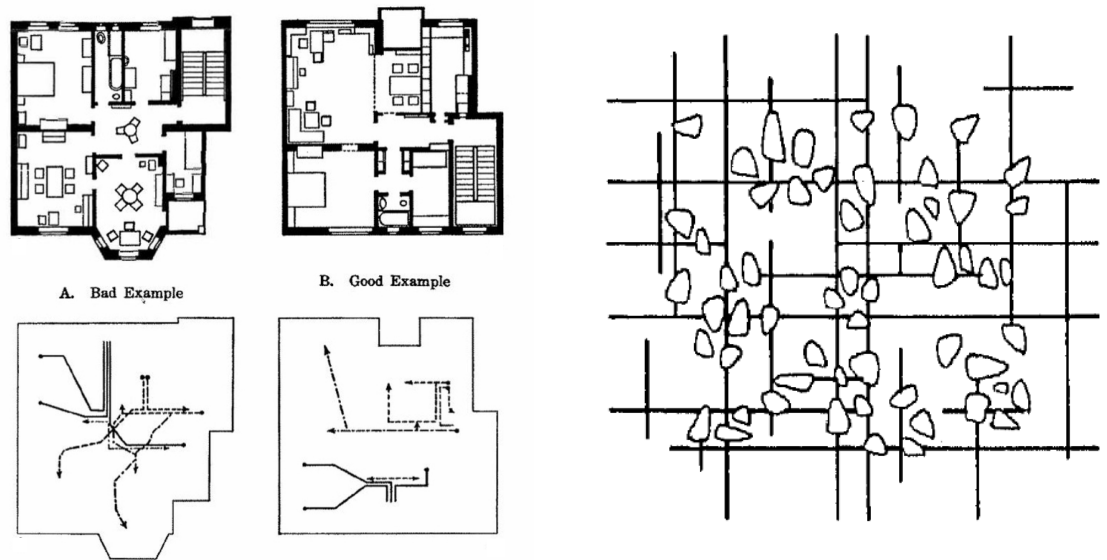
(Tschumi, 1996, p. 121)

Si bien la afirmación [1] que precede a estas líneas parece superflua por su evidencia, no lo es tanto cuando se indaga en la relación tradicional entre espacio y actividad (evento), que habitualmente suele estar traducida a través de lo que denominamos programa, “*es decir, una lista de requerimientos del usuario que describe el propósito del edificio*” (Tschumi, 2005, p.79)

Como ya se mencionó previamente, durante gran parte del siglo XX, incluso se afirmó que la forma debía ser consecuencia subsiguiente a la función, disfrazando este enunciado de racionalidad. Sin embargo, se podría afirmar que ninguna postura arquitectónica es en absoluto ideológicamente neutral sino que constituye una visión reduccionista de la arquitectura, que contradice la naturaleza de la contemporaneidad.

*“Esto se explica fácilmente porque todo lo común tiende a parecer neutral e indispensable a la vez; sin embargo esto es un equívoco y un equívoco con consecuencias, porque con ello se esconde tanto el poder que la distribución habitual de los espacios domésticos ejerce sobre nuestras vidas, como el hecho que esta disposición tiene un origen y por tanto un propósito y una intención.” (Evans, 2002, p.50)*

**Figura 4.** Contraposición los análisis para “La casa funcional para una vida sin fricción” de A. Klein y la estrategia denominada como “mediar” de F. Maki, evidencian dos posiciones opuestas de cómo los límites espaciales condicionan la naturaleza de las relaciones humanas.



Todo espacio, toda arquitectura, en definitiva, está determinado por la naturaleza y posición de los límites que lo conforman. Estos límites unen y separan espacios a la vez que unen y separan personas. Es decir, son simultáneamente configuradores del espacio arquitectónico, condicionadores de las relaciones humanas y articuladores (o no) de los vínculos entre individuos y espacios. En este sentido cabe preguntarse por las relaciones de reciprocidad y conflicto entre el espacio y el evento.

La aproximación al proyecto arquitectónico concebida como sistema abierto, rompe con el entendimiento del objeto espacial autosuficiente, entendiendo que “los espacios están calificados por acciones del mismo modo que las acciones están calificadas por espacios” (Tschumi, 1996, p.130) en una relación simbiótica de capas separables conceptualmente, pero indivisibles en la práctica espacial.

Como consecuencia de esta aproximación, se diluyen las jerarquías del sistema dialógico de relaciones espacio/individuo e individuo/individuo, propiciando ya no una simple ocupación del espacio (entendido como vacío) sino una plena interacción del habitante con el espacio, es decir una ‘*performance*’ especial en la que el individuo deja de ser espectador y pasa a desempeñar un rol activo de influencia recíproca.

En este sentido, es necesario hacer una distinción sobre dos procesos complementarios: la ‘construcción’ del espacio y el desempeño del mismo vinculado al evento. El primero de ellos (denominado como *hard performances* o comportamientos objetivos) consiste en establecer las condiciones formales y espaciales que permitan generar las directrices de partida en el proceso de desempeño espacial. Esta visión sistémica basada en la anti jerarquía, diluye el control exclusivo del diseñador sobre el proyecto y por tanto el espacio deja de dominar el evento, pasando de un vínculo de subordinación a una relación simétrica entre ambos (Tschumi,1996).

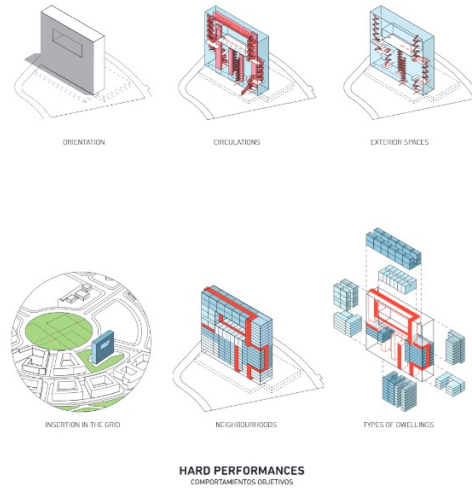
De este modo, la práctica espacial es también dependiente de los comportamientos subjetivos (*soft performances*) que surgen en la etapa de post ocupación y que son consecuencia de las interacciones entre individuo y espacio, otorgándole al sistema (espacial) una lectura dinámica. Esta idea remite nuevamente a una interpretación en clave Deleuziana, en tanto en cuanto el proyecto se concreta como sistema abierto en constante modificación a través del evento. Esta *performance* espacial se podría decir que en cierto modo “construye” el espacio a través de “una experimentación que actúa sobre lo real” (Deleuze y Guattari, 2004, p.17).

**Figura 5.** Estudio comparativo de los comportamientos objetivos y subjetivos en el edificio Mirador de MVRDV y Blanca Lleó.

## 02.

### Mirador Building case-study

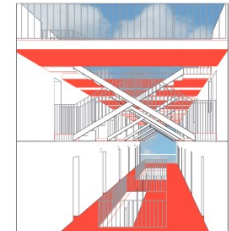
Análisis del edificio Mirador



#### PERFORMANCES COMPORTAMIENTOS

THE WAY THE BUILDINGS ACT COMO FUNCIONAN LOS EDIFICIOS

DATA	MVRDV & BLANCA LLEÓ (Madrid, Spain) 2004	Plot area: 10,000 m <sup>2</sup> Floor Area: 16,000 m <sup>2</sup> Coverage: 0.11 Floor Area Ratio: 1.60	Dwellings: 156 Parking spaces: 165 Housing: 100%
------	------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------



SOFT PERFORMANCES  
COMPORTAMIENTOS SUBJETIVOS

Los resultantes espaciales de este proceso de proyecto son necesariamente dinámicos y adaptativos. Sin embargo, esta especie de catálogo de códigos de adaptación está en permanente construcción. Si entendemos un código como la capacidad de expresar un lenguaje, o bien a través de elementos individuales o en su conjunto, podemos pronosticar cuáles serían las capacidades espaciales o sociales que pueda tener la arquitectura. En la propia naturaleza compleja de estas cualidades espaciales, los códigos cumplen una función metalingüística, es decir que son los instrumentos capaces de interpretar en el espacio las respuestas a la influencia de insumos diversos.

A pesar de esta relativa novedad de los requisitos de proyecto, existen referentes de estas reflexiones en la arquitectura del siglo pasado. Este artículo no pretende apropiarse de las propuestas existentes sino traer las mismas a la discusión que plantea esta investigación.

En esta nueva relación entre habitante y espacio, la referencia a los “eventos” de B. Tschumi es ineludible y a través de él las propuestas de OMA, Sanaa o Fujimoto en las que el

espacio tiene una alta capacidad de adaptación no desde una estrategia mecanicista sino de la posibilidad de resignificación del espacio a causa de las solicitudes de los habitantes. En esta búsqueda traemos dos familias de espacios: los dúctiles y los contenedores.

Los espacios dúctiles son aquellos capaces de cambiar y acoplarse a un nuevo requisito de uso. Estos cambios no generan grandes gastos energéticos o morfológicos, sino que tienen un diseño que permite la definición del espacio a partir de la actividad que allí ocurre, en donde los límites marcan los niveles de intimidad e interacción entre los espacios. En la búsqueda de un mejor aprovechamiento del confort, uso, relaciones paisajísticas, gestión, etc., las “folies” de La Villete(1982) , los apartamentos de Gifu Kitagata (1998) de K. Sejima, o la reconversión de las 530 viviendas en Burdeos (2016) por Lacaton y Vassal son muestras de este tipo de espacios.

Los contenedores propician condiciones de uso con una mayor plasticidad espacial a causa de la generación de elementos rígidos que estructuran ciertas condicionantes espaciales para permitir otras de una libertad casi total. El “Fun Palace” (1961) de Cedric Price, la “Ville spatiale” (1958-62) de Yona Friedman o la “No stop city” (1970) de Andrea Branzi (Archi-zoom) tuvieron la capacidad prospectiva de revisar a mediados de siglo pasado las formas de espacializar los requisitos contemporáneos de la forma habitar.

Cualquiera de estas dos familias permite la organización a través de un sistema abierto y heterogéneo en constante adaptación en función de los diferentes acontecimientos o “performances” como soporte de la visión prospectiva.

## **Aproximación pedagógica**

Este enfoque de proyecto relaciona tres grandes diagnósticos: a) la pérdida de calidad arquitectónica a causa de la convicción de la metodología dogmática como norma, b) el uso de la teoría general de los sistemas y el rizoma como estructuras de organización de los inputs del proyecto y las estrategias para llevarlos al espacio, y c) la necesidad de priorizar al habitante por encima de la noción de un espacio de restricciones a través del *performance*. Todos estos como una búsqueda de herramientas de reflexión que son llevadas a talleres de proyecto arquitectónico de grado y máster.

Tras algunas ediciones de estos talleres hemos detectado en los alumnos ciertas carencias cognitivas: la capacidad de organizar información diversa en elementos sintéticos y luego inferir diagnósticos por las relaciones de esta red; la habilidad para construir estrategias espaciales a partir de estos diagnósticos que se puedan transmitir a la arquitectura, y sobre todo la superación de la crisis interna que surge de la renuncia de una metodología matricial de necesidad-proceso-diseño de un estereotipo arquitectónico de la que vienen entrenados de manera preconcebida.

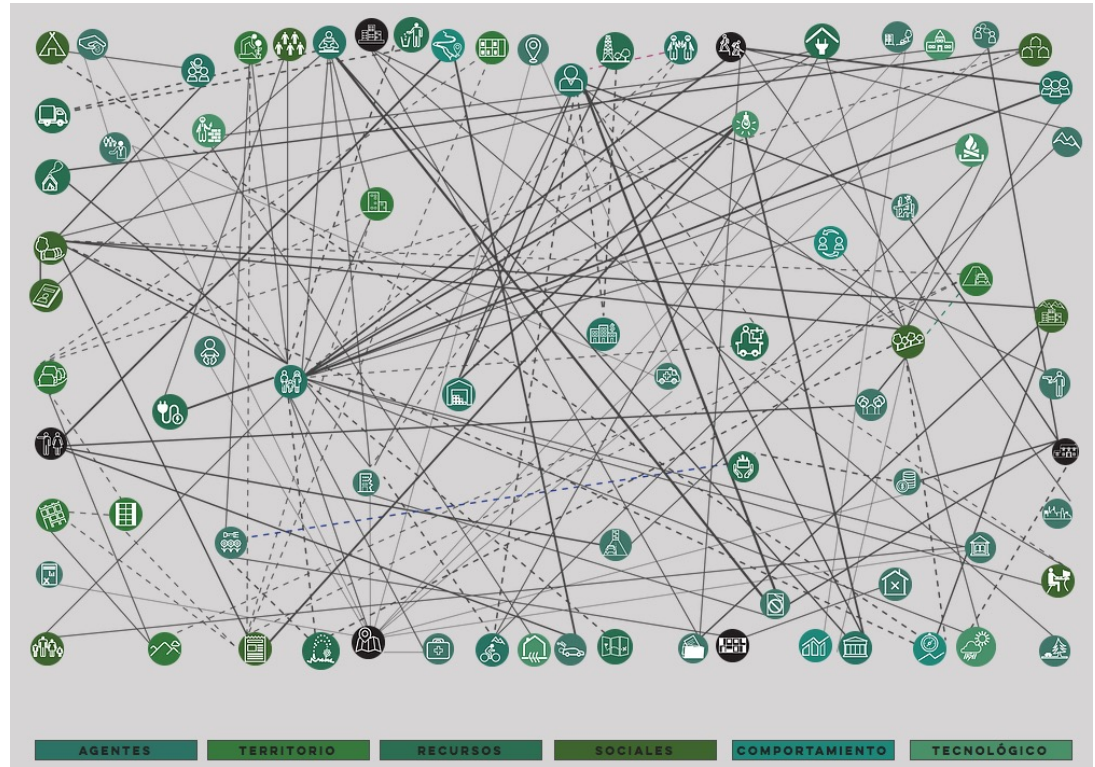
Sin embargo, hay otras propuestas de talleres que son adaptadas por los alumnos de manera natural. La inserción del rizoma o de construcciones de redes a manera de sistema son herramientas de visualización naturales para un estudiante de arquitectura. La disposición de las personas por encima del control de la rigidez espacial, en la que migran de conceptos como programa a actividad o de usuario a habitante, se vuelve el mejor soporte para buscar la ductilidad espacial o la capacidad de medir la interacción desde el uso, el lenguaje arquitectónico o el contexto, fomentando la conciencia de un diseño multiescalar.

La posibilidad de reflexionar sobre los insumos de proyecto y su afectación en el diseño requiere en los alumnos el desarrollo del pensamiento divergente y espíritu crítico para conseguir propuestas que puedan resolver condiciones futuras en lugar de soluciones estáticas.

Dentro de este proceso existe una variación respecto de un taller clásico: el que el proceso no acaba con la entrega del proyecto, las láminas, maqueta, planos constructivos, etc., sino que requiere de un paso posterior de verificación de la pertinencia del proyecto y del ámbito espacial. El indicador de pertinencia tiene como base el aseguramiento de la coherencia entre la necesidad diagnosticada y lo que la arquitectura propuesta resuelve y permite; y el del ámbito requiere evaluar la manera en la que el enfoque que construyó el proceso genere un producto espacial, que llegue a un buen grado de madurez que se evidencie en la comunicación gráfica, constructiva pero sobre todo del discurso que los alumnos usarán para afrontar su vida profesional.

Es crucial declarar que lo expuesto anteriormente no pretende convertirse en un corsé metodológico superfluo, sino que más bien procura que la enseñanza del proyecto arquitectónico se articule en relación al mencionado carácter abierto. Las directrices aquí enunciadas no tienen una naturaleza prescriptiva ni una concepción hierática. Entender el proyecto dentro de

**Figura 6.** Diagrama que expresa las relaciones múltiples e interdisciplinarias que existen en el contexto de la Comuna Miraflores, Quito.



un sistema social amplio que considere que el espacio arquitectónico es un hecho cultural ligado a la vida de las personas, obliga al constante re pensamiento del mismo, privilegiando la búsqueda de la coherencia con los valores intrínsecos tanto individuales como colectivos.

Por otro lado, este proceso no tiene una naturaleza finalista, sino que es considerado como una herramienta reflexiva que permita la creación de situaciones positivas mediante un argumento discursivo y una narrativa espacial que posibilite la superación de posturas dogmáticas y reduccionistas en una búsqueda de modelos espaciales prospectivos en una realidad cada vez más cambiante.



## Notas:

**1** Del mismo modo que sucede en el campo del arte en la performance, la acción se convierte en la protagonista. De este modo el evento ligado al desempeño espacial se convierte en condición sine qua non para que la arquitectura exista plenamente.

Bernard Tschumi enunciará: “there is no space without event” y de manera más particular referido a su trabajo: “Our work argued that architecture—its social relevance and formal invention—could not be dissociated from the events that ‘happened’ in it.”

Tschumi, B. (1983). *The Discourse of Events*. Lecture, Architectural Association, Londres.

Reproducido en Tschumi, B. (1990). *Questions of Space* (pp. 87-95). Londres: Architectural Association.

**2** En el contexto de la mesa de debate “Expansión y colonización” del congreso ANYWAY, celebrado el Centro de Cultura Contemporánea de Barcelona en 1993, Rafael Moneo realiza una crítica a la exposición de Peter Eisenman calificando la intervención como “artillería metodológica inútil” y que se complementa con el siguiente argumento crítico en el que se puede vislumbrar cómo se imputa lo que podríamos calificar como interdisciplinariedad superficial referido al mismo arquitecto.

*“A mí, hay un momento en que verdaderamente admiro más al arquitecto Eisenman que es capaz de afrontar personalmente estas dificultades que al predicador Eisenman o al profesor Eisenman tratando de distraer a los alumnos diciéndoles que vayan a estudiar el soliton y que vuelvan otra vez a leer al último físico que él ha cogido por los pelos para tomarlo como fuente de inspiración.”*

*A mí me parece una distracción metodológica tan seria que solo puedo decírselo cuando va acompañado también del respeto que, a medida que va haciendo cada vez más arquitectura me produce su trabajo”*

Barba, J.J. (2019). *Congreso Anyway. La ciudad de las ciudades*. Barcelona; Fundación Arquia, pp.55-56

**3** *“Los arquitectos tenemos un instrumento fundamental de pensamiento y de acción que es el proyecto. El proyecto evoluciona, cambia, demanda nuevas habilidades o se disuelve y reconfigura en nuevos relatos. [...] Pero la esencia del proyecto permanece: el arquitecto como alguien que convierte todo lo que hace en un proyecto, que realiza incursiones en el futuro tratando de vislumbrar opciones y escenarios mejores para la vida de las personas.”*

Peñín, A. (2017). Entrevista a Juan Herreros. PALIMPSESTO, 16, 02-05.

**4** El paradigma de la Complejidad propuesto por Edgar Morin postula una forma de relacionar los conceptos que construyen el conocimiento contemporáneo de manera recíproca entre las partes y el todo, no en

la búsqueda de definiciones reduccionistas sino desde el entendimiento de la naturaleza holística de estas relaciones desde lo transdisciplinar, llegando a la noción de una cultura global.

**5** Esta idea de multiplicidad, deriva del modelo de pensamiento desarrollado por Deleuze y Guattari denominado como Rizoma. Dicho modelo se articula en relación a la idea de que *“cualquier punto del rizoma puede ser conectado con cualquier otro, y debe serlo”* y por tanto *“una de las características más importantes del rizoma quizá sea la de tener siempre múltiples entradas”*. Este sistema *“abierto, conectable en todas sus dimensiones, desmontable, alterable, susceptible de recibir constantemente modificaciones”* evita cualquier lectura autosuficiente, puesto que para los autores *“todo rizoma comprende líneas de segmentaridad según las cuales está estratificado, territorializado, organizado, significado, atribuido, etc.; pero también líneas de desterritorialización según las cuales se escapa sin cesar.”*

Deleuze, G., y Guattari, F. (2004). Introducción: Rizoma. En Mil Mesetas (p. 17). Valencia: PRE-TEXTOS. Publicado originalmente en 1977

**6** El propio Bernard Tschumi, enuncia en líneas posteriores que la violencia no debe ser entendida en sentido literal: *“Por “violencia” no me refiero a la brutalidad que destruye la integridad física o emocional, sino a una metáfora de la intensidad de una relación entre los individuos y los espacios que los rodean.”*

Tschumi, B. (1996). *Architecture & Disjunction*. The MIT Press, Cambridge. p.122, traducción de los autores

## Referencias

### Bibliografía:

1. Barba, J.J. (2019). *Congreso Anyway. La ciudad de las ciudades*. Barcelona; Fundación Arquia Centre de Cultura Contemporània de Barcelona. (1993). *Congreso Anyway. La ciudad de las ciudades* [DVD]. Barcelona; Arquia documental, 40. Fundación Arquia.
2. Evans, R. (2002). Cuerpos, Puertas y Corredores. En A. Aravena Mori, *El Lugar de la Arquitectura* (pp. 50-75). ARQ. Publicado originalmente en: Evans, R., 1978. Figures, Doors and Passages. *Architectural Design*, 48(4).
3. Deleuze, G., y Guattari, F. (2004). Introducción: Rizoma. En *Mil Mesetas*. Valencia: PRE-TEXTOS. Publicado originalmente en 1977.
4. Morin, E. (2017). *Introducción al pensamiento complejo* (1.a ed.). Gedisa Mexicana, México D.F.
5. Tschumi, B. (1996). *Architecture & Disjunction*. The MIT Press, Cambridge.
6. Tschumi, B. (2005). Concepto, contexto, contenido. *Arquine: Revista Internacional De Arquitectura*, 34, 78-89.
7. Peñín, A. (2017). Entrevista a Juan Herreros. *PALIMPSESTO*, 16, 02-05.
8. Venturi, R. (2008). *Complejidad y Contradicción en Arquitectura*, Barcelona: GG

## Capítulo 2

# LA ARQUITECTURA COMO ARTEFACTO: UNA VISIÓN DESDE LA TEORÍA DEL ACTOR RED

Autora:

**Cyntia López Rueda**<sup>1</sup>

### Introducción

La producción arquitectónica contemporánea presenta al objeto edificado como un elemento estático y terminado; en consecuencia, sin posibilidades de transformación. Este entendimiento limita su potencial considerándolo únicamente un escenario o un telón de fondo para las actividades humanas. Por el contrario, el enfoque socio-técnico que presenta la Teoría del Actor Red (Actor-Network Theory o ANT por sus siglas en inglés) permite construir una visión amplia de las relaciones entre los elementos edificados y los usuarios que los habitan. Se entiende al objeto arquitectónico como un mediador para las relaciones entre objetos y participantes, capaz de transformar, alterar e informar las acciones o interacciones que ocurren en dicho espacio. La ANT constituye una oportunidad metodológica para estudiar el objeto edificado como mediador entre las acciones y relaciones posibles entre actores humanos y no-humanos.

En este artículo se desarrollan cuatro aspectos claves: primero se explican los postulados principales de la Teoría del Actor Red; en segundo lugar, se analizan las características de los no humanos, para posteriormente estudiar la ANT y su relación con la arquitectura. Finalmente se estudia al objeto arquitectónico como un artefacto, mediante un breve análisis de la transición y del umbral como elementos espaciales con agencia y poder de acción.

Si bien la palabra arquitectura es un término amplio que abarca tres visiones distintas: arquitectura como profesión, arquitectura como producto final y arquitectura como proceso, en esta investigación se tomará a la palabra arquitectura como sinónimo del objeto arquitectónico o del producto final.

Es importante enfatizar también el cambio de lenguaje que propone la ANT, ya que considera que la palabra *acción* tiene connotaciones humanas, por lo que utiliza “*agencia*” para referirse al poder de cambio de humanos y no humanos en las redes. De la misma forma, la

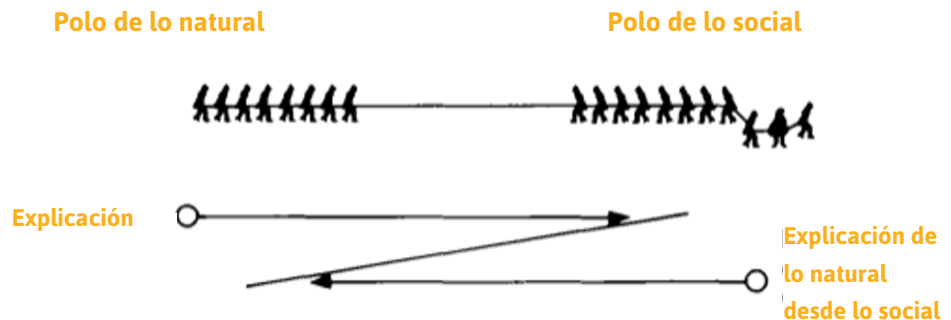
<sup>1</sup> Cyntia López Rueda,  
Facultad de Arquitectura e  
Ingeniería Civil, UISEK. *cyntia.*  
*lopez@uisek.edu.ec*

palabra *actor* se reemplaza por “*actante*” para referirse a actores humanos y no humanos sin distinción.

### Teoría del actor red: una nueva visión en los estudios de ciencia y tecnología

La ANT se origina en la década de los años 80 con los estudios de Bruno Latour (1988), John Law (1987) y Michael Callon (1986) que exploran la sociología de la ciencia para explicar el orden social, no a través de la noción tradicional de “lo social”, sino a través de redes de conexiones entre agentes humanos, tecnologías y objetos (Couldry, 2016), es decir, un entendimiento de los sistemas socio-técnicos a través de sus negociaciones entre humanos, instituciones y organizaciones (Latour, 1992). La ANT se contrapone a la sociología de “lo social” como conductas que no pueden ser explicadas bajo principios teóricos o empíricos, por el contrario, afirma que “lo natural” y “lo social” se producen y modifican mutuamente (Echeverría y González, 2009); y que adicionalmente, lo humano y lo no humano alcanzan la misma condición sin dominación de lo uno sobre lo otro (Latour (1987). El planteamiento principal consiste en rastrear el movimiento de estos actores en la red y las asociaciones que se crean entre ellos.

**Figura 1.** Diagrama explicativo sobre las relaciones socio-técnicas. Adaptado de Callon, M. y Latour, B. (1992)



Desde a sus orígenes en los estudios de ciencia y tecnología, la ANT ha impactado en diversas ramas de las ciencias sociales gracias a estudios de caso icónicos que, de acuerdo a Michael (2017), empiezan con un estudio empírico inicial de Latour y Woolgar en 1979 en el laboratorio de Roger Guillemin en Instituto de Estudios Biológicos Salk; posteriormente, la obra *La Pasteurización en Francia* (Latour, 1988) evidenció que el trabajo de investigación de los científicos no se limita a los laboratorios, sino que se integra crucialmente en la sociedad y, finalmente se reafirma con un texto de Callon (1986) que analiza los intentos de los biólogos por institucionalizar la cría de moluscos y su influencia en una pequeña comunidad de pescadores en Francia. La base de estos estudios mostró cómo las personas involucradas en actividades diversas se alinean para formar una red de influencia y acción, con la particularidad que estas personas (humanas) actúan en conjunto con no humanos, sin evidenciar distinción en la red (Michael, 2017).

Posteriormente, la ANT se centra en explicar las transformaciones y asociaciones que se ejercen en la ciencia y la tecnología, analizando las relaciones sociales que se generan en los laboratorios científicos y los centros de investigación y que producen cambios significativos en la sociedad (Latour, 1990). Las contribuciones de estos estudios permiten estudiar a las redes y asociaciones desde una perspectiva socio-técnica, enfatizando su principio heterogéneo (Latour, 2007; Tirado & Domenech, 2005).

Desde los años 80 hasta la actualidad, la ANT ha desarrollado principios, postulados y lenguaje específico que se expondrán brevemente con el fin de comprender sus posibles aportes para la teoría y el diseño arquitectónicos.

Los postulados básicos para la mediación socio-técnica son: *traducción*, *simetría*, *caja-negrización* y *delegación* (González, 2017; Latour, 2005; Michael, 2017 b); términos que han sido adaptados al idioma español recientemente.

El principio de traducción se refiere a que la unión de dos *actantes* crea una nueva red o agente híbrido que tiene un nuevo papel dependiente de los *actantes* originales. La *traducción* es un proceso inacabado que no tiene final mientras la red esté vigente. Por otro lado, el postulado que trata sobre *simetría* consiste en la necesaria asociación de *actantes* humanos y no humanos para mantener la *agencia* en la red, sin que sus posibilidades e importancia difieran.

La caja-negrización establece que ciertos *actantes* no tienen influencia importante en la red a pesar de que son estables en ella y la conforman. Cabe destacar, que los *actantes* caja-negra, no son prescindibles en las asociaciones, por el contrario, de ellos depende la estabilidad de las redes. Finalmente, el principio de *delegación* afirma que acciones que se desarrollaron en otro espacio de tiempo y por *actantes* que ya no están presentes en la red, siguen teniendo efectos presentes. Estos aspectos constituyen parte de la construcción teórica de la ANT para concebir nuevas formas de describir la materialidad del mundo que nos rodea.

Una precisión importante es que, a pesar de su denominación, la ANT no es una teoría según sus propios creadores (Latour, 1999; Law, 2009), ya que no provee una manera estática de ver al mundo y no está basada en la teoría abstracta sino en estudios empíricos. Adicionalmente, se afirma que las teorías generalmente intentan explicar el porqué de los eventos; sin embargo, la ANT es descriptiva y no busca explicar “por qué”, sino el “cómo” de las redes que conforman el mundo. Es así como la ANT puede ser considerada como una caja de herramientas para el análisis de la transformación social, es decir, una metodología que describe las interacciones complejas entre los humanos, los artefactos y su significado.

De acuerdo a Sayes (2014) los no humanos tienen 4 contribuciones a la vida social:

1. *No humanos I: Los no humanos son una condición necesaria para la sociedad.*
2. *No humanos II: Los no humanos son mediadores.*
3. *No humanos III: Los no humanos son miembros de asociaciones morales y políticas.*
4. *No humanos IV: Los no humanos son reuniones de actores de diferentes tiempos y espacios.*

**No Humanos I: Los no humanos son una condición necesaria para la sociedad.** En un texto inicial de la ANT basado en un estudio empírico, se afirma que existe “algo” que diferencia la sociedad humana de la de los animales, algo que va mucho más allá de los aspectos simbólicos (Callon y Latour, 1981). Callon y Latour (1981) definen a este “algo” como los no humanos, que tienen una duración mayor que las interacciones que los formaron. Es así como se atribuye a los no humanos la capacidad de estabilizar el colectivo social y de forma más específica, su agencia es la que posibilita la sociedad (Sayes, 2014). Este corolario sobre los no humanos es considerado como la base de la ANT, especialmente válida para las máquinas y los artefactos (Callon y Latour, 1992).

**No Humanos II: Los no humanos son mediadores.** Este corolario establece una distinción clave para la ANT: los mediadores y los intermediarios. Según Callon (1991) y Latour (2005), los intermediarios son elementos neutros con agencia similar a otros elementos en la red, es decir, pueden ser intercambiables. La agencia de un mediador, por el contrario, añade condicionantes adicionales a la asociación o a una cadena específica en la red. Los no humanos modifican continuamente las relaciones entre los actantes, tienen agencia y como resultado demandan nuevos modos de acción en otros actantes (Sayes, 2014).

**No Humanos III: Los no humanos son miembros de asociaciones morales y políticas.**

- Para explicar este postulado, en uno de sus textos más influyentes Latour (1992) utiliza el ejemplo del uso del cinturón de seguridad y su influencia en la política y la moral de los usuarios. Latour cuestiona el libre albedrío de los humanos al enfrentarse a instituciones y elecciones políticas que están ligadas directamente al funcionamiento del artefacto. Afirma que el libre albedrío, la moral y la elección política del usuario quedan inhabilitados, si el motor del automóvil no se enciende si es que el humano no utiliza el cinturón de seguridad. Con este ejemplo, Latour afirma que, aunque el rol de los no humanos en la sociedad parezca casual, estos modifican radicalmente las elecciones morales y políticas de los seres humanos. Lo anterior no quiere decir que los no humanos tienen propósito, deseos o sentido de justicia al igual que los humanos, sino que la elección moral y la esfera política no están sujetas solamente a la lógica social de las normas o a las sanciones legales (Sayes, 2014).

**No Humanos IV: Los no humanos son reuniones de actores de diferentes tiempos y espacios.** De acuerdo con el corolario anterior, no es posible asignar política y moral a los no humanos por separado, las asociaciones con otros actantes deben ser consideradas necesariamente. Esto significa que los no humanos no deben ser analizados bajo la óptica moral si es que no se consideran sus asociaciones. La ANT afirma que, de esta manera, los no humanos son reuniones de actantes de distintas ontologías, de otro tiempo y espacios variables (Michael, 2017).

Según Sayes (2014), el potencial de los no humanos de reunir actantes de tiempos anteriores conforma con solidez las asociaciones humanas y por consecuencia, los no humanos permiten que actantes que ya no están presentes, ejerzan influencia palpable en la red.



## Estudios de la ANT en la rama de la arquitectura

Desde mediados de la década de los 90, autores relacionados a los estudios de ciencia y tecnología (Science and Technology Studies, STS), han encontrado beneficios en la aproximación de la ANT frente a los fenómenos complejos de la ciudad y de la arquitectura. Los primeros estudios analizaron la planificación territorial como una tecnología y a la ciudad como un gran artefacto (Aibar y Bijker, 1997), también se describieron las redes invisibles que dan forma a las grandes metrópolis (Latour y Hermant, 1998) y la dificultad que presenta el cambio en las ciudades consolidadas (Hommels, 2005).

Michael (Michael 2017 b) afirma que los trabajos más innovadores con respecto a las posibilidades de la ANT para el cambio espacial han sido concebidos en la rama de la geografía y de la ciudad. Numerosos geógrafos y urbanistas han transgredido los límites de las disciplinas cuestionando el concepto de escala (Marston et al., 2005), generando nociones de ensamblajes en lo urbano (Farías y Bender, 2010; Brenner et al., 2011; Farías, 2011), analizando el cambio social en el espacio (Anderson et al., 2012) y generando propuestas metodológicas innovadoras para la investigación en la geografía (Rumming, 2009).

Por otro lado, considerando la escala menor en la ciudad, la del objeto arquitectónico, el trabajo de Madeleine Akrich (Akrich, 1992) ha inspirado el estudio de temas relacionados al diseño al enfocarse en la forma en la que los artefactos promueven organizaciones sociales, políticas y jurídicas específicas. Los primeros estudios empíricos directamente relacionados a la arquitectura, corresponden a Alben Yaneva (Yaneva, 2005), quien a partir de un seguimiento al proceso de realización de modelos en 3 dimensiones en la oficina de arquitectura OMA, dirigida por Rem Koolhaas, reconoce que el diseño arquitectónico no es un proceso lineal, sino circular y que la variación de escalas, diseños y soluciones espaciales es la que generará parte de las redes socio-técnicas que conformarán la edificación en el futuro.

Posteriormente se desarrollan estudios etnográficos sobre la práctica arquitectónica (Latour y Yaneva, 2009; Yaneva, 2009 a; Yaneva, 2009 b) que describen experiencias socio-técnicas en el proceso de diseño y que han inspirado la exploración de la ANT en la arquitectura. Yaneva (2009 b) explica que los *actantes* no-humanos, tanto objetos como entornos, sirven como mediadores para el uso de los mismos objetos y para la interacción entre humanos. Es decir, el espacio arquitectónico es un facilitador de las interacciones de las personas que lo ocupan. La producción arquitectónica, un no-humano, genera asociaciones y relaciones que facilitan

la congregación de múltiples *actantes*, formando agrupaciones y articulando diversidad en términos sociales.

La arquitectura tiene la capacidad de incidir en el comportamiento social de las personas, y a su vez, el espacio se transforma continuamente por causa de las actividades sociales que en él ocurren, dando lugar a cambios en el objeto arquitectónico en términos de forma, usos y significado (Fallan, 2008). Además, las acciones y relaciones que ocurren en un espacio arquitectónico son una adaptación y una representación de lo social, considerando así, a la arquitectura como un *actante* fundamental de esta interacción (Yaneva, 2009 b).

Latour & Yaneva (2009) explican que, comúnmente, los edificios se entienden como objetos estáticos y que, con la visión de la ANT, es posible considerar a la producción arquitectónica como un proyecto en movimiento, capaz de múltiples transformaciones. Es así como, la ANT es una oportunidad para entender los objetos arquitectónicos como artefactos producidos y productores, a la vez, de sistemas de interacción social.

### **La arquitectura como artefacto y su agencia**

Con base en los estudios mencionados anteriormente, es factible examinar las posibilidades y el rol de la arquitectura como un no humano con agencia en las redes y asociaciones actuales. Esta investigación toma como elemento base de análisis al umbral, entendiéndolo como un elemento arquitectónico específico y también, como idea de organización del espacio, llamándola transición espacial.

El umbral es un elemento integral en el objeto arquitectónico, ya que por sí solo presenta ambivalencia: por un lado, abre espacios y organiza la articulación de transiciones; y al mismo tiempo puede leerse como una barrera que establece límites precisos.

Es tal vez por esta ambivalencia y riqueza de posibilidades que, arquitectos a lo largo de la historia se han interesado por este concepto: Aldo Van Eyck con la idea del In-Between (Lidón de Miguel, 2015; Strauven 2007), Kisho Kurokawa con el estudio de las simbiosis en el espacio (Farhady y Nam, 2009), Toyo Ito con su texto sobre la Arquitectura de Límites Difusos (Bermúdez, 2015), Robert Venturi quien lo define como el espacio entre una realidad y otra (Venturi et. al 1977), Kim Dovey quién acuña la idea de interfaz (Dovey, 2016), entre muchos otros, han explorado las posibilidades infinitas de este concepto para la organización espacial.

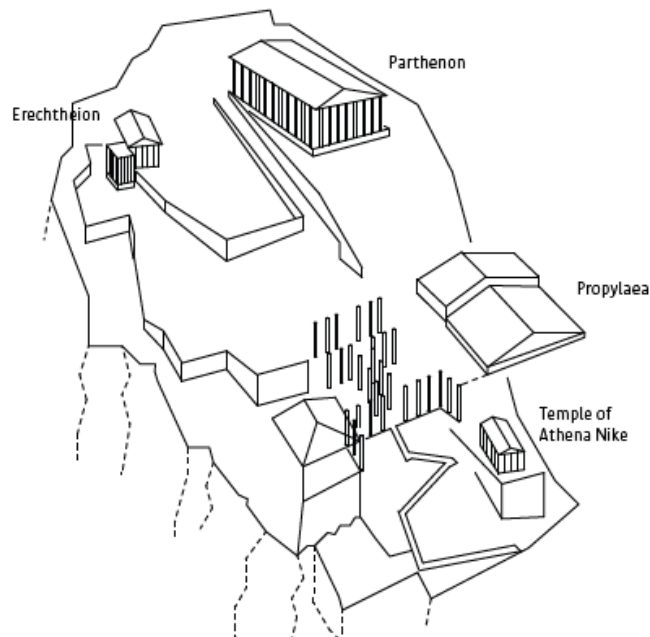
Para este breve estudio, utilizaremos como base los trabajos de Laiprakobsup (2007) y Boettger (2014) y seleccionaremos algunos de los casos de estudio en los que los autores trabajaron para profundizar su teoría. La organización espacial de la Acrópolis de Atenas, que se tomará como un conjunto arquitectónico unitario y la transición del espacio en la tipología de los pasajes y arcadas se contrastarán con los principios de los no humanos que propone la ANT.

### **El vacío como mediador en la Acrópolis de Atenas**

La amplia meseta situada a lo alto de una colina se implanta sobre la ciudad de Atenas en Grecia y ha sido el escenario de importantes cambios políticos, religiosos y culturales a lo largo de la historia. Las primeras estructuras amuralladas datan del año 1580 a.C y a partir del año 800 a.C. fue utilizada como un lugar sagrado. Luego de la invasión y destrucción persa en el 479 a.C, se debate si el lugar debe ser mantenido como un memorial o si debe ser reconstruido (Roth, 1999). Finalmente, Fidias se encarga de la reconstrucción y planifica las siguientes edificaciones: el Partenón (447–438 a.C), los Propileos (437–432 a.C), el Templo de Atenea Niké (432–421 a.C) y el Erecteión (421–406 BC) (Boettger, 2014). Ver figura 2.

**Figura 2.** Esquema de la organización espacial de la Acrópolis de Atenas

Fuente: Tomado de Till Boettger, 2014



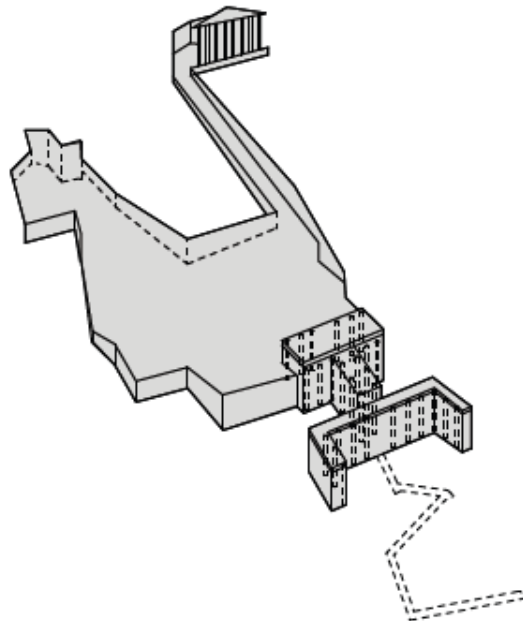
La Acrópolis es fundamental para este estudio no solo por su fuerte influencia en el desarrollo de la arquitectura occidental, sino porque sus edificaciones han sido reconstruidas en varias ocasiones y pese a esto se ha mantenido su configuración espacial original. Adicionalmente, el diseño original genera un recorrido teatral que redefine la experiencia del usuario al cuestionar la individualidad de las edificaciones para dar importancia a los espacios de transición.

El vacío configura lo que Booth (1983) denomina espacio positivo, porque se delimita por los muros de los templos individuales y se conforma un espacio exterior interconectado. El Propileos actúa como el umbral de ingreso al complejo arquitectónico y a la vez enmarca la transición entre el exterior y el interior. Adicionalmente, desde el exterior, el manejo de la perspectiva en el camino procesional de ingreso equilibra al Partenón y al Erecteión para que el Templo de Athenea Niké se convierta en el punto focal, a pesar de sus dimensiones reducidas.

Al interior del complejo, el espacio vacío crea un recorrido que permite ingresar por la parte posterior del Partenón, lo cual, combinado con su ligero giro en implantación, enfatiza su importancia (Boettger, 2014).

**Figura 3.** Umbrales y transiciones espaciales en la Acrópolis de Atenas

Fuente: Tomado de Till Boettger, 2014



Esta breve descripción del conjunto se enriquecerá a continuación con los postulados de los no humanos que plantea la ANT. En primer lugar, de acuerdo con *No Humanos I*, se afirma que los objetos arquitectónicos analizados posibilitaron la estabilidad del colectivo social en la época en la que fueron construidos y, que en la actualidad esos productos modificados, forman nuevas redes necesarias para la narrativa actual.

En segundo lugar, de acuerdo con *No Humanos II*, el espacio de transición es efectivamente un artefacto mediador, ya que construye una narrativa que conjuga elementos radicalmente distintos. Se enfatizará este contraste entre 2 de las edificaciones que conforman el conjunto: el Partenón como un testigo de la tradición helénica del templo, perfeccionada a lo largo de varios siglos y el Erecteión que, por otro lado, ejemplifica la ruptura de la tradición con apariencia irregular y contenido religioso. Este umbral o transición espacial tiene dos dimensiones: una profana que se refería a la identidad de la ciudad como un elemento significativo de la época, y una dimensión sagrada de sus antiguas tradiciones. El Partenón pretendía idealizar la democracia y el poder imperial de Atenas; en cambio, el Erecteión fue la manifestación de diversos cultos fundados sobre los orígenes arcaicos de la ciudad. De la misma forma, el Partenón representa la claridad, la austeridad y la precisión, mientras que el Erecteión por sus detalles jónicos, aporta un desorden informal, fruto de la Guerra del Peloponeso y una plaga que atacó a Atenas (Roth, 1999).

En este contexto, las edificaciones se construyen sobre la transición que rompe los límites espaciales para mediar su camino, y el espacio umbral está fuertemente determinado no solo por la creación de tensión y contrapesos de los objetos que lo limitan, sino también por la secuencia en la que se experimenta el espacio. En su idea base, el espacio umbral oscila entre los polos abierto y cerrado y puede actuar, como resultado de su ambigüedad intrínseca, como mediador espacial.

Para continuar con el análisis, el principio *No Humanos III*, se relaciona directamente con el postulado anterior, ya que el espacio umbral o espacio de transición, al ser mediador, influye directamente las asociaciones morales y políticas en conjunto con los seres humanos. En este espacio vacío se evidencia el carácter singular de la cultura griega, caracterizado por la curiosidad y la confianza en la superioridad de sus asociaciones frente a las civilizaciones bárbaras que los rodeaban (Psarra, 2009). En esta transición también se evidencian las elecciones cercanas a la lógica que los caracterizaron; por otro lado, el equilibrio y la simetría de los Propileos, así como la pulcra configuración del vacío reflejan directamente en la excelencia moral e intelectual de la cultura de la época. Las elecciones de diseño de los edificios y las omisiones en el vacío no son casuales, ya que transmiten y comunican el lenguaje de su creador y por ende su

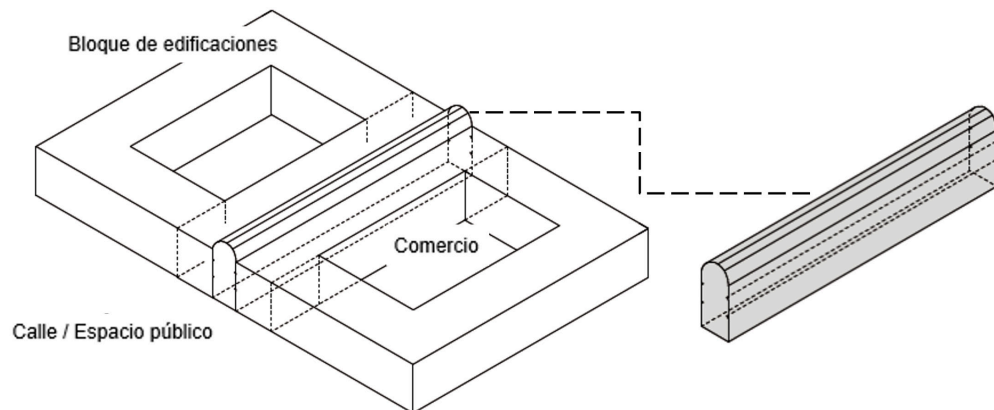
ideología. Las elecciones políticas y morales de los usuarios forman, por tanto, asociaciones con los artefactos en los que habitan y desenvuelven sus actividades.

Finalmente, el apartado No Humanos IV, considera la visión prospectiva del objeto arquitectónico. Es claro que el espacio de transición en la Acrópolis ha permanecido en el tiempo como un elemento referencial en la historia. Este umbral tiene una vida más larga que la de su creador y forma parte de nuevas asociaciones en otros tiempos, como un laboratorio vivo junto a las redes humanas. A pesar de su aparente inflexibilidad, en la actualidad se mantiene como testigo de las redes de otros tiempos y crea redes socio-técnicas nuevas que están en constante cambio.

### La transición en la tipología de pasajes y arcadas

Originalmente, un pasaje se define como una conexión entre dos calles, a través de un objeto arquitectónico. Esta conexión genera una cubierta transparente y tiene un carácter comercial en su mayoría. Su espacialidad no se reconoce como interior o como exterior, ya que tiene su propio carácter de transición (Boettger, 2014). Esta zona se considera el lugar en donde el espacio privado se convierte en público y el objeto arquitectónico se convierte en parte de la ciudad; es decir, un espacio exterior, con la atmósfera de un ambiente interior. Herman Hertzberger (2005) afirma que la conexión con iluminación cenital brinda la

**Figura 4.** Delimitación espacial de la transición espacial en la tipología de pasajes. Adaptado de de Till Boettger, 2014.



sensación de un interior, por lo que no es posible afirmar si se está en el interior de un edificio o en el espacio que conecta a dos edificios independientes. A continuación, se tomará su matriz tipológica base para contrastarlo con los principios de los no humanos que propone la ANT.

Así, afirmaremos nuevamente que este espacio de transición es un artefacto que diferencia a la especie humana y que ha permitido su vigencia a lo largo de la historia como se asevera en el postulado No humanos I.

Para continuar, el carácter mediador de este umbral de transición se apoya en el nuevo carácter comercial que define esta tipología. Es decir, dos edificaciones aisladas que conformarán redes y asociaciones específicas de humanos en el espacio público, con este espacio ambiguo e indefinido, toman un carácter distinto al de sus actantes iniciales. Esta área define la bienvenida o el rechazo de los actantes humanos, y por lo tanto modifica el comportamiento al interior. De la misma forma, este espacio no puede permanecer vigente si la red configurada a su alrededor no lo permite, como se da en el caso de pasajes que han sido cerrados y privatizados por las interacciones de los actantes humanos o por relaciones de la red que se consolida entre el objeto arquitectónico en sí mismo y la ciudad que lo rodea.

De acuerdo con el postulado No humanos III, en el que se asevera que ciertos actantes son miembros de asociaciones políticas y morales, en este caso, este umbral define un espacio de experiencia más que un espacio de presencia. Boettger (2014) diferencia estas dos ideas de espacio arquitectónico y menciona que hasta el siglo XIX, las discusiones y teorías sobre el espacio en la arquitectura se llevaron a cabo en base únicamente a la estética, las proporciones y la geometría. Es decir, se evaluó y analizó el espacio presente (de presencia) en la arquitectura, un sistema de relaciones y redes estáticas que no había establecido una conexión directa con la actuación y la percepción humana. Por el contrario, el espacio de experiencia establece un diálogo con la idea geométrica del espacio, pero se entiende como un estado intermedio que resulta de la dinámica entre los actantes humanos.

En este caso, el umbral de transición que se genera en los pasajes, es un espacio de experiencia y depende directamente de la interacción de los humanos y no humanos en la red. La presentación de las fachadas interiores, la escala y proporción geométrica del lugar, los materiales elegidos y la configuración espacial, incidirán directamente en las elecciones morales al interior. Es decir, las prácticas de intercambio comercial en esta tipología difieren radicalmente de las que se realizan al aire libre o en espacios privados dominados por el auto, por ejemplo (Dovey, 2016).

Finalmente, el postulado No humano IV asevera que los no humanos son reuniones de actores de diferentes tiempos y espacios. Para ilustrar estas redes diversas, podemos tomar como base el trabajo de Johann Friedrich Geist (1985), quién discute la evolución tipológica de los pasajes tomando en cuenta los cambios sociales y arquitectónicos de cada época. Es decir, esta transición espacial está ligada directamente a las asociaciones de épocas anteriores, a prácticas peatonales que se generaron en ciudades pequeñas en conformación y se traduce a la actualidad tanto en las ciudades consolidadas, como en pequeños poblados, lo que da cuenta de la vigencia de las asociaciones de su red a pesar del paso del tiempo.

En resumen, un análisis pormenorizado de objetos arquitectónicos específicos podría evidenciar que estos se apegan a los corolarios que Sayes (2014) provee a los no humanos. En esta investigación, se ha descrito brevemente al umbral de transición para ejemplificar que las características de la arquitectura como producto final reflejan su rol como artefactos que forman parte de asociaciones con agencia, aún vigente en el tiempo.

## Conclusiones

La ANT está principalmente enfocada en el entendimiento de las redes de la sociedad y los elementos que la componen; adicionalmente demuestra apertura ideológica para analizar combinaciones de elementos entre sí, cuán robustas pueden ser estas combinaciones y qué tipos de acción se generarán a partir de estas asociaciones. Estas características de la ANT, hacen que el desarrollo de nuevas metodologías de análisis en el campo de la arquitectura sea crucial, ya que evidencian que el objeto arquitectónico no es estático, sino que forma parte de procesos dinámicos complejos y dependientes de actantes humanos y no humanos. Es decir que la ANT es una herramienta que permite analizar a la arquitectura desde una perspectiva socio-técnica alejada de convencionalismos reduccionistas que dominan la profesión en la actualidad.

Adicionalmente, esta investigación pretende aportar a un conocimiento que no ha sido explorado hasta el momento, ya que a pesar de que la ANT ha sido desarrollada en *campos relacionados a la arquitectura, como son la geografía y los estudios urbanos*, la escala primigenia, la del objeto, no ha sido profundizada. Esto se podría atribuir a la ambigüedad de la ANT en sus inicios, en la que no se especificaba con claridad si la totalidad de los no humanos eran cruciales para todas las redes. Con el avance teórico de la ANT en las últimas décadas,



se podría afirmar que los objetos arquitectónicos son artefactos con agencia y que podrían alinearse a los postulados básicos de la mediación socio-técnica, inclusive de formas casuales y no intencionadas. Los principios de traducción, simetría, *cajanegrización* y delegación pueden ser desarrollados desde la visión de la teoría arquitectónica en la actualidad y a su vez, aportar a la concepción de la arquitectura como artefacto con agencia similar a la de los humanos.

Se entiende el aporte de la ANT como una contribución metodológica que permite explicar los componentes, las relaciones y las formas en que se producen las conexiones de los objetos arquitectónicos en la actualidad, es decir, que no solamente puede ser considerada como una metodología de análisis, sino que podría desarrollarse como una herramienta innovadora de diseño arquitectónico.

Por otra parte, la contribución más importante de la ANT con relación al diseño de objetos arquitectónicos es que permite considerar su capacidad de delegación de agencia, en otros tiempos y con otros actantes. Esto, además de apoyar a la discusión de la teoría de la arquitectura actual propone criterios de responsabilidad con visión prospectiva para los profesionales en ejercicio. Bajo la visión de la ANT, la arquitectura no debe ser considerada como un objeto genérico y sin ideología, por el contrario, considerar a la arquitectura como artefacto podría ser una primera etapa para el entendimiento del rol real de la arquitectura en la ciudad.

Finalmente, es importante mencionar que a pesar del amplio desarrollo de la ANT en otras disciplinas, los estudios referentes al objeto arquitectónico son escasos. Esta investigación constituye una primera etapa para profundizar los argumentos teóricos y metodológicos de la ANT relacionados a la arquitectura y proporciona a su vez, un análisis de textos claves que configuraron la Teoría del Actor Red como una nueva forma de entender “lo social”.

## Referencias

1. Aibar, E. & Bijker W.E. (1997) Construct a City: The Cerda Plan for the Extension of Barcelona. *Science, Technology & Human Values* 22(1), 3–30.
2. Akrich, M. (1992) The De-Description of Technical Objects. *Shaping Technology/Building Society*. (Bijker, W. & Law, J., eds.), MIT Press, Cambridge, pp. 205–224.
3. Anderson, B., Kearnes, M., McFarlane, C. and Swanton, D. (2012) On assemblages and geography. *Dialogues in Human Geography*, 2(2), 171–89.
4. Bermúdez, A. (2015). *Toyo Ito, Arquitectura de Límites Difusos* (Tesis de grado inédita). Escuela Técnica Superior de Arquitectura de La Coruña.
5. Bijker, W.E y J. Law, *Studies in sociotechnical change. Shaping technology/building society* (Bijker, W. & Law, J., eds.), MIT Press, Cambridge, pp 225-258.
6. Bijker, W. E., Hughes, T. P., & Pinch, T. J. (Eds.). (1987). *The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology*. MIT press.
7. Boettger, T. (2014). *Threshold Spaces. Transitions in Architecture, Analysis and Design Tools*. Birkhauser Verlag GmbH.
8. Booth, NK. (1983). *Basic Elements of Landscape Architectural Design*. Oxford: Elsevier.
9. Brenner, N., Madden, D.J. and Wachsmuth, D. (2011) Assemblage urbanism and the challenges of critical urban theory. *City*, 15(2), 225–40.
10. Callon, M. (1986). *Some Elements of a Sociology of Translation: Domestication of the Scallops and the Fishermen of St Brieuc Bay*. Londres, Reino Unido. Routledge.
11. Callon, M., & Latour, B. (1981). Unscrewing the big Leviathan: how actors macro-structure reality and how sociologists help them to do so. *Advances in social theory and methodology: Toward an integration of micro-and macro-sociologies*, 1.
12. Callon, M., & Latour, B. (1992). Don't throw the baby out with the bath school! A reply to Collins and Yearley. *Science as practice and culture*, 343, 368.
13. Callon, M. (1991). Techno-economic networks and irreversibility. *The Sociological Review*, 38(1\_suppl), 132-161.
14. Couldry, N. (2016). Actor Network Theory. *The International Encyclopedia of Communication Theory and Philosophy*, 1-7.
15. Dovey, K. (2000). Redistributing danger: enclosure and encounter in urban design. *Australian Planner*, 37(1), 10-13.
16. Dovey, K. (2016). *Urban Design Thinking*. Bloomsbury Publishing.

17. Echeverría Ezponda, J., & González García, M. I. (2009). La teoría del actor-red y la tesis de la tecnociencia. *Arbor: Ciencia, pensamiento y cultura*.
18. Fallan, K. (2008). Architecture in Action: Traveling with Actor-Network Theory in the Land of Architectural Research. *Architecture Theory Review*. Pp.80-96
19. Farias, I. (2011) The politics of urban assemblages. *City*, 15(3–4), 365–74.
20. Farias, I. and Bender, T. (2010) *Urban Assemblages: How Actor-Network Theory Changes Urban Studies*. London: Routledge.
21. Giddens, A. (1986). *The constitution of society: Outline of the theory of structuration*. University of California Press.
22. González, A. (2017) Sobre alambres, torones, cables y puentes colgantes en acero. Rastreando cursos de acción, asociaciones y traducciones desde la Ontología del Actante Rizoma (OAR). *Memoras Trienal de Investigación FAU 2017*.
23. Farhady, M., y Nam, J. (2009). Comparison of In-between Concepts by Aldo Van Eyck and Kisho Kurokawa -Through Theories of 'Twin Phenomena' and 'Symbiosis'. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 17-23.
24. Geist, J. (1985). *Arcades: The History of a Bulding Type*. The MIT Press.
25. Hertzberger, H. (2005). *Lessons for Students in Architecture*. Rotterdam. 010 Publishers
26. Hommels, A. (2005) Studying Obduracy in the City: Toward a Productive Fusion between Technology, Science, Technology, & Human Values. Vol. 30, No. 3. pp. 323-351
27. Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Harvard University Press.
28. Latour, B. (1988). *The Pasteurization of France*. Harvard University Press.
29. Latour, B. (1990). Drawing things together. Representation in scientific practice. *The Map Reader: Theories of Mapping Practice and Cartographic Representation*. pp.65 – 72.
30. Latour, B. (1992). Where are the Missing Masses? The Sociology of a Few Mundane Artifacts. *Shaping technology/building society: Studies in Sociotechnical Change*.
31. Laiprakobsup, N. (2007). *InBetween Place: The Emergence of the essence*. (Tesis doctoral inédita). Texas A&M University.
32. Latour, B. (1999). On recalling ANT. *The Sociological Review*, 47. Pp. 15-25.
33. Latour, B. (2007). *Nunca fuimos modernos. Ensayo de antropología simétrica*. Siglo Veintiuno Editores.
34. Latour, B. (2005). *Reassembling the social. An Introduction to Actor-Network-Theory*. Oxford University Press.

35. Latour, B. & Hermant, E. (1998) *Paris, ville invisible. Empecheurs de penser rond, Paris*.
36. Latour, B., & Yaneva, A. (2009). *Give me a gun and I will make all buildings move: An ANT's view of architecture*. Explorations in architecture: Teaching, design, research, 80-89.
37. Law, J. (2009). Actor network theory and material semiotics. *Social theory*, 141.
38. Lidón de Miguel, M. (2015). Aldo van Eyck y el concepto In-between: aplicación en el Orfanato de Amsterdam (Tesis de grado inédita). Universidad Politécnica de Valencia.
39. Marston, S.A., Jones, J.P. III and Woodward, K. (2005) Human geography without scale. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 30(4), 416–32.
40. Michael, M. (2017 a). Actor Network Theory. *The Wiley Blackwell Encyclopedia of Social Theory*, 1-4.
41. Michael, M. (2017 b). Actor Network Theory. *Trials, Trails and Translations*. SAGE Publications
42. Psarra, S. (2009). *Architecture and Narrative. The formation of space and cultural meaning*. Londres: Routledge.
43. Roth, M. (1999). *Entender la Arquitectura. Sus Elementos, Historia y Significado*. Editorial Gustavo Gili
44. Ruming, K. (2009) Following the actor: mobilising an actor-network theory methodology in geography. *Australian Geographer*, 40(4), 451–69.
45. Sayes, E. (2014). Actor–Network Theory and methodology: ¿Just what does it mean to say that nonhumans have agency? *Social Studies of Science*, 44(1), 134-149.
46. Strauven, F. (2007). Aldo van Eyck – Shaping the New Reality From the In-between to the Aesthetics of Number. *CCA Mellon Lectures*. 17-23.
47. Tirado Serrano, F. J., & Domènech, M. (2005). Asociaciones heterogéneas y actantes el giro postsocial de la teoría del actor-red. *AIBR: Revista de Antropología Iberoamericana*, (Especial).
48. Venturi, R; Scott Brown, D; Izenour, S. (1977). *Learning from Las Vegas*. The MIT Press.
49. Yaneva, A. (2005) *Scaling Up and Down: Extraction Trials in Architectural Design*. *Social Studies of Science*. Pp.867–894.
50. Yaneva, A. (2009 a) *The Making of a Building: A Pragmatist Approach to Architecture*. Verlag Peter Lang.
51. Yaneva, A. (2009 b). Making the social hold: Towards an actor-network theory of design. *Design and Culture*, 1(3), 273-288.

## Capítulo 3

# DENSIDAD + DIVERSIDAD + ACCESIBILIDAD. UNA HERRAMIENTA TEÓRICA Y METODOLÓGICA PARA EVALUAR ESPACIOS URBANOS

Autora:

**Verónica Vaca Proaño<sup>1</sup>**

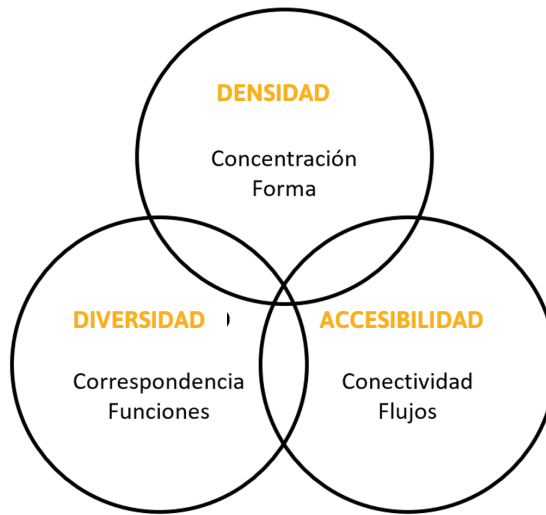
### Urban DMA

Dovey (2016) establece una herramienta teórica y metodológica para evaluación de espacios urbanos denominada “Urban DMA” debido a las siglas en idioma inglés de los conceptos sobre densidad (Density), diversidad (Mix), y accesibilidad (Access). Esta metodología integra un conjunto de ideas y posturas que otorgan la estructura fundamental para comprender la ciudad. Los tres elementos teóricos del DMA proporcionan información que en conjunto construye la condición urbana de un lugar; estos elementos y parámetros son las variables de una ecuación que busca intensidad, productividad, innovación y creatividad en las ciudades contemporáneas.

De acuerdo con lo establecido por el autor, la organización de ideas del DMA tiene una referencia directa con el trabajo de Jane Jacobs quien articuló cuatro contundentes postulados sobre las condiciones para alcanzar diversidad urbana: a) la necesidad de controlar el tamaño de edificios y manzanas como una relación con la escala humana, b) la diversidad de usos primarios, c) la consideración y el valor de estructuras edificadas existentes, y d) la concentración como la referencia de densidad (Jacobs, 1961). Es indiscutible la vigencia del pensamiento de Jane Jacobs en la teorización sobre la ciudad contemporánea; el lenguaje ha cambiado, los conceptos se han extendido y profundizado, pero lo fundamental es el entendimiento de la ciudad desde la experiencia como un sistema de procesos y elementos. En este sentido, el DMA es un triángulo conceptual sobre conectividad, funcionamiento y concentración; evidencia la correspondencia de información en una triada entre forma, función y flujos (ver Figura 1).

<sup>1</sup> Verónica Vaca Proaño  
Facultad de Arquitectura e  
Ingeniería Civil, Universidad  
Internacional SEK, veronica.  
vaca@uisek.edu.ec

**Figura 1.** Esquema - "The Urban DMA". Elaboración propia con base en Dovey, 2016.



La fortaleza de esta evaluación espacial del entorno urbano radica en la correlación de información que prioriza las relaciones entre valores y parámetros por sobre la información individual o conceptual de cada elemento. Por ejemplo, los valores de densidad edificada son típicamente correspondientes con los valores de concentración demográfica y asociados también con la intensidad de flujos; pero esta información sobre movimientos no es suficiente sin el conocimiento sobre las actividades y funciones que motivan dichos desplazamientos, o sin la información sobre la estructura morfológica base que facilita o no los mismos movimientos en la ciudad. Se trata de una sinergia compleja de información que construye la condición urbana.

Es fundamental establecer que, si bien la intensidad urbana deseable surge del entendimiento y manejo de los parámetros del DMA, esta información no determina resultados finales sino un conjunto de información como posibilidades para el diseño.

## Densidad

La densidad urbana se define como la concentración de personas y edificios dentro de las ciudades. Se refiere a la relación entre el número de habitantes con los datos del entorno

construido, así como al proceso analítico que determina la intensidad y capacidad de crecimiento en un área específica en términos de desarrollo urbano.

La cuestión sobre densidad se refiere a la cantidad de actividades, población y forma construida que se concentra en un área urbana, es una relación de valores. La densidad en la ciudad puede estudiarse desde múltiples enfoques; es posible revisar la información de cobertura en lotes y altura de edificios para obtener la densidad neta, es posible también incluir la información de áreas públicas como aceras y calles para obtener datos de densidad bruta; o analizar la densidad en términos de población considerando que las personas viven, trabajan o visitan un área en diferentes momentos del día. Por esta razón, es fundamental detallar por separado ciertos conceptos sobre densidad como una estructura inicial: a) densidad de la estructura edificada, y b) densidad en términos demográficos (Dovey, 2016).

### **Densidad Edificada**

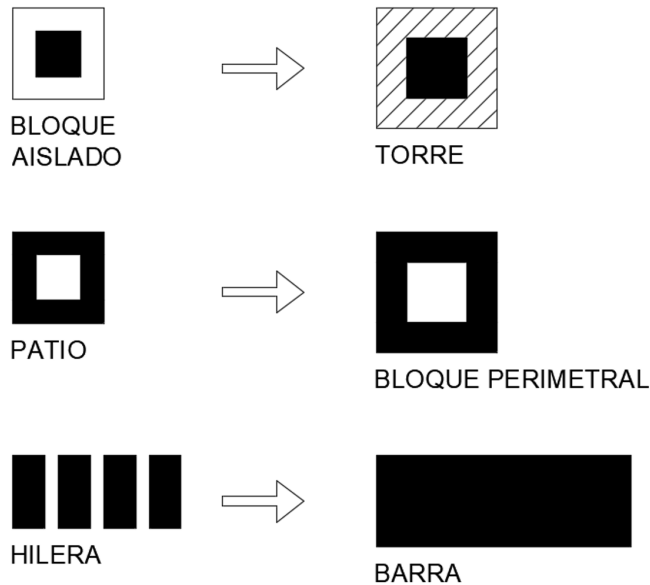
La densidad edificada describe la relación de valores referentes a la ocupación de un edificio en un lote con la altura de la misma edificación. En el contexto local, el valor de ocupación ("*coverage*" en idioma inglés) se expresa en porcentaje, y se denomina un coeficiente utilizado para planificación y diseño. El coeficiente de ocupación de suelo más el valor de altura total de la edificación integran el elemento referente a la *edificabilidad* como dato final sobre densidad edificada. En contextos internacionales, a este concepto se lo denomina FAR por las siglas en idioma inglés para "*Floor Area Ratio*", "*Plot Ratio*" o "*Floor Space Index*" (*FSI*) considerando el manejo de esta información.

La medición de volúmenes edificados suele asociarse con ciertas tipologías para edificación, puede ser únicamente como una referencia de escala o crecimiento en la ciudad. Es importante precisar que la tipología de una edificación no está asociada directamente con valores mayores o menores en términos de densidad demográfica (ver Figura 2).

### **Densidad Demográfica**

La densidad en términos demográficos analiza el número de personas en un área específica del territorio y en un tiempo determinado; es decir, estudia la concentración de personas en un lugar considerando distinciones entre las actividades para vivir, trabajar o visitar ciertas áreas. Uno de los valores clave en términos de densidad demográfica, aunque no definitivo, es el número de personas residentes en un área del territorio, esta información generalmente se obtiene mediante censos e incluso puede resultar de una relación con la información sobre el

**Figura 2.** Tipologías de Edificación. Relación para crecimiento o cambio de escala. Elaboración propia con base en Dovey & Pafka, 2016.



número de viviendas por zona; y únicamente si se conoce el tamaño promedio de cada propiedad. Sin embargo, estos valores se convierten en datos certeros únicamente si se analiza a la ciudad en la mitad de la noche, debido a que la mayor parte de personas se desplazan a trabajar o estudiar por múltiples horas del día, localizando los niveles de concentración de personas en otros lugares. Esta consideración está presente también cuando se analizan los valores de concentración de zonas de trabajo con relación al número de trabajadores en ciertas áreas. La información de las personas que visitan un lugar es también una variable importante que aporta a la construcción de una Figura certera sobre la concentración de personas en función de sus necesidades o motivaciones de movimiento (Dovey, 2016).

Existe una consideración fundamental al estudiar los valores de densidad demográfica, tiene que ver con la relación de estos valores con la estructura edificada. Dovey & Pafka (2014) establecen que un enlace específico se encuentra en el análisis de la *densidad interna* de los edificios, y es un valor que se determina midiendo el área que utiliza cada persona en un edificio ubicado en un espacio urbano (m<sup>2</sup>/persona). Berghauser Pont & Haupt (2010) denominan a estos parámetros y valores como “*la huella urbana*” (“*urban footprint*”) en las ciudades. Es un concepto que no se debe confundir con la cobertura edificada de los edificios



(“*building footprint*”), y que primariamente analiza las capacidades del espacio edificado y las implicaciones ambientales y culturales en términos de eficiencia.

Para comprender los valores de densidad es fundamental revisar la información como valores altamente interdependientes. Se trata de conexiones complejas de información. Entender la correlación entre el volumen edificado en las ciudades y los parámetros de concentración de las personas que habitamos el espacio nos permite identificar características y elementos espaciales específicos con el potencial de informar decisiones de planificación y diseño urbano. La intención de estudiar y profundizar en estos conceptos radica en la necesidad de determinar los indicadores adecuados para medir la densidad en ciudades con patrones morfológicos contrastantes, con el fin de establecer respuestas precisas de planificación y diseño para ciudades contemporáneas.

### **Diversidad**

La cualidad referente a la diversidad urbana mantiene una relación directa con el carácter mismo del ámbito urbano; por naturaleza, los espacios urbanos públicos acogen indiscriminadamente a lo diverso. En este sentido, la coexistencia entre personas realizando actividades variadas, en momentos y espacios distintos, se vuelve un valioso indicador sobre el funcionamiento de una ciudad.

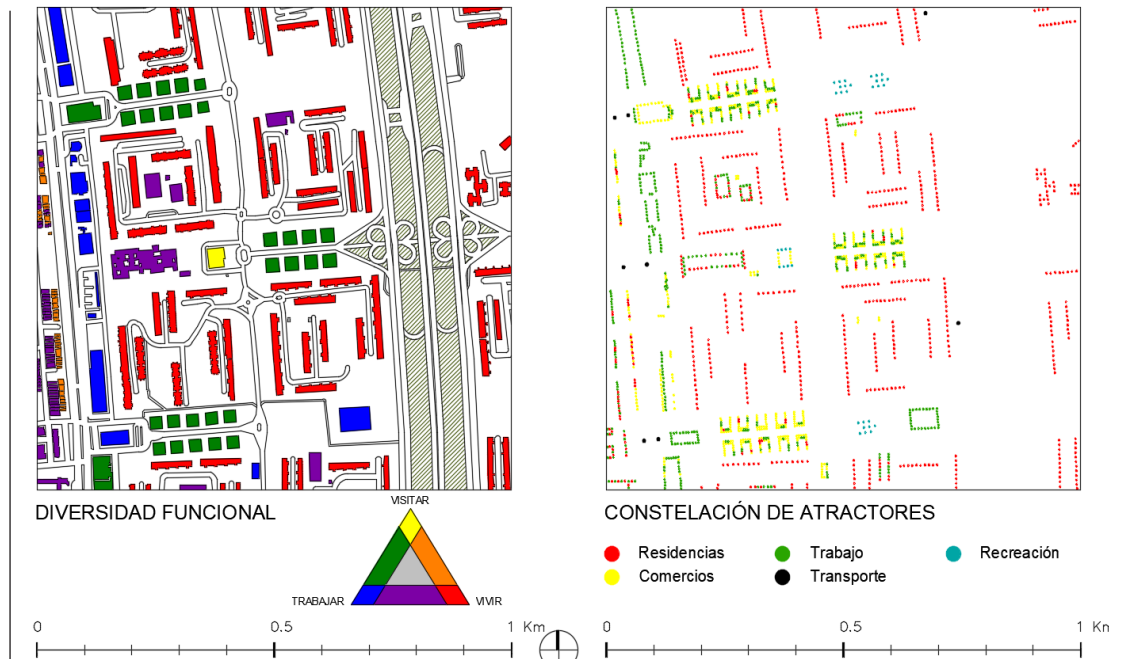
Los estudios sobre diversidad urbana no son un fin en sí mismos, es información que actúa como mediador o facilitador en el entendimiento de los ritmos y pulsos de la ciudad; permite la identificación de parámetros asociados a condiciones deseables para el diseño urbano, se detectan cualidades que promueven los encuentros entre personas, procuran el intercambio y fortalecen las estructuras urbanas. Dovey (2016) establece que el estudio sobre la diversidad urbana es esencialmente un trabajo sobre las correlaciones y la correspondencia de funciones en el espacio; es decir, que reconoce los enlaces y sinergias entre funciones como residencias, trabajo, y entretenimiento; producción, intercambio y consumo, con los usuarios en un entorno edificado; en otras palabras, la diversidad urbana integra la información referente a los elementos funcionales, formales y sociales en la ciudad.

### **Diversidad Funcional.**

La rígida estructura funcional para planificación de ciudades en el siglo XX referente a la aplicación del concepto de *zonificación* se entiende ahora como un modelo poco eficaz que no re-

conoce las complejidades de la vida urbana. Existen múltiples maneras para determinar las categorías de actividad o necesidades funcionales en el espacio urbano; algunas referencias incluyen a vivir – trabajar – recrearse (Le Corbusier, 1957), distinciones entre usos primarios y secundarios (Jacobs, 1961), o esquemas residenciales - no residenciales (Hoek, 2008); la tarea para establecer, medir y graficar estas condiciones evidencia que dicha categorización es tan amplia en posibilidades como las funciones y actividades que ocurren en la ciudad. Dovey & Pafka (2018) reconocen las limitaciones para medir y graficar las categorías funcionales en el entorno urbano, presentan cinco alternativas como referencias teóricas y matemáticas para graficar y medir la diversidad; se trabajan los conceptos de *Entropía*, *Disimilitud*, *Destinos*, *Proximidades* e *Índices de Uso de Suelo Mixto*. Con estas consideraciones, la posición del DMA para establecer los parámetros de diversidad funcional, utiliza el triángulo de Vivir - Trabajar – Visitar. Se plantea como una asociación entre la localización espacial de una función actuando como *atractor* principal que motiva el movimiento de una persona. Adicionalmente, se utiliza un gráfico denominado “Constelación de Atractores” como una referencia y codificación específica a cada espacio (ver Figura 3).

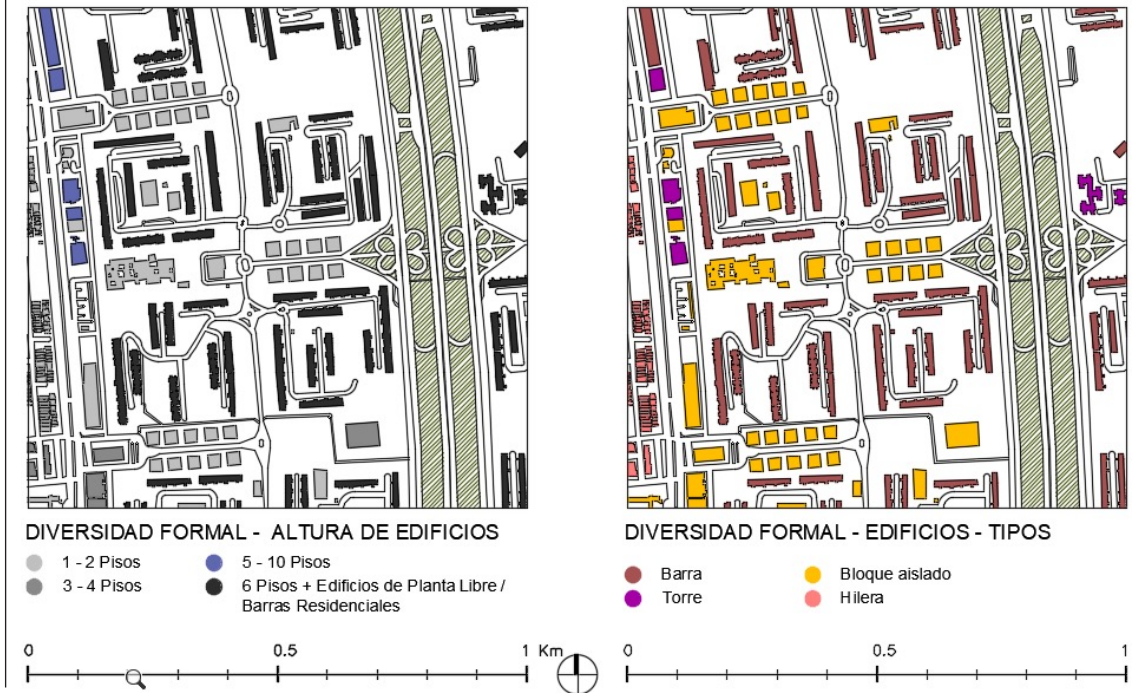
**Figura 3.** Brasilia. Diversidad funcional. Triángulo Vivir-Trabajar-Visitar. Constelación de Atractores. Elaboración propia de la autora, 2015.



## Diversidad Formal.

La diversidad en términos formales considera la inclusión de un amplio rango de estructuras edificadas que integran la ciudad, es un elemento morfológico. Dovey (2016) detalla que la condición deseable en cuanto a la diversidad formal radica en la presencia de edificios antiguos y nuevos, en la variedad tipológica de los elementos como una respuesta coherente a las distintas estructuras familiares y formas de habitar de las personas, y a una consideración de variedad en escala de elementos (ver Figura 4).

**Figura 4.** Brasilia. Diversidad Formal. Elaboración propia de la autora, 2015.



## Diversidad Social.

El principio para diversidad social presenta una referencia directa con la definición de ambientes urbanos públicos; evitar segregación o exclusión en los espacios como una maneja de integrar a distintos actores en la sociedad. Es posible asociar la condición de diversidad urbana

con la definición de “el lugar” como una construcción de pertenencia y sentido de identidad (Carmona, 2010). Más allá de una posición idealista de inclusión absoluta, se pretende una aproximación hacia la diversidad social como la relación con una estructura morfológica y funcional más amplia.

## Accesibilidad

Dovey (2016) define el ámbito urbano como una condición social que promueve los encuentros fortuitos o incidentales entre personas en los espacios públicos. Estos elementos aparentemente casuales de interacción tienen una estructura relacionada con el entorno; en otras palabras, el comportamiento de las personas en el ámbito público está guiado por las condiciones del espacio. Estudiar los movimientos en las ciudades es fundamental para determinar el funcionamiento de las mismas; los flujos, especialmente los peatonales, se relacionan directamente con la experiencia urbana y los elementos que propician actividad y vitalidad en las ciudades.

Existen parámetros que permiten establecer las maneras en las que las personas navegamos por la ciudad, estos parámetros se encuentran en el ámbito morfológico. Cuando se valoran elementos sobre accesibilidad, las cuestiones frecuentes surgen en términos primariamente sobre la estructura morfológica básica: trazado, manzanas, parcelario y edificaciones; adicionalmente, se consideran los tiempos y coberturas para los movimientos con relación a las cualidades del espacio por el que físicamente se realizan las conexiones (ver Figura 5).

**Figura 5.** Brasilia. Accesibilidad. Elaboración propia de la autora, 2015.

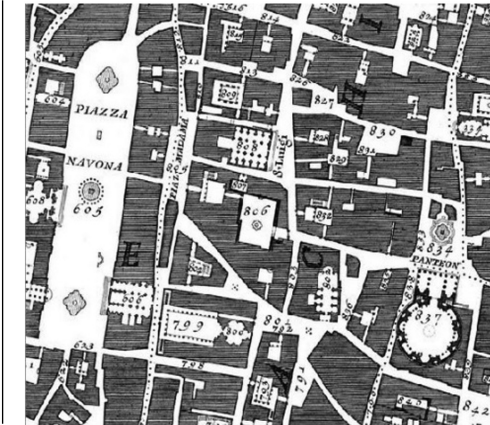


## Permeabilidad

La evaluación de movimientos en las ciudades difiere significativamente en función de las escalas. Para un entorno urbano en contexto barrial, la configuración de espacios públicos y el emplazamiento de los edificios son las condiciones fundamentales que facilitan la accesibilidad.

Por definición, la condición de permeabilidad es la capacidad que tienen los elementos edificados para facilitar el recorrido y la navegación por el espacio o a través de él mismo. Utilizando una de las referencias más representativas en términos de morfología urbana, se encuentra el plano de Roma de Nolli (1748), el cual evidencia que la estructura de accesibilidad de las ciudades se encuentra integrada tanto por los espacios de acceso público (calles y plazas) como

**Figura 6.** Plano de Roma. Giambattista Nolli, 1748.



por los recorridos hacia y a través de los edificios (ver Figura 6). Una configuración morfológica que propicia permeabilidad controla los elementos físicos referentes al tamaño y geometría de su estructura básica; es decir, de los elementos de trazado, manzanas, parcelario y edificaciones, estas últimas considerando la tipología, emplazamiento y alturas.

Marshall (2005) establece que la permeabilidad se relaciona con la facilidad de movimientos a través de un área urbana, presenta a la permeabilidad como una condición fundamental para establecer patrones morfológicos deseables; determina que un patrón específico de trazado urbano tiene la

capacidad de ofrecer múltiples alternativas de rutas y opciones para conducirse de un lugar a otro. Adicionalmente, la permeabilidad es una condición que actúa como mediadora entre la capacidad de movimiento y el potencial para interacción social que tiene un espacio público (Dovey & Pafka, 2018). En este sentido, se trata de una medición morfológica tanto como de una medida de conectividad en un sentido social.

## Sintaxis Espacial

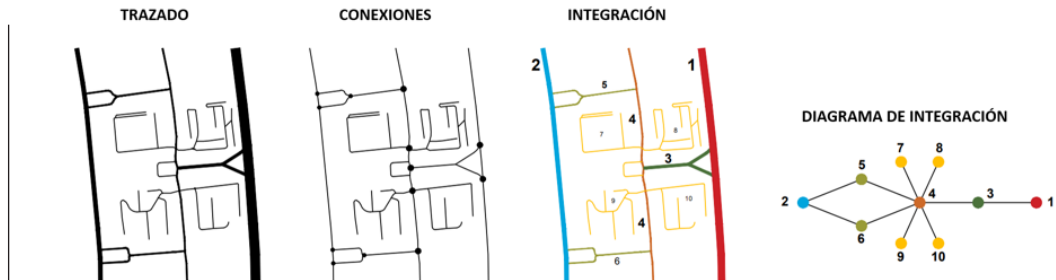
Bill Hillier y el Laboratorio para Sintaxis Espacial en *University College London* trabajan desde hace varias décadas en una extensa construcción teórica y experimentación sobre la relación del movimiento con la estructura espacial de las ciudades; también sobre la relación de la concentración de personas con los usos del suelo. El trabajo empírico de Hillier sostiene su teoría sobre que el movimiento de densidades puede ser precisamente predecible por medio del análisis

sis de la configuración espacial y de la estructura del entorno edificado. El proceso de análisis involucra el término “movimiento natural” – la proporción de movimientos determinado por la estructura de la trama urbana en lugar de por la presencia de atractores específicos o presencia de usos de suelo. Hillier & Hanson (1984) argumenta que la configuración del espacio, particularmente sus efectos en la permeabilidad visual, es más importante en determinar movimientos de personas.

La teoría de la *Sintaxis Espacial* (Hillier & Hanson, 1984; Hillier, 1996) permite una evaluación cuantitativa de las capacidades de relación espacial del entorno urbano. Los análisis utilizan mapas axiales y técnicas matemáticas para determinar dichas relaciones; por tratarse de elementos físicos, se fundamenta en identificar ciertas propiedades geométricas de la configuración de los espacios urbanos. De acuerdo con esta teoría, se determinan dos condiciones como propiedades de sintaxis calculadas para cada línea o espacio en la ciudad: a) la *conectividad* como el reflejo del número de conexiones físicas relacionadas a un mismo elemento trabajado en varias escalas, y b) la *integración* como el indicador de las capacidades para acceder a ese elemento desde otro similar. La integración es un parámetro valorado como una predicción efectiva para determinar el movimiento “natural” de personas; es decir que, a mayor integración en un elemento, mayor posibilidad de movimiento en el mismo.

En el ámbito teórico, existen también posiciones que discuten sobre las posibles limitaciones de la evaluación de Sintaxis Espacial: que no se considera la voluntad humana como determinante (Cuthbert, 2007), y que la metodología es parcial ya que únicamente reconoce una forma “central” de evaluar un espacio considerando que hay otras configuraciones posibles (Porta & Latora, 2008). Dovey (2016) reconoce a los análisis de sintaxis espacial como una de las posiciones teóricas y metodológicas más sofisticadas y estructuradas para medir y entender la estructura morfológica con los movimientos en las ciudades en varias escalas. Los parámetros de conexión e integración se presentan como valores que atraen y promueven flujos, diversidad de actividades y densidad, se trata de un efecto multiplicador.

**Figura 7.** Brasilia. Esquemas de Sintaxis Espacial. Elaboración propia de la autora, 2015.



## Conclusiones

El DMA es una aproximación al entendimiento de los entornos urbanos desde una perspectiva integradora de elementos. Revisa teorías y posiciones que responden a dinámicas, procesos y cuestionamientos contemporáneos desde una base de pensamiento que busca conservar y propiciar lo esencial en los entornos urbanos; es decir, idear nuevos esquemas o fortalecer con diseño a los elementos que hacen de las ciudades los espacios que acogen la vida humana.

Es fundamental determinar que la densidad urbana es una relación de valores, y que puede ser estudiada desde diferentes enfoques dependiendo del tipo de información requerida. En términos de densidad urbana la idea clave recae en el concepto de concentración; el mismo que se refiere a la estructura edificada o a las personas como usuarios de las ciudades. Los parámetros de concentración actúan como variables altamente interdependientes de las condiciones de diversidad y accesibilidad.

Las cuestiones sobre diversidad en el entorno urbano, considerando sus tres dimensiones: funcional, formal y social, son clave para comprender la condición específica de una ciudad. La diversidad no puede ser reducida a un número o índice, sería una posición incompleta o incluso ingenua, ya que simplificaría la condición misma de lo urbano al perder la complejidad distintiva que define a los procesos y elementos en las ciudades. La posición sobre diversidad entendida como condición detonante o multiplicadora de dinámicas y procesos urbanos es de utilidad para planificadores y diseñadores que trabajan para diagnosticar y proponer ciudades atractivas que funcionen para las personas que en ellas habitan.

La diversidad urbana debe ser entendida en un sentido amplio; es decir, que más allá de la presencia de varios elementos distintos es prioritario enfatizar en las correspondencias y en las relaciones de interdependencia entre los mismos.

La diversidad es en sí misma una condición profundamente compleja, se refiere directamente a las dinámicas y procesos que hacen funcionar a una ciudad; las ciudades son entornos que acogen las diferencias; la clave para un diseño urbano coherente y correspondiente con las dinámicas específicas de un sitio recae en comprender con claridad cómo dichas dinámicas operan en interdependencia.

Los aspectos relacionados con la accesibilidad y la conectividad en entornos urbanos reflejan las maneras en las cuales las personas navegamos las ciudades, se trata del análisis de los desplazamientos humanos. Es fundamental profundizar sobre las necesidades y las motivaciones que tienen las personas para cada desplazamiento, y la correspondencia con la estructura morfológica (trazado) que soporta dichos movimientos. Condiciones como la permeabilidad facilitan que los desplazamientos ocurran con mayor facilidad; mientras que estudios como el de la sintaxis espacial integran componentes para evidenciar las capacidades para conectividad e integración de los espacios. Con estas consideraciones, es posible concluir que los aspectos clave en términos de accesibilidad recaen en los procesos analíticos de información; es decir, que en la medida en la que los movimientos de la ciudad se asocien y sean diseñados considerando: i) los elementos morfológicos, ii) los espacios y elementos de concentración (edificadas y de personas), y iii) los elementos que otorgan diversidad como las motivaciones del desplazamiento, se diseñarán conexiones urbanas más efectivas que respondan a las necesidades precisas de las personas que habitan un espacio urbano.

El DMA es una herramienta metodológica y teórica para comprender a la ciudad; no pretende determinar resultados definitivos, sino estructurar una amplia gama de posibilidades para diseño de ciudades con base en información precisa de elementos en categorías, y fundamentalmente en el entendimiento de las relaciones de interdependencia entre dichas categorías de información.

### **Reconocimientos**

- Las figuras y gráficos presentados utilizan el caso de la ciudad de Brasilia (ciudad de planificación funcional del siglo XX) únicamente con el propósito de ilustrar las ideas y posiciones teóricas que definen el DMA. Este texto no trata sobre el análisis específico de ese territorio.
- La aproximación DMA para valoración de elementos del entorno urbano se ha implementado como metodología de trabajo en varios Talleres de Diseño Urbano en la UISEK.



## Referencias

1. Berhauser Pont, M. & Haupt, P. (2010). *Space Matrix*. Rotterdam. NAI.
2. Carmona, M. et al (2010) *Public Places - Urban Spaces: The Dimensions of Urban Design*. London, England and New York, United States. Routledge. Taylor & Francis Group.
3. Cuthbert, AR. (2007). *Urban Design: Requiem for an era – Review and critique of the last 50 years*. *Urban Design International*. 12, 177-223.
4. Dovey, K. & Pafka, E. (2014). "The Urban Density Assemblage", *Urban Design International* 19 (1): 66-76.
5. Dovey, K. (2016). *Urban Design Thinking*. Sydney, Australia. Bloomsbury Academic.
6. Dovey, K., Pafka, E. & Ristic, M. et al (2018). *Mapping Urbanities – Morphologies, Flows, Possibilities*. New York. Routledge. Taylor & Francis Group.
7. Hillier, B. & Hanson, J. (1984). *The Social Logic of Space*. London. Cambridge University Press.
8. Hillier, B. (1996). *Space is the Machine*. London. Cambridge University Press.
9. Hoek, J. (2008). "The MXI (Mixed-use Index) as Tool for Urban Planning and Analysis", *Corporations and Cities*, Delft University of Technology, 1-15.
10. Jacobs, J. (1961). *The Death and Life of Great American Cities*. New York. Random House.
11. Le Corbusier (1957). *La Charte d'Athenes*. Paris. Éditions de Minuit.
12. Marshall, S. (2005). *Streets & Patterns*. London: Spon Press.
13. Naciones Unidas (2017). *Nueva Agenda urbana. Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible (Hábitat III)*. Quito, Ecuador.
14. Porta, S. & Latora, V. (2008). *Centrality and Cities: Multiple centrality assessment as a tool for Urban analysis and design*, in Haas, T. (2008). *New Urbanism and Beyond: Designing Cities for the Future*, Rizzoli International. New York. 140-145.

## Capítulo 4

# ARQUITECTURA COMO SISTEMA. BABAHOYO COMO ESTUDIO DE CASO

Autores:

**Néstor Llorca Vega<sup>1</sup>**

**Doménica Aldas Vaca<sup>2</sup>**

**Yerson González Flores<sup>3</sup>**

**Diego Bermeo Álvarez<sup>4</sup>**

### Introducción

**A** *arquitectura como sistema* es el enfoque del taller de diseño arquitectónico del noveno nivel de la carrera de arquitectura de la UISEK, en el que se propone una metodología de aproximación al proyecto arquitectónico desde una analogía a la teoría general de los sistemas.

Bajo este acercamiento se introducen en el proceso conceptos como: sinergia, equifinalidad, entropía, retroalimentación u homeostasis como mecanismos para las estrategias de proyecto a través de una contextualización minuciosa que permite evaluar la aplicación espacial de este acercamiento.

Los miembros del taller introducen la visión sistémica desde el papel del edificio en su escala urbana (suprasistema), edificada (sistema) y utilitaria (subtema). De esta manera el proceso les lleva a trabajar en equipo para definir un rol para el lugar analizado en el que sus proyectos son útiles solamente si contribuyen coherentemente con un propósito en común, generando una metodología de diseño que sincrónicamente contribuye a sus distintas escalas y está obligada a ser consciente de sus vecinos y del papel colectivo -ciudad -de una parte -el edificio-, a través de la coordinación e interacción de las partes para conseguir el objetivo del sistema propuesto.

<sup>1</sup>Néstor Llorca Vega  
Universidad Internacional SEK,  
nestor.llorca.arq@uisek.edu.ec  
Néstor UAH, nestor.llorca:  
nestor.llorca@edu.uah.es

<sup>2</sup>Doménica Aldas Vaca  
Universidad Internacional SEK,  
daldas.arq@uisek.edu.ec

<sup>3</sup>Yerson González Flores  
Universidad Internacional SEK,  
ygonzalez.arq@uisek.edu.ec

<sup>4</sup>Diego Bermeo Álvarez  
Universidad Internacional SEK,  
dbermeo.arq@uisek.edu.ec

## Metodología y enfoque

El taller busca que los estudiantes consigan manejar y ejecutar métodos de diseño a través de un proyecto arquitectónico de manera consciente, rigurosa y sólida. A través de la creación de un elemento que surja de un análisis colectivo de la ciudad, para después diseñar de manera individual un edificio, que junto con las propuestas del grupo funcionen como un sistema.

Así usar el ejercicio arquitectónico como una evidencia de que la disciplina debe congregar aspectos humanistas, técnicos, teóricos y artísticos como características de la arquitectura.

Proceso:

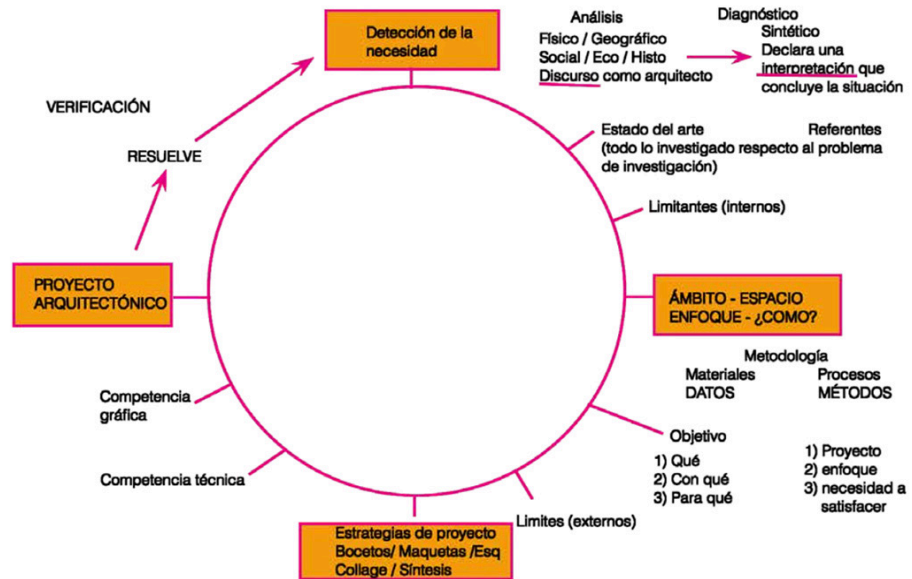
1. Analizar y diagnosticar de un sitio que permita la proyección a futuro, entendiendo la escala múltiple y los programas complejos.
2. Decidir en grupo un rol para el lugar que satisfaga una necesidad específica, en la que todos los espacios tanto existentes como propuestos, tengan un objetivo común – equifinalidad.
3. Involucrar una carga teórica referida a los modelos conceptuales que promuevan la ductilidad espacial, la adaptabilidad y la priorización de las personas por encima de los edificios (actividad en lugar de programa).
4. Razonar la relación holística de la arquitectura, desde distintos sistemas: de movilidad, de conexión y redes, de infraestructuras y de reflejo cultural.
5. Controlar el proyecto arquitectónico y sus relaciones colaterales con el espacio no edificado, el contexto y el lenguaje de la propuesta.
6. Definir criterios de intervención en las preexistencias, el valor artístico, histórico, tecnológico, social y significativo con una visión de la ciudad.
7. Llegar a un proyecto que asegure la comunicación gráfica, la noción constructiva y estructural, los criterios de consumo energético y la coherencia del edificio y su objetivo inicial.

El taller es la culminación del eje de proyectos de la carrera que tiene tres etapas previas:

- \* Aprendizaje específico de herramientas espaciales y formales
- \* Introducción del habitante como protagonista del espacio
- \* El papel de la arquitectura dentro de la ciudad

El taller introduce estas herramientas desde un proceso acumulativo de sus antecesores en las que se promueve que la arquitectura es un elemento sensible a un sistema complejo. Para esto se introducen conceptos de escala, vecindad, pensamiento prospectivo, capa, actividad, perspectivismo dentro de la teoría general de sistemas.

**Imagen 1** Metodología de proyecto (Néstor Llorca)



Síntesis del proceso de construcción de un proyecto arquitectónico como un ciclo cerrado.

Néstor Llorca 2017

## **El caso de Babahoyo**

### ***El sistema a escala urbana***

El diseño de arquitectura como sistema empieza con el estudio y análisis de caso, siendo este la ciudad de Babahoyo, en la que se analizaron diversas capas: la histórica, física y social, determinando un diagnóstico el cual pone en evidencia una ciudad con segregación social y espacial, provocado por el Río Babahoyo el cual atraviesa la ciudad. Este actúa como un elemento que delimita y separa las diferentes zonas de la ciudad, además se evidenció una distribución inequitativa de los equipamientos, ya que están concentrados en una sola zona lo que produce conflictos de desplazamiento, accesibilidad, olvido y deterioro del espacio las zonas restantes.

Partiendo del diagnóstico se generó una propuesta desde el trabajo colaborativo de cinco compañeros de clase, en el que en lugar de tener un enfoque funcionalista, de naturaleza estática, se planteó el concepto de ROL, es decir la determinación de un enfoque de los espacios de la ciudad que permitan acoplarse a la evolución de la sociedad. Un rol diverso y auto-suficiente basado en la teoría de *ciudad diversa* por Jane Jacobs con la idea de barrios, calles y parques abiertos a todas las clases de ciudadanía, y la teoría de *habitar en la sociedad de la información* por Vicente Guallart con la idea de una ciudad que permita el autoabastecimiento, misma que logre generar actividades económicas por sí misma.

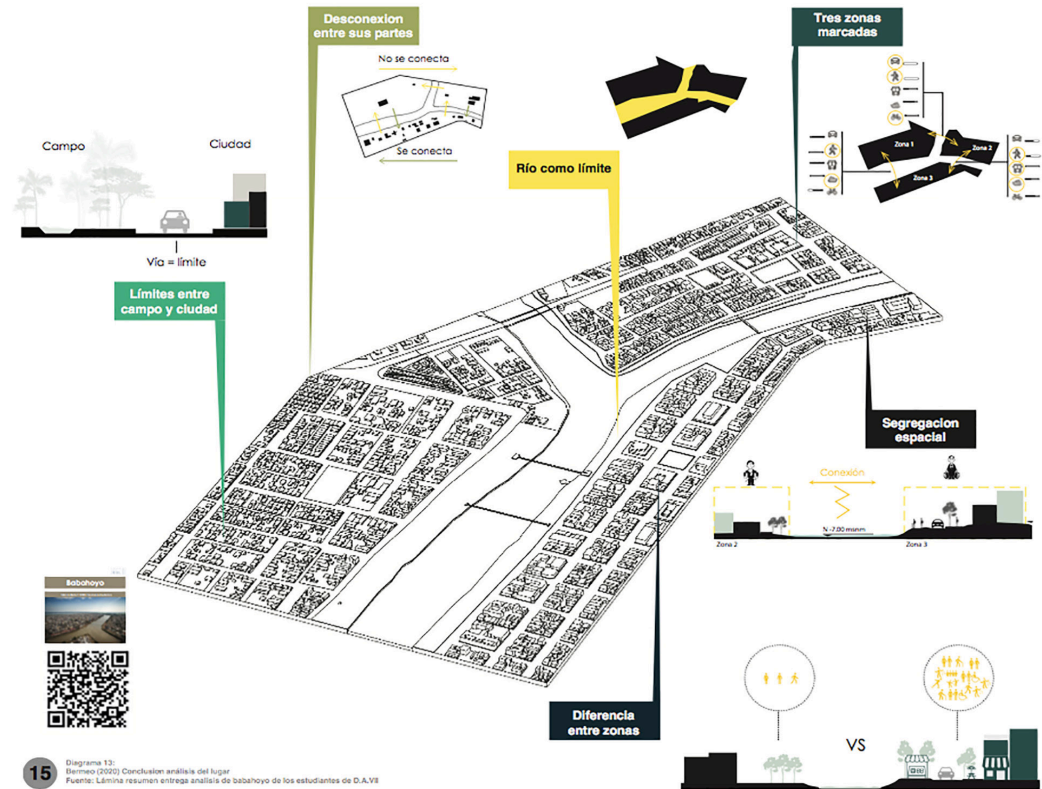
En primera instancia, a fin de conectar todas las zonas de la ciudad se plantea una red de equipamientos distribuidos de forma equitativa a lo largo de la zona de estudio. Los equipamientos van acompañados de anillos de influencia, los cuales se conectan entre sí cubriendo la mayor parte del territorio de la ciudad, de esta forma generando desplazamientos cortos que no sobrepasan los 15 minutos caminando, logrando conectar el sistema en sí mismo y con su contexto desde lo visual y físico.

Por un lado, como conectores y articuladores del sistema; todos los edificios tienen vacíos en planta baja que crea espacios de encuentro con los usuarios definidos como plazas, ya que el objetivo de generar una unión de espacio con todos los proyectos son las conexiones de la arquitectura como un sistema integrado y vinculado entre sí, estas conexiones están distribuidas con varias actividades de ocio o comercio. Para el desplazamiento entre proyectos se plantean una serie de caminerías acompañadas de vegetación como una conexión física entre

**Imagen 2** análisis urbano de Babahoyo (Doménica Aldas, Estefanía Pérez, Paulethe Endara, Diego Bermeo, Yerson González) 2021

**SINTESIS DE LAS NECESIDADES**

**SÍNTESIS ANÁLISIS URBANO**



sí. Los proyectos destinados a la salud, arte, cultura, comercio y educación generan varias formas en que el espacio vacío sea el lugar jerárquico dentro de sí; con diferentes lenguajes se generan una diversidad de usos y actividades en donde el usuario será el protagonista de su recorrido y vinculación con el entorno.

El Río Babahoyo cumple un papel fundamental en las conexiones visuales y físicas, como un resultado de un límite físico con el que se puede emplear para generar nuevas interacciones, creando muelles, puentes y eliminar la segregación cultural que existe actualmente en la ciudad.

ROL: ÁMBITO Y ESPACIO

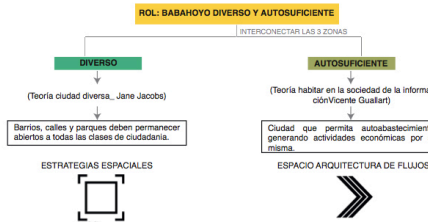


Diagrama 16. Rol de Babahoyo. Fuente: Lemaire Estrategia del uso del territorio de S.A.N Group 1

ORGANIGRAMA FUNCIONAL

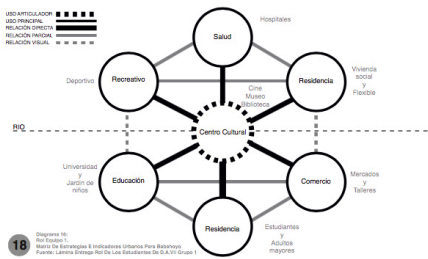


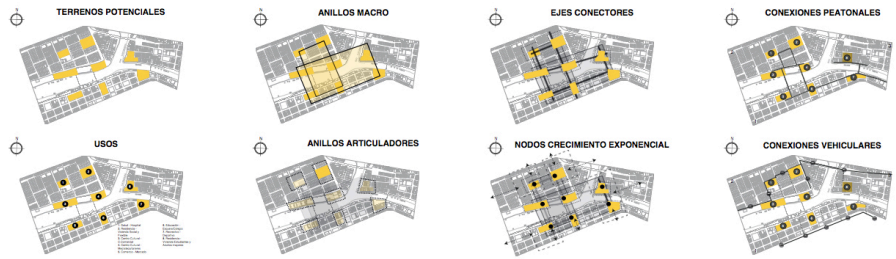
Diagrama 16. Rol de Babahoyo. Fuente: Lemaire Estrategia del uso del territorio de S.A.N Group 1

MATRIZ DE ESTRATEGIAS E INDICADORES URBANOS PARA BABAHYO

<b>Estrategias Urbanas (Acciones)</b>	<b>Ojos sobre la calle</b> Se crea Fachadas permeables que permitan tener una relación directa entre el objeto arquitectónico y el espacio público.	<b>Arquitectura con escala humana</b> La altura de las edificación sigue manteniendo la escala con relación al peatón, la terraza será de carácter público.	<b>Planta baja dinámica</b> El ingreso principal debe ser de planta libre con doble altura y está ubicado en el nodo articulador del ámbito.	<b>Diversidad de usos</b> Generar una red de infraestructura flexible que garantice que el uso de suelo de suelo ocupado se lo reemplaza en otro equipamiento.	<b>Plazas como puntos de encuentro</b> Plazas públicas a escala barrial, en el ingreso del nodo articulador la plaza ingresa al edificio.	<b>Desplazamientos cortos entre equipamientos</b> Los proyectos son pensados para el peatón, es decir que la distancia de desplazamiento entre proyectos no debe superar los 15min.
<b>Rob: (Qualitat)</b>	<b>Comunicar</b> Las vías que conectan entre equipamientos son posiciones rematadas en el nodo articulador.	<b>Proteger</b> Plazas públicas con intensidad de uso.	<b>Conectar</b> Generación de anillos urbanos para interconectar morfológicamente los equipamientos.	<b>Consumir</b> Para reactivar de una manera económica la zona se destinan las plantas bajas comerciales de los proyectos.	<b>Habitar</b> La composición de la fachada del nodo articulador y las plazas contienen vegetación nativa y contienen materiales locales.	<b>Integrar</b> Jerarquizar el nodo articulador para tener una integración visual entre los proyectos.

Diagrama 17. Rol de Babahoyo. Fuente: Lemaire Estrategia del uso del territorio de S.A.N Group 1

ESTRATEGIAS PROYECTO COMO UN SISTEMA



BIBLIOGRAFÍA: 16. Estrategia de Babahoyo. Fuente: Lemaire Estrategia del uso del territorio de S.A.N Group 1

**Imagen 3** Estrategias de intervención y ROL para Babahoyo (Doménica Aldas, Estefanía Pérez, Paulethe Endara, Diego Bermeo, Yerson González) 2021

Finalmente, para las zonas de Babahoyo se crea una red de equipamientos en donde los vacíos llegan a cada proyecto de forma lineal; la zona 1 se comunica directamente con dos proyectos mediante puentes, la zona 2 se conecta con la zona 3 mediante un puente carrozable existente, en donde dos proyectos están unidos con los anillos de influencia y la zona 3 se comunica al igual con un puente que conecta directamente con otro equipamiento, además de esto por el ámbito de cada proyecto es importante mencionar que cada proyecto tiene accesibilidad vehicular, que al igual que la conexión peatonal cumple con un ingreso y una función de poder llegar a todos los edificios como un sistema.

Así mismo, el sistema deja en propuesta anillos para un crecimiento exponencial en el cual siga la dinámica de la red de equipamientos.

**El sistema a la escala arquitectónica**

**Caso 1, hospital como una máquina . Descontrolar con control**

La metodología inicia con la teoría general de sistemas, creando un proyecto arquitectónico, mediante el análisis y el diagnóstico del cantón Babahoyo, donde se ha detectado que la prin-

El principal problema es la segregación social motivada por el río Babahoyo convirtiéndose en el mayor divisor territorial que ha dividido la ciudad en 3 zonas.

Por lo que el rol que se ha decidido es el de tener una planificación diversa y autosuficiente conectando las 3 zonas mediante teorías como la de Jane Jacobs y Vicente Guallart, creando estrategias urbanas que ayudan a la conexión de los nodos articuladores. Es por lo que uno de los principios de aplicación espacial es la retroalimentación a través la generación de anillos macro y micro en el territorio.

Para el caso específico del equipamiento de salud su emplazamiento se encuentra en la zona 1 del área de estudio (la más precaria actualmente) y se decide poner una limitante externa de ser un Centro Médico de Especialidades Tipo 2, debido a que los ya existentes equipamientos de salud no cubren esta área ya sea por radios de afluencia o programa, quedando más de 6000 habitantes que se encuentran en esta zona desconectados de este sistema.

**Imagen 4,** División de las tres zonas, Diego Bermeo, 2021



Por otro lado, en cuanto a la accesibilidad, se ubica estratégicamente en el sector para garantizar la movilidad con relación al contexto, puesto a que es un corazón de manzana ya que llegan al lote vías arteriales, locales, peatonales, entre otras, y que además los medios de llegada al proyecto pueden ser vía terrestre, marítima o aérea, por su propia importancia de función.

El proyecto denominado Hospital como Máquina nace de la idea de separar las trayectorias entre visitantes y personal de salud y a su vez mecanizarlas gestionando puntos de encuentro por medio de nodos de conexiones y como análisis previo a diseño se toma en cuenta tres clases de referentes,

- Arquitectónico: El hospital de Venecia de Le Corbusier, por su deconstrucción a un programa de salud con métodos metabolista.



- Contexto: La casa de la música de OMA, por los flujos de varias circulaciones y su componente paisajista para enmarcar el espacio

- Idea: Casa Moriyama de SANNAA, por la base de la topología y la fragmentación del espacio.

Para su concepción, tiene como metodología y objetivo de proyecto generar una variedad de eventos formales e informales que se llevan a cabo al interior y exterior, aplicando las propiedades de los sistemas se utiliza sinergia y equifinalidad, para generar micro espacios programáticos controlados por el sistema y que a su vez juntos logran un mejor resultado.

Cabe recalcar que el proyecto por su misma composición hace un énfasis en la relación del espacio público, por el nodo del proyecto que es la plaza central, la cual distribuye a las 4 torres y hace que la categorización de dichos espacios sea intersticial.

Las limitantes interiores se deben a la función y al juego de relaciones con escala humana, tanto así que, en el programa arquitectónico se decide tener nueve zonas: áreas exteriores, administrativas, libres, laboratorios, urgencias, consultorios, cirugías, hospitalización y áreas generales.

Se es consciente además de las nuevas necesidades, y que el pensamiento prospectivo la salud preventiva, tanto pasiva como activa se debe también reflejar en el espacio y la habitabilidad.

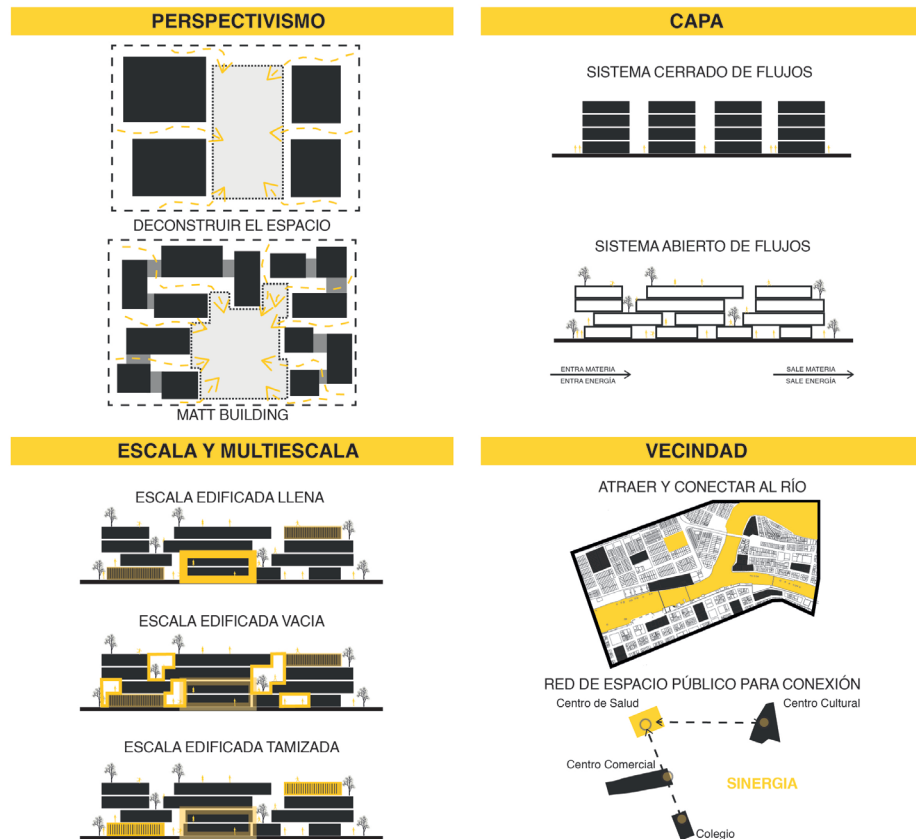
El enfoque busca el descubrimiento de la diversidad y el permanente contacto entre los usuarios. Para declarar la espacialización del objeto arquitectónico se busca crear aleatoriedad espacial, rompiendo con la convencionalidad morfológica de un equipamiento de salud, añadiendo que este lugar puede servir para creaciones lúdicas y educativas creando una mixtura de programa pública, semipública, semiprivada y privada en tanto en sus torres, como en sus niveles con relaciones obligatorias, deseables y dispensables.

En este ámbito se ve a los usuarios potenciales, no solo pensando en pacientes y médicos, sino en busca de que toda la comunidad de Babahoyo explote al proyecto, mediante el uso del espacio público con actividades detonadoras diurnas y nocturnas para que garanticen temporalidad del mismo, mediante la deconstrucción de los 5 atributos de la teoría general de sistemas como: Perspectivismo, Capas, Escala-Multi-escala, Vecindario y Actividades.

Cuenta con un proceso de diseño ligado a lo metabolista por modularidad, muy de la mano de matt building, con ideas integrales de mediar y delimitar los flujos, mediante tres escalas el vacío, el lleno y el tamiz, mismas que se consiguen por sus justificaciones con algoritmos topológicos urbanas tales como el trazado, el manzanero y los lotes.

El hospital como máquina tiene que funcionar como un engranaje, sin embargo, no se puede obviar el componente psicológico de los usuarios, por ello el diseño interviene en este punto configurándolas a manera de nido porque por sus equivalencias de propiedades cualitativas de: abierto – cerrado, conexión – aislamiento, limitado – ilimitado, controlado – descontrolado, concentración – dispersión y verificaciones bidimensionales y tridimensionales.

**Imagen 5, Objetivos, Diego Bermeo, 2021**



Creando comunicaciones que al tener múltiples espacios que se relacione lo mayor posible con el exterior por medio de las visuales, con una altura baja y alta densidad pensada para que el rol se cumpla en el futuro.

Imagen 6, Topología, Diego Bermeo, 2021

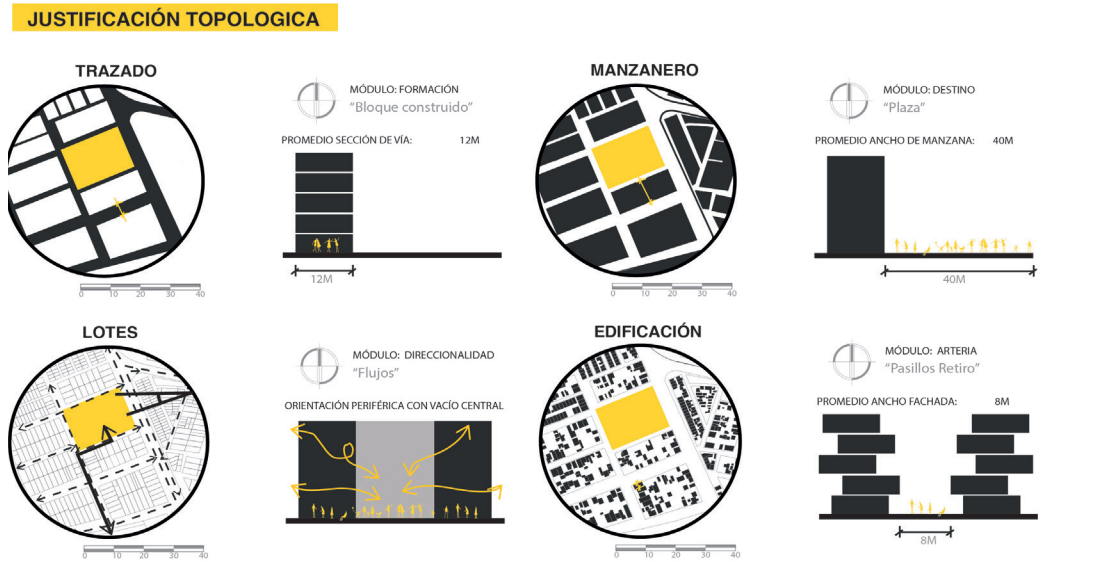
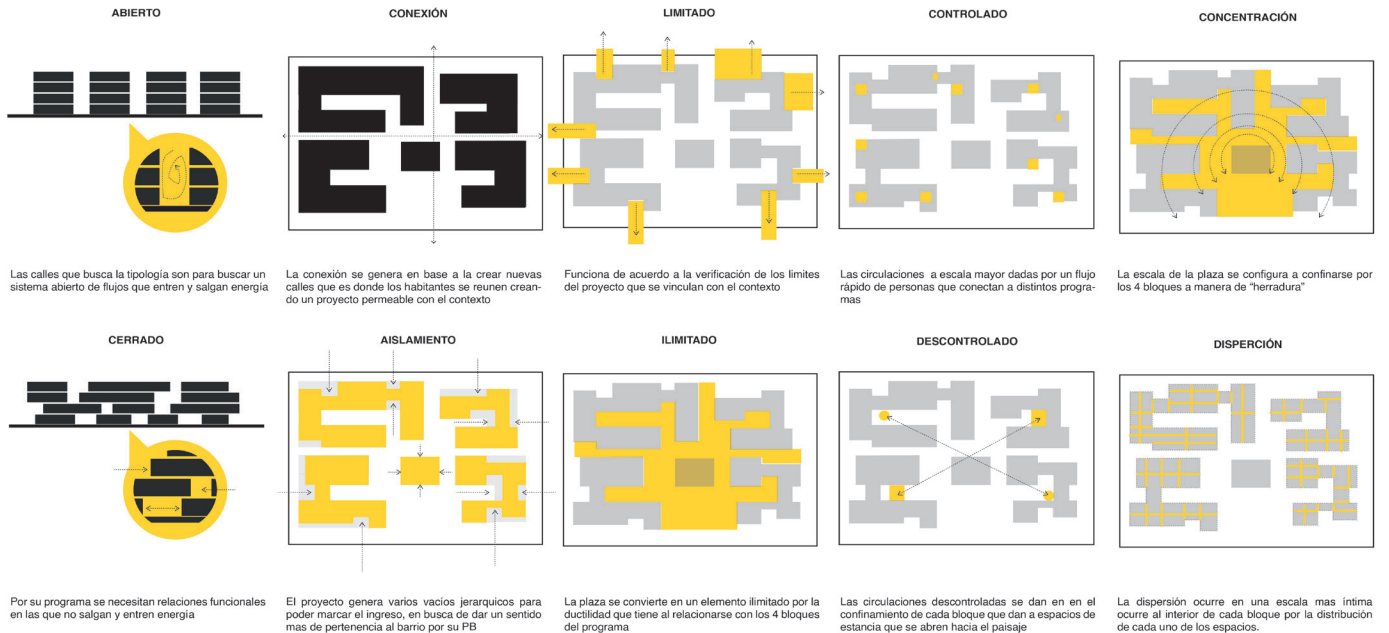


Imagen 7, Equivalencias bidimensionales, Diego Bermeo, 2021



**Imagen 8,** Isometría Nivel 3, Diego Bermeo, 2021



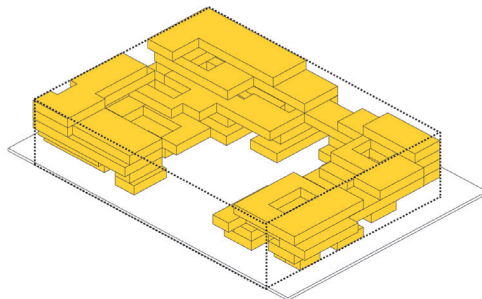
Utilizando un componente de la teoría general de sistemas de Homeostasis por la búsqueda del equilibrio general haciendo que la huella edificada del edificio vaya tomando forma por y que la entrada de cualquier insumo - componente haciendo que las distintos programas se acoplen al espacio conformen el todo, y sus mediciones parte del contexto como eje del diseño con ideas integrales de mediar y delimitar los flujos.

**Imagen 9,** Equivalencias tridimensionales, Diego Bermeo, 2021

**“SE ENTIENDE EL TODO DESDE SUS PARTES”**

Un perímetro cerrado dentro del cual se tiene otras geometrías con un espacio intersticial

MODOS DE AGRUPACIÓN



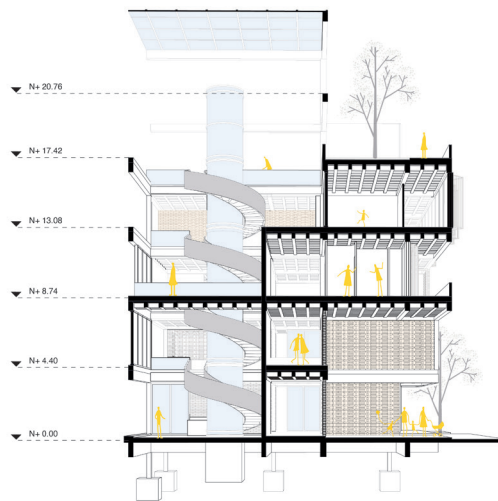
Este enlace se logra por la resultante de la combinatoria de escenarios que diferencian el espacio por sus dobles circulaciones: flujos rápidos propios del programa, y flujos lentos para admirar y disfrutar del recorrido, ya sea dentro o fuera del proyecto. Ello se logra mediante punto fijos panorámicos en dos de sus 4 esquinas y pasajes internos que conectan lugares programáticos estanciales y de alto tráfico.

**Imagen 10**, Perspectiva de la plaza, Diego Bermeo, 2021



La declaratoria del proyecto es: La categorización de los espacios como resultantes de la combinatoria, crea escenarios que rompen completamente la circulación lineal y más bien genera interacciones visuales al deconstruirlos.

**Imagen 11**, Estructura, Diego Bermeo, 2021



El desarrollo técnico constructivo está pensado para que cumpla un ciclo de vida, desde la extracción hasta el derrocamiento del edificio, para lo cual se ejecuta un análisis de las materias primas, tales como el ladrillo y el bambú, logrando obtener materiales locales que se encuentren relativamente cercanos al lugar apuntando a la eficacia por su comportamiento ambiental y energético con sus materiales.

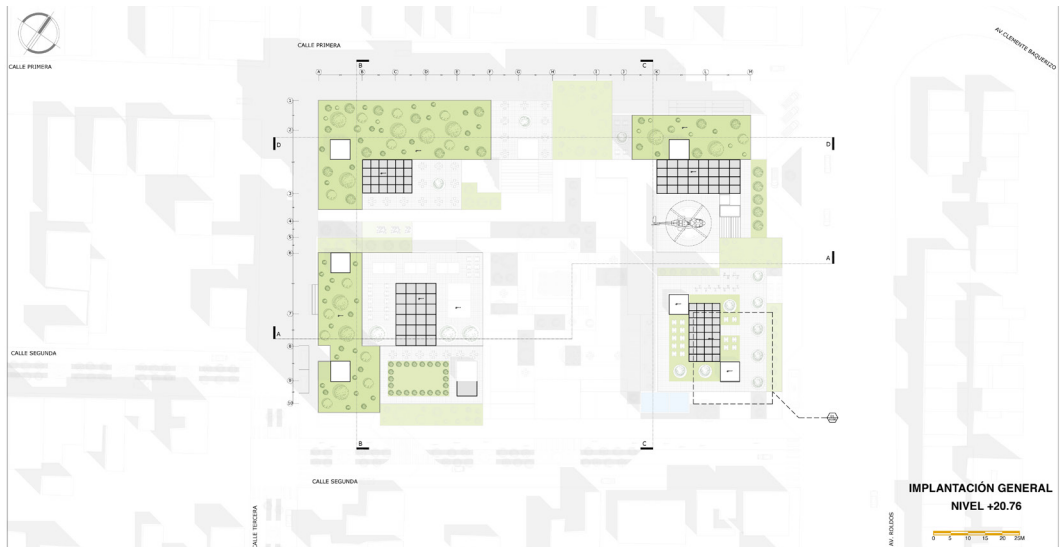
Al unir la variedad de estrategias se crea una atmósfera única, que, a pesar de sobresalir visualmente con el entorno, guarda relación con el contexto y sus componentes a través comportarse como un organismo viviente dentro de la ciudad.

**Imagen 12,** Perspectiva exterior, Diego Bermeo, 2021



El proyecto evidencia el uso de la Teoría General de sistemas, porque utiliza el río para crear una conexión con las tres zonas de manera peatonal, mediante el uso de la calle con vegetación central para generar sombra, acompañado de actividades estratégicas que la

**Imagen 13,** Implantación, Diego Bermeo, 2021



sociedad cumple para conectar flujos. De igual manera, se hace una interacción visual interna del proyecto para enmarcar el paisaje urbano y demás proyectos del sistema, creando una sinergia con el resto de equipamientos del sistema, cumpliendo el rol y el enfoque que se planificó.

Garantizando que la población pueda acceder fácilmente a esta infraestructura y que para lograr conectar con el resto de equipamientos como: el centro infantil, el centro comercial, la mediateca y la escuela, se realiza una plaza con proporciones urbanas para generar un recorrido, jugando con los espacios estanciales y de circulación.

**Imagen 14**, Planta baja general, Diego Bermeo, 2021



La resultante desde un contexto urbano es contribuir a optimizar la infraestructura física del sector, generando entropía en la red de salud.

Para concluir el proceso, la metodología y el enfoque de las estrategias dan como resultado el partido arquitectónico: “Denotación espacial en un Centro Médico”. El proyecto busca acoplarse al desarrollo prospectivo de Babahoyo para que sea diverso y autosuficiente.

## **Caso 2**

### ***Centro cultural del río Babahoyo***

Arquitectura como sistema es un proceso que se desarrolla en varias etapas, que se caracteriza por el trabajo en conjunto de varios colaboradores; y tiene como fin lograr relaciones entre los diferentes proyectos y su entorno en general, lo cual involucra el diseño de espacios capaces de generar un impacto positivo y brindar un aporte a la sociedad. La idea se basa en el uso de recursos que ayudan a generar relaciones, como la sinergia, equifinalidad, homeostasis entre otras.

El proceso empieza con la detección de la necesidad, en donde se analiza la ciudad de Babahoyo desde diversos factores como lo físico, histórico, social y otros elementos los cuales llevan a un diagnóstico en el que se concluye la situación del lugar a intervenir, dando como resultado una ciudad con segregación social y espacial, provocado principalmente por el Río Babahoyo como un elemento delimitador que separa los diferentes sectores de la ciudad, además se evidenció una distribución inequitativa de los equipamientos, ya que están concentrados en una sola zona, lo que produce conflictos de desplazamiento, accesibilidad, olvido y deterioro del espacio en el resto de las zonas.

Partiendo del diagnóstico, como propuesta desde el trabajo colaborativo se plantea un rol diverso y autosuficiente basado en la teoría de ciudad diversa por Jane Jacobs, con la idea de barrios, calles y parques abiertos a todas las clases de ciudadanía, y la teoría de habitar en la sociedad de la información por Vicente Guallart, con la idea de una ciudad que permita el autoabastecimiento y que logre generar actividades económicas por sí misma.

El proyecto, desde sus estrategias urbanas busca otorgar espacio público por capas a través de un retiro del volumen construido, también generar un recorrido público continuo desde la calle al proyecto con espacios complementarios y remate en visuales, a fin de lograr mayor intensidad de uso. Con las estrategias arquitectónicas se busca generar relaciones visuales y físicas a través de espacios permeables, para generar una circulación que atravesase los espacios por medio de un recorrido continuo, el cual permita el descubrimiento del proyecto y crear espacios que permitan atravesarlo sin necesidad de pasar por un acceso controlado. Por otro lado, desde lo medioambiental se busca aprovechar en mayor cantidad los elementos naturales: como la iluminación, ventilación y la incorporación de vegetación, con la finalidad de crear microclimas para un mejor confort espacial. Por último, con las



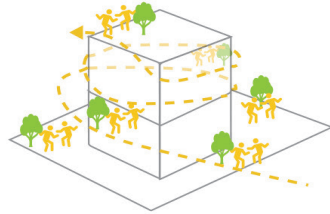
**Imagen 15,** Estrategias,  
Yerson González, 2021

estrategias de vecindad busca recoger flujos de los equipamientos cercanos y direccionarlos a espacios estratégicos del proyecto, también generar una situación de paisaje a medida que se recorre el proyecto y generar visuales con los proyectos del sistema planteado.

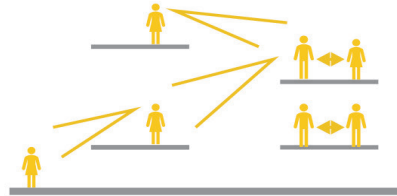
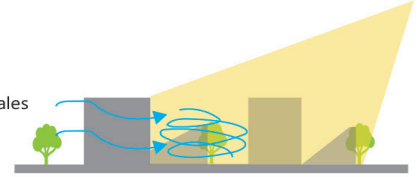
### Estrategias resumen

Orden de acorde al párrafo

1. Urbanas



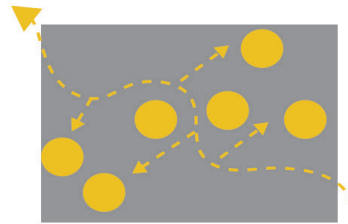
3. Medioambientales



4. Vecindad



2. Arquitectónicas



El centro cultural se implanta en la zona 3 de estudio, el cual se define como un proyecto de carácter público y semipúblico, ya no exclusivamente a lo privado, así mismo, está dirigido a todo tipo de personas gracias a su diversidad de actividades y espacios.

En un contexto donde la segregación social es bastante clara, el Centro Cultural pretende otorgar a la sociedad espacios públicos y semipúblicos en donde las personas puedan establecer relaciones físicas y visuales (interacción social). Por un lado, mediante la permea-

**Imagen 16**, Corredor, Yerson González, 2021



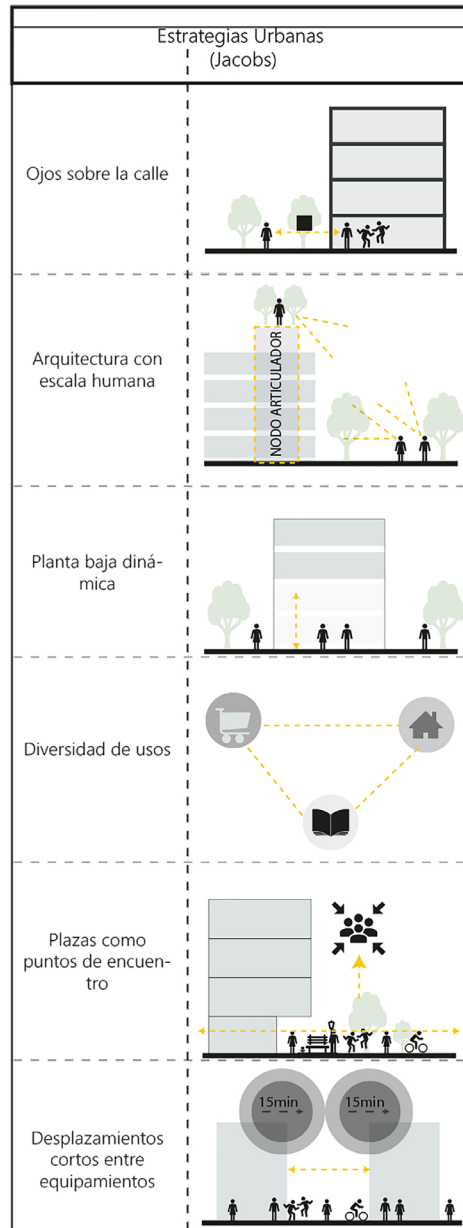
bilidad física y visual se plantea generar conexiones entre los diferentes espacios, logrando así conectividad e interacción. Además, el proyecto genera diversos espacios de estancias abiertos al interior y un recorrido continuo exterior con espacios abiertos, en los cuales las personas pueden desarrollar sus diferentes actividades de acorde a sus horarios y prioridad, lo que permite habitar el proyecto con mayor intensidad.

Por otro lado, el proyecto sigue cuatro estrategias macrotomadas de la teoría de Jane Jacobs a una escala urbano-arquitectónica como:

#### Ojos sobre la calle

- Las fachadas del proyecto permeables que permitan tener una relación directa entre el objeto arquitectónico y el espacio público.
- Arquitectura con escala humana
- La altura de edificación debe ser de 4 niveles para seguir manteniendo la escala con relación al peatón, la terraza será de carácter público y tendrá conexión con los nodos articuladores.
- Planta baja dinámica

**Imagen 17, PRINCIPIOS JANE JACOBS, Yerson González, 2021**



Bibliografía: Estudiantes D.A.VIII (2020) Entrega ROL Babahoyo E1  
Estudiantes D.A.VIII (2020) Entrega análisis de babahoyo. Accedido el 15 Dic 2020. [https://sisua.com/domenicaal-das11/docu/entrega\\_dise\\_o\\_completo\\_3](https://sisua.com/domenicaal-das11/docu/entrega_dise_o_completo_3)

- El ingreso principal debe ser de planta libre con doble altura y está ubicado en el nodo articulador del anillo.
- Plazas como puntos de encuentro
- Plazas públicas a escala barrial, en el ingreso del nodo articulador la plaza ingresa al edificio.

Entendiendo la arquitectura como un sistema, en la propuesta generada para la ciudad de Babahoyo, a escala urbana se plantean varios equipamientos, ya no concentrados en un mismo punto o sector, si no distribuidos en las diferentes zonas de estudio con proyección de crecimiento a futuro e implantados estratégicamente en terrenos potenciales para lograr así un equilibrio y un impacto positivo a la ciudad, que le pueda servir a la sociedad. Además, se implantan los proyectos con la estrategia de anillos de conexión, lo que permite que todos los proyectos tengan más de una conexión entre sí; asimismo se plantean los diferentes proyectos en relación con la demanda poblacional, tanto a una escala de la ciudad, como de la zona de estudio.

Todos los proyectos que funcionan dentro del sistema tienen más de una conexión, ya sea física, pensada para un recorrido no máximo de 15 minutos caminando y visual. A su vez, guardan una serie de relaciones, siendo estas su materialidad, para la cual se decide utilizar materiales locales en la composición de la fachada del nodo articulador; su altura, en donde se plantean equipamientos no mayores de 4 niveles, con la finalidad

de mantener las relaciones físicas y visuales con el peatón, y finalmente un espacio público (plaza como punto de encuentro e interacción) en planta baja, con vegetación y de la misma manera con materiales locales, todo esto con la finalidad de lograr una clara lectura de la propuesta y del sistema.

El Centro Cultural le sirve a ciertos proyectos como un espacio para iniciar o finalizar cierta actividad, o simplemente para realizar alguna muy puntual que solo se pueda hacer en el centro cultural, como por ejemplo: “Un estudiante tras finalizar su actividad en el equipamiento de educación puede recurrir al centro cultural para utilizar ya sea la biblioteca, área de talleres, u otro espacio para realizar sus tareas” o “El estudiante puede pasar primero por el centro cultural estudiar, recrearse y luego ir al equipamiento de educación a realizar su actividad principal” y el último caso, “Cualquier persona que requiera el espacio para realizar una actividad específica podrá acceder al equipamiento sin problema alguno”.

El proyecto desarrolla el principio de sinergia con su contexto a través de diversos espacios abiertos públicos. En primera estancia se relaciona con el río por medio de una pequeña playa con graderíos, definido por un muelle, el cual además sirve de conexión con la zona 1 de la ciudad; así mismo desde su vocación pública ofrece un secuencia de plazas

**Imagen 18,** Espacios Públicos, Yerson González, 2021



abiertas la cual permite habitar el proyecto a cualquier hora del día sin necesidad de ingresar por un acceso controlado. Finalmente, se desarrolla una cubierta accesible con una circulación continua, la cual genera una situación de paisaje a medida que se recorre el espacio, logrando así una relación a escala territorial.

Trabajando la arquitectura como un sistema, el proyecto desarrolla sus tres escalas. Desde el suprasistema como una escala macro, el centro cultural genera una circulación con espacios abiertos que lo bordea e integra el espacio público del contexto al proyecto; asimismo, por medio de un muelle desarrollado en dos elementos con un espacio de llegada integra el río. En suma, el muelle se caracteriza por ser un remate de la circulación; por último, el proyecto desarrolla una situación de paisaje en su cubierta ya que esta es accesible, incluye vegetación y con espacios de estancia, para finalmente llegar a un espacio de mirador el cual

**Imagen 19**, Espacios Públicos, Yerson González, 2021



se conecta visualmente con otro proyecto del sistema grupal. Con el sistema se generan relaciones entre espacios abiertos (plazas) y espacios internos por medio una circulación que atraviesa el proyecto en más de una ocasión y una circulación perimetral continua. En el subsistema, el proyecto sigue la lógica de la escala macro, ya que en el uso de los espacios internos se genera una circulación entre espacios, la cual permite generar relaciones físicas, visuales y además termina en espacios de llegada o remate.

Finalmente, el Centro Cultural al ser permeable, diáfano y contrastante en su contexto, pretende resolver la segregación social a través de su configuración espacial, la cual se caracteriza por ser pública y semipública, con diversidad de actividades que se conectan entre sí, en donde las personas pueden establecer relaciones físicas y visuales (interacción social) y también habitar el proyecto

desde el exterior. Además, juega un papel importante dentro del sistema, ya que establece conexiones con el resto de los equipamientos propuestos en la actualidad, por medio de volúmenes con vistas dirigidas y así mismo está pensado para conectarse con equipamientos futuros a través de un muelle como un espacio receptor de flujos.

## **A manera de conclusión**

### ***El taller de arquitectura en el contexto del Covid 19***

Los años 2020 y 2021 fueron momentos extraños para ser profesor o alumno. Con muchas horas frente a una pantalla, con noticias inacabables sobre cuidados, nuevos escenarios de aprendizaje, trabajo y relaciones sociales. Mirado con calma, queda cada vez más claro que es fundamental confiar en las personas, en el trabajo en grupo y en el sentido de pertenencia a una “tribu” desde una visión contemporánea. Estas son herramientas fundamentales para enfrentar el futuro con más confianza y tener más esperanza en la consecución de nuestros objetivos.

Los talleres de diseño en cualquier carrera de arquitectura son el espacio de aprendizaje compartido, esto se convirtió en un reto al cambiar a una modalidad de pantalla. La tradición de los talleres y los esquicios nos acercan como comunidad de aprendizaje y crean un pensamiento colectivo para enfrentar como arquitectos los retos planetarios. La situación actual era más demandante, no por la modalidad, sino por la oportunidad/obligación de reflexionar sobre la arquitectura y ahora sobre nuestra nueva condición desde un enfoque más diverso, con nuevas reglas y nuevos artefactos de pensamiento, para preservar como canales que nos mantienen unidos.

Sin embargo, hay cosas que no podemos hacer pero que seguro se reconfigurarán en el futuro, las visitas al sitio, el aprendizaje en una conversación de pasillo y las reflexiones desde lo que no esperábamos que nos sensibilice. Aunque no hemos compartido el aula física, sí hemos aprendido a compartir el espacio virtual, esto nos lleva a una reflexión como arquitectos e ingenieros sobre el espacio y una nueva categoría de transformación de un mismo lugar de casa a oficina, de sala de fiestas a gimnasio y de los componentes virtuales como un elemento de diseño, es un buen momento para sumar esas reflexiones a nuestro desarrollo profesional.

Sin duda, el proceso del taller fue demandante para todos los miembros de la Universidad; sin embargo fue enriquecedor, divertido y motivante. Al final hay un deber de un arquitecto como ciudadano y ya sea en un aula, dibujando frente a un computador o con las manos llenas de lodo, tenemos el deber de mejorar las condiciones del espacio y así ser un factor de cambio positivo en la sociedad.

Es evidente que las dinámicas sociales se han alterado, que debemos enfrentarnos a nuevos retos y que nuestra dependencia a la tecnología es irrenunciable. Conceptos como el aprendizaje online, el teletrabajo o nuevos modelos de movilidad se harán súbitamente populares, cambiando nuestros requisitos sobre el espacio de toda índole: el laboral, el doméstico, el comunitario y, sobre todo, el público.

En medio de este nuevo paradigma en el que cambiamos las aulas por pantallas surgen oportunidades de nuevas herramientas metodológicas, redes o aproximaciones a retos globales. En donde se pueden debatir de una manera más horizontal (apoyada en el anonimato de un avatar de una sesión online) posturas sobre el papel de la arquitectura en la condición contemporánea, la noción contemporánea de ecosistema, los valores culturales, el rigor de la investigación o las nuevas construcciones de paisaje. Esto hizo que en el momento del confinamiento encontremos mecanismos para fortalecer habilidades blandas, el pensamiento divergente o la resiliencia.

En medio de tantos cambios, estos talleres y trabajos de fin de carrera nos permitieron entender una nueva utilidad de la arquitectura en la sociedad. En donde se reconocen nuevas exigencias de los habitantes sobre los espacios, pidiendo nuevas competencias que los arquitectos estamos obligados a asumir. En la medida en la que seamos sensibles con mayor rapidez a estas nuevas necesidades seremos percibidos como más útiles a la sociedad. Entre estas capacidades están, por ejemplo, el diagnóstico de la calidad de un lugar, ambientes “inteligentes” que permitan la ductilidad espacial u otros requisitos que se ajusten al tiempo que vivimos.

Sin embargo, la arquitectura y por tanto sus actores, no podemos renunciar a las lecciones del pasado y a la naturaleza propia de nuestra profesión. Vivimos una emergencia que desencadenará en una crisis de largo alcance, que tiene matices propios de nuestra era, pero que también es análoga a momentos anteriores de la humanidad y por tanto nos obliga a una revisión previa. Debemos potenciar el derecho democrático a los espacios sin volvernos fomentadores de una nueva segregación espacial, que en el escenario actual divide a los protegidos y

los vulnerables. Al final, la herramienta más potente que tenemos los arquitectos es la transformación del espacio con creatividad, ética y técnica para beneficiar a las personas desde una visión prospectiva que asegure la utilidad de los edificios para momentos de estabilidad y de transición. Los tiempos cambian, así como las características de las necesidades, pero no el objetivo final.

**Imagen 20,** Íconos de los proyectos, Alumnos, 2021



## Referencias

1. RASMUSSEN, Eiler; La experiencia de la arquitectura (2004), Cátedra, Madrid
2. MOUSASAVI, Farshid; The function of style (2014), Actar, Harvard
3. TSCHUMI, Bernard; RED IS NOT A COLOR (2012), Rizzoli, NY
4. DI MARI, Anthony; Conditional Design: an introduction to elemental architecture (2014), BIS, Amsterdam
5. KOOLHAAS, R.; Mau, B; OMA. S, M, L, XL. (1998). New York: Monacelli Press.
6. GAULLART, Vincent; La ciudad autosuficiente (2014), Barcelona, RBA Libros
7. JACOBS, Jane; Muerte y vida de las grandes ciudades (2020), Madrid, Capitán Swing Libros



## Capítulo 5

# EL LENGUAJE TÉCNICO CONSTRUCTIVO DEL PROYECTO

Autor:

**Santiago Morales Molina**

### El lenguaje técnico como herramienta en la resolución de proyectos arquitectónicos

La técnica constructiva es un importante parámetro que incide en el diseño arquitectónico, esta condición se convierte en una de las competencias más relevantes en la formación de futuros profesionales arquitectos y requiere de un conocimiento solvente de los diferentes sistemas constructivos y expresión gráfica que permitan comunicar esta información empleando los códigos y normas del dibujo técnico.

En la actualidad, las escuelas de arquitectura del país incorporan a sus mallas curriculares contenidos orientados a la industria de la construcción AEC (Architecture, Engineering and Construction), la academia reconoce la importancia de los contenidos técnicos constructivos en la formación de los futuros profesionales; sin embargo, este aporte técnico a las asignaturas de diseño arquitectónico no es utilizado con la profundidad que amerita. Lo mismo sucede en el ámbito profesional, los talleres de diseño arquitectónico se limitan a ciertos detalles constructivos con especial detenimiento en la estructura, como es lógico, sin profundizar en la resolución técnica y se termina delegando a los ingenieros esta parte de la planificación, las ingenierías y las resoluciones constructivas suelen resolverse al último. La incorporación de la tecnología y procesos paramétricos en el diseño arquitectónico requiere que las diferentes áreas involucradas intervengan en fases tempranas de la planificación y desarrollo del proyecto arquitectónico, como consecuencia se optimiza el tiempo y los recursos humanos.

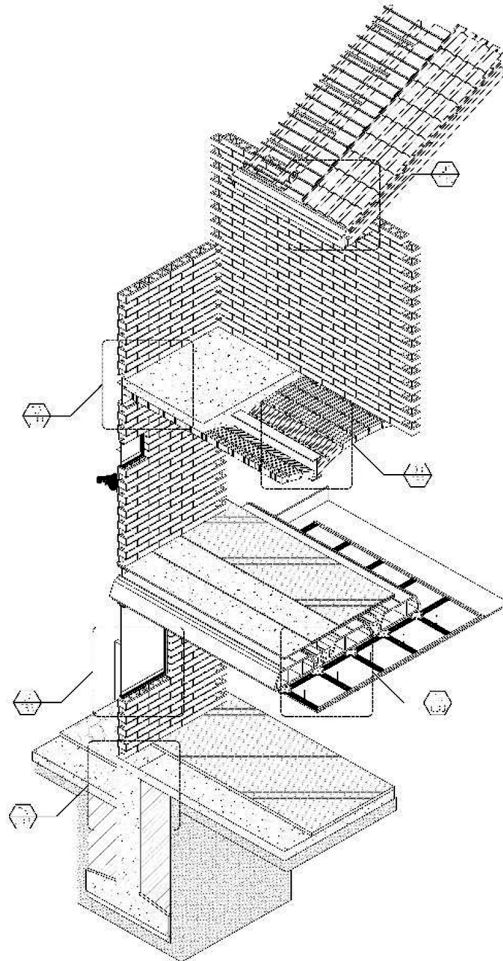
Este capítulo hace referencia al desarrollo y resultados obtenidos en la asignatura Proyecto Técnico II, como parte de la estructura curricular de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil de la Universidad Internacional SEK. Para entender el enfoque, alcance y la metodología del curso es necesario definir los criterios y el perfil de arquitecto formado en la UISEK.

*1 Este texto fue publicado originalmente en las asignaturas de Proyecto Técnico II de la Carrera de Arquitectura de la Universidad Internacional SEK-Ecuador.*

*2 Santiago Morales Molina  
Universidad Internacional SEK, Quito-Ecuador, santiago.morales@uisek.edu.ec*

El arquitecto emplea un lenguaje hablado, escrito y gráfico, altamente especializado y dirigido a profesionales, obreros, proveedores y diferentes actores que intervienen en la industria AEC, esta forma de comunicación suele ser difícil de asimilar en el proceso de aprendizaje, y tiene que ver con la poca experiencia de los estudiantes en construcción. En los inicios de la carrera se prioriza el conocimiento dirigido al diseño arquitectónico y de a poco se incluye la terminología constructiva.

**Figura 1.** Sección Constructiva. Fuente: Asignatura Proyecto Técnico II, alumno Juan José Torres



Según lo estipulado en la Ley del Ejercicio Profesional de la Arquitectura, artículo 2, y en su reglamento, artículo 8, (Asamblea Nacional, 2008) las competencias y actividades propias y no exclusivas de los profesionales de la arquitectura son: la elaboración de planos arquitectónicos, los detalles constructivos, el diseño y la elaboración de objetos de comunicación visual relacionados a la arquitectura y el urbanismo. La documentación que elabora el arquitecto requiere de un lenguaje técnico apropiado que sirve para comunicar ideas, conceptos o proyectos arquitectónicos de manera clara y concisa.

Considerando las competencias estipuladas en la ley; la malla académica de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil de la UISEK emplea en sus asignaturas una serie de recursos que permiten al estudiante emplear diferentes formas de expresión gráfica y técnica, aplicadas a los diferentes roles de esta disciplina, destacándose en la planificación y diagramación de proyectos, análisis de la información, diseño y representación arquitectónica, teniendo al dibujo y la expresión gráfica como herramientas funda-

mentales de la arquitectura. Con el apareamiento de las herramientas de diseño paramétrico y metodología BIM, la expresión gráfica amplía las herramientas de dibujo en 2 y 3 dimensiones y generación de simulaciones que asemejan la realidad. Estas herramientas deben ser incorporadas a los diferentes ámbitos de la carrera de Arquitectura; sin embargo, la herramienta por sí sola no puede rendir los resultados esperados, debe ser acompañada de una metodología que busca resolver y apoyar al proceso de diseño arquitectónico.

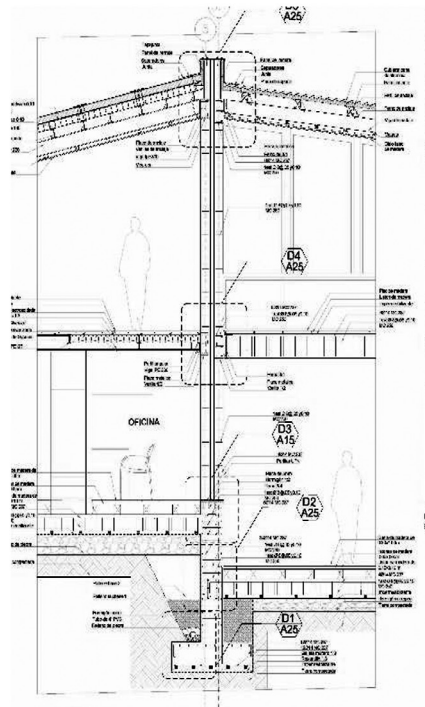
Pérez Andreu define lo siguiente: *“La expresión gráfica arquitectónica es una herramienta de concepción, experimentación, registro y comunicación durante los diferentes procesos del diseño y materialización de la arquitectura: creación o ideación, proyección, construcción, documentación, enseñanza”* (Pérez Andreu, 1999).

En consideración a esta definición es necesario compaginar el uso de la herramienta con las reglas y normas tal como lo indica Jorge Sainz, *“la representación arquitectónica tiene un lenguaje común que es el dibujo técnico, el cual recurre a normas y convenios que establecen los parámetros necesarios para la correcta interpretación de los dibujos.”* (Sainz Avía, 1990)

El Dibujo Técnico es el principal instrumento para la comunicación entre arquitectos, ingenieros y obreros. A nivel global se acatan las normas de dibujo técnico elaboradas por la International Organization for Standardization (ISO), que abarcan aspectos como el sistema de numeración de láminas, notas, tamaños de papel, dimensiones, geométricas, simbologías, abreviaturas, tipos de líneas y sistema métrico o imperial. Esta sistematización de códigos y nomenclaturas son indispensables en planos de tipo constructivo, y es a lo que se apunta desde la metodología establecida en la asignatura Proyecto Técnico II, partiendo de los planos arquitectónicos hasta llevarlos un lenguaje de alto detalle que permita la materialización inequívoca y más precisa del proyecto.

Estos parámetros y códigos de dibujo son establecidos por la legislación local y normas internacionales. Para la elaboración y posterior revisión o aprobación de los planos técnicos que sirven como requisitos para la construcción deberán cumplir con las normas establecidas en la leyes, ordenanzas y reglamentos locales. Las leyes locales hacen referencia a las normas expedidas por el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) referentes a la arquitectura y construcción, las normas incorporan los estándares ISO usados a nivel internacional que establecen los criterios generales para la representación gráfica necesaria para la presentación de un proyecto arquitectónico y constructivo. Los reglamentos vigentes son:

**Figura 2.** Secciones constructivas. Fuente: Asignatura Proyecto Técnico II, elaboración alumno Efré Valareso.



- INEN 567: Dibujo de arquitectura y construcción. Definiciones generales y clasificación de los dibujos.
- INEN 568: Dibujo de arquitectura y construcción. Formas de presentación, formatos y escalas.
- INEN 569: Dibujo de arquitectura y construcción. Dimensionado de planos de trabajo.
- Código de Práctica INEN para dibujo de Arquitectura y Construcción.

Además de las ya mencionadas, la Ley del Ejercicio Profesional de la Arquitectura, (Asamblea Nacional, 2009), se considera que son competencias propias de la profesión: la elaboración de objetos de comunicación visual relacionados a la arquitectura y el urbanismo, que no necesitan ser revisados o aprobados, para lo cual no existe un reglamento específico, estos contenidos responden a las características propias del proyecto y a los criterios del arquitecto.

En el caso del dibujo técnico constructivo la metodología exige al arquitecto tener un elevado conocimiento de sistemas y procesos constructivos, debido a que estos planos inciden directamente en la gestión del proyecto y la elaboración de presupuestos y planificación de obra.

La elaboración de planos en la asignatura responde a una metodología por competencias y áreas de conocimiento especializado, que integran todas estas variables en un objeto de estudio y son contenidos que un arquitecto debe conocer, estas competencias se obtienen de los resultados de aprendizaje de las diferentes asignaturas del eje técnico dictadas a lo largo de la Carrera de Arquitectura; sin este conocimiento previo no es posible que el estudiante llegue a una definición constructiva detallada y que le sirva para su vida profesional.

En este sentido se busca que el estudiante entienda el proceso y sistema constructivo desde el dibujo técnico normado, lo que provoca que la clase funcione como un taller práctico con una alta exigencia para lograr los resultados esperados. Cabe mencionar que las herramientas digitales hacen posible el desarrollo y la elaboración de este tipo de planos, el AutoCAD reduce el error y acelera los tiempos empleados para el dibujo de planos, mientras que el Sketchup permite obtener axonometrías de alto detalle; sin estas herramientas se tendría que hacer a mano, lo que demandaría demasiado tiempo.

### **La tecnología y la aplicación en la elaboración de planos constructivos**

Las Arquitectas Giovanna Acampa, Isabel Crespo y Giorgia Marino en su artículo: Representación del dibujo frente a Simulación de los sistemas Bim. Oportunidad o amenaza para la arquitectura, mencionan lo siguiente: “El dibujo ha tenido un papel de representación para la comunicación del proyecto, entre el arquitecto y otros agentes, o del arquitecto consigo mismo, en el proceso de ideación creativa. Por su parte, los modelos 3D, ya sean materiales o digitales, han ampliado los recursos para esa ideación. Los medios digitales permiten la simulación de la realidad de manera virtual donde se puedan comprobar las decisiones de proyecto sin necesidad de modelos físicos a escala. Además, los avances informáticos han ampliado la capacidad de cálculo hasta el punto de que la simulación virtual ha llegado a recrear la realidad existente, proyectada o reconstruida de la arquitectura. La confrontación entre dibujo o representación de una realidad y simulación de esa realidad debe establecerse, analizarse y resolver el dilema de qué papel tiene cada uno para convertir lo que pueda parecer una amenaza en un avance positivo.” (Acampa & Crespo Cabillo, 2019).

Desde la práctica docente se puede detectar que las herramientas digitales se pueden convertir en una seria amenaza para el entendimiento del espacio por parte del estudiante y como consecuencia su representación bidimensional y elaboración de planos; esto se evidencia en los niveles académicos más bajos donde los estudiantes por comodidad y rapidez obtienen las planimetrías de los softwares paramétricos, sin realizar una revisión de esta información y la presentan con errores, esto se da por el desconocimiento de la herramienta y la falta de criterios y conocimientos adecuados para su representación.

Sin embargo, no es que esté mal usar las herramientas digitales para estos propósitos, pero se debe determinar en qué momento del aprendizaje es oportuno. Es necesario que el estudiante desarrolle los criterios adecuados que le permitan obtener la información pertinente, resulta

necesario incorporar los sistemas de información digital a la malla académica de la carrera de arquitectura en las diferentes facultades del país, pero de manera integrada con el resto de contenido. En la actualidad se enseña el manejo de softwares como REVIT y ARCHICAD, pero sin mayor control y aplicación correcta en los procesos de aprendizaje. Además, el uso de la herramienta debe ser dirigido desde las asignaturas del eje gráfico para que la herramienta no interfiera en el desarrollo creativo y propositivo, ese trabajo de procesar las ideas a través de los dibujos, sean planos o volumetrías, es un ejercicio de síntesis y comunicación normada. Hay que recordar que la expresión gráfica de la técnica constructiva es una abstracción de objetos planificados o construidos. En la representación gráfica de estos elementos hay que entender que existen varios niveles de abstracción que son difíciles de entender para un estudiante, y el dibujo por ordenador puede ser más abstracto aún.

### ***El Proyecto Técnico***

La elaboración de planos constructivos requiere de una dedicación al detalle, los sistemas de representación y el aprendizaje están dados por las competencias y el perfil de arquitecto que forma la Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil de la Universidad internacional SEK, para esto se emplean los resultados de aprendizaje de las asignaturas del eje técnico.

Como se explicó anteriormente, las competencias de un profesional de la arquitectura están determinadas por la ley local y por las normas internacionales, por lo tanto, los resultados de aprendizaje están en correspondencia a las mencionadas competencias. Para el desarrollo del curso se identifican en primera instancia las competencias y el ámbito laboral en el cual el arquitecto debe desenvolverse.

El desarrollo y planificación del curso consta de tres momentos:

- Selección de las competencias y resultados de aprendizaje generales adoptados en la malla curricular vigente de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil, correspondientes a las asignaturas del eje técnico.

- Definición de competencias y resultados de aprendizaje específicos relacionadas a las asignaturas del eje gráfico.

-Establecer una estrategia pedagógica a través de la elaboración de trabajos ejemplares desarrollados por los mismos estudiantes de la facultad, demostrando la habilidad en el dibujo y los conocimientos específicos de cada sistema constructivo; para demostrar cada una de las competencias obtenidas por los estudiantes.

## **Desarrollo y estrategias del curso**

### ***Objetivo del curso dentro de la carrera de arquitectura***

Solucionar las particularidades constructivas que se presentan en el desarrollo del proyecto arquitectónico, mediante la aplicación de principios tecnológicos, elaboración de planos técnicos y especificaciones y detalles requeridos en la construcción, para que la ejecución de obra se cumpla con lo planificado y se reduzcan los errores en obra.

### ***Competencias y resultados de aprendizaje generales del eje técnico***

Analizados los resultados de aprendizaje adoptados en los sílabos de las asignaturas del eje técnico y adoptados en la metodología de cada curso, se evidencia que el lenguaje técnico constructivo aporta una serie de competencias muy importantes a la formación del profesional y contribuye al aprendizaje de las habilidades gráficas y de diseño. Los siguientes son los resultados más relevantes para el desarrollo del curso y el sílabo de la asignatura. Este aprendizaje obtenido por los estudiantes en los cursos previos es indispensable para el desarrollo del curso. Se tomaron en cuenta las siguientes asignaturas: Construcciones I, Construcciones II, Construcciones III, Construcciones IV, Estática I, Estática II, Estructuras I, Estructuras II, Instalaciones y Topografía aplicada.

El curso requiere de la articulación de las competencias adquiridas en los cursos previos para la elaboración de los denominados planos ejecutables, el alumno deberá emplear su criterio y conocimientos para evaluar el sistema constructivo y cuál es la mejor estrategia de representación gráfica. Los resultados de aprendizaje a emplear son los siguientes:

- *Diferencia los materiales de construcción por sus propiedades físico-mecánicas aplicables a la construcción.*
  - *Representa y documenta la forma constructiva de edificaciones de los diversos sistemas constructivos; siguiendo la lógica, normativa y principios constructivos asociados al material.*
  - *Analiza la topografía modificada de un terreno mediante procedimientos gráficos y geométricos, para la implantación de las plataformas que se utilizarán en proyectos arquitectónicos.*
  - *Aplica normativa y principios de la construcción de obras en la documentación e información de operaciones constructivas en el terreno a través de memorias técnicas.*
  - *Relaciona la información técnica de un proyecto constructivo con la ejecución en obra.*
  - *Identifica los sistemas constructivos y estructurales más adecuados para resolver la propuesta arquitectónica.*
  - *Elabora una propuesta tecnológica, utilizando los criterios y procesos arquitectónicos y elaborar láminas técnicas y constructivas detallando cada elemento constructivo.*
  - *Realiza mediciones y cálculos, selección de los materiales y componentes que se deben utilizar en las instalaciones eléctricas y sanitarias en base a la normativa vigente y las normas de seguridad.*
  - *Caracteriza conceptos básicos de acondicionamiento del objeto arquitectónico, con la finalidad que sean confortables y seguros.*
  - *Determina el predimensionamiento del hormigón y el acero de refuerzo en muros de contención y depósitos soterrados.*
  - *Determina el predimensionamiento de elementos estructurales de acero y hormigón armado.*
  - *Determina cantidades de obra y especificaciones de los rubros a utilizar en el proyecto de construcción; organizados en subestructura y superestructura.*
- Analiza los tipos de costos involucrados en un proyecto de construcción.*



**Definición de competencias y resultados de aprendizaje específicos relacionadas a las asignaturas del eje gráfico.**

El eje gráfico aporta competencias básicas en el sistema de representación de planos, las asignaturas introducen al estudiante a la carrera y dotan de habilidades manuales y digitales que son demandadas por los estudios de arquitectura, el manejo correcto del lenguaje y la norma del dibujo técnico representa la primera oportunidad de trabajar en la industria de la construcción. Las asignaturas que contribuyen a la elaboración de los planos ejecutables son: Dibujo Natural, Representación Arquitectónica I, Representación Arquitectónica II, Geometría Descriptiva.

Estas competencias requieren de la articulación del conocimiento por parte del estudiante para demostrar las siguientes capacidades:

- Entender y emplear lógicas geométricas de la representación del espacio: perspectiva, proporción, punto(s) y líneas de fuga, escala y profundidad.*
- Reconocer el dibujo como práctica necesaria al mejor entendimiento del espacio y análisis de espacios cotidianos y/o arquitectónicos.*
- Utilizar instrumentos de dibujo manual para la creación de representaciones técnicas de formas arquitectónicas.*
- Aplicar los principios básicos del sistema diédrico en la creación de vistas arquitectónicas a nivel de anteproyecto.*
- Aplicar las reglas del dibujo normado en la construcción de planos técnicos a nivel de anteproyecto.*
- Relacionar los elementos espaciales que se producen entre la unión de puntos, las rectas y planos dentro del sistema de doble proyección ortogonal.*
- Analizar elementos geométricos básicos dentro del sistema de proyección acotado, representando intersecciones de cubiertas e implantación de superficies sobre planos topográficos.*
- Representar de forma gráfica volúmenes básicos e interceptados con plano a mano y en computador.*

Los resultados de aprendizaje del eje, proporcionan al estudiante la capacidad de resolver problemas de representación y resolución constructiva aplicando la geometría descriptiva para abstraer las formas tridimensionales en objetos planimétricos con un lenguaje técnico claro y preciso, esta capacidad de expresión en 2 y 3 dimensiones requiere de la geometría, José Manuel Pozo Municio, en su libro: *“Geometría para la arquitectura: concepto y práctica”* indica lo siguiente: *“Para llegar a ejercer un control formal sobre los espacios de la arquitectura y profundizar en su representación y análisis, se necesita dominar los recursos gráficos.”* (Pozo Municio, 2002),

La representación arquitectónica depende en gran medida de que el estudiante relacione la coherencia que debe tener el objeto en tres dimensiones con su representación bidimensional.

La geometría es una asignatura muy técnica que no solo sirve para dibujar de manera correcta los objetos, además está ligada a las matemáticas y cálculos trigonométricos; a partir de este análisis gráfico y matemático se pueden obtener simulaciones y pre dimensiones de los objetos a construirse, cualquier resolución geométrica por simple que aparente tiene variadas respuestas y posibilidades de exploración y experimentación, ambos ámbitos nos determinan si el proyecto planificado se puede construir o no.

Ronny Gamboa y Esteban Ballesteros en su artículo: *“Algunas reflexiones sobre la didáctica de la geometría”* mencionan lo siguiente: *“el conocimiento geométrico provee de recursos lógicos al estudiante que le permite hacer justificaciones, pruebas o validaciones con mayor rigor matemático, que pueden ser aprovechadas cuando desee realizar este mismo tipo de conjeturas en otras áreas de las matemáticas.”* (Gamboa Araya & Ballesteros Alfaro, 2009)

El estudio de los sistemas constructivos necesita de esta relación entre la geometría, el dibujo técnico y la matemática; la exploración, el cálculo y la definición de la estructura en gran medida dependerán de que el estudiante articule los conocimientos,+ de tal forma que obtenga una resolución coherente y demostrable.

**Desarrollo y soluciones constructivas elaboradas por los estudiantes, aplicando las competencias adquiridas.**

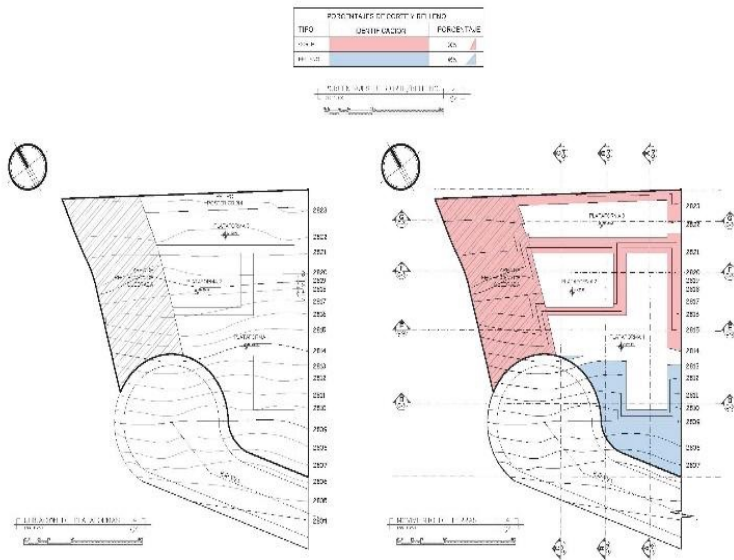
Para la resolución técnica del proyecto arquitectónico, el curso establece ciertos requerimientos que incentivan en el estudiante la investigación y la propuesta creativa. Para esto se pide al estudiante que seleccione un proyecto arquitectónico que tenga una complejidad estructural y constructiva alta, con la finalidad de que puedan aplicar las soluciones técnicas aprendidas con antelación.

Se sigue el mismo orden lógico y sistemático de la ejecución de obra. Aunque parecería lógico seguir esta secuencia constructiva, los estudiantes tienden a confundir los pasos y mezclar las actividades y contenidos.

**Figura 3.** Planta de plataformas y movimiento de tierras.

Fuente: Asignatura Proyecto Técnico II, alumno elaboración: Diego Bermeo

A continuación, se presentan trabajos realizados por los estudiantes que han cursado la asignatura Proyecto Técnico II, los contenidos técnicos responden a la elaboración paso a paso de las fases constructivas divididas en subestructura y súper estructura.

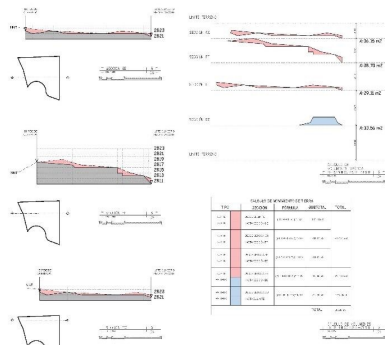


**Diseño y resolución de plataforma en un terreno con pendiente pronunciada.**

El contenido de este trabajo contiene el plano y los cortes de la topografía modificada, el diseño de la plataforma y la conformación de terraplenes y taludes. Se evidencia la manipulación del terreno modificando las curvas de nivel y la conformación de los taludes en los cortes.

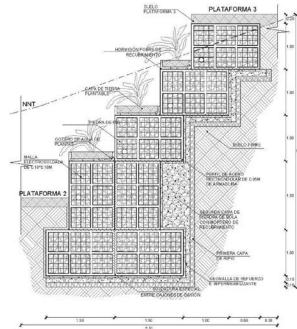
**Figura 4.** Cortes terreno, conformación de taludes y terraplenes.

Fuente: Asignatura Proyecto Técnico II, alumno elaboración Diego Bermeo



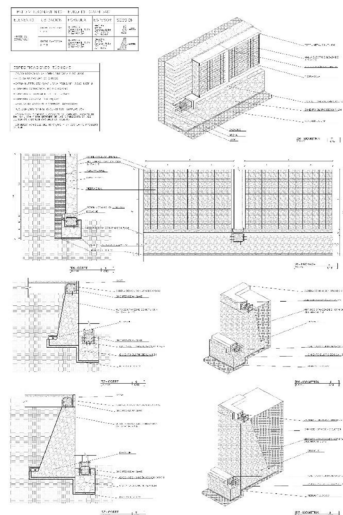
**Figura 5.** Cortes constructivos de un muro de gaviones con jardinera.

Fuente: Asignatura Proyecto Técnico II, elaboración: alumno Diego Bermeo.



**Figura 6.** Cortes constructivos de un muro de gravedad en hormigón ciclópeo.

Fuente: Asignatura Proyecto Técnico II, elaboración: alumna Estefanía Pérez.



### **Diseño y resolución de un sistema de muros de contención considerando la cimentación**

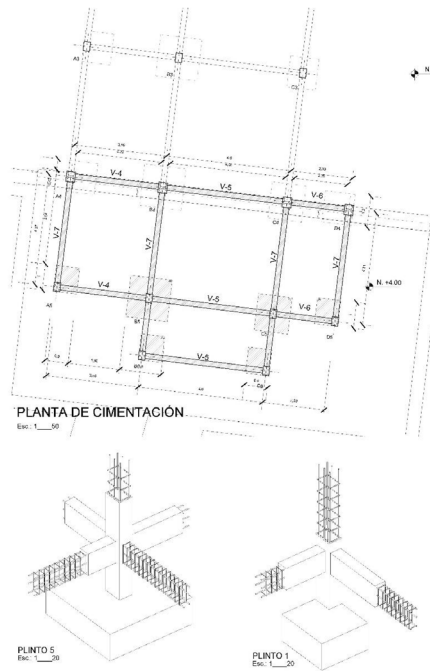
El contenido de este trabajo incluye la resolución técnica y las especificaciones necesarias para la construcción de muros de contención, su ubicación, relación con la cimentación, el material y las juntas de construcción; requeridos para la ejecución en obra. La representación incluye llamados a detalle en planta corte y axonometrías. Se presentan dos ejemplos:

### **Diseño y resolución de un sistema de cimentación.**

El contenido de este trabajo incluye la resolución técnica y las especificaciones necesarias para la construcción de un sistema de cimentación con zapatas aisladas de hormigón armado, los planos incluyen detalles constructivos en planta, corte y axonometrías. Demuestra el sistema constructivo empleado y el uso del material.

Se nota el armado de las varillas de refuerzo y el predimensionado de los elementos.

**Figura 7.** Planta de cimentación y axonometrías de zapatas aisladas. Fuente: Asignatura Proyecto Técnico II, elaboración: alumno Efrie Valarezo

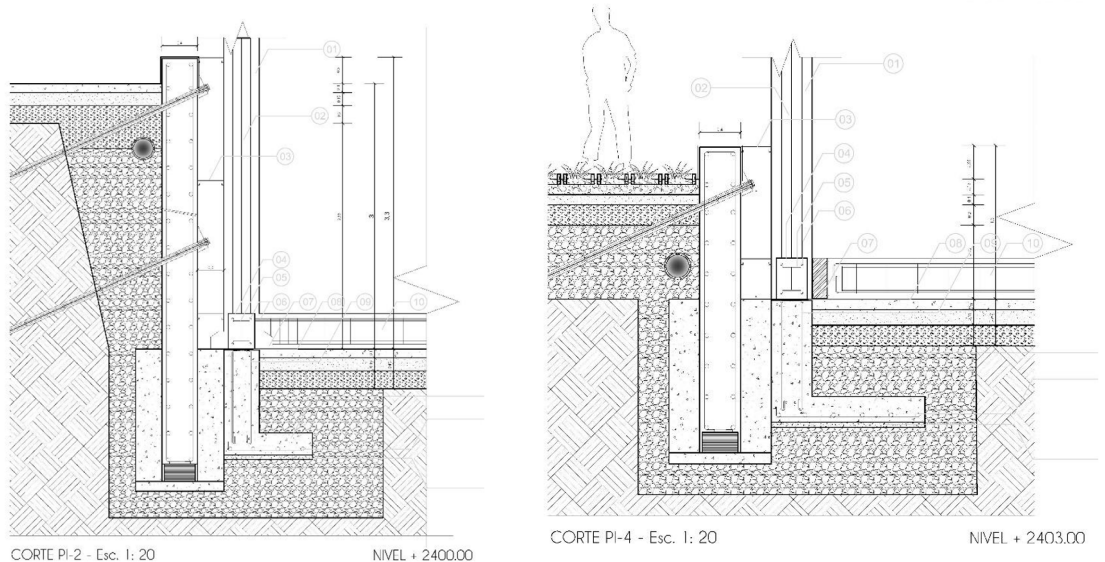


### Diseño de columnas y resolución de la junta constructiva con la cimentación

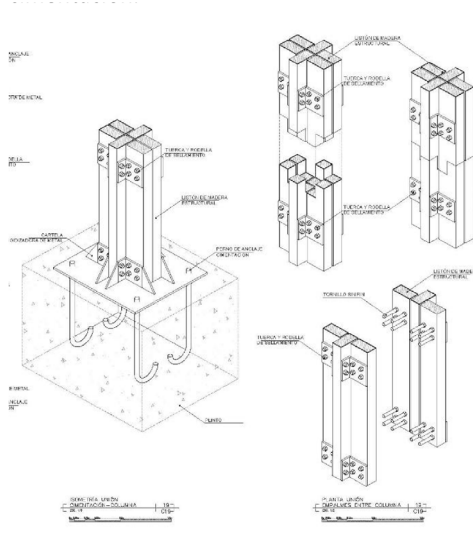
El contenido de este trabajo incluye la resolución técnica y las especificaciones necesarias para la construcción de un sistema de columnas en sistema constructivo de madera laminada, el plano presenta la solución en planta, corte y axonometría, del despiece y armado de las placas y pletinas metálica necesarias para la unión con la cimentación.

**Figura 8.** Resolución en corte de un muro de contención y una zapata medianera.

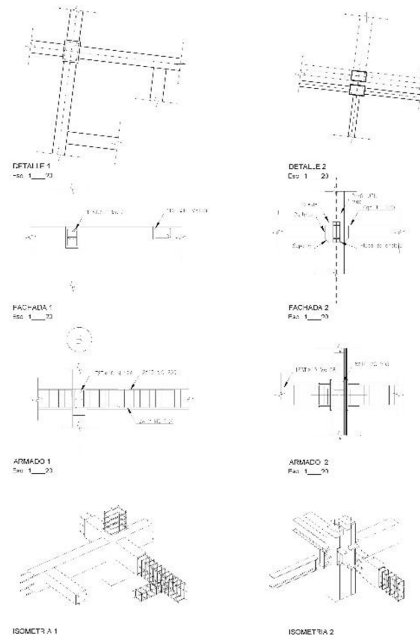
Fuente: Asignatura Proyecto Técnico II, elaboración: alumno Marcos Rubio



**Figura 9.** Junta constructiva entre columna de madera y cimentación de hormigón armado. Fuente: Asignatura Proyecto Técnico II, elaboración: alumno Diego Bermeo.



**Figura 10.** Junta constructiva entre columna de madera y cimentación de hormigón armado, Fuente: Asignatura Proyecto Técnico II, elaboración: alumno Diego Bermeo.



### **Diseño de vigas, y la resolución de la junta constructiva con las columnas.**

El contenido de este trabajo incluye la resolución técnica y las especificaciones necesarias para la construcción de un sistema de vigas metálicas tipo IPE, el entramado para sujetar la losa se realiza perfiles estructurales metálicos tipo C+ que funcionan como correas y sujetan la placa colaborante, que se fija con una loseta de hormigón reforzada con malla electrosoldada.

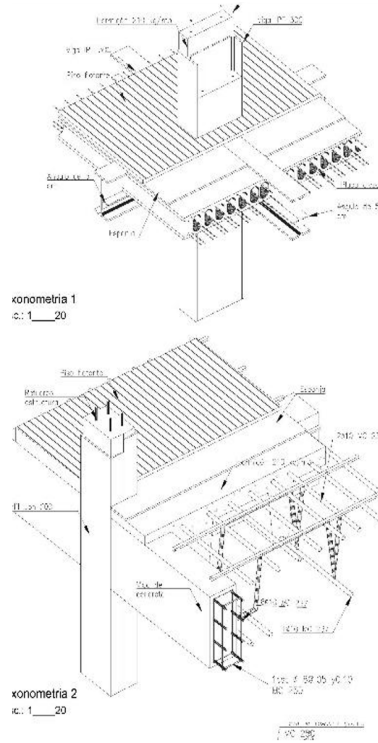
### **Diseño losas, forjado y/o placas y la resolución de la junta constructiva con las vigas y columnas.**

El contenido de este trabajo incluye la resolución técnica y las especificaciones necesarias para la construcción de forjado, también conocido como steel deck, este sistema está compuesto por chapas metálicas que sirve como encofrado, es un sistema mixto de láminas de acero combinadas estructuralmente con el hormigón armado. El trabajo indica detalles en planta, corte y axonometría, las piezas a emplearse y su unión con la vigas y correas.

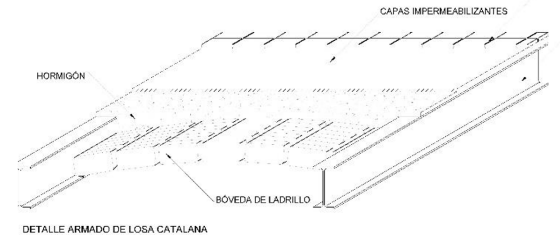
### **Diseño de cubierta inclinada, resolución de la junta constructiva entre columnas y vigas, sistema de entramado de correas**

El contenido de este trabajo incluye la resolución técnica y las especificaciones nece-

**Figura 11.** Junta constructiva entre forjado y vigas, Fuente: Asignatura Proyecto Técnico II, elaboración: alumno Marcos Rubio

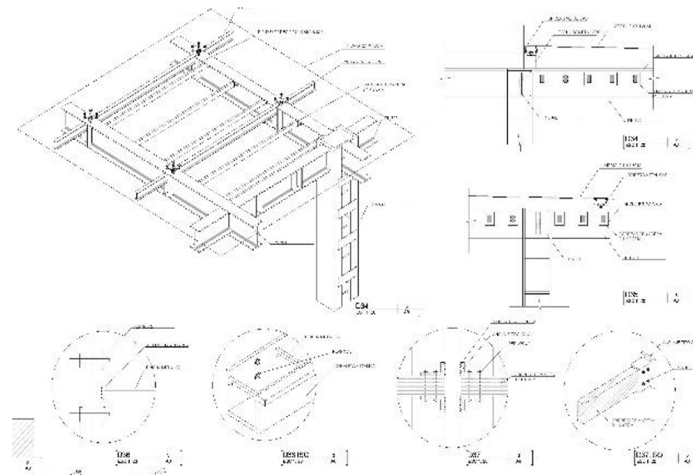


sarías para la construcción de junta cubierta metálica, la cubierta es el cierre de la superestructura y es la que protege a la edificación, para la construcción, el trabajo presenta el armado y las partes que conforman a la cubierta.



**Figura 12.** Módulo de losa tipo catalana y vigas IPE, Fuente: Asignatura Proyecto Técnico II, elaboración: alumno Juan José Torres.

**Figura 13.** Cubierta metálica, Fuente: Asignatura Proyecto Técnico II, elaboración: alumno Juan José Torres.



## Conclusión

El lenguaje técnico constructivo requiere de un conocimiento solvente desde la expresión gráfica, el dominio de las especificaciones técnicas y las características del material. El proceso para la elaboración de los planos ejecutables se caracteriza por ser claro y preciso, debe emplear un lenguaje inequívoco y ordenado, siguiendo la secuencia lógica de las fases constructivas, un lenguaje que prevalecen los gráficos y que son los que posibilitan la construcción del proyecto arquitectónico sin interpretaciones de parte de obreros y técnicos a cargo de la obra, la industria AEC, requiere de procedimientos y documentos que manejen características similares que facilitan su intercambio y relacionarse con las otras áreas que intervienen en la construcción.

Durante el desarrollo de este curso se ha profundizado en las técnicas convencionales y tecnologías incorporadas a los sistemas constructivos. Se logró integrar en una asignatura las competencias y resultados de aprendizaje que se adquieren a lo largo de la carrera, empleando diferentes ejemplos y modelos arquitectónicos, los que fueron sometidos a diferentes soluciones técnicas.

En lo que respecta a las competencias gráfica y técnicas se demostró que este conocimiento es un insumo muy importante en el planteamiento y diseño de los proyectos arquitectónicos. En la Facultad, estas estrategias pedagógicas han servido para demostrar a los estudiantes lo necesario que resulta analizar la arquitectura desde la técnica constructiva. Este ciclo de conocimientos se cierra el rato que los contenidos incorporados en las asignaturas del eje técnico y gráfico son empelados de manera transversal en las asignaturas de diseño arquitectónico, además estas competencias pueden ser relacionados sin problemas con las asignaturas teóricas. El conocer la técnica desde la otra óptica cierra el ciclo de formación del arquitecto y se evidencia en el desarrollo integral del proyecto arquitectónico. La cátedra establece estrategias y métodos fáciles de seguir para el estudiante y su aplicación fue gradual durante los últimos semestres.



## Referencias

1. Acampa, G., & Crespo Cabillo, I. (febrero de 2019). Representación del dibujo frente a la simulación de los sistemas BIM. Barcelona, España: ACE: Architecture, City and Environment.
2. Asamblea Nacional. (04 de agosto de 2008). Ley de Ejercicio Profesional de los Arquitectos. *Decreto Supremo 1298, Registro oficial 708 de 24-dic.-1974*. Ecuador.
3. Asamblea Nacional. (13 de Julio de 2009). Reglamento a la Ley de Ejercicio Profesional de la Arquitectura. *Decreto ejecutivo 468, Registro Oficial 117 de 27-ene.-1997*. Ecuador.
4. Pérez Andreu, V. (1999). *Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación*. Obtenido de [https://previa.uclm.es/profesorado/vperez/EGAE/Temario/APUNTES.htm#desarrollo\\_temas](https://previa.uclm.es/profesorado/vperez/EGAE/Temario/APUNTES.htm#desarrollo_temas)
5. Pozo Municio, J. M. (2002). *Geometría para la arquitectura: concepto y práctica*. Pamplona: Escuela Superior de Arquitectura, Universidad de Navarra.
6. Sainz Avia, J. (1990). *El Dibujo en Arquitectura*. Madrid: Editorial Nerea.

2

PERSPECTIVAS  
TECNOLÓGICAS

## Capítulo 6

# OPTIMIZACIÓN DE ESTRUCTURAS PARAMÉTRICAS DE ACERO MEDIANTE ALGORITMOS GENÉTICOS EVOLUTIVOS

Autores:

**Marcelo Otáñez Gómez<sup>1</sup>**

**Bryan Esteban Landeta Iza<sup>2</sup>**

## Introducción

Para introducir el concepto de algoritmos genéticos evolutivos es necesario citar a Charles Darwin en su frase: “No es la más fuerte de las especies la que sobrevive, ni la más inteligente, sino la que más se adapta al cambio”. Todo el concepto de los Algoritmos Genéticos se basa en esta cita.

Los Algoritmos Genéticos son una técnica de optimización inspirada en la búsqueda basada en el principio de la selección natural de Darwin. Se trata de una novedosa técnica de Inteligencia Artificial introducida en la década de 1970. Teniendo la capacidad de resolver preguntas que no pueden ser resueltas con otras técnicas como las Redes Neuronales Artificiales. Los Algoritmos Genéticos son algoritmos basados en búsquedas basadas en los conceptos biológicos de selección natural y genética. Los Algoritmos Genéticos son un subconjunto de una rama mucho más profunda de la computación conocida como Computación Evolutiva.

En los Algoritmos Genéticos se tiene una reserva o una población de posibles soluciones a un problema dado. Estas soluciones se someten entonces a algunas operaciones genéticas, produciendo nuevos hijos y el proceso se repite a lo largo de varias generaciones. A cada individuo o solución candidata se le asigna un valor de aptitud basado en un valor de función de evaluación y a los individuos más aptos se les da una mayor oportunidad de aparearse y producir más individuos más aptos. Esto en línea con la teoría Darwiniana de la “supervivencia de los más fuertes”. De esta manera siguen evolucionando mejores individuos o soluciones a lo largo de generaciones, hasta que llegamos a un criterio de terminación.

<sup>1</sup> Marcelo Otáñez  
Universidad Internacional  
SEK-Ecuador, hugo.otanez@  
uisek.edu.ec

<sup>2</sup> Bryan Esteban Landeta Iza  
(blandeta.arq@uisek.edu.ec)

En la rama de la construcción, las constructoras se ven en la necesidad de adoptar estructuras de la forma más óptima posible, esto debido al continuo desarrollo de la ciencia y la técnica en el campo ingenieril, que ha demandado que se modelen los proyectos de una mejor manera, para ofrecer mejores resultados y que se presenten más rápido, con el fin de reducir el peso y encontrar una estructuración óptima. En Ecuador es necesario introducir y desarrollar métodos de investigación que puedan mejorar y perfeccionar los métodos de trabajos existentes y su calidad en el tema de optimización estructural.

Existen diversos programas de análisis estructural y diseño que permiten modelar, analizar y diseñar las estructuras, pero no dan la facilidad de modificar parámetros para realizar cambios con mayor rapidez y que permitan optimizar la estructura en el mismo entorno de trabajo. Al modelar las estructuras de forma paramétrica, permiten crear modelos adaptables a las variaciones en los valores de cada parámetro previamente impuestos, con la finalidad de poder comparar diversos cambios que se producen a lo largo del diseño de la estructura.

Landeta Iza & Otáñez Gómez (2021), Determinan:

“La optimización mediante algoritmos genéticos evolutivos para el caso de estudio (optimización por tamaño y optimización topológica), al aplicar esta metodología en una cercha se obtuvo un ahorro de 37,11% del peso, para luego ser comprobado mediante programas tradicionales de prueba y error, que demuestran la eficiencia del algoritmo programado” (p.2)

## **Diseño Paramétrico**

El diseño paramétrico se encarga de relacionar los parámetros de varios objetos de manera que el diseño sea asociativo y no explícito. Como lo expresan Burry & Murray, (1997), vincula esos parámetros de varios objetos de manera que el diseño es asociativo y no explícito. Es decir, al dibujar dos formas, un círculo y cuadrado en un papel, se puede borrar y volver a dibujar y va a cambiar sus parámetros, pero sin afectar a la otra figura, esto se lo conoce como diseño explícito. Pero el diseño asociativo une estas dos formas, por lo cual, si se cambia la ubicación de una forma, la otra también cambiará inmediatamente. El diseño paramétrico es una representación, una modelación en función a diferentes parámetros, un proceso que detalla una problemática utilizando diferentes variables o parámetros. Para definir estas variables se introducen algoritmos en un software especializado, y al cambiar las variables se producen una secuencia de diferentes soluciones.

El autor Davis, (2013) lo define como una serie de ecuaciones que representan una geometría explícita a través de funciones definidas por los parámetros, llegando a dinamizar el proceso de creación del modelo y su subrevisión, que permite la flexibilidad ante cambios en cualquier etapa del diseño.

Todos los autores concuerdan en que es un método que permite generar diferentes formas, las cuales parten de un conjunto de elementos como son parámetros, funciones, relaciones geométricas, etc. Humeres, (2013) indica que : “Uno de los objetivos principales es que se pueden producir modelos que sean ajustables ante los cambios en los valores de cada parámetro que se le imponen, produciendo más de un resultado en el mismo desarrollo del diseño”(p.39). Tiene la capacidad de restablecer inmediatamente un número ilimitado de diseños, cambiar el valor de un parámetro, da como resultado una nueva solución, delimitar los factibles valores de un parámetro delimita el número posible de soluciones. Además, estos se pueden utilizar en combinación con componentes de análisis y optimización para construir un entorno de diseño integrado.

**Figura 1.** Diseño paramétrico de Petropol Parasol (Sevilla)<sup>1</sup>

1 Obra de J. Mayer Arquitectos construida el 2011, tiene un ancho de 75m y una longitud de 150m , considerada una de las mayores y más innovadoras estructuras de madera de nuestro tiempo



## Optimización Estructural

La optimización estructural se basa en las distribuciones de esfuerzo en una estructura, en palabras de Cerrolaza & Annicchiarico, (1996) “donde demanda adaptar a un problema la resolución que cumpla con los diversos límites que se le imponen acorde a un criterio como es minimizar peso, el costo, facilidad de construcción, etc.” (p.58). Sin embargo, según Wang & Hsu, (2010) “el desarrollo de los diversos métodos de optimización asistidos por computadora es reciente, y tuvo su auge en la segunda década del anterior siglo, junto con el progreso de la ingeniería artificial y la informática aplicada” (p.45).

La optimización estructural se fundamenta en restringir el diseño de un sistema estructural para que se llegue a un resultado óptimo que además de soportar las cargas impuestas, se ajuste a los criterios que el diseñador propone. Es muy importante en cualquier problema de optimización estructural definir las cargas del sistema estructural que se va a evaluar, la cual será como punto de partida para un diseño óptimo. Una vez con sus cargas se manejará con diversos parámetros que definirán lo que se quiere llegar a optimizar, las cuales serán diferentes dependiendo del elemento a optimizar.

Matemáticamente tiene como objetivo minimizar o maximizar una o más variables restringidas. Por lo tanto, el proceso de optimización se puede expresar como:

**Ecuación 1.** Ecuación General de Optimización

$$\min x (f(x))$$

$$\text{s.a. } g(x) \leq 0$$

$$h(x) = 0$$

Donde la variable  $x$  pertenece al dominio de Diseño  $D$ ,  $f(x)$  es la función objetivo que se quiere lograr,  $g(x)$  pertenece a las restricciones de desigualdad y  $h(x)$  a las de igualdad. La optimización parte de un proceso que se itera dependiendo de la función objetivo y las diferentes restricciones necesarias a evaluarse para lograr una óptima solución. Existen diversas técnicas que se usan para determinar una óptima solución a partir de variables de diseño y criterios de optimización. Los métodos que se basan en programación matemática y los métodos heurísticos que se basan en las técnicas de evolución.

## Criterios de optimización

Según Vergel (2018), expresa que es importante tener una decisión centrada en lo que se quiere optimizar para así maximizar o minimizar algo determinado. Lo sustancial al optimizar una estructura es la alternativa del criterio de optimización, ya que dependerá directamente del criterio que le demos para un lograr un resultado óptimo, tomando en cuenta la parte económica, durabilidad, estabilidad y resistencia, etc.

- Económico: Abordar un valor mínimo en el costo total de la edificación de la estructura donde incluyen materiales, transporte, mano de obra, etc.
- Estabilidad: Seguridad al no sobrepasar los límites producto de las cargas que actúan en la estructura, resistir cualquier acción que se pueda presentar durante su vida útil.
- Durabilidad: Brindar la protección adecuada ante agentes externos que no debiliten el estado de la estructura.
- Efectividad: Todas las estructuras deben ejecutar las funciones para las cuales fueron creadas.

El mejor diseño implica determinar los valores de los parámetros variables de los elementos a diseñar, dónde corresponden a valores extremos (máximo o mínimo).

## Algoritmos Evolutivos

Respecto a los *Algoritmos Evolutivos*, tienen como principal función la optimización. La diferencia entre los algoritmos tradicionales y los algoritmos evolutivos es que los algoritmos evolutivos son dinámicos y, por lo tanto, pueden evolucionar con el tiempo y pueden utilizarse eficazmente para representar información que cambia con frecuencia.

Según Marczyk (2004) los algoritmos evolutivos tienen tres características principales:



Basado en la población: los algoritmos evolutivos tienen por objeto optimizar un proceso en el que el conjunto actual de soluciones es malo o no óptimo para generar nuevas, mejores u óptimas soluciones. El conjunto de soluciones actuales a las que aquí se hace referencia se denomina población.

Orientado al fitness: existe un valor de fitness o aptitud asociado a cada solución individual que se calcula a partir de una función de fitness. Este valor de fitness refleja hasta qué punto la solución es buena.

Función de la variación: si no hay una solución aceptable en la población actual de acuerdo con la función de fitness calculada a partir de cada individuo, se debe hacer una adaptación para generar nuevas y mejores soluciones. Como resultado, las soluciones individuales sufrirán una serie de variaciones, simplemente iteraciones para generar nuevas soluciones. (párr. 16)

### **Herramienta de Optimización Estructural Galápagos**

El uso de *Rhino* y *Grasshopper* sugirió una opción de optimización natural. Galápagos es el optimizador que trabaja con algoritmos genéticos en el mismo entorno de *Grasshopper*. La cual exige que el usuario defina la cantidad de generaciones y fitness para obtener el óptimo individuo luego de una secuencia de cruces y mutaciones.

Lagos (2012), la describe como una herramienta de optimización que explora el conjunto de soluciones definido por un problema de diseño estructural que además produce gráficos visuales del proceso de optimización.

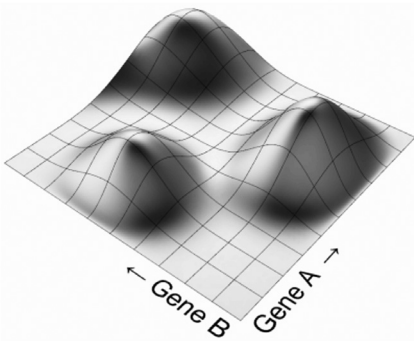
Galápagos es un solucionador evolutivo, que encuentra un resultado a un problema manifestado de manera matemática, donde tal problema debe tener una función objetivo o a su vez definidas bien las variables, es capaz de realizar optimización genética y recocido simulado. Específicamente, la técnica de optimización genética emplea un algoritmo evolutivo.

Almaraz (2015) indica que: “Una vez definida la función de aptitud, se le asignan diversos parámetros al solucionador evolutivo, donde Galápagos juzga la calidad relativa de la solución que se está considerando.” (p.22)

## Algoritmo Genético en Galápagos

**Figura 3:** Fitness Landscape. Fuente : (Rutten's, 2010). Figura tomada de la herramienta Galápagos.

Rutten's, (2021) explica el proceso que tiene Galápagos en su blog, el cual lo describe de la siguiente manera: "Cada cuadro indica el estado de la población en un instante dado, estas imágenes simbolizan a individuos de una población que buscan la cima más alta de un Fitness Landscape de un modelo en particular." (párr. 5)

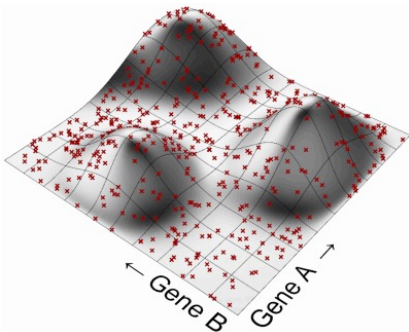


El modelo contiene dos variables que pueden cambiar en el transcurso del tiempo. Como antes mencionamos en los algoritmos genéticos nos referimos a las variables como genes. Es importante recalcar que las variables dependerán de su función objetivo. Para este caso es encontrar el pico más alto del paisaje.

El modelo se vuelve más apto o menos apto a medida que se cambia el gen A. Pero al tener el Gen B, para cada valor del gen A, este también puede variar combinándose y aportando al modelo individuos más aptos o menos aptos. Rutten's (2010) denota "Cada combinación de A y B da lugar a una aptitud particular, y esta aptitud se expresa como la altura del Paisaje de Aptitud" (párr. 12)

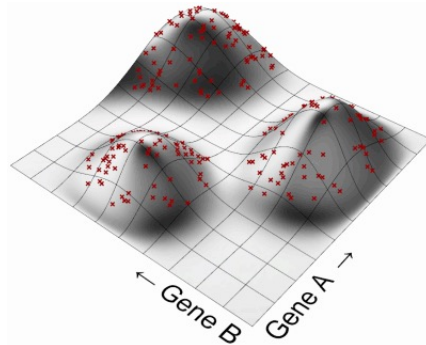
**Figura 4.** Superficie con sus individuos (Soluciones). Fuente: (Rutten's, 2010)

El algoritmo que se utiliza valora la adaptabilidad de todos y cada uno de los individuos elegidos que llenan la superficie del paisaje aleatoriamente, dándonos la siguiente distribución.

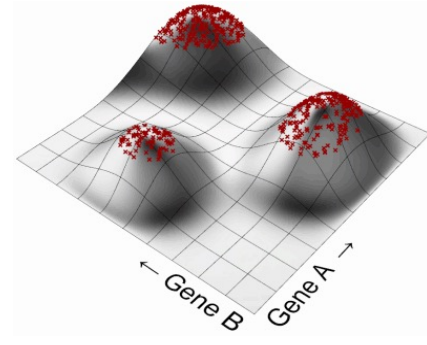


Los puntos rojos representan la distribución de cada individuo en el paisaje propuesto. Se muestra cuáles son más aptos o cuáles son los que se aproximan a las cimas, aún no es una solución final porque el objetivo es encontrar el punto más alto del paisaje. Galápagos realiza una jerarquía del más apto al más débil, para este caso se basa los que están más próximos a la cima son los más aptos y los que están más alejados son los más débiles. Por lo tanto se eliminan los de peor rendimiento y se centra en los restantes, el resultado se representa en la Figura 5 .

Rutten's (2010), "Ahora se obtiene una nueva población, que ya no es completamente aleatoria y que ya empieza a agruparse en torno a los tres picos de aptitud" (párr. 22). Se puede observar una mejor adaptabilidad de los individuos con el objetivo principal. El procedimiento se repite y elimina los individuos con peor aptitud y vuelve a crear los individuos con mejor aptitud hasta que se alcance el objetivo.



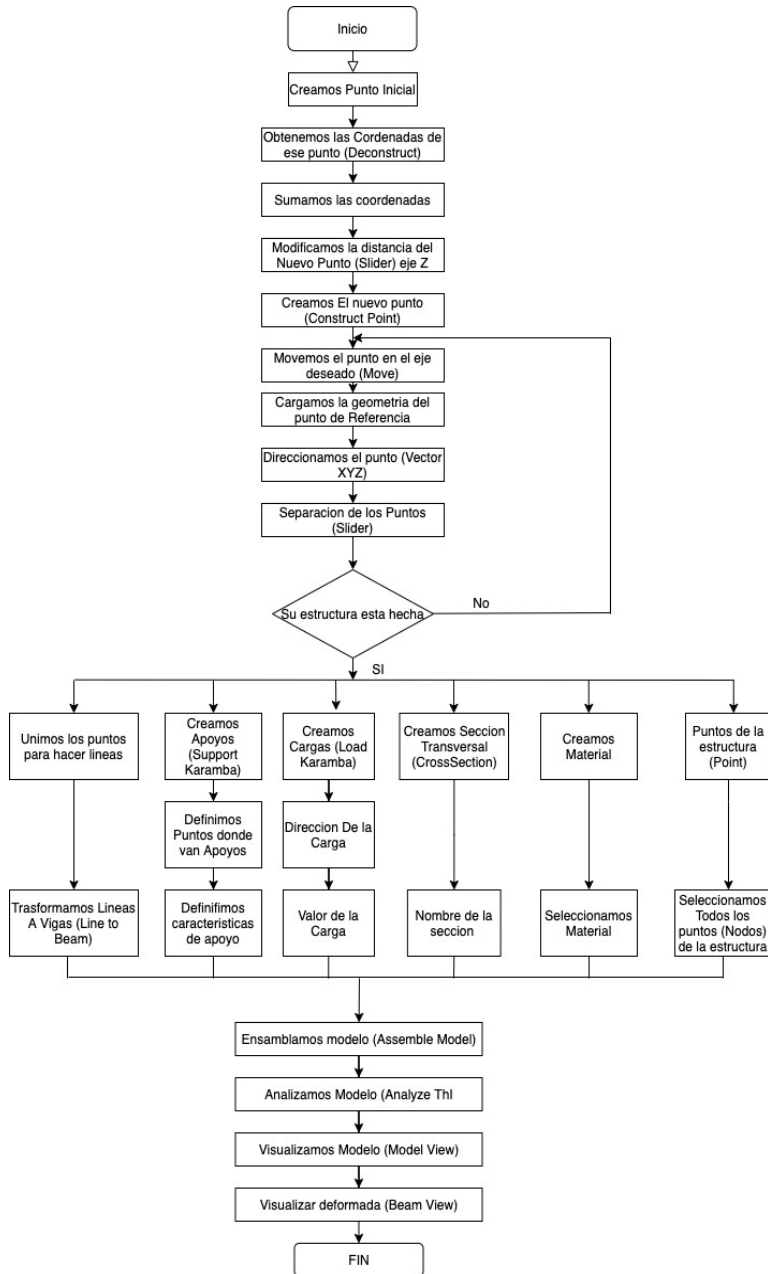
**Figura 5.** Selección de los individuos más aptos. Fuente : (Rutten's, 2010)



**Figura 6.** Nueva Generación de Individuos. Fuente : (Rutten's, 2010)

### Ejemplo de Modelación y Optimización de Estructuras Paramétricas de Acero Mediante Algoritmos Genéticos Evolutivos

La modelación paramétrica constituye una guía básica de cómo se logró la geometría de los cuatro tipos de estructura, este mini programa sirve como ayuda para el modelado de proyectos de cerchas en sus etapas iniciales, cuando aún existen cambios, lo cual permite mediante sus parámetros detallados, la fácil operatividad y automatización inmediata gracias a su análisis estructural integrado en el mismo entorno. Al variar parámetros se tiene una simulación estructural rápida más que otros programas tradicionales, y que sirve para la optimización, ya que los algoritmos genéticos se basan en las diferentes simulaciones, ya que itera hasta encontrar el objetivo que se le atribuye. Este programa sirve para los diferentes tipos de estructura programadas y, como el ejemplo demostrado servirá de forma similar al cambiar parámetros de acuerdo con el criterio ingenieril o como solicite el proyecto.



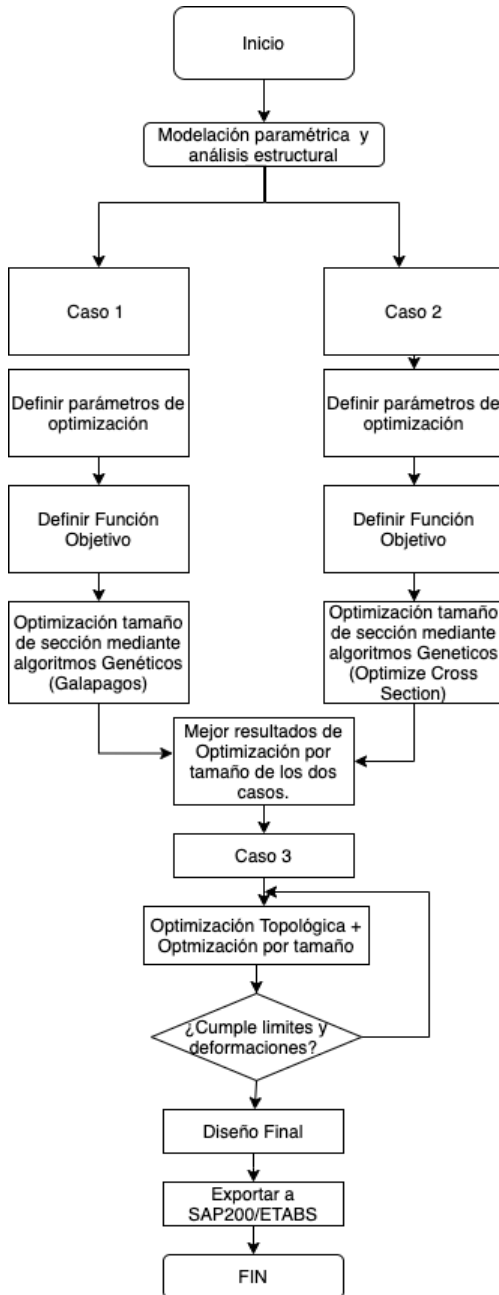
Para el estudio se definió el programa Rhinoceros3D con su complemento Grasshopper como funcionan, con la finalidad de realizar la programación gráfica de la estructura de los casos a realizarse. Los tres casos de estudio que se analizaron son:

1. Optimización estructural con algoritmo genético
2. Optimización de tamaño
3. Optimización topológica

Dentro de Grasshopper, una vez con el modelo estructural se obtiene el cálculo de tensiones sobre los diferentes elementos mediante el complemento Karamba3D, que se especializa en el análisis de modelos mediante elementos finitos antes detallados. Para la optimización de la cercha se utilizó el complemento de Karamba3D “Optimize Cross Section” y la optimización con algoritmos genéticos Galápagos; de esta forma se analizaron las ventajas que se tienen al optimizar de estas diferentes maneras. Como se puede apreciar en las figuras a continuación (7 y 8):

**Figura 7.** Diagrama de Flujo de modelación Paramétrica y Análisis Estructural

**Figura 8.** Diagrama de Flujo de optimización estructural



El primer caso de estudio de la cercha con cargas lineal a lo largo de las correas en sentido de la gravedad. Para la optimización se utilizó el algoritmo genético Galápagos. Al ser de objetivo simple este algoritmo se tuvieron que establecer componentes de programación en texto mediante el complemento Visual Basic, que permitió delimitar todas las restricciones como el desplazamiento, radios de utilización en un solo objetivo y que genere un resultado óptimo. En cuanto a los resultados obtenidos se obtuvo un menor peso, lo cual demuestra que al optimizar perfiles mediante algoritmos genéticos se tiene un resultado satisfactorio, esto dependió del catálogo de perfiles propuestos en el programa y radios de utilización propuestos a criterio ingenieril que no sobrepasen el 80% como se esperaba.

Para el segundo caso de estudio se utilizó el componente “Optimize Cross Section”. Para la optimización se utilizaron los mismos parámetros de diseño iniciales de la estructura, el resultado fue más rápido que el primer caso, obteniendo un menor peso y una reducción de perfiles mínima pero que influyen en conjunto.

Para el tercer caso de estudio se optimizó de forma topológica la estructura, aquí fue superior el resultado más que los dos casos anteriores, ya que además de reducir las secciones y el peso se eliminaron elementos como diagonales y montantes, y se redujo el desplazamiento, además los radios de utilización fueron más cercanos al 80% como se esperaba, sin descuidar los límites de desplazamiento.

**Tabla 1.** Comparativa de los resultados de los tres casos a analizar buscando la óptima solución

		Caso 1	Caso 2	Caso 3
		Galápagos	Optimize Cross Section	Galápagos + Optimize Cross Section
	Modelo Inicial	Optimización 1	Optimización 2	Optimización 3
Masa (T)	100,01	13,96	9,62	8,78
Desplazamiento (cm)	0,00354	2,23	3,73	3,18
Cordón Superior	IPE 600	IPE 160	IPE 180	IPE 220
Cordón Inferior	IPE 600	IPE 160	IPE 80	IPE 80
Diagonales	IPE 600	IPE 160	IPE 100	IPE 100
Montantes	IPE 600	IPE 160	IPE 80	IPE 80
Columnas	IPE 600	IPE 300	IPE 240	IPE 200
Correas	IPE 600	IPE 160	IPE 220	IPE 160
Arriostramientos	IPE 600	IPE 140	IPE 140	IPE 140
# De elementos	236	236	236	140

En comparación del modelo inicial con el caso 1 se obtuvo una reducción de peso del 86,04%; comparando el caso 1 con el caso 2 se obtuvo una reducción de peso del 31,09%; con el caso final como optimización óptima se obtuvo una reducción de peso del 8,73% en comparación con el caso 2; además, en la optimización del caso 3 se redujeron los elementos estructurales de 236 a 140 elementos; es decir, se obtuvo una reducción del 40 % de elementos que conformaban la estructura inicial, obteniendo este caso como el resultado más óptimo de todos los casos.

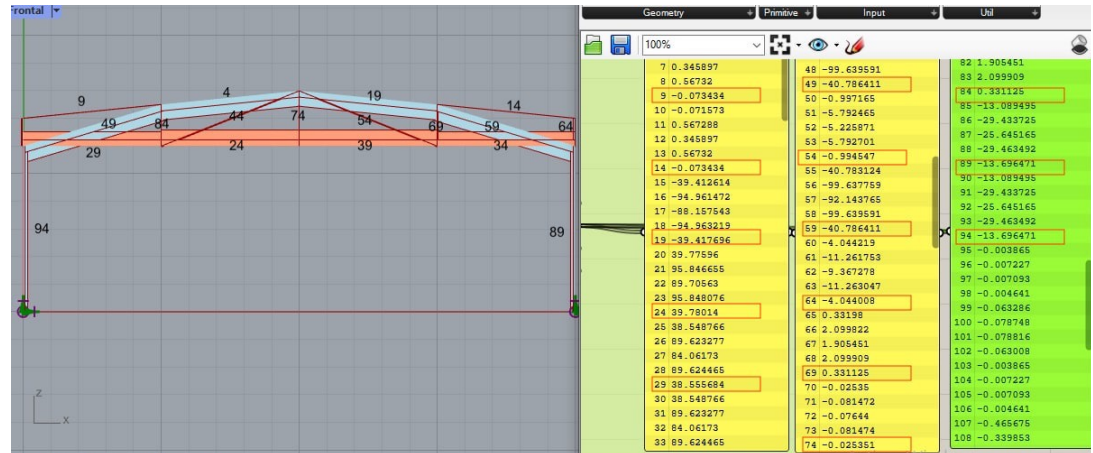
Para comprobar la veracidad de los resultados del diseño de la solución más óptima que es el caso 3, se corroboraron los resultados de los esfuerzos axiales obtenidos en el programa que se realizó con el programa tradicional ETABS, los cuales se presentan a continuación.

**Tabla 2.** Comparación de Resultados de Fuerzas Axiales de los elementos estructurales

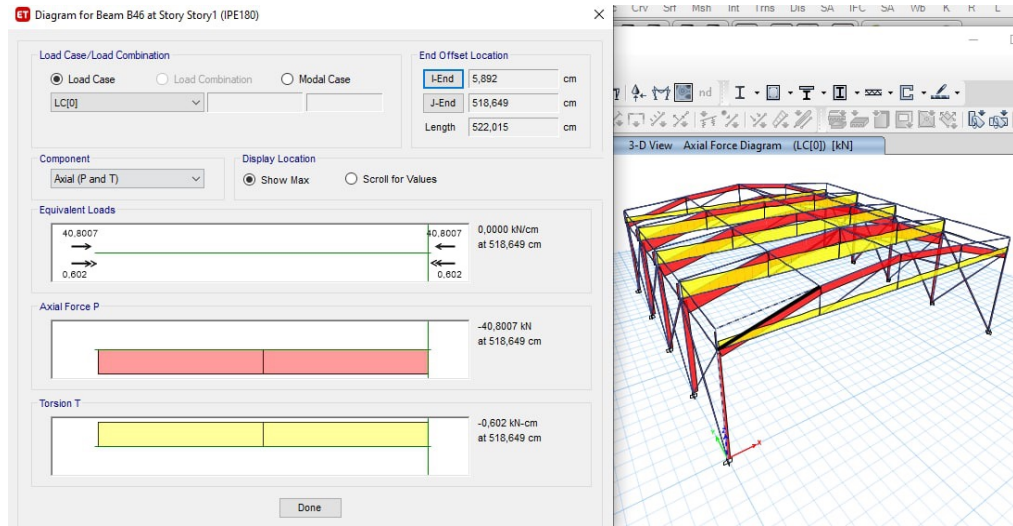
# de Elemento		Fuerzas Axiales (KN)	
Etabs	Karamba	Etabs	Algoritmo Creado
C26	94	-12,99	-13,69
B11	9	-0,0752	-0,0734
B46	49	-40,8	-40,78
B31	29	38,59	38,55
C6	84	0,32	0,33
B16	4	-39,53	-39,41
D6	44	-0,9866	-0,99
B36	24	39,81	39,78
C11	74	-0,0254	-0,025
B1	19	-39,43	-39,41
D1	54	-0,98	-0,99
B21	39	39,81	39,78
C21	69	0,328	0,33
B6	14	-0,0752	-0,0734
B41	59	-40,8007	-40,78
B26	34	38,59	38,55
C16	64	-4,04	-4,04
C31	89	-12,99	-13,69

En la Optimización de estructuras paramétricas se obtuvo con el Algoritmo Creado una deflexión máxima de 3,18cm y con Etabs una deflexión máxima de 3,08cm.

**Figura 9.** Fuerzas axiales obtenidas en el algoritmo creado.



**Figura 10.** Fuerzas axiales obtenidas en Etabs.



Como se aprecia en la tabla, los resultados de los esfuerzos de los elementos son muy cercanos a los obtenidos con el algoritmo que se realizó, comprobando la eficiencia del programa para el diseño de elementos estructurales y optimización de este.

La conexión BIM que tiene el programa es importante ya que permitió visualizar el modelo, al mismo tiempo que se modifica algún parámetro y conocer el análisis estructural



de una forma automatizada, al tener proyectos modelados paramétricamente existe la posibilidad de exportar a programas de cálculo externo que permiten análisis para ya definir el diseño en sus etapas finales, ya cuando no existen cambios repentinos.

## Referencias

1. Almaraz, A. (2015). *Evolutionary optimization of parametric structures: understanding structure and architecture as a whole from early design stages*.
2. Burry, M., & Murray, Z. (1997). Computer aided architectural design using parametric variation and associative geometry . *ECAADE-Conference Proceedings*, 29–76.
3. Cerrolaza, M., & Annicchiarico, W. (1996). Algoritmos de optimización estructural basados en simulación genética. *CDCH UCV*, 37–56.
4. Davis, D. (2013). *Modelled on software engineering: Flexible parametric models in the practice of architecture*.
5. Humeres, D. (2013). *Diseño paramétrico y mimbre*. Universidad de Chile.
6. Lagos, S. (2012). Análisis paramétrico de volúmenes arquitectónicos con algoritmos genéticos. In *Hábitat Sustentable* (pp. 29–32).
7. Landeta Iza, B., & Otáñez Gómez, H. (2021). *Optimización de estructuras paramétricas de acero mediante algoritmos genéticos evolutivos*.
8. Marczyk, A. (2004). *Algoritmos genéticos y computación evolutiva*. The-Geek.Org. <https://the-geek.org/docs/algen/algen.html>
9. Rutten's, D. (2010). *Grasshopper, Algorithmic modeling for rhino*. <https://www.Grasshopper3d.Com/>.
10. Rutten's, D. (2021). *Evolutionary Principles applied to Problem Solving - Grasshopper*. Grasshopper ALGORITHMIC MODELING FOR RHINO. <https://www.grasshopper3d.com/profiles/blogs/evolutionary-principles>
11. Vergel, W. (2018). *Optimización de Estructuras aporticadas, mediante un procedimiento de estructuración enfocado en elementos*.
12. Wang, Y., & Hsu, M. (2010). Incorporating the Markov chain concept into fuzzy stochastic prediction of stock indexes. In *Applied Soft Computing*.

## Capítulo 7

# AUTOCONSTRUCCIÓN Y VULNERABILIDAD SÍSMICA - CASO DE ESTUDIO EN LA COMUNA DE SANTA CLARA DE SAN MILLÁN.

Autores:

**Cristina Villota Chiriboga<sup>1</sup>**

**Luis Soria Núñez<sup>2</sup>**

### Introducción

Santa Clara de San Millán es una Comuna que se localiza al occidente del Distrito Metropolitano Quito, y se caracteriza por ser un territorio con personería jurídica desde 1911 (Andrade Figuero, 2016), eso significa que la gestión del territorio se realiza a través de un Cabildo. En la actualidad, como proceso de control de las nuevas edificaciones el Cabildo exige a los habitantes presentar planos arquitectónicos firmados por un arquitecto o ingeniero; sin embargo, la información que presentan los habitantes carece de revisión técnica de cumplimiento de la normativa vigente, tampoco cuentan con un plan estratégico de seguimiento técnico de las construcciones, es decir que la participación de ingenieros civiles, arquitectos y entidades reguladoras es prácticamente nula. Este escenario promueve que sean los habitantes quienes tomen decisiones sobre la forma de materializar sus viviendas, y por lo general son procesos constructivos que carecen del cumplimiento normativo vigente, y en consecuencia las edificaciones son de baja calidad y con mayor nivel de vulnerabilidad sísmica.

Existe la posibilidad de que un sismo afecte a Quito, en mediana y gran intensidad, lo cual dependerá de la fuente de proveniencia del movimiento telúrico. Por un lado, tenemos los posibles terremotos por subducción, como fue el caso del movimiento telúrico del 16 de abril de 2016, en este evento Quito registro menores daños debido a su posición geográfica con la costa del pacífico; es decir, que ante un terremoto por subducción el Distrito Metro-

*1 Cristina Villota Chiriboga  
Universidad Internacional  
SE-Ecuador, cristina.villota@  
uisek.edu.ec*

*2 Luis Soria Núñez  
Universidad Internacional  
SE-Ecuador, luis.soria@uisek.  
edu.ec*

politano no se verá afectada significativamente. Por otro lado, están los terremotos continentales, provocados por las fallas geológicas presentes en el territorio quiteño, y que según los investigadores que participaron del proyecto para manejo del riesgo sísmico de Quito, este tipo de movimientos telúricos pueden ser de mayor intensidad debido a su cercanía, y que el sacudimiento puede llegar a ser severo, eso dependerá de las características del suelo. El Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional tiene registro de este tipo de sismos desde 1587, y tuvo una magnitud de 6,4Mw, en 1859 la magnitud fue de 7,2Mw, en 1868 con magnitud de 7,25Mw, y el 5 de marzo de 1987 con magnitud de 7,1 Mw fue la última vez que se registró un terremoto de esta naturaleza en Quito (Escuela Politécnica Nacional, GeoHazard Internacional, Municipio de Quito, ORSTOM, OYO Corporation, 1995) (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2022).

El presente capítulo muestra un caso de estudio de una edificación autoconstruida en la Comuna de Santa Clara de San Millán, del cual se realizó el análisis estructural, con la finalidad de evidenciar que el comportamiento estructural por la inadecuada configuración en planta y elevación provoca vulnerabilidad ante un sismo. Adicionalmente, se realiza una revisión bibliográfica del significado de autoconstrucción, y una revisión a la normativa vigente en cuanto a configuración estructural, describiendo únicamente las irregularidades más comunes que se identificaron en el territorio de la Comuna Santa Clara de San Millán, en estudios anteriores.

## **Autoconstrucción**

Se puede decir que la autoconstrucción surge como alternativa a la necesidad del ser humano de obtener un espacio para vivir, según el Estudio Económico de América Latina y el Caribe – CEPAL para los grupos sociales de bajo ingreso económico, la autoconstrucción se convierte en el principal medio para obtener vivienda. Este escenario es evidente en América Latina desde la década de los 40 y, surge en respuesta a la crisis de vivienda causada por múltiples factores; como por ejemplo, la expansión industrial, la acelerada urbanización, la migración significativa de zonas rurales a zonas urbanas y crecimiento demográfico el cual se agudiza con las crisis económicas. (Wiesenfeld, 2001)

En la comunidad científica se identifican dos posturas en cuanto a la terminología autoconstrucción; por un lado, autores como Silva Herrera & Ochoa Gonzáles (2019) y Moreno

Salazar & et al. (2013) mencionan que la autoconstrucción es un problema y que genera significativos inconvenientes, ya que son procesos empíricos que carecen de planificación y estudios preliminares, en consecuencia las edificaciones son de baja calidad, con mayor nivel de vulnerabilidad sísmica y patologías que están relacionadas a errores por desconocimiento de los correctos procesos de ejecución de obra. El interés de los usuarios se focaliza en obtener vivienda propia a menor costo, por lo que recurren a edificar de forma autoproducida, en ausencia de profesionales de la construcción.

Por otro lado, autoras como Wiesenfeld ven a la autoconstrucción como una alternativa para solucionar la creciente demanda de vivienda, en su estudio psicosocial del significado de la vivienda realizado en 2001 propone que sean procesos guiados y mejor aún si son programas promovidos desde el estado; este criterio coincide con los estudios realizados por Turner ya en 1968. Otros autores como Moreno Salazar & et al. (2013) y Orta, Adell, Bustamante, & Marínez (2016), resuelven que una manera de compaginar la autoconstrucción como solución para obtener vivienda apropiada, consiste en recuperar y mejorar el uso tradicional de tecnologías, a base de alternativas naturales, materiales autóctonos o materiales populares, ya que son procesos que han nacido o se han organizado en el mismo lugar, como un procedimiento perteneciente o relativo al pueblo; es decir que de cierta manera se podrían reducir errores en la construcción que produzcan vulnerabilidad ante un sismo. Sin embargo, es complejo hablar de la recuperación de procesos constructivos, se deben identificar qué procesos son posibles, ya que la industrialización ha transformado los materiales y, por consecuencia, las técnicas constructivas tradicionales, más allá de plantar un criterio de si ha sido positivo o negativo, nos referimos a que se debe reconocer que la industria ha provocado que vayan desapareciendo paulatinamente, y en su reemplazo se han importado modelos constructivos ajenos al contexto, eliminando singulares relaciones del hombre con el territorio (Tillería, 2017).

Turner (1972;1976) y Allen (1978) emplearon por primera vez el concepto de autoconstrucción, para referirse al proceso no planificado de los habitantes de decidir qué y cuándo construir, identificaron que este fenómeno estaba produciendo poblaciones no planificadas en Latinoamérica, ya que ejecutaban de acuerdo a sus posibilidades, necesidades y expectativas como usuarios. Es interesante dar una mirada al planteamiento de Turner, porque menciona que la vivienda no es un producto, más bien es un proceso que incluye productos y relaciones; es decir, un proceso construir – habitar, y que este proceso libre genera

un sentimiento de satisfacción personal de sus usuarios (Davenport, 2021), entonces la gran cuestión es cómo se pueden manejar estos procesos libres conceptualizados como autoconstrucción, sin que sean procesos que generen problemas leves o graves por procesos patológicos o vulnerabilidad en caso de sismo.

Recordemos que las patologías en la construcción son problemas que pueden aparecer sin previo aviso, según Félix Lasheras el problema patológico puede reflejarse de forma pasiva y activa, la forma pasiva se refiere a alguna insuficiencia del elemento constructivo, en general derivada de alguna carencia en la constitución o naturaleza del elemento, y que, se definirán como defectos o malformaciones del mismo. Por otro lado, están las del tipo activo, debidas a algún exceso en las acciones que inciden sobre el elemento constructivo, bien sea fortuito o consecuencia de un uso abusivo o inadecuado de la parte del edificio afectada.

Centrados en el contexto ecuatoriano, la autoconstrucción en el Distrito Metropolitano de Quito se refiere a construcciones informales; es decir, que se edificaron sin cumplir procesos de aprobación para verificar el cumplimiento normativo tanto de la Norma Ecuatoriana de Construcción, así como también las Normas de Arquitectura y Urbanismo del Distrito Metropolitano de Quito. Se puede decir que es muy probable que sean edificaciones vulnerables ante un sismo. El 14 de agosto de 2019 El Comercio publicó un artículo donde expuso que el 70% de edificaciones de la ciudad de Quito son informales, de las cuales el 80% sufrirían daños y el 45% son susceptibles a colapso en un episodio sísmico de alta intensidad. (El Comercio , 2019)

## **Configuración estructural y vulnerabilidad sísmica**

En septiembre de 2016, se publica la primera edición de la Guía práctica para la evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC2015, en respuesta al terremoto de Pedernales del 16 de abril de 2016; los autores afirman que la irregularidad de configuración estructural en planta y elevación, podrían ser los causantes de la mayoría de daños que sufre una edificación ante un sismo, irregularidades que seguramente están presente en las viviendas informales o autoconstruidas.

En el capítulo anterior se mencionó que el 70% de las edificaciones en Quito son informales, de las cuales el 45% podrían llegar a colapsar ante un sismo. Un estudio realizado por Fernández en 2018 afirma que, el 92% de las 97 edificaciones evaluadas en la comuna de Santa

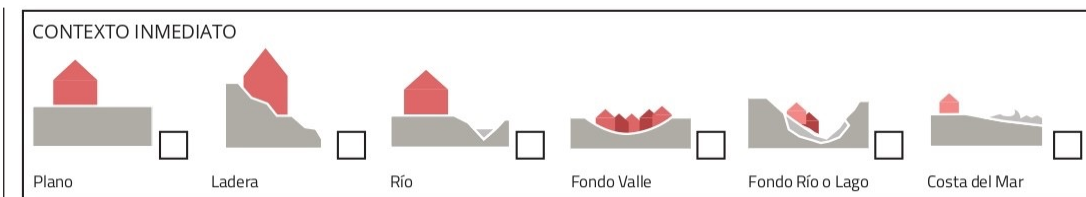
Clara de San Millán presentan alta vulnerabilidad sísmica, además, el estudio identifica cuáles son las irregularidades más comunes en el territorio.

A continuación, se hará una revisión rápida conceptual de las resoluciones constructivas que generan vulnerabilidad sísmica, que están expuestos en la Guía práctica para la evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC2015. Se van a revisar únicamente los problemas que son más comunes en el territorio de la Comuna de Santa Clara de San Millán, de acuerdo al estudio realizado por Fernández (2018). Para abordar estos conceptos se propone agruparlos en cuatro subtemas, en primer lugar, se hablará del contexto inmediato, en segundo lugar, sobre la configuración espacial, en tercer lugar, la configuración en planta y altura y por último, caída de objetos. Adicionalmente, se han esquematizado los conceptos para que se puedan entender mejor.

### Contexto inmediato

En primer lugar, es importante reflexionar que las decisiones en cuanto a la configuración estructural de una vivienda o edificación se deben considerar en la primera fase de diseño arquitectónico. Tales reflexiones inician con la identificación del contexto inmediato, se han considerado los siguientes escenarios como los más comunes: terreno plano, ladera, cercanía a río, fondo de valle, fondo de río y costa de mar. Para una mejor comprensión se ha propuesto graficarlos como se puede visualizar en la Figura 1: Contexto Inmediato. Para la ciudadanía que opta por autoconstruir, con el interés de obtener una vivienda a menor costo, debería comprender la situación contextual ya que; por ejemplo, si se encuentra en ladera, la resolución de la configuración estructural demanda criterios normativos importantes, que los veremos en el siguiente subtema configuración espacial.

**Figura 1.** Contexto Inmediato



## **Configuración Espacial**

A continuación, se describen los errores por configuración espacial, que Fernández (2018) identificó como los más comunes en la Comuna de Santa Clara de San Millán, adicionalmente los puede visualizar en la Figura 2: Configuración espacial.

### **Piso débil**

El piso débil se produce cuando la resistencia del piso es menor que el 70% de la resistencia del piso inmediatamente superior, considerando que la resistencia de un piso es la suma de la resistencia de todos los elementos que forman parte de él; es decir, el sistema estructural más mamposterías o paredes. Considerar adicionalmente que la disminución en mampostería portante o muros estructurales podría ser uno de los causantes de piso débil.

### **Adiciones**

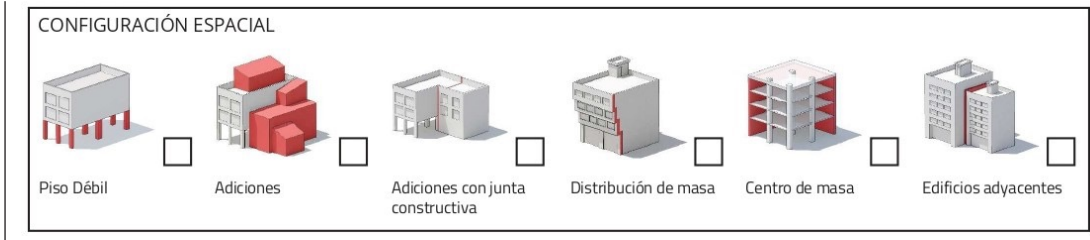
Las adiciones son estructuras que no forman parte del diseño original; es decir, que con el tiempo se fueron añadiendo, ya sean sobre o junto a la edificación. Las adiciones conjunto a la edificación se deben realizar con juntas constructivas.

### **Junta constructiva**

La junta constructiva es la separación de mínimo 2.50 centímetros entre bloques, para evitar el golpeteo entre ellos. Se deben emplear en los siguientes casos:

- Cuando la longitud en planta en mayor a 30 metros.
- Cuando existan terrenos con Pendiente superior a 30%.
- En diferencia de niveles entre edificaciones contiguas.
- En cambios significativos de calidad de suelo.

**Figura 2.** Configuración espacial



### **Distribución de masa**

La distribución de masa se refiere a cuando existe concentración significativa de masa en uno o varios niveles superiores de la edificación. Hay una excesiva diferencia de masa entre pisos, cuando la masa de cualquier piso superior es mayor que 1.5 veces que la parte inferior de la edificación.

### **Centro de masa**

El centro de masa se refiere a que, en una edificación en altura es importante que su centro de rigidez sea semejante al centro de masa para evitar torsión. Cuando la excentricidad supera el 10% de la dimensión en planta se considera que es alta.

## **Configuración en planta y altura**

### **Configuración en planta y altura**

A continuación, se las irregularidades por configuración estructural tanto en planta como en altura, los gráficos que permiten entender mejor el significado de cada irregularidad se pueden visualizar en la Figura 3: Configuración estructural en planta y en altura.

### **Ejes no paralelos**

Ejes no paralelos se refiere a que los ejes estructurales principales no son paralelos, perpendiculares o simétricos entre sí.

### **Relación largo – ancho**

La Normativa recomienda que el largo de una edificación sea menos de 4 veces el ancho y que esta dimensión no exceda de 30 metros, considerando que la onda producida



en un sismo afectaría al comportamiento estructural de una planta con excesiva longitud. Las juntas de construcción son una solución a las plantas que superan dichos 30 metros de longitud, concepto que se explicó anteriormente.

### Ejes verticales discontinuos

Ejes verticales discontinuos se refiere al desplazamiento en la alineación de los elementos estructurales verticales. En viviendas los pórticos y paredes portantes deben ser continuos desde la cimentación hasta la cubierta.

### Irregularidad por terreno

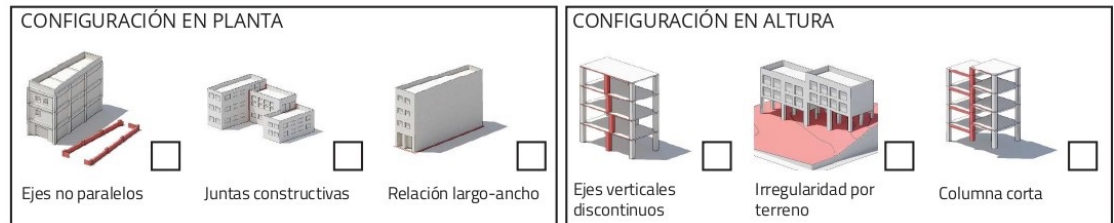
La irregularidad por terreno es cuando la edificación se encuentra en una colina empinada, de tal forma que a lo largo de la pendiente exista al menos un piso de altura.

### Columna corta

Las columnas cortas causan severos daños ante un sismo, y se causan por:

- Edificaciones ubicadas en terrenos con pendiente.
- Paredes que actúan como confinamiento lateral a la columna y que sean parciales en la altura de la columna.
- Losas situadas en niveles intermedios

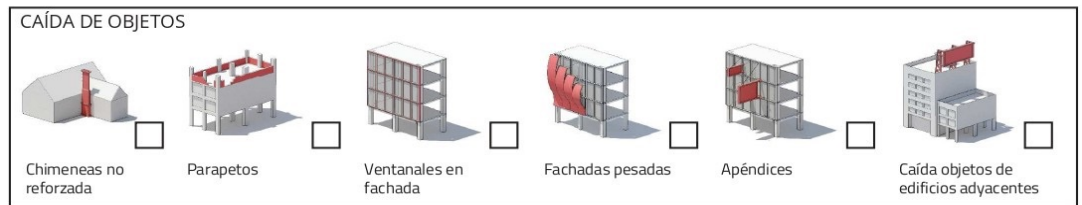
**Figura 3.** Configuración estructural en planta y en altura



## Caída de objetos

Parte de la informalidad es construir o colocar elementos adicionales que pueden provocar riesgo en las personas por caída de objetos en un sismo, algunos de estos elementos son: chimeneas no reforzadas, parapetos, ventanales en fachada, fachadas pesadas, apéndices y caída de objetos de edificios adyacentes. Los gráficos correspondientes se visualizan en la Figura 4: Caída de objetos.

**Figura 4.** Caída de objetos



## Caso de estudio en la Comuna de Santa Clara de San Millán

Santa Clara de San Millán es territorio particular dentro del Distrito Metropolitano Quito. Al igual que las 78 comunas que forman parte del Distrito Metropolitano de Quito, Santa Clara de San Millán tiene personería jurídica desde 1911 (Andrade Figuero, 2016), eso significa que el Cabildo tienen autonomía de planificación territorial, lo cual se puede plantear como el problema principal, ya que a pesar de manejar actualmente un proceso de presentación de planos arquitectónicos para aprobar la construcción, aún carecen de procesos de revisión de cumplimiento de la Norma Ecuatoriana de Construcción y de las Normas de Arquitectura y Urbanismo que rigen para el Distrito Metropolitano Quito. Así mismo carecen de una planificación de seguimiento y control técnico a las obras que se están ejecutando. Las edificaciones construidas dentro del territorio de la Comuna son reconocidas únicamente por el Cabildo, y ese proceso no implica que sean construcciones legales para el Municipio; es decir que, para esta entidad reguladora son viviendas informales.

### Proceso de selección del caso de estudio

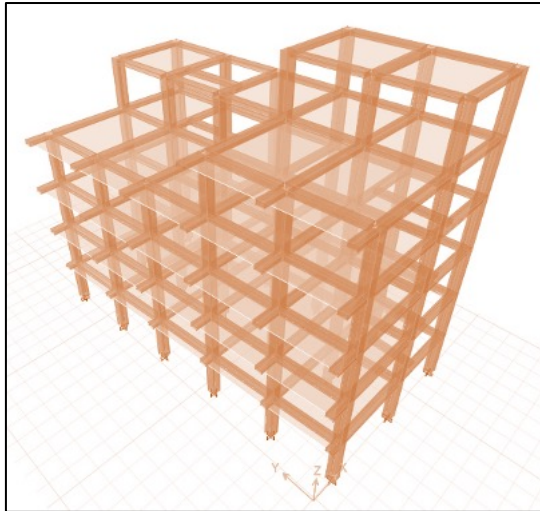
El proceso de selección del caso de estudio se estableció bajo tres parámetros, en primer lugar, la edificación debe tener las irregularidades más representativas que encontró

Fernández (2018) en su estudio de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de 97 edificaciones de la Comuna de Santa Clara de San Millán; esas irregularidades son: distribución de masa, piso débil, irregularidad por terreno, columnas corta, junta constructiva y sistema estructural porticado de hormigón armado con paredes sin refuerzo. El segundo parámetro se refiere al resultado de evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones, realizada con el formulario de la Norma Ecuatoriana de Construcción 2015 y debe dar como resultado que la edificación tiene vulnerabilidad alta y requiere evaluación especial. Por último, más que un parámetro, es un determinante que el propietario permita el ingreso al inmueble para poder realizar el proceso de evaluación con datos más reales.

### Proceso de análisis estructural

Para el proceso de evaluación estructural del caso de estudio, en primer lugar, se realiza el levantamiento planimétrico de la vivienda, para poder identificar ejes estructurales, posibles dimensionamientos de columnas, materiales de los sistemas constructivos estructurales y paredes tanto interiores como de envolvente.

**Figura 5.** Geometría de la edificación – Caso de estudio



Una vez conocida la geometría de la edificación (ver Figura 5: Geometría de la edificación – Caso de estudio) y las características de los materiales identificados por inspección visual, se procede a ingresar en un software que permite realizar el análisis estructural de la edificación. Cabe anotar que, en este primer alcance no se analiza la cimentación existente, por lo que no se ha determinado cuál es la interacción suelo – estructura, y por lo tanto, no se va a lograr establecer aún si es necesario además un reforzamiento de la cimentación.

En la Tabla 1 se pueden visualizar las características consideradas para el análisis estructural, las dimensiones de los elementos estructurales corresponden a la información

obtenida del levantamiento planimétrico, para establecer la resistencia de los materiales, se consideran los valores mínimos establecidos en la NEC15.

**Tabla 1.** Secciones y características de los materiales

Tipo	Sección (cm)	Material	Resistencia
Columna	30 x 30	Hormigón	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ $E = 173896.521 \text{ kg/cm}^2$
		Acero de refuerzo	$Fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $Es = 2100000 \text{ kg/cm}^2$
Viga	20 x 30	Hormigón	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ $E = 173896.521 \text{ kg/cm}^2$
		Acero de refuerzo	$Fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $Es = 2100000 \text{ kg/cm}^2$
Losa	20	Hormigón	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ $E = 173896.521 \text{ kg/cm}^2$
		Acero de refuerzo	$Fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $Es = 2100000 \text{ kg/cm}^2$

En la Tabla 2 se detallan las cargas gravitacionales, como se puede observar se considera la carga muerta determinada por el software y se añade  $0.35 \text{ T/m}^2$ , valor que corresponde a paredes y acabados; para la carga viva se asume  $0.20 \text{ T/m}^2$  de acuerdo a la NEC 15.

**Tabla 2.** Cargas gravitacionales

Plantas	CM ( $\text{T/cm}^2$ )	Área ( $\text{m}^2$ )	Peso	CV ( $\text{T/cm}^2$ )
1	0.92	142.77	131.348	0.2
2	0.92	143.63	132.139	0.2
3	0.92	151.89	139.738	0.2
4	0.92	157.09	144.522	0.2
5	0.75	101.57	76.177	0.07
Cubierta	0.5	18.32	9.16	0.07
TOTAL		715.27	633.087	

Clave.  
CM: carga muerta.  
CV: carga viva.  
T: toneladas.

Para el cálculo de fuerzas sísmicas, a continuación, se detallan los parámetros y procedimientos señalados en el capítulo de peligro sísmico de la NEC 15, para la caracterización del tipo de suelo se tomó como referencia estudios realizados en zonas cercanas a la edificación evaluada.

a) Periodo de vibración:

T calculado=0.65 seg

Fs=1.9

Fd=1.6

Fa=1.0

Tc=1.67

r=1.5,n=2.48

Clave. Fs: factor de comportamiento inelástico del suelo.

Fd: factor de sitio del suelo.

Fa: factor de sitio del suelo.

b) Cálculo de fuerzas sísmicas estáticas:

$$V = \frac{I \times \Sigma \alpha}{(R \times \Phi P \times \Phi E)} W$$

$$V = \frac{(1,0 \times 0,99)}{(3,0 \times 0,9 \times 0,9)} W$$

**V =0,4082**

Clave. V: porcentaje de carga reactiva.

I: factor de importancia de la estructura.

Sa: aceleración espectral.

R: factor de reducción de respuesta estructural.

ΦP: factor de configuración estructural en planta.

ΦE: factor de configuración estructural en elevación.

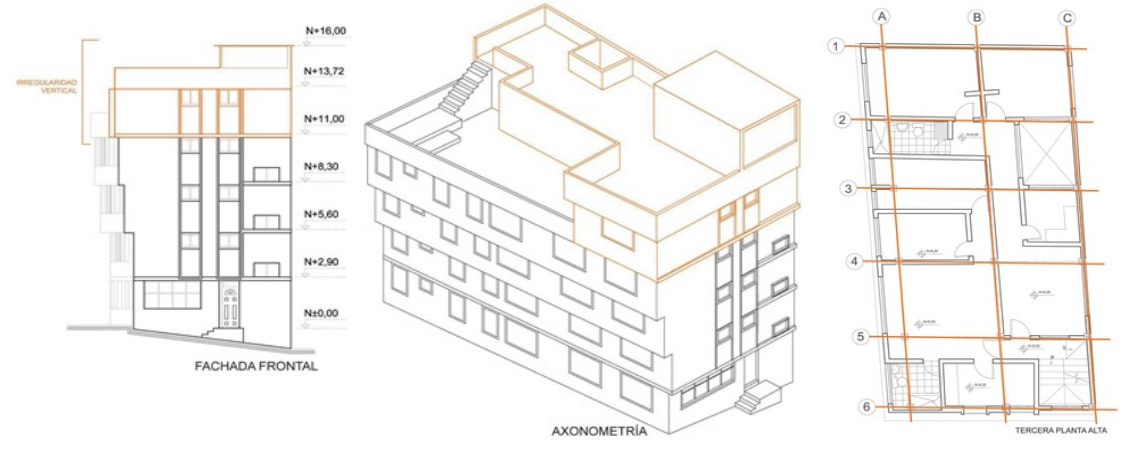
Como se puede visualizar en la Tabla 3 la edificación tiene alta vulnerabilidad sísmica, de acuerdo a la ficha de evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones, expuesta en la Guía práctica para la evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC2015. El inmueble evaluado es de uso residencial, ha sido edificado por etapas desde el año 1980 aproximadamente, es autoconstruido; por tanto, se considera que el puntaje básico es de -1,2. Actualmente la edificación tiene 919,6 m<sup>2</sup> construidos en 5 pisos y una terraza accesible; como se puede visualizar en la Figura 6: Planimetrías arquitectónicas del caso de estudio, las irregularidades verticales identificadas son irregularidad geométrica y adiciones, en la Figura 6 se muestra también que los ejes estructurales no son ortogonales ni paralelos.

**Tabla 3.** Resultados de evaluación de vulnerabilidad sísmica

Fuente: Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción. NEC 2015.

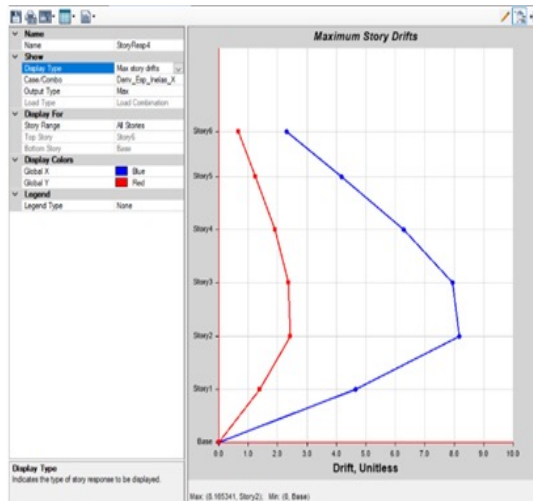
Tipología del sistema estructural	C1: Pórtico hormigón armado
Puntaje básico	2.5
Modificadores	Puntajes básicos
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN Mediana altura (4 a 7 pisos)	0.4
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN Irregularidad vertical Irregularidad planta	-1.5 -0.5
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN Pre-código (construida antes de 1977) o auto construcción	-12
TIPO DE SUELO Tipo de suelo D	-0.6
PUNTAJE FINAL S	-0.9

**Figura 6.** Planimetrías arquitectónicas del caso de estudio

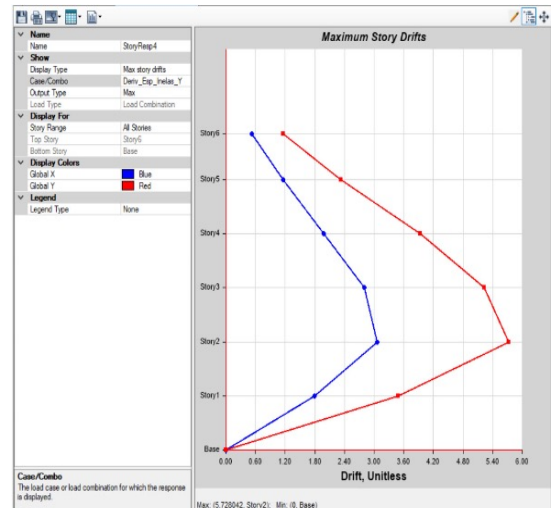


Uno de los parámetros de análisis es determinar la deriva de piso inelástica, que conforme a la NEC 15 no debe superar el 2%, como podemos ver en la Figura 7: Deriva Inelástica en X, el resultado de deriva inelástica en X es 8.16% mayor, y en la Figura 8: Deriva Inelástica en Y, se puede observar que la deriva en Y es 5.73% mayor.

**Figura 7.** Deriva Inelástica en X



**Figura 8:** Deriva Inelástica en Y



En la Figura 9: Modos de vibración, se puede ver un periodo de vibración demasiado alto para el tipo de estructura, lo que trae como consecuencia poca rigidez de la estructura, algo que se puede ratificar al analizar las derivas. También se evidencia la presencia de torsión en el primer modo de vibración.

**Figura 9:** Modos de vibración

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
Modal 1	1	1.728	0.7393	0.0054	0	0.7393	0.0054	0	0.0026	0.2312	0.0455	0.0026	0.2312	0.0455
Modal 2	2	1.421	0.0009	0.7704	0	0.7402	0.7758	0	0.1796	0.0017	0.0392	0.1821	0.2328	0.0847
Modal 3	3	1.313	0.0484	0.0307	0	0.7886	0.8065	0	0.0215	3.477E-05	0.7176	0.2037	0.2328	0.8023
Modal 4	4	0.541	0.1066	0.0004	0	0.8952	0.807	0	0.0013	0.5001	0.0021	0.205	0.733	0.8044
Modal 5	5	0.479	3.477E-05	0.0816	0	0.8952	0.8885	0	0.456	0.0004	0.0128	0.661	0.7333	0.8172
Modal 6	6	0.424	0.0015	0.0186	0	0.8967	0.9071	0	0.095	0.0063	0.0856	0.756	0.7397	0.9028
Modal 7	7	0.286	0.0501	0.0021	0	0.9468	0.9093	0	0.0049	0.1017	0.0013	0.7609	0.8414	0.9041
Modal 8	8	0.265	0.0025	0.0355	0	0.9493	0.9447	0	0.077	0.0043	0.0084	0.8379	0.8456	0.9125
Modal 9	9	0.227	1.224E-05	0.0099	0	0.9493	0.9546	0	0.0177	0.0002	0.0391	0.8556	0.8459	0.9515
Modal 10	10	0.165	0.0298	0.0005	0	0.9791	0.9551	0	0.0014	0.0939	1.399E-06	0.857	0.9398	0.9515
Modal 11	11	0.158	0.0001	0.0236	0	0.9793	0.9787	0	0.08	0.0006	0.0025	0.9371	0.9404	0.9541
Modal 12	12	0.137	0.001	0.0028	0	0.9803	0.9816	0	0.0099	0.0025	0.0247	0.947	0.9429	0.9788

## Ensayo de materiales no destructivos

Para finalizar el proceso de evaluación al caso de estudio se propuso realizar ensayos de laboratorio, los cuales debían ser “no destructivos” ya que el propietario no autorizó la extracción de núcleos. Se realizaron 8 ensayos esclerométricos en vigas y columnas y detección de barras en tres tramos de columnas y un tramo de vigas. Los puntos de evaluación se escogieron de manera estratégica, con el objetivo de tener información de diferentes zonas de la edificación, y que sean accesibles. Como la fachada lateral izquierda no está enlucida, la mayor parte de puntos se tomaron ahí (ver Figura 10: Ensayos de laboratorio no destructivos)

Para el ensayo con el esclerómetro se escogieron los siguientes elementos estructurales:

- Columna interior, eje A5, última planta
- Columna interior, eje B5, última planta
- Columna exterior, eje C6, segunda planta alta
- Columna exterior, eje C1, primer planta alta
- Columna exterior, eje C3, a nivel de planta baja
- Viga tramo C1-C2, primera planta alta
- Viga Tramo B6-C6, segunda planta alta
- Viga tramo C4-C5, planta baja



Para la detección de barras se escogieron los siguientes elementos estructurales:

- Columna interior, eje A5, último piso
- Columna exterior, eje C1, primer planta alta
- Columna exterior, eje C2, planta baja
- Viga tramo B6-C6, segunda planta alta

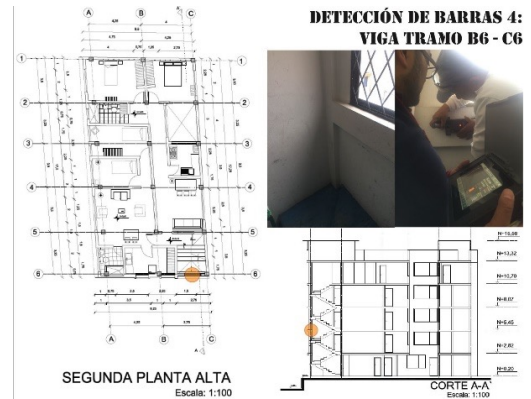
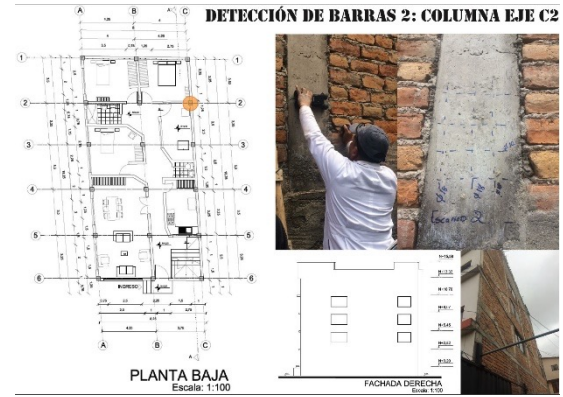
En el proceso de toma de datos, como es necesario retirar la capa de enlucido de los elementos estructurales que van a ser evaluados por el esclerómetro, se identificó que el recubrimiento de mortero en ciertas columnas superaba los 5 cm, es decir que las columnas realmente no tienen 30cm, dimensión que se estableció por levantamiento planimétrico para la evaluación estructural. Vale recalcar que los ensayos de laboratorio se decidieron realizar después de haber tenido los resultados del análisis estructural. Adicionalmente se pudo identificar que, en la columna del eje A5 en la última planta, una de las varillas de refuerzo longitudinal era lisa.

El informe de los ensayos no destructivos muestra que, la resistencia de los elementos de hormigón es menor a la considerada en análisis estructural, adicionalmente las columnas evaluadas tienen 4 varillas longitudinales, y la separación de los estribos no cumple con la disposición establecida en la NEC 2015.

**Figura 10:** Ensayos de laboratorio no destructivos







## CONCLUSIONES

Si bien es cierto, la autoconstrucción es el medio para edificar a menor costo, por ello la mayor parte de la sociedad ecuatoriana ha tomado tal opción y, no deja de ser una alternativa, sobre todo para familias de un nivel socioeconómico bajo. Sin embargo, al ser viviendas construidas por personas con desconocimiento de las normas de arquitectura y construcción, consideramos que son viviendas que podrían tener problemas.

Con el resultado del análisis estático realizado al caso de estudio, se pudo demostrar el nivel de afectación al comportamiento estructural, que tienen las irregularidades por configuración en planta y elevación. Como se evidencia en los resultados, el periodo de 1.728 segundos es un valor muy elevado para una edificación, si de esto se resuelve la relación  $H/T$  siendo  $H$  la altura de la edificación que para este caso es 15.57 m, no da un resultado de 8.68 ( $H/T = 8.68$ ), es decir es un problema grave, ya que según Caiza (2018) basado en otras investigaciones establece que para relaciones  $H/T$  menores a 11 se presenta daño excesivo a colapso, para este caso que tenemos un valor tan bajo tendríamos un colapso inminente de la edificación.

Recordemos que el análisis estructural se realizó cumpliendo valores que establece la NEC 2015, en cuanto a resistencia de los materiales, tanto para el hormigón como para la varilla, así como también la sección de columnas y vigas; sin embargo, al momento de realizar los ensayos de laboratorio no destructivos, se pudo identificar que las columnas evaluadas tenían una sección menor a 30 centímetros; es decir, que probablemente las secciones de todas las columnas no cumplen la dimensión mínima establecida en la norma para edificios mayores a 5 pisos. Si se realiza un nuevo análisis estructural rectificando dichos valores, los resultados serían aún más alarmantes.

Del análisis estructural se concluye que:

- La estructura analizada es muy flexible, cuenta con poca rigidez, algo que se puede evidenciar al momento de verificar los resultados obtenidos.
- Los resultados pueden variar si se incluye el aporte de la mampostería a los análisis realizados, siempre y cuando se valoren adecuadamente las características mecánicas de la misma.

- Un siguiente paso es determinar el desempeño estructural de la edificación al menos mediante un análisis no lineal estático, para con mayor información establecer, una correcta estrategia de reforzamiento.
- El uso de materiales no adecuados en los elementos estructurales ahonda aún más los problemas de vulnerabilidad, que ya son graves si analizamos únicamente la configuración y las dimensiones de los mismos.

De acuerdo con los estudios psicosociales presentados, la autoconstrucción genera en los usuarios una sensación de satisfacción; es decir, que tratar de eliminar su forma de construir para obtener sus viviendas sería complejo; por otro lado, estos usuarios desconocen que sus viviendas son vulnerables ante un sismo, por ello, consideramos que es posible hablar de procesos de autoconstrucción pero que no sea empírico; es decir, que sea guiado de tal manera que sus viviendas edificadas puedan cumplir con criterio de normativos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Andrade Figuero, G. (2016). El lado territorial oculto de la ciudad de Quito, las comunas ancestrales. Quito. Obtenido de <https://www.flacsoandes.edu.ec/agora/62809-el-lado-territorial-oculto-de-la-ciudad-de-quito-las-comunas-ancestrales>
2. Cepal. (1981). Selección de tecnologías apropiadas para los asentamientos humanos: una guía metodológica. Naciones Unidas.
3. Davenport, O. (2021). De hábitat, tecnologías y estrategias territoriales: análisis socio-técnico de los procesos de autoconstrucción de soluciones habitacionales desde grupos sociales de bajos ingresos. El caso del barrio “8 de enero” (González Catán, La Matanza; 2009-2019). Universidad Nacional De Quilmes .
4. El Comercio . (2019). El 45% de las casas informales de Quito tiene mayor riesgo sísmico. El Comercio.
5. Escuela Politécnica Nacional, GeoHazard Internacional, Municipio de Quito, ORSTOM, OYO Corporation. (1995). Proyecto para manejo del riesgo sísmico de Quito. Quito, Ecuador .
6. Fernández , I., Bonucci, Y., & Carchipulla, N. (2018). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de 97 edificaciones de la “Comuna Santa Clara de San Millán”, Quito. EIDOS(11). doi:<https://doi.org/10.29019/eidos.v0i11.417>

7. González , R., Aguilar, J., & Gómez, C. (2017). Patologías constructivas de viviendas en Chiapas. *LaCandocia*, 2(1), 73-86. doi:ISSN 2007-1000
8. Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. (2022). Obtenido de <https://www.igepep.edu.ec/mapa-ultimos-sismos>
9. Lasheras Merino, F. (2006). Algunos conceptos básicos en Patologías de la Edificación. *Revista electrónica ReCoPar*(1).
10. Moreno Salazar, A., & et al. (2013). Método constructivo para la edificación de una domo a base de paneles EPS y su propuesta como vivienda familiar . AEIPRO.
11. Orta, B., Adell, J., Bustamante, R., & Marínez , S. (2016). Sistema de autoconstrucción sismorresistente: características resistentes y proceso constructivo. *Informes de la construcción*(3 (96)), 68 (542). doi:<http://dx.doi.org/10.3989/ic.15.082>.
12. Secretaria de Gestión de Riesgo, Ministerio de desarrollo Urbano y vivienda, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Oficina de Ayuda Humanitaria y Protección Civil de la Comisión Europea. (2016). Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras de conformidad con la Norma técnica de la Construcción NEC 2015 (primera ed.). Quito. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-5-EVALUACION-Y-REHABILITACION1.pdf>
13. Silva Herrera, R., & Ochoa Gonzáles , G. (2019). Integración de PET reciclado a flexión. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, 99-117. doi:<https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i6.106>
14. Tillería, J. (2017). La arquitectua si arquitectos, algunas reflexiones sobre arquitectura vernácula. *AUS* (8), 12-15. doi:DOI: 10.4206/aus.2010.n8-04
15. Turner, J. (1976). *Housing by people: towards Autonomy in Building Enviroments*. Londres: Marion Boyards.
16. Wiesenfeld, E. (2001). *La autoconstrucción. Un estudio psicosocial del significado de la vivienda* (primera ed.). Venezuela: Universidad Central de Venezuela. doi:ISBN: 980-00-1844-1

## Capítulo 8

# INGENIERÍA CIVIL, UNA CARRERA MULTIDISCIPLINAR: HIDRAÚLICA<sup>1</sup>

Autores:

**Luis Soria Núñez<sup>2</sup>**

**Santiago Ismael Haro Mollocana<sup>3</sup>**

**Alexis Fernando Guachamin Hurtado<sup>4</sup>**

### Introducción

La ingeniería civil desde sus inicios ha resuelto desafíos, que han dado lugar a una multidisciplinariedad que revela la adaptabilidad de la materia ante los constantes cambios y exigencias de la sociedad actual.

Como afirma Celis et al., (2016):

*“Desde sus orígenes a finales del Siglo XIX, la educación en ingeniería se ha caracterizado por analizar y comprender los desafíos planteados por la sociedad a la profesión de la ingeniería, así como por diseñar nuevos enfoques para estructurar la formación que reciben los estudiantes” (p.1)*

Desde esta perspectiva la Ingeniería civil, desde la educación busca que la formación profesional prepare de manera efectiva a los profesionales para enfrentar los diferentes requerimientos que trae el día a día.

La hidráulica dentro de la rama de la ingeniería civil es la encargada de diseñar y ejecutar obras relacionadas con el agua, ya sea para la obtención de energía, riego, canalización o tratamiento de agua potable y para la construcción de las diferentes estructuras en lagos, ríos o mares. En referencia a ello, en este capítulo se presentan ejemplos en base a dos casos de estudio realizados como proyectos de titulación de la carrera de Ingeniería Civil, de la universidad internacional SEK:

- Caso 1: Diseño hidráulico y estructural del sistema de riego por aspersión de la comunidad de Cusubambito, parroquia Cusubamba, cantón salcedo, provincia de Cotopaxi.
- Caso 2: diseño de un sistema de agua potable en la comunidad Bella Unión del Napo, cantón Joya de los Sachas, provincia de Orellana

<sup>1</sup> Este texto fue presentado originalmente en asignaturas de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Internacional SEK-Ecuador.

<sup>2</sup> Luis Soria Núñez  
Universidad Internacional SEK-Ecuador, luis.soria@uisek.edu.ec

<sup>3</sup> Santiago Ismael Haro Mollocana, siharo.civ@uisek.edu.ec  
<sup>4</sup> Alexis Fernando Guachamin Hurtado, alexis.guachamin@uisek.edu.ec.

## **Casos de estudio**

### **Caso 1: Diseño hidráulico y estructural del sistema de riego por aspersión de la comunidad de Cusubambito, parroquia Cusubamba, cantón salcedo, provincia de Cotopaxi.**

#### ***Problemática***

El Diseño Hidráulico y Estructural del Sistema de Riego por Aspersión de la Comunidad de Cusubambito, es una alternativa factible para la implementación de un correcto riego para los cultivos, garantizando una distribución homogénea sobre el material vegetal, ahorra el consumo del líquido vital frente al sistema que utiliza en la actualidad la Comunidad, y por ende contribuye en la obtención de cosechas fructíferas.

En la actualidad, la comunidad cuenta con un sistema de riego por surcos que no distribuye el recurso natural de manera igualitaria a sus usuarios y su distribución sobre el material vegetal este sistema no es homogéneo, además la escasez de precipitaciones en el sector se suma a los factores por los cuales los cultivos no se desarrollan proporcionalmente, esto implica pérdidas económicas considerables para los agricultores.

#### ***Solución planteada***

Según el Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales de Ecuador CONGOPE, (2016):

Para elegir el Sistema de Riego a utilizar hay que considerar las ventajas y desventajas de cada uno de estos y, relacionarlos con las condiciones locales o específicas, de esta manera se puede decir que no hay sistemas mejores o peores, sino que cada uno de estos pueden ser o no el más adecuado para el sitio donde se desea implantar el proyecto, en varios de los casos no existe una única solución, sino que es necesario observar los resultados que estos han tenido en las condiciones locales para luego hacer su elección (p.126).

La comunidad de Cusubambito en la actualidad cuenta con un Sistema de Riego por Surcos, la que pierde gran cantidad del recurso hídrico debido a la infiltración, siendo este uno de los factores por los que se busca implementar un Sistemas de Riego Presurizado ya sea Por As-



persión, Microaspersión o Por Goteo. Para la correcta elección del sistema se toman en cuenta ciertas ventajas de cada uno, como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.** Comparación de los Sistemas de Riego Presurizado

Fuente: (CONGOPE, 2016)

RIEGO PRESURIZADO			
Ventajas	Riego por Aspersión	Riego por Microaspersión	Riego por Goteo
Topografía	Irregular	Irregular	Irregular
Área de cobertura	Mayor	Media	Media
Operación	Sencilla	Sencilla	Sencilla
Eficiencia	Alta	Alta	Alta
Soporte de viento	Alto	Bajo	Alto
Costo	Medio - Alto	Alto	Alto

(HARO MOLLOCANA, 2021) propone que el Sistema de Riego que se considere para el presente Proyecto es el de Riego por Aspersión debido a las ventajas que presenta, además para la elección se ha hecho énfasis en el presupuesto que demandaría su ejecución, ya que este es el sistema que utiliza menos recursos económicos, en comparación con los otros sistemas de riego presurizado.

### Cultivos

El diseño agronómico se basa en la determinación de los parámetros necesarios para proveer la cantidad del recurso hídrico que requieren los cultivos para su desarrollo.

Mediante la aplicación de una encuesta realizada a los 32 usuarios beneficiarios del proyecto, se conocieron cuáles son los productos que se cosechan en la zona y el área que estos ocupan, como se detalla en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Cultivos que se producen en la Comunidad de Cusubambito.

Total, Usuarios	32 usuarios
Área total de riego Cebada	45.105 Ha
Haba	40%
Papa	30%
Total, Usuarios	30%

## Oferta del agua

Después de analizar la información se llegó a la siguiente tabla 3.

**Tabla 3:** Oferta del Agua

Descripción	Unidad	MESES											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Caudal	l/s	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94
	m <sup>3</sup> /h	24.98	24.98	24.98	24.98	24.98	24.98	24.98	24.98	24.98	24.98	24.98	24.98
Volumen por dotación	m <sup>3</sup>	1462.83	1462.83	1462.83	1462.83	1462.83	1462.83	1462.83	1462.83	1462.83	1462.83	1462.83	1462.83
Nº días del mes	días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Nº dotaciones/mes	Nº	10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Volumen total mensual	m <sup>3</sup> /mes	14628.3	13165.47	14628.3	14628.3	14628.3	14628.3	14628.3	14628.3	14628.3	14628.3	14628.3	14628.3

## Demanda del agua

Después de analizar la información se llegó a los siguientes datos:

**Tabla 4:** Demanda del Agua

PARAMETRO	UNIDAD	MESES											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Evapotransp. Potencial Eto	mm/día	3.27	3.12	3.04	2.94	2.88	2.74	2.92	2.94	2.94	3.3	3.28	3.11
Kc: Coeficiente de cultivo		1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Evapotransp. De cultivo Etc	mm/día	3.76	3.59	3.5	3.38	3.31	3.15	3.36	3.38	3.38	3.8	3.77	3.58
Precipitación efectiva	mm/día	0.47	0.90	0.91	1.54	0.53	0.27	0.11	0.00	0.09	0.53	1.21	0.87
Necesidades Netas Dn	mm/día	3.29	2.69	2.59	1.84	2.78	2.88	3.25	3.38	3.29	3.27	2.56	2.71
Eficiencia de aplicación del sistema	%	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Nº de días del mes	días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Necesidades totales Db	mm/día	4.12	3.36	3.23	2.3	3.48	3.6	4.07	4.22	4.11	4.09	3.2	3.39
	m <sup>3</sup> /ha/día	41.2	33.6	32.3	23	34.8	36	40.7	42.2	41.1	40.9	32	33.9
	m <sup>3</sup> /ha/mes	1277.2	940.8	1001.3	690	1078.8	1080	1261.7	1308.2	1293	1267.9	960	1050.9
Area total	ha	45.105	45.105	45.105	45.105	45.105	45.105	45.105	45.105	45.105	45.105	45.105	45.105
Volumen demandado	m <sup>3</sup> /mes	57608.106	42434.784	45163.6365	31122.45	48659.274	48713.4	56908.9785	59006.361	55614.465	57188.6295	43300.8	47400.8445
Modulo de Riego	l/s/ha	0.48	0.39	0.37	0.27	0.4	0.42	0.47	0.49	0.48	0.47	0.37	0.39
Caudal Requerido	l/s	21.65	17.59	16.69	12.18	18.04	18.94	21.20	22.10	21.65	21.20	16.69	17.59

Del análisis de la tabla anterior se llegó a determinar que la demanda máxima de agua es:

**Tabla 5:** Demanda máxima de agua

Del análisis de la tabla anterior se llegó a determinar que la demanda máxima de agua es:	Del análisis de la tabla anterior se llegó a determinar que la demanda máxima de agua es:	Del análisis de la tabla anterior se llegó a determinar que la demanda máxima de agua es:
Del análisis de la tabla anterior se llegó a determinar que la demanda máxima de agua es:	Del análisis de la tabla anterior se llegó a determinar que la demanda máxima de agua es:	Del análisis de la tabla anterior se llegó a determinar que la demanda máxima de agua es:
Del análisis de la tabla anterior se llegó a determinar que la demanda máxima de agua es:	Del análisis de la tabla anterior se llegó a determinar que la demanda máxima de agua es:	Del análisis de la tabla anterior se llegó a determinar que la demanda máxima de agua es:

Los diseños hidráulicos se realizan mediante la ecuación de HAZEN-WILLIAMS que se indica a continuación:

#### Ecuación 1: ecuación de HAZEN-WILLIAMS<sup>1</sup>

$$Q = 0.2787 \times C \times D^{2.63} \times J^{0.54}$$

Donde:

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/s.

C = Coeficiente de rugosidad del tubo (C=150 para tubos PVC).

D = diámetro de la tubería en m.

J = Pérdida de carga por unidad de longitud del conducto (Pendiente) m/m.

Si consideramos una velocidad máxima de 1.5 m/s dentro del conducto y su sección transversal de forma circular, obtenemos la siguiente ecuación:

$$D_{req} = 29.135 \sqrt{Q}$$

Donde:

D<sub>req</sub>: Diámetro requerido en mm.

Q: Caudal en l/s.

Para nuestra red de conducción el diámetro requerido es el siguiente: 76.75mm

<sup>1</sup> La fórmula de Hazen-Williams, también denominada ecuación de Hazen-Williams, se utiliza particularmente para determinar la velocidad del agua en tuberías circulares llenas, o conductos cerrados, es decir, que trabajan a presión

## Resultados del análisis

Acorde a los anuarios meteorológicos el clima presenta sequías y heladas, el mes con la mayor precipitación es abril en tanto que el mes con mayor estiaje es el mes de agosto, los datos climatológicos se obtuvieron en base a la estación M004 Rumipamba- Salcedo al encontrarse cerca del proyecto de estudio.

En base al cálculo agronómico se determina un caudal máximo requerido para cada cultivo, se trabaja con el mayor, correspondiente a la cebada con 0.328 l/s/ha en el mes de octubre.

Acorde al balance hídrico realizado se determina que el caudal demandado para los cultivos es mayor al que se ofrece por medio de la adjudicación de la SENAGUA que tiene un valor de 6.94 l/s.

El análisis bacteriológico del agua determina que el recurso hídrico es aceptable para el sistema de riego de riego por aspersión.

El área total del proyecto es de 90.21 ha, se trabaja con una área de 45,11 ha, puesto que se tiene un caudal muy limitado, el mismo que se distribuye uniformemente para todos los usuarios, para lo cual se opta por dividir en tres sectores, los mismos que están distribuidos por cada ramal de tubería presentando los siguientes resultados: Sector 1 con una superficie de 17.075 ha, con 16 lotes y un caudal total de 5.25 l/s con 26.03 horas de riego; Sector 2, con una superficie de 13.30 ha con 21 lotes y un caudal total de 6.88 l/s con 19.02 horas de riego y el Sector 3 con una superficie de 14.73 ha con 10 lotes y un caudal total de 3.28 l/s con 13.01 horas de riego de tal manera que se cumple con el tiempo de riego adjudicada de 58 horas.

Los cálculos hidráulicos se los realiza acorde a la teoría de Hazen Williams, para cada ramal que interviene directamente en cada sector, el ramal 1 consta desde la abscisa 0+000 – 3+288.42 Km, para lo cual la tubería predominante es de diámetro 90 mm cumpliendo con velocidades y presiones, el ramal 2 consta desde la abscisa 0+000- 2+913.870 Km, la tubería predominante es de diámetro 75 mm.

## **Caso 2: Diseño de un sistema de agua potable en la comunidad Bella Unión del Napo, cantón Joya de los Sachas, provincia de Orellana**

En la comunidad Bella Unión del Napo, que pertenece a la parroquia San Carlos del cantón La Joya de los Sachas, de la provincia de Orellana. Gobierno autónomo descentralizado Sachas, (2015) indica que :

*“Esta comunidad tiene una geomorfología de terrazas aluviales con pendientes de alturas muy escasas, débil, plano o casi plano de 0 a 5%. Las actividades a las que se dedican son la agricultura a gran escala, pastizales, ganadería y asentamientos de industrias extractivas de recursos naturales” (p.62).*

Las personas que viven allí utilizan el agua de lluvia para sus necesidades y esta dotación no es la suficiente, o en otro de los casos realizan perforaciones de pozos de agua sin verificación de un estudio para saber si esta es apta para el consumo humano, porque alrededor de esta parroquia existen muchos pozos de petróleo, por lo que esta agua que se consumirá deberá ser primero verificada.

Se ha visto la necesidad de implementar una planta de tratamiento de agua potable, la cual ayudará a que las familias del sector mejoren su calidad del agua y que disminuyan las enfermedades. En este caso, por problemas que genera la contaminación del agua, se facilitará el valor del caudal y se calculará la dotación que sea necesaria para brindar las mejores condiciones para el abastecimiento de esta comunidad, así como también se determinará la capacidad de un tanque de almacenamiento, la cual facilitará el abastecimiento de dicha población de manera permanente, sin que sufra afectación en alguna época del año.

### **Solución planteada**

Al realizar el diseño de la planta de agua potable para la comunidad Bella Unión del Napo, de la parroquia San Carlos, se procura mejorar la calidad de agua que utilizan los habitantes y con la intención de que las enfermedades que son producidas por el agua desaparezcan. Partiendo de que esta comunidad no cuenta con ninguna planta de tratamiento y, utilizan agua de lluvia o en algunos casos realizan pozos sin una verificación previa para el consumo.

Se realizó un censo poblacional a las personas que serán beneficiadas, un levantamiento topográfico a la comunidad, información que permite que se realice el proyecto, tales diseños se realizaron de acuerdo a las normas que establece el Código Ecuatoriano de la Construcción. Se ubicó el lugar de la captación, en este caso un pozo de agua existente, donde se realizó un estudio de la calidad del agua, cuyos parámetros permitieron dar un tratamiento adecuado para que el agua cumpla con los requisitos y también dando los elementos necesarios que se utilizarán para la planta de tratamiento.

Se determinaron los caudales de diseño necesarios, considerando una vida útil de 20 años, en base a la fuente de generación y sus condiciones. Para realizar el diseño del sistema se asumió un estudio de suelo cercano considerando que la condición de vulnerabilidad de la comunidad es baja según el mapa de vulnerabilidades. Se realizó un tanque de almacenamiento que ayuda a la captación y que cumple con la dotación requerida por la comunidad. En base a la topografía se determinó un trazado para la línea de conducción adecuada que permita que toda la población beneficiada cuente con el abastecimiento, entregando los planos requeridos de los elementos de la planta.

### ***Calidad del agua***

Para la solución planteada se debe considerar que el agua apta para consumo humano debe ser agradable a los sentidos y, libre de microorganismos patógenos y de elementos y sustancias tóxicas en concentraciones que puedan ocasionar daños fisiológicos a los consumidores.

De aquí que, para que el agua sea potable y apta para la alimentación y uso doméstico, debe ser incolora, inodora e insípida y cumplir con las exigencias sanitarias. Contiene sodio, potasio, calcio, magnesio, cloro, azufre y fósforo. En función de lo anterior se deben considerar los requisitos mostrados en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Requisitos específicos para que el agua sea potable

Nota Fuente: (INEN, 2020)

PARAMETRO	UNIDAD	Limite máximo permitido
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
<b>Inorgánicos</b>		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,5
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN <sup>-</sup>	mg/l	0,07
Cloro libre residual <sup>*</sup>	mg/l	0,3 a 1,5 <sup>1)</sup>
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Manganeso, Mn	mg/l	0,4
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Niquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO <sub>3</sub>	mg/l	50
Nitritos, NO <sub>2</sub>	mg/l	0,2
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α <sup>*</sup>	Bq/l	0,1
Radiación total β <sup>**</sup>	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,01
<sup>1)</sup> Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos <sup>*</sup> Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>210</sup> Po, <sup>224</sup> Ra, <sup>228</sup> Ra, <sup>232</sup> Th, <sup>234</sup> U, <sup>238</sup> U, <sup>239</sup> Pu <sup>**</sup> Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>60</sup> Co, <sup>89</sup> Sr, <sup>90</sup> Sr, <sup>129</sup> I, <sup>131</sup> I, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs, <sup>210</sup> Pb, <sup>228</sup> Ra		

### Diseño hidráulico y dimensionamiento de la captación de un manantial de ladera y concentrado

(Guachamin Hurtado, 2021) Para realizar este diseño es importante tener el caudal máximo que genera esta fuente. Datos que proporciona el municipio.

**Tabla 7.** Caudales de la fuente

Nota: Fuente: (GAD Joya de los Sachas, 2020)

Gasto Máximo de la Fuente:	Qmax=	2,00	l/s
Gasto Mínimo de la Fuente:	Qmin=	1,50	l/s
Gasto Máximo Diario:	Qmd1=	0,81	l/s

A continuación, se indican los valores de los componentes obtenidos posterior a la aplicación de los cálculos:

Se necesita conocer la velocidad con la que va a pasar y la pérdida de carga que va existir en el orificio. Para la altura  $H$  es recomendable asumir valores entre 0,4 a 0,5m y para la gravedad se utiliza un valor de  $9,81\text{m/s}^2$ . Velocidad de paso, se asumirán valores de máximo  $0,60\text{m/s}$

Carga sobre el centro del orificio:  $H= 0,50\text{ m}$

Velocidad de paso asumida:  $V_2= 0,60\text{ m/s}$

Pérdida de carga en el orificio:  $h_o= 0,0286\text{ m}$

Distancia afloramiento - Captación:  $L= 1,57\text{ m}$  Se asume  $1,6\text{ m}$ .

### **Ancho de pantalla**

Para obtener el ancho de pantalla requerido se obtuvieron los siguientes valores:

Velocidad de paso, se asumirán valores de máximo  $0,60\text{m/s}$ .  $C_d$ , coeficiente de descarga se recomiendan valores de (0,6 hasta 0,8).

Coeficiente de descarga:  $C_d= 0,80$

Aceleración de la gravedad:  $g= 9,81\text{ m/s}^2$

Carga sobre el centro del orificio:  $H= 0,50\text{ m}$

Área requerida para descarga:  $A= 0,00417\text{ m}^2$

Diámetro de la tubería de ingreso, se debe tomar en cuenta diámetros comerciales. Por tanto:  $D_a= 2,00\text{ pulg}$

Número de orificios:  $N_{orif}= 4\text{ orificios}$

Una vez determinado el diámetro de entrada y el número de orificios se determina el ancho de pantalla.

Ancho de la pantalla:  $b= 1,30\text{ m}$



### **Altura de la cámara de humedad.**

El diámetro de la tubería de salida es de 2 pulgadas y se utiliza para determinar el área.

Altura calculada:  $H = 0,0126988 \text{ m}$

Altura asumida:  $H_t = 1,00 \text{ m}$

### **Dimensionamiento de la canastilla.**

Consideraciones que se deben tomar para el dimensionamiento. El diámetro de la tubería de salida es de  $B = 2,54 \text{ cm}$  es igual a 1 pulgada. El diámetro de la canastilla tiene que ser 2 veces al diámetro de tubería de salida en línea que es de conducción

$A_{\text{total}} = 0,0010134 \text{ m}^2$

El  $A_{\text{total}}$  tiene que ser menor al 50% del área lateral de la granada ( $A_g$ )

$A_g = 0,0095756 \text{ m}^2$

### **Determinación del área del aireador de bandeja.**

Altura total del aireador:  $H_{\text{torre}} = 2,5 \text{ m}$

Número de bandejas: 3

Área total de bandejas:  $A_T = 0,30 \text{ m}^2$

Orificio de bandejas: 9 orificios

Área total del orificio:  $A_o = 0,00636 \text{ m}^2$

Velocidad de flujo:  $V = 0,118 \text{ m/s}$

### Determinación de bomba.

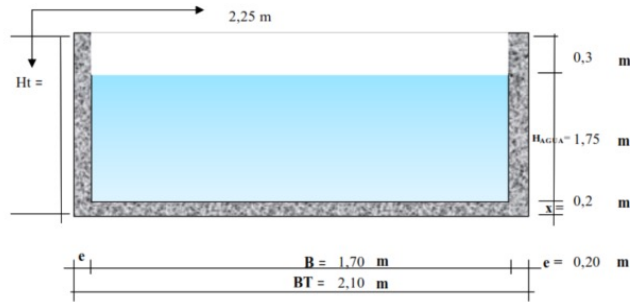
Carga total bomba  $h_B = 4,151 \text{ m}$

Potencia de bomba  $P_B = 0,068 \text{ Hp}$

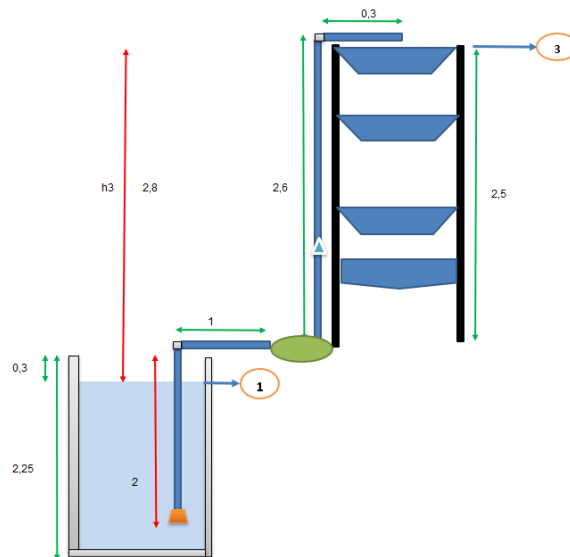
Potencia de bomba  $P_B = 0,33 \text{ Hp}$

### Tanque:

**Figura 1:** Dimensiones de tanque cuadrado



**Figura 2.** Tanque de almacenamiento y alturas hasta al aireador.



### **Diseño del floculador horizontal**

Se asume una velocidad de flujo de  $V = 0,15\text{m/s}$  y un tiempo de retención de  $t = 15\text{min}$ , el tiempo debe estar en s. por lo que se obtiene una Longitud de 135 m.

Área mojada:  $A1 = 0.005\text{ m}^2$

Ancho de canal:  $a = 0,025\text{m}$

Ancho de vuelta:  $d = 0,0375\text{m} \approx 0,04\text{m}$

Ancho de pantalla:  $Bp = 1,96$

Cruce entre pantallas:  $C = 1,92\text{m}$

Número de canales requeridos:  $N = 67,5 \approx 68$  canales

Longitud del floculador:  $LT = 1,901\text{m}$

### **Filtro rápido de arena**

Número de filtros 1

### **Diseño del floculador horizontal**

Se asume una velocidad de flujo de  $V = 0,15\text{m/s}$  y un tiempo de retención de  $t = 15\text{min}$ , el tiempo debe estar en s. por lo que se obtiene una Longitud de 135 m.

Área mojada:  $A1 = 0.005\text{m}^2$

Ancho de canal:  $a = 0,025\text{m}$

Ancho de vuelta:  $d = 0,0375\text{m} \approx 0,04\text{m}$

Ancho de pantalla:  $Bp = 1,96$

Cruce entre pantallas:  $C = 1,92\text{m}$

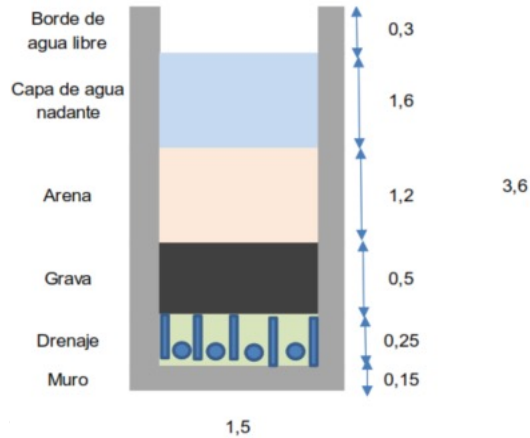
Número de canales requeridos:  $N = 67,5 \approx 68$  canales

Longitud del floculador:  $LT = 1,901\text{m}$

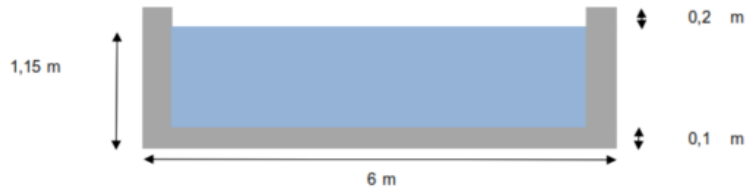
## Filtro rápido de arena

Número de filtros 1

**Figura 3:** Medidas del filtro rápido de arena



**Figura 4:** Medidas del tanque Clorador



## Tanque circular

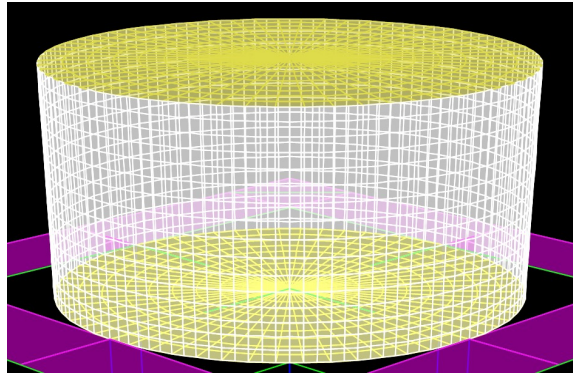
Dimensiones del tanque

- Radio: 2.5 m.
- Diámetro: 5 m.
- Altura: 2.45m.
- Volumen: 35 m<sup>3</sup>.

Secciones de elemento estructurales.

- Columnas: sección (30X30) cm
- Vigas: (30X30) cm.
- Tanque: hormigón armado.

**Figura 5.** Modelo 3D del tanque circular



### Modelación de red de distribución

**Figura 6.** Área de cobertura de la Red de Distribución Bella Unión del Napo en el centro poblado



## **Resultados del análisis**

Para determinar la población se realizó un censo, el cual se determinó que la comunidad Bella Unión del Napo, la parte que se beneficiará de la planta de agua potable cuenta con 379 habitantes.

En el mapa de vulnerabilidades que se obtiene en el plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia San Carlos, la comunidad tiene una vulnerabilidad muy baja.

El diseño que se utilizó es de 30 años de vida útil para el sistema de agua potable de la comunidad.

La comunidad se encuentra libre de alguna amenaza por actividad volcánica, ello se debe a que el volcán más cercano y activo es el Reventador, el que se encuentra a 100 km de distancia. Se encuentra en una zona sísmica, cuya caracterización de zona sísmica es intermedia y tiene un porcentaje de aceleración de  $Z=0,15$ .

El valor que se tomó de dotación para el proyecto es de 100 l/hab\*día según la subsecretaría de saneamiento ambiental, la norma del código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural y un factor de fugas del 20%.

Se considera una planta de tratamiento con los siguientes elementos, un manantial de ladera concentrado, tanque rectangular, bomba, aireador, canal Parshall, floculador, filtro, tanque clorador, tanque, bomba y un tanque elevado circular.

Se determinaron 3 tanques para que la planta de tratamiento y la distribución funcionen correctamente: dos tanques rectangulares, uno de 5m como reserva baja, otro de 6,9 m que es el tanque de cloración; estos dos estarán ubicados en el punto de captación y, un tanque circular elevado de 35m, el cual se ubicará en el centro de la comunidad en un lote que les pertenece de donde se distribuirá el agua.

El tanque circular estará ubicado a una altura de 20 metros, tendrá un radio de 2.5 metros y una altura de 2,45 m. Sus paredes tendrán un espesor de 0,25 m, una tapa de 0,20 m y un borde libre de 0,27 m.

Los caudales de diseño que se utilizaron para las evaluaciones respectivas al final de la vida útil son: captación de agua superficiales  $Q= 0,81$  l/s, conducción de agua superficiales  $Q= 0.75$  l/s, planta de tratamiento  $Q= 0,75$  l/s y red de distribución  $Q= 1.62$  l/s.

El factor de mayoración máximo diario que se utilizó es de  $KMD= 1,25$  mientras que para el factor de mayoración horario  $KMH= 3$ , esto es según la norma de diseño para sistemas de agua potable y eliminación de residuos líquidos para poblaciones menores a 1000.

Para el aforamiento del agua en el punto de captación se utilizó una cámara de captación de manantial de ladera y concentrado.

La tubería que se utilizó desde el punto de captación hasta la planta de tratamiento es de PVC y para la determinación de la bomba se consideró una de velocidad recomendada de 0,5 – 2 m/s hasta el aireador.

## Referencias

1. Celis, J., Ingeniería, J. C.-E. en, & 2016, undefined. (2016). Hacia una formación más fundamentada y flexible en ingeniería civil. *Educacioneningenieria.Org*, 11(21), 4–8. <http://educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/581>
2. CONGOPE. (2016). *Hablemos de riego*.
3. Gobierno autonomo descentralizado Sachas. (2015). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL*.
4. Guachamin Hurtado, A. F. (2021). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD BELLA UNIÓN DEL NAPO, CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS, PROVINCIA DE ORELLANA*.
5. HARO MOLLOCANA, S. I. (2021). *DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN DE LA COMUNIDAD DE CUSUBAMBITO, PARROQUIA CUSUBAMBA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI. SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI*.
6. INEN. (2020). *AGUA POTABLE. REQUISITOS. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA*.

3



# APORTES A LA GESTIÓN 4.0

# A PROPÓSITO DE BIM Y LA 4TA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

**Por Lucrecia Real**

**E**l sector AECO (Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operación) se ha caracterizado, tradicionalmente, por una lenta implementación y adaptación a las nuevas tecnologías. Su resistencia al cambio sumada a un enfoque conservador en cuanto al diseño y la entrega de productos ha llevado a la industria a encontrarse en la encrucijada de la 4ta revolución industrial. Una tendencia que agrupa conceptos como interconectividad, automatización, internet de las cosas, *la nube*, coordinación digital, sistemas ciberfísicos o robótica y que marcan el cambio de una era.

En los últimos años se ha visto un avance importante en la digitalización de la industria de la construcción, gracias a la implementación de la metodología BIM que se ha dado el gran salto. El BIM o Building Information Modeling, por sus siglas en inglés, y en español Modelado de la Información para la Edificación o Construcción, es una metodología que se acompaña de tecnologías digitales de trabajo colaborativo a los fines de integrar todos los profesionales e involucrados en el desarrollo de un proyecto de arquitectura u obra civil. Básicamente consiste en la construcción de un modelo tridimensional que incluye toda la información necesaria para analizar, definir y documentar el diseño, construcción y mantenimiento de un objeto edificable, características que diferencian los modelos BIM de otros que solo representan la geometría tridimensional.

La metodología BIM integra a todos los agentes que intervienen en el proceso de edificación, arquitectos, ingenieros, constructores, promotores y *facility managers*, entre otros, y establece un flujo de comunicación transversal entre ellos centrado en un modelo virtual que contiene toda la información del edificio durante todo su ciclo de vida, desde las fases más tempranas del diseño hasta su ejecución y mantenimiento, favoreciendo la gestión y reducción de costes de operación.

La computación en la nube, (*Cloud Computing*) es una tecnología que está impulsando la industria 4.0 la cual permite acceder remotamente, desde cualquier lugar del mundo y en cualquier momento, a *softwares*, archivos y procesamiento de datos a través de Internet, sin la necesidad de conectarse a un ordenador personal o servidor local. En otras palabras, la computación en la nube utiliza la conectividad de Internet para manejar los más variados recursos, programas e información y tener acceso a ellos través de cualquier ordenador, *tablet* o celular.

Eso significa que, con la ayuda de la conexión en *la nube*, los arquitectos e ingenieros pueden colaborar en un mismo proyecto BIM sin compartir una locación. Entre los beneficios de trabajar en la nube se encuentran:

- La capacidad de verificar diseños desde cualquier parte del mundo.
- Acceder a los modelos en dispositivos móviles y colaborar con el equipo de modeladores que trabajan en ellos.
- Pueden proporcionar sugerencias al equipo que ejecuta el proyecto.
- Pueden acceder fácilmente a los documentos de construcción en el sitio.
- Pueden comunicar fácilmente las complicaciones del proyecto y su estado a los modeladores.
- Tener acceso a los últimos documentos del proyecto desde cualquier parte del mundo.
- La combinación de BIM y de Cloud Computing puede mejorar la productividad del equipo del proyecto.

Por otro lado, detrás de la metodología BIM subyace una clara apuesta por la prefabricación, en las que la optimización de recursos y procesos son posibles gracias a que el producto final obtenido que es la suma de muchos componentes, cuya fabricación y ensamblaje

no se ha dejado al azar. En la construcción industrializada, a diferencia de la tradicional, los componentes estructurales (y no estructurales) del edificio no se construyen in situ, sino que se fabrican en planta y se transportan a obra, donde se montan o ensamblan. Se habla de la construcción off-site por contraposición a la on-site.

Ahora, cuando hablamos de Facility Management, nos referimos a la integración entre BIM y las actividades de gestión y mantenimiento de una obra construida. Es por eso que la Gestión de Activos, que se define como el conjunto de actividades coordinadas que una organización utiliza para maximizar el valor real de sus activos y lograr el mayor rendimiento de ellos a lo largo de su vida útil, comienza en el momento en que termina la fase de construcción e incluye todas las actividades necesarias para mantener inalterado en el tiempo un nivel de eficiencia adecuado, para cumplir con las funciones para las que fue diseñado el edificio.

EL BIM contribuye con la gestión de activos como un habilitador crítico, tanto del desempeño deseado de los activos como de la efectividad y optimización de los costos en servicio durante la fase de operación y mantenimiento, por lo que una adecuada estrategia BIM facilita una mejor aproximación de la siguiente información:

- Datos de vida útil de los activos y materiales.
- Descripciones del potencial de intervenciones para mantenimiento o reemplazo de activo y sus costos.
- Historial de activos: mantenimiento, alternancias, renovaciones y reemplazos; y eventos tales como accidentes u otros incidentes.

BIM puede permitir que los administradores de activos ingresen al proceso de toma de decisiones en una etapa mucho más temprana, donde pueden influir en la optimización de los costos del mantenimiento y un mayor aprovechamiento y desempeño en la operación. Igualmente, se consigue una mayor claridad sobre las expectativas de rendimiento a largo plazo en el servicio y las consecuencias de las decisiones de la etapa de diseño sobre el rendimiento y el costo del ciclo de vida. A esto se suman: a) la reducción de los costos de puesta

en marcha del proyecto debido a la disponibilidad de una mejor información al comienzo del proyecto, b) la reducción de los costos de construcción y operación como resultado de defectos de construcción reducidos, c) una mejor gestión del ciclo de vida como resultado de una información de construcción y diseño consolidado más fácilmente disponible como una única fuente de datos, d) los costes reducidos del proceso de gestión derivados de datos incompletos y e) una optimización de inventarios de repuestos

Sin embargo, la adopción del BIM dentro del sistema de gestión de activos ha sido mucho más lenta de lo esperado y hay dos tipos de razones principales, técnicas y de gestión. Las técnicas resultan de la necesidad de modelos de proceso de construcción bien definidos para eliminar problemas de interoperabilidad de datos, el requisito de que los datos de diseño digital sean computables y la necesidad de estrategias prácticas bien desarrolladas para el intercambio y la integración resueltos de información significativa entre los componentes del modelo de información de construcción. En cuanto a la gestión es necesario estandarizar los procesos y definir pautas para su implementación y uso, y definir quién debe desarrollar y operar los modelos y cómo deben distribuirse los costos de desarrollo y operativos.

No se puede dejar de lado, al hablar de revolución 4.0, el concepto de *Big Data* para referirse a las técnicas para analizar conjuntos de datos extremadamente grandes. En los modelos BIM introducimos muchísima información, pero para poder utilizar las técnicas de *Big Data*, la información debe estar ordenada, ser correcta, estar suficientemente caracterizada como para poder obtener conclusiones de las relaciones de esta información entre sí y ser suficientemente abundante como para poder aplicar las técnicas del *Big Data*. Estos cuatro puntos son fundamentales, sin una información ordenada no podremos obtener una tabla de planificación aceptable, no podremos obtener mediciones, organizar los entregables o sacar un presupuesto.

Para concluir, en este contexto de industrialización 4.0, el tema de los datos y su gestión será central, e impondrá nuevos modelos de negocio a la industria.

Además de la amplia variedad de datos e información generados tradicionalmente durante el diseño y ejecución de proyectos de construcción, se generará una cantidad considerable a partir de sensores y otros sistemas. El volumen, la variedad y la necesidad de velocidad de estos datos requerirán el uso de plataformas adaptadas para interpretarlos, gestionarlos, pero también y sobre todo para conectarlos con las plataformas empresariales existentes.

En consecuencia, los sistemas requeridos no serán solo *Big Bata* o plataformas de toma de decisiones, sino más bien plataformas que proporcionen nuevos servicios y productos innovadores que conecten el sitio de construcción con fábricas inteligentes, y con un diseño y uso más inteligente de edificios o ciudades conectados. Por supuesto, aún deben abordarse muchos problemas, incluido el desarrollo de estándares a escala global.

## Capítulo 9

# DIRECCIÓN DE PROYECTOS Y BIM UNA SINERGIA NECESARIA EN LA CONSTRUCCIÓN

Autor:

**Pablo Vásquez Quiroz**

## Introducción

Gestión de Proyectos

**T**odos estamos de acuerdo en que “Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (*Project Management Institute, 2017*), definición que desde 1969 hasta la presente fecha ha tomado gran relevancia a nivel global. De la misma manera, “La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo” (*Project Management Institute, 2017*), bajo esta perspectiva no cabe la menor duda que dirigir proyectos resulta tanto una ciencia como un arte.

Cuando hablamos de proyectos de Construcción también debemos referirnos no solo a la experiencia, acervo cultural, orientación técnica, y las habilidades mencionadas, sino también al ámbito de lo que la industria de la construcción maneja, siendo este muy amplio, y requiere de toda la atención, enfoque, orientación y rigurosidad que los proyectos, cada vez más complejos e interdisciplinarios necesitan para generar el valor y los beneficios esperados.

Como se mencionó anteriormente, los proyectos de construcción son cada vez más complejos e integradores (incluyen varias disciplinas) y constituyen la parte principal de los mismo debido a su cantidad, variedad, importancia y costo. Estos proyectos van desde los más pequeños, pasando por los residenciales o comerciales, públicos, privados hasta los megaproyectos. De más estaría mencionar que independientemente de su tamaño e importancia es necesario dirigirlo y gestionarlo. Hoy por hoy los proyectos de construcción requieren una comprensión adecuada de sus procesos así como también de elementos de gestión moderna, recurrente, flexible, tecnológicamente viable y complementaria y que además impulse los cambios

organizacionales que hoy exige la industria de la construcción 4.0. La gestión de proyectos de construcción considera una serie de acciones para determinar el alcance, tiempo, costo, calidad y recursos a lo largo de su ciclo de vida.

## **Building Information Modeling (BIM)**

El *BIM Handbook* (2008) definió a BIM como una tecnología de modelado asistido por computadora con el fin de administrar la información de un proyecto de construcción centrándose en la producción, comunicación y análisis de modelos de información de construcción. De la misma manera El (*National BIM Standard - United States | National BIM Standard - United States, 2017*) menciona que “Un BIM es una representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación. Como tal, sirve como un recurso de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación que forma una base confiable para las decisiones durante su ciclo de vida desde el inicio en adelante”.

En este orden de ideas BIM es una metodología que usa un modelo virtual, multi-dimensional, digital y confiable como la representación del proyecto que se usará para la gestión del proyecto y la toma de decisiones de diseño, alcance, costo, programación y planificación de la construcción, estimaciones y mantenimiento.

La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final definidos. Que sea temporal no significa necesariamente que un proyecto sea de corta duración. El final de un proyecto se alcanza cuando se logran los objetivos o cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no podrán ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto. La decisión de terminar un proyecto requiere aprobación y autorización por parte de una autoridad competente.

## **Aspectos Técnicos de la Gestión de Proyectos y BIM**

### ***Buenas Prácticas de Gestión de Proyectos conforme el PMBOK® - Aspectos Técnicos***

Las buenas prácticas de la gestión de proyectos (*Project Management Institute, 2017*) y las buenas prácticas de gestión de proyectos de construcción (*Construction Project Management Body Of Knowledge & American Project Management Institute, 2012*) consideran 5



procesos: inicio planificación, ejecución, monitoreo & control y cierre, los cuales interactúan y se articulan con 14 áreas de conocimiento, estos elementos muy maduros y contextualizados se detallan de la siguiente forma (*Construction Extension Project Management Institute, 2016*):

En integración se identifica, junta, define, combina, unifica y coordina los procesos y acciones propias de la gestión de proyectos. Otro elemento muy importante es el alcance, este punto asegura que se haya identificado todo el trabajo requerido y únicamente el trabajo requerido que se llevará adelante, de la mano del cronograma, que establece los procesos para completar el proyecto en el tiempo aprobado.

Un proceso donde la rigurosidad de las estimaciones, el cálculo de presupuestos y análisis de la información son imprescindibles es la gestión de costos, que se junta de forma inseparable con el de calidad, área de conocimiento donde se busca satisfacer las especificaciones de calidad de los productos entregables, las expectativas del cliente y los interesados en el proyecto. Recursos es el área cuyo objetivo primordial es el de identificar, estimar, gestionar y controlar los recursos que necesita el proyecto, así también, comunicaciones garantiza la generación, recolección, creación, monitoreo y disposición final de la información del proyecto. En riesgos se planifica, identifica, analiza cualitativa y cuantitativamente, se determina la respuesta a estos, se implementan las respuestas y se los monitorea a lo largo del proyecto. Adquisiciones es un proceso para la planificación, gestión de compras y monitoreo de las adquisiciones de productos y servicios externos al proyecto. Tema importante dentro de la gestión de proyectos son los interesados, en este proceso de gestión se busca identificar, analizar, desarrollar las estrategias para tratar con las personas y organizaciones que tienen interés en el proyecto o que los impactos de este pueden ser positivos y negativos.

En proyectos de construcción la seguridad, salud, medio ambiente, reclamos y administración financiera juegan un papel muy importante. Seguridad & salud plantea el garantizar que el proyecto se planifique y ejecute de una manera que prevenga accidentes, evitar lesiones personales y muertes, mantenga niveles de salud adecuados, y prevenga daños a la propiedad, por otra parte, la gestión de medio ambiente busca comprender los factores ambientales (clima, vida silvestre, lejanía, recursos culturales, etc.) tanto de las fases previas a la construcción como a la fase de construcción y cierre.

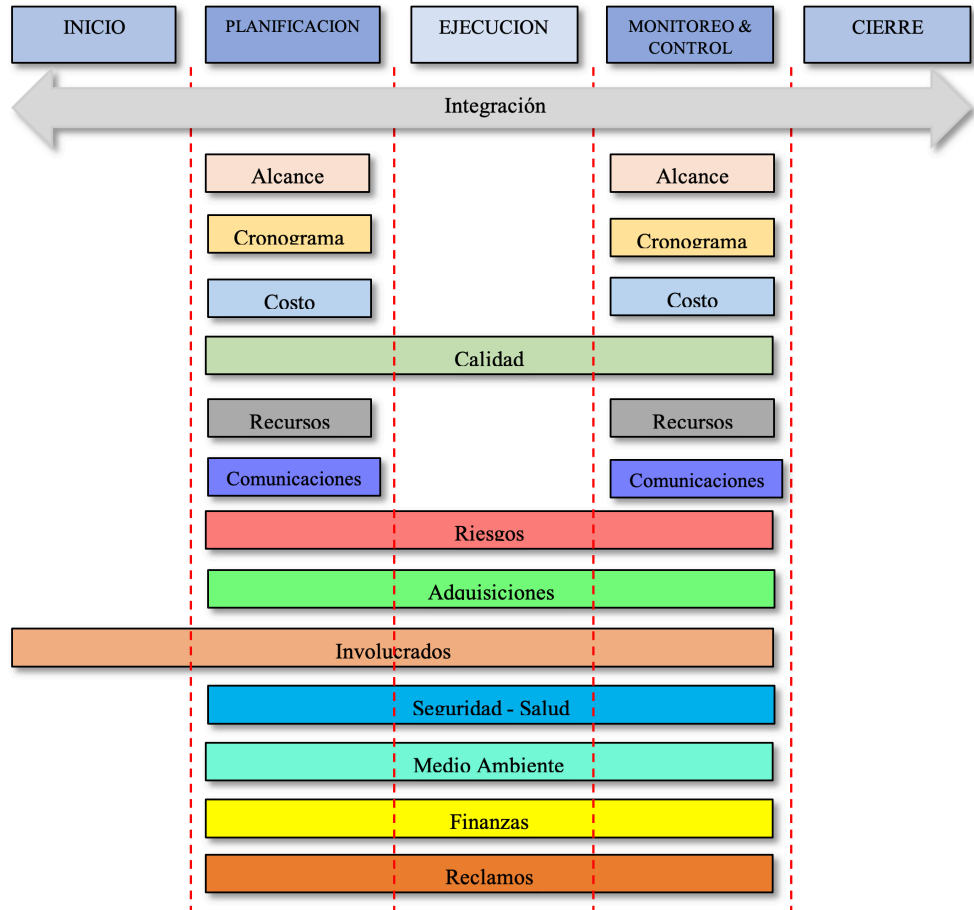
La gestión financiera por el contrario de la gestión de costos busca plantear e implementar las estrategias a corto, mediano y largo plazo para tener un proyecto saludable desde la visión finanzas.

Especial atención en proyectos de construcción es la gestión de incidencias, es importante destacar el hecho que un reclamo no significa “pelea” o “contienda”, más bien el enfoque recae en la planificación, prevención y solución de estos de manera amistosa y en el marco de la relación contractual que un proyecto de construcción ofrece.

El detalle de la relación entre el ciclo de vida de proyectos y las áreas de conocimiento se detalla en el siguiente diagrama (Figura 1):

**Figura 1.** Relación entre el ciclo de vida de proyectos y las áreas de conocimiento

Fuente: Autor



## **BIM – Aspectos Técnicos**

BIM tiene varias características que se usan de forma efectiva en la gestión de proyectos. Estas características logran articularse de una forma cada más vez eficiente, lo cual permite conocer la situación de las diferentes ingenierías y tomar decisiones inmediatas. De conformidad con (Lahdou & Zetterman, 2011), las características son:

**Interferencias:** Problema muy común entre las diferentes disciplinas de la ingeniería en proyectos de construcción son las inconsistencias en los diseños, con el uso de BIM es posible unirlos con la finalidad de detectar interferencias, así mismo, se puede modificar los inconvenientes estéticos que podrían sucederse.

**Constructibilidad:** Usando BIM, los modelos construibles y conforme a obra permiten a la industria tomar decisiones informadas en las primeras etapas del proceso, es decir, los equipos de proyecto pueden revisar y manejar problemas de construcción, por lo tanto, mitiga los riesgos.

**Análisis:** Ayuda a los directores de proyecto, modeladores, especialistas en diseño, y técnicos a desarrollar más análisis y tomar decisiones. Al vincular modelos de información de construcción, es analizar un sin número de elementos como: consumo de energía, cambio de materiales, orientación, luminosidad, acústica, mecánicos, la masa y el espacio, entre otros.

**Estimación de tiempos y costos (4D y 5D):** La estimación de tiempo y costo permiten a los directores de proyecto visualizar el proyecto de construcción en cualquier momento, comprender las fases por las cuales debe pasar, simular diferentes alternativas y facilitar el proceso de toma de decisiones al mínimo costo y tiempo necesario.

**Integración:** Permite unificar e interactuar entre los modelos de varias disciplinas que un proyecto de construcción genera, además coordina las actividades de diseño, análisis y construcción.

**Cantidades:** Dado que los modelos se integran y se dispone de una base de datos de materiales y costos para estimaciones, estas, pueden ser más precisas y rápidas, adicionalmente sirven en lo posterior para efectuar adquisiciones.

**Modelos basados en objetos:** BIM está compuesto por objetos, en tal virtud, el modelo completo se puede dividir en objetos más pequeños, esta desagregación permite tener un alcance definido y claro de los proyectos.

Colaboración y desarrollo de equipos: Resulta clave para el éxito de BIM en proyectos de construcción, esto se debe a que los modelos de las diferentes disciplinas se integran, formando así equipos de trabajo colaborativos efectivos.

Comunicación: No cabe la menor duda que trabajar en ambientes colaborativos, sobre la base de modelos unificados e interdisciplinarios mejora la comunicación y disminuye las disputas o malentendidos, dándole además la característica al proyecto de construcción de “saludable”.

### **El triángulo del talento del director de proyectos**

En un presente cambiante, los directores de proyecto necesitan ser más innovadores, e ingeniosos que, de costumbre, con la finalidad de mantener el ritmo en el sistema de entrega de valor, la obtención de los beneficios esperados y la entrega del proyecto en tiempo, calidad, forma y creación de impacto.

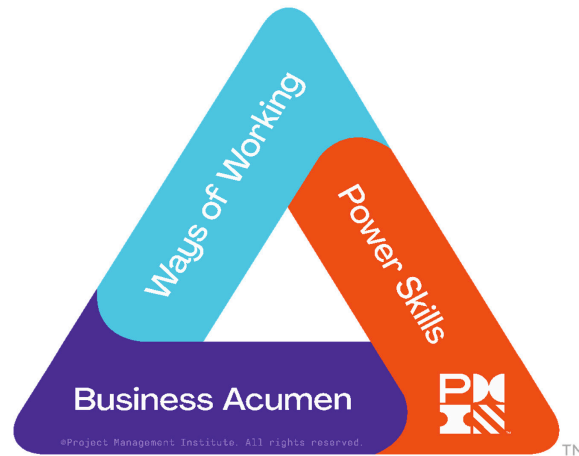
La industria de la construcción no se encuentra ajena a los cambios, el surgimiento de nuevas prácticas, tecnologías y herramientas hace que los directores de proyectos de construcción tengan el enorme desafío de reinventarse rápidamente y que su trabajo deba ser más eficiente. En esta medida los directores de proyectos y sus habilidades han evolucionado, el (*Project Management Institute, 2022*) describe estas habilidades de la siguiente forma:

Formas de trabajar: ya sea proyectos en proyectos predictivos, o ágiles, con pensamiento de diseño o nuevas prácticas aún por desarrollar, está claro que hay más de una forma en que se realiza el trabajo hoy en día. Es por eso que se impulsa a los profesionales a dominar todas las formas de trabajo que puedan, para que apliquen la técnica adecuada en el momento adecuado y obtener resultados ganadores.

Habilidades impulsadoras: estas habilidades incluyen liderazgo colaborativo, comunicación, mentalidad innovadora, orientación con propósito y empatía. Asegurarse de que los equipos tengan estas habilidades les permite mantener la influencia con los interesados, siendo un componente crítico para lograr cambios.

Perspicacia para los negocios: los profesionales con perspicacia para los negocios comprenden las influencias macro y micro en su organización e industria y tienen el conocimiento específico de las funciones que desempeñan y del dominio para tomar decisiones. Los profesionales de todos los niveles deben ser capaces de cultivar una toma de decisiones efectiva y comprender cómo sus proyectos se alinean con el panorama general de la estrategia organizacional más amplia y las tendencias globales.

**Figura 2.** Triángulo del talento (PMI, 2022)



El *Project Management Institute* (2021) dentro de su nueva alineación frente a dirigir proyectos, habla que existen 8 dominios de desempeño y 12 principios. Los dominios de desempeño toman en cuenta una serie de actividades o áreas interactivas, que están interrelacionadas, son interdependientes y funcionan juntas para conseguir los resultados deseados del proyecto. En primer lugar, las relaciones con los interesados, en segundo lugar, el equipo que desarrolla lo entregable y usa con diferente grado de rigurosidad las herramientas y técnicas necesarias. El enfoque de desarrollo y ciclo de vida del proyecto juega un papel importante

desde su arranque, así mismo, la planificación que genera los elementos de base necesarios para ejecutar el trabajo del proyecto, por consecuencia del anterior se genera la entrega de los productos finales, todo estos con las métricas adecuadas para evaluar el desempeño del proyecto, finalmente con una adecuada gestión de la incertidumbre.

Dentro de los principios se plantea el ser un i) administrador diligente, respetuoso y cuidadoso, ii) crear espacios colaborativos para el equipo de proyecto, iii) un involucramiento eficaz con los interesados, iv) enfocarse en el valor que se va a generar por el proyecto, v) pensamiento sistemático, vi) demostrar liderazgo, vii) adaptarse en relación con el contexto, viii) incorporar la calidad tanto en los procesos como en los entregables, ix) navegar en la complejidad de lo que hoy por hoy significa un proyecto, x) optimizar las respuestas a los riesgos que puedan afectar directa o indirectamente al proyecto, xi) estar predispuestos a adaptarse y responder hacia ese estímulo de manera resiliente y por último xii) permitir el cambio para lograr el estado futuro deseado.

Bajo esta perspectiva, la complejidad que tiene la industria de la construcción hace que se mejore la eficiencia y rentabilidad con procesos más eficientes y se generen nuevos paradigmas, por consecuencia recae en todos los involucrados y especialmente en el director del proyecto el usar su talento, sus habilidades y conocimientos para generar la articulación entre los principios y dominios con el objetivo de desarrollar el entorno adecuado, equilibrado y viable para llevar adelante el proyecto, por lo tanto, BIM además de reunir varias de las características descritas anteriormente puede considerarse como un marco de trabajo eficiente, una herramienta eficaz, robusta, integradora y poderosa en la gestión de proyectos de construcción.

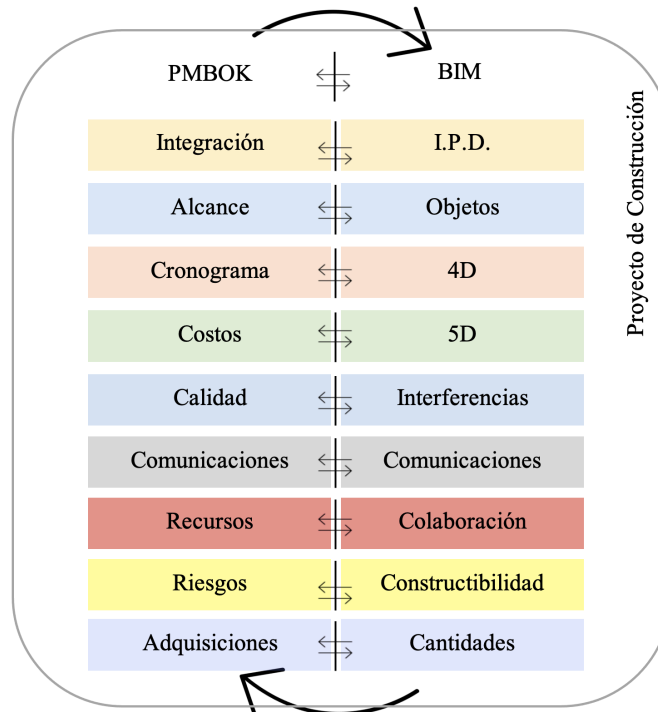
### **Relación entre la Gestión de Proyectos y BIM**

Las capacidades tanto de las buenas prácticas de gestión de proyectos y BIM, en proyectos de construcción han quedado plenamente definidas, dando como resultado una relación directa entre ellas, en la Figura 3 se puede observar esta relación.

La gestión de la integración del proyecto tiene la misma función que el BIM. BIM integra los documentos, planes y esfuerzos de todas las partes involucradas en un proyecto y en

conjunto articulan las diferentes áreas y procesos del ciclo de vida. BIM también es un entorno basado en objetos que puede categorizar diferentes elementos de un proyecto de construcción y dividirlo en diferentes grupos, como ocurre en la gestión del alcance del proyecto. Otra característica de BIM es su capacidad para administrar tiempo 4D y costos 5D, estos elementos son similares a las áreas de gestión del cronograma y costos del proyecto en el estándar PMBOK. Es conocido que realizar esfuerzos por identificar y analizar los riesgos asociados a un proyecto de construcción no se dan del todo como resultado de la constructibilidad, la cual, no los ilustra completamente, pero sí es una herramienta poderosa ya que mitiga los riesgos que podrían encontrarse en la ejecución, es en este punto en el cual la gestión de riesgos fortalece al proyecto con un enfoque completo de análisis y respuesta a ellos.

**Figura 3.** Relación entre las prácticas de gestión de proyectos y BIM.



La detección de interferencias en BIM actúa como un proceso de calidad que reconoce su existencia, modifica las mismas y analiza la complejidad de las mismas de manera visual categorizándolas y estableciendo acciones frente a ellas. La formación de equipos y los espacios colaborativos por crear en BIM es lo que la gestión de recursos humanos considera como un área de gestión de proyectos en donde, desde el desarrollo del equipo y su evaluación constante permiten mejoras continuas a lo largo del ciclo de vida. Las comunicaciones son una característica principal de BIM que facilita la relación profesional entre todos los actores, incluidos los directores de proyecto, diseñadores e ingenieros en un proyecto de construcción mediante la creación responsabilidades claras y de canales de comunicación efectivos y directos. Finalmente, la gestión de compras es posible mediante la definición de las cantidades necesarias de materiales que se calculan mediante BIM, incluso se puede tomar la decisión de subcontratar una porción del proyecto.

## **Desafíos**

Uno de los principales desafíos que tiene BIM y la Dirección de Proyectos es la de eliminar de manera constante las creencias o prejuicios propios de los profesionales de que BIM es una herramienta para “dibujar y hacer modelos en 3 dimensiones”. De la misma manera el perjuicio que tienen los equipos de trabajo, (*Lahdou y Zetterman, 2011*) sostiene que, si los miembros del equipo del proyecto no creen realmente en la importancia de BIM y sus ventajas en un proyecto de construcción, el resultado no será satisfactorio. En este orden de ideas la capacitación, información, desarrollo de proyectos, consumo de BIM y Dirección de Proyectos se hacen plenamente necesarios.

Otros desafíos importantes consisten en: 1) desafíos técnicos, generalmente son conflictos y problemas relacionados con el intercambio de datos entre los equipos de trabajo y problemas de software BIM; 2) mejora de habilidades y conocimientos en procesos de gestión de proyectos, BIM bajo protocolo y la articulación entre ellos; 3) desafíos de gobernanza en los proyectos en razón de definir con claridad los roles y responsabilidades profesionales de la gestión de proyectos y BIM; 4) desafíos de costos, el impedimento de implementar BIM por los altos costos que esto puede significar en las organizaciones así como también lo referente a la dirección de proyectos en razón de tener recursos humanos con las habilidades, competencias y certificaciones; y 5) desafío en dotar al director del proyectos de construcción el ambiente propicio para que tome decisiones cruciales frente a las necesidades y contextos



que se pueden dar no solo frente a los entregables técnicos que desarrolla el proyecto sino también de los entregables de gestión.

## Conclusión

A modo de conclusión se debe mencionar que la entrega integrada de proyectos mediante el uso de las buenas prácticas de gestión de proyectos y BIM es un enfoque que cada vez toma mayor relevancia, ya que junta todos los esfuerzos de diferentes disciplinas e integra a todos los actores de un proyecto de construcción, incluidos los directores de proyectos, gerentes BIM, diseñadores, modeladores, expertos, técnicos, ingenieros, sistemas y prácticas en un proceso colaborativo. La práctica integradora provoca la optimización del valor de un proyecto mejorando la eficiencia y eficacia en todo el ciclo de vida. Con la aplicación e interacción entre la dirección de proyectos y BIM existe un enfoque orientado a la consecución de los objetivos generales y no de los individuales de forma holística y cohesiva.

Un enfoque integrador basado en buenas prácticas de gestión de proyectos y BIM genera ventajas durante el ciclo de vida del proyecto de construcción, ya que, se puede tener trazabilidad, se evalúa y revisa de forma efectiva el proyecto, se toma decisiones cuando sea necesario, se resuelve conflictos y se lo ejecuta con éxito.

## Referencias

1. Project Management Institute. (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge: (PMBOK guide)* (6th ed.). Project Management Institute.
2. *BIM handbook*. (2008).
3. *National BIM Standard - United States | National BIM Standard - United States*. (2017). Nationalbimstandard.org. <https://www.nationalbimstandard.org/>
4. Project Management Institute. (2016). *Construction extension to the PMBOK guide*. Project Management Institute, Inc.
5. Project Management Institute. (2022). PMI | *Project Management Institute*. Pmi.org. <https://www.pmi.org/>
6. Project Management Institute. (2021). *Guide To The Project Management Body Of Knowledge*. (7th ed.). Project Management Inst.
7. Lahdou & Zetterman, 2011 Lahdou, R. & Zetterman, D., (2011). BIM for Project Managers, Chalmers University of Technology.

## Capítulo 10 | GESTIÓN BIM Y LA TRAZABILIDAD DE LA INFORMACIÓN

Autores:

**Violeta Rangel Rodríguez<sup>1</sup>**

**Elmer Muñoz Hernández<sup>2</sup>**

### Introducción

La industria de la construcción tiene su mayor apuesta de transformación digital en el Modelado de Información para la Edificación o BIM. Un enfoque metodológico-tecnológico catalizador de unas formas de trabajo convergentes que mejoran notablemente el rendimiento de todos los integrantes de un proyecto y sus tiempos de entrega. En este contexto la visión normativa es más que necesaria. Utilizar estándares, como la ISO 19650 (2018), guiará la información desde el cliente hasta un modelo digital de datos computables, estructurados, de tipo geométrico y no geométrico, tanto para el análisis y como para los criterios asumidos que impactan en el ciclo de vida del edificio o construcción civil.

Bouza Cavada (2020) explica la Metodología BIM como “un conjunto estructurado de procesos, herramientas y técnicas que permiten la gestión eficaz de la información de un proyecto mediante el trabajo colaborativo entre los diferentes agentes intervinientes sobre los modelos digitales computables y a lo largo de todo su ciclo de vida” (pág. 17). Según esta definición la metodología de BIM se sustenta en la información y su trazabilidad a través de la colaboración.

La información puede interpretarse como datos o hechos puestos en contexto y descifrados por una persona. La trazabilidad, una propiedad aplicable a los datos, es entendida como la capacidad de rastrear información en el proyecto y a lo largo de cada una de sus etapas; a través de documentos, estados, versiones, peticiones de información. La colabora-

<sup>1</sup> Violeta Rangel Rodríguez  
Universidad Internacional  
SEK – Ecuador, violeta.rangel@uisek.edu.ec

<sup>2</sup> Elmer Muñoz Hernández  
Universidad Internacional  
SEK – Ecuador, elmer.munoz@uisek.edu.ec

ción, por otro lado, es el trabajo conjunto. Para que ocurra colaboración todos los implicados en el proyecto deben ejercer de forma conjunta su responsabilidad, respetando una estructura normalizada de cooperación para cumplir con los objetivos del proyecto.

Aunque el acrónimo BIM no incluya en sus siglas la colaboración, es esta su esencia. La puesta en práctica del estándar BIM-ISO 19650 (ISO, 2018) es sustancialmente un acuerdo de colaboración que conecta a los involucrados con la información y apela a modelos operativos concurrentes para garantizar la trazabilidad, cantidad y calidad de información y así satisfacer las exigencias del cliente. Cabe recalcar, que la práctica de la colaboración no es simplemente un acto de intercambio de información, sino que implica un análisis conjunto de esa información y que da lugar a una toma de decisiones también conjunta (Hanson & Spross, 2005). Es así como se puede medir el éxito en la elaboración de un proyecto de construcción, a través de qué tan bien trabajan las partes involucradas, con compromiso y desprendimiento, para alcanzar tanto objetivos personales como los del proyecto.

Para que BIM ocurra es vital la trazabilidad. Del mismo modo que en la industria de la alimentación o farmacéutica el rastreo, en este caso de productos, es un requerimiento de índole legal, control de calidad y seguridad. La razón de por qué la trazabilidad es una condición *sine qua non* en los procesos de dichas industrias surge de la necesidad de rastrear, por ejemplo, si aparece algún inconveniente con un producto y este lo hace no apto para el consumo humano, allí será urgente identificar su lote lo más pronto posible, aplicar correctivos o establecer responsabilidades.

La ISO 9001 (2015), cláusula 8.5.2 delimita el concepto de trazabilidad en términos de la “capacidad para seguir el histórico, la aplicación o localización de un objeto” (pág. 17), y asumiendo que es una cualidad que incide tanto en las actividades como en los procesos, es a través de una cadena de continuas comparaciones, que asegura una mejora de desempeño y aumento en la eficiencia (ISO, 2015).

Es común escuchar que la trazabilidad es una obviedad al pensar en BIM, pero es importante traerla al primer plano de discusión para poder auditarla como requisito del proyecto y tratarla como una condición de calidad y seguridad al momento de la implementación de la Metodología BIM.

El capítulo, Con base en la norma ISO 19650, revela las exigencias de trazabilidad de un flujo de información en la gestión de un proyecto con Metodología BIM, centrándose en los

requisitos de información, contenedores de información y *modelo de información*; proponiendo una lista de tareas de auditoría para trazabilidad en cada uno.

### **Trazabilidad de los requisitos de información**

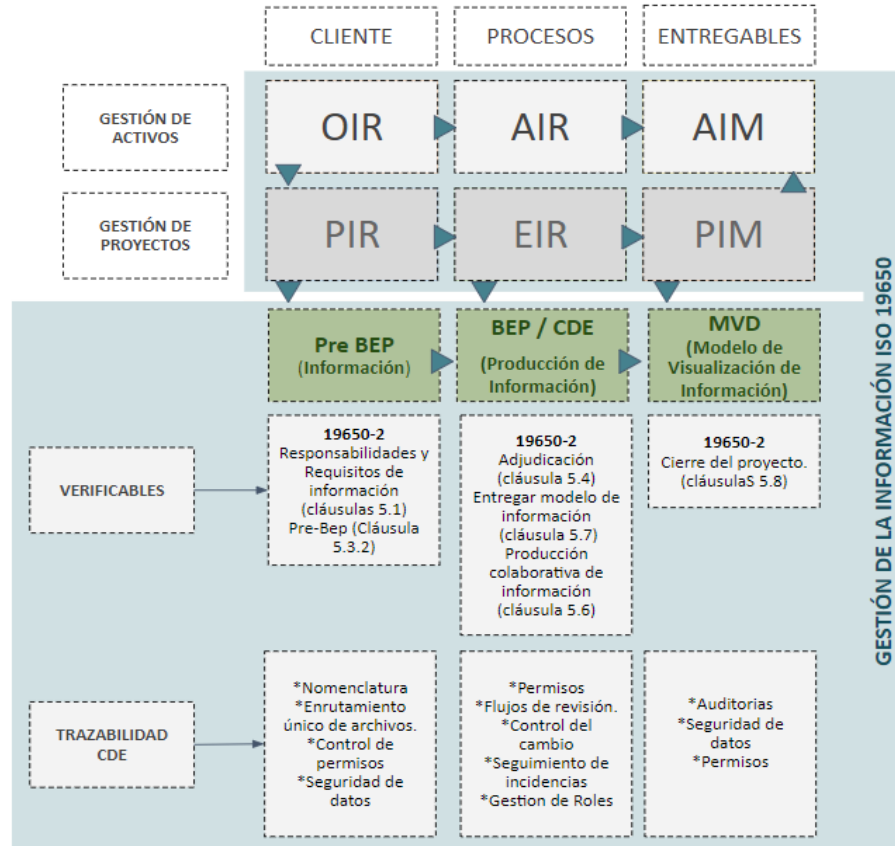
La gestión de los requisitos según la norma ISO 19650-1 (ISO, 2018) se lleva a cabo de acuerdo con tres secuencias de movilización de la información en las que se relacionan la necesidad del cliente, la respuesta estratégica y el producto de la gestión o entregable (ver Figura 1). Cada secuencia puede seguirse por separado. Si la gestión implica el activo la ruta es OIR-AIR-AIM, es decir, partiendo de los requerimientos de información de la organización o cliente (OIR) y según sus objetivos, se establecen los requerimientos de información para su operación y mantenimiento (AIR) y el entregable es un *modelo de información* de operación o *modelo as build* (AIM).

Asimismo, si el alcance es la gestión del proyecto entonces la secuencia es PIR-EIR-PIM, lo que significa que una vez definidos los requisitos de información del proyecto en relación con el alcance, diseño y construcción (PIR), se establecen los requisitos de intercambio de información y adjudicación (EIR), y el producto a entregar es un *modelo de información* del proyecto para la fase de desarrollo (PIM). Ahora bien, cuando se trata del ciclo de vida del activo, la gestión de la información contempla las dos secuencias anteriores indicadas en la misma figura.

Esta estructura confirma los tipos de información y cómo debe organizarse e intercambiarse para su gestión. Al cliente o adjudicador le interesa que los procesos queden indicados para satisfacer sus necesidades estratégicas. Es importante que los requisitos de información estén convenientemente definidos ya que son fundamentales para la robustez del EIR y la entrega de la información solicitada PIM. Al iniciar el proyecto, el adjudicador debe tener la mayor claridad posible en cuanto al tipo, cantidad y calidad de la información, sus usos, y la forma cómo la va a identificar, ubicar y los entregables.

La cláusula 5.1.2 de la ISO 19650-1 (ISO, 2018) enumera los requisitos de información del proyecto: alcance del proyecto, razones por las cuales es requerida la información, plan de trabajo del proyecto, etapas o fases el proyecto, adjudicaciones (responsabilidades), normativas o estándares, hitos de entrega de información, estrategias de organización, métodos y procedimientos de producción, estrategias de toma de decisiones informadas; así como posibles requisitos técnicos, comerciales y de gestión para su mayor beneficio.

**Figura 1.** Información, verificables y trazabilidad en la gestión de la información (con base en las secuencias de la Norma ISO 19650-1, 2018).



En la Figura 1 se muestra un esquema jerárquico de la gestión de la información con base en Norma la ISO 19650-1 y 19650-2, y se precisan los elementos de trazabilidad de los requisitos indispensables en la gestión de la información desde el cliente hasta los entregables. Aunque la Norma no determina documentos de contratación sí prescribe un protocolo de información bajo su terminología, procesos y requisitos. En tal sentido, la verificación de información debe realizarse tanto si el alcance es el proyecto como sí lo es el activo y la Tabla 1 resume los verificables más relevantes y los mecanismos que permiten su trazabilidad en los requisitos de información.

En términos BIM los objetivos de la organización o requisitos de información del proyecto, para una etapa licitatoria-contractual, se responden en un documento previo a la for-

malización del contrato denominado pre-BEP (Building Execution Plan preliminar). En este, queda claramente expresado la necesidad del cliente y los requisitos de información del proyecto, el plan de cumplimiento de objetivos con BIM y un plan de intercambio de información. Una vez aprobado el pliego de condiciones establecidos en el pre-BEP los requisitos de información pasan a ser definidos en el BEP (Buildign Excecution Plan).

**Tabla 1.** Verificables y Trazabilidad de requisitos de información.

*Nota: Los requisitos de información indicados en esta tabla están contemplados en las cláusulas 5.1.2 al 5 y 5.4.1 de la Norma ISO 19650-2 (ISO, 2018) y los mecanismos de trazabilidad son correspondientes a todos los verificables.*

<b>Verificables</b>	Requisitos de información por el ente adjudicador: información necesaria para satisfacer los objetivos (Cláusula 5.1.2).
	Hitos: fechas de intercambio de modelos de información (Cláusula.5.1.3)
	Estándar de información para intercambio, estructura, clasificación, nivel de información requerida, uso para la fase operativa (Cláusula. 5.4.1)
	Métodos y procedimientos de producción de información para captación de información existente, generación, revisión y aprobación, seguridad, entrega. (Cláusula 5.1.5)
	Información de referencia y recursos compartidos: plantillas de documentos, bibliotecas de objetos 3D o estilos de línea personalizados (Cláusula. 5.1.6)
	Pre-BEP: El plan de ejecución BIM (previo a la designación) lo realiza la parte principal designada y se incluye en su respuesta a la oferta (Cláusula 5.3.2)
<b>Trazabilidad por</b>	<p><i>Nomenclatura:</i> estructura fija de codificación y de metadatos para la identificación de los diferentes contenedores de información del proyecto (Building Smart, 2021)</p> <p><i>Enrutamiento único:</i> establecimiento de rutas únicas para los contenedores de información.</p> <p><i>Permisos:</i> se programan puntos de decisión clave autorizaciones de acceso a los contenedores de información</p> <p><i>Confidencialidad Seguridad de datos;</i> medidas de protección de la privacidad digital para limitar el acceso a los datos.</p>

El BEP será ahora parte contractual de alto nivel que precisa alcances estándares, procesos, responsables, entregables, además de plataformas tecnológicas, formatos, fases del ciclo de vida del proyecto, niveles de información y usos. Básicamente, es el plan de cumplimiento de objetivos y donde los involucrados explicitan cómo van a lograr las metas trazadas en términos de quiénes son responsables de qué información, qué tareas van a realizar, y cómo se va a producir el intercambio de información garantizando la trazabilidad, el

plan de entrega y la calidad de los mismos, según estipula la ISO 19650 en las cláusulas 5.3.2 y 5.4.2 (ISO, 2018).

En el BEP las partes contractuales establecen el nivel de información necesaria y requerida para cada fase del proyecto (ver Tabla 1), así como los procedimientos de la gestión colaborativa como aprobación, autorización y publicación de información, que será explicados según la norma en el aparte de trazabilidad de los contenedores de información.

**Tabla 2.** Verificables y Trazabilidad del BEP

Nota: Los verificables en esta tabla están contemplados en las cláusulas indicadas para cada requerimiento de la Norma ISO 19650-2 (ISO, 2018) y los mecanismos de trazabilidad son correspondientes a todos los verificables.

<b>Verificables</b>	Matriz de responsabilidad: Designar personas para llevar a cabo la función de gestión de la información a nivel de proyecto (C. 5.3.1).
	Plan de ejecución BIM del equipo de entrega (C. 5.4.2): ajustar Pre-BEP a las características finales del contrato.
	Plan de movilización del equipo de entrega: la parte principal designada considere 11 elementos que cubren las pruebas de intercambio y entrega de información, entornos de datos comunes, otros requisitos de software y hardware y capacitación y educación (C.5.3.5)
	Plan de entrega de información: Cómo el equipo entregará información (C 5.4.4)
	Presentar modelo de información para la autorización del adjudicatario principal: Informes de entrega y auditoría para entrega del modelo de información (C. 5.7.4)
<b>Trazabilidad por:</b>	<p><i>Nomenclatura:</i> estructura fija de codificación y de metadatos para la identificación de los diferentes contenedores de información del proyecto (Building Smart, 2021).</p> <p><i>Flujos de revisión y aprobación:</i> Designación como revisores de documentos y miembros designados como aprobadores finales a los documentos que se utilizarán.</p> <p><i>Control del cambio:</i> Gestión o control del cambio busca que el autor tenga una supervisión clara de cómo ha evolucionado su información y puede volver a una versión anterior si es necesario.</p> <p><i>Seguimiento de incidencias:</i> busca identificar y comunicar inquietudes o mejoras en relación con los documentos del proyecto.</p> <p><i>Enrutamiento único:</i> establecimiento de rutas únicas para los contenedores de información.</p> <p><i>Puntos de control y permisos:</i> se establecen puntos de decisión clave a lo largo del proyecto y autorizaciones de acceso a los contenedores de información.</p>

La Tabla 2 contiene verificables y mecanismos de trazabilidad para el plan de ejecución del equipo de entrega, un documento que nace del Pre-PEB, se desarrolla y acuerda con cada adjudicatario, tanto los conocidos como por el adjudicatario principal. Para esta actividad la cláusula 5.4.1 de la ISO 19650-2 (ISO, 2018) recomienda consultar las demandas del adjudicador como estándares, plan de entrega, matriz de responsabilidades, métodos y procedimientos. Dado que el plan de ejecución de BIM es un documento contractual, está sujeto a procesos de control y cambios por parte del adjudicador y adjudicatarios, por ello se considera un documento vivo que evoluciona con el desarrollo del proyecto.

Para que se cumpla tanto el BEP como la Norma el equipo de trabajo debe ser instruido sobre el Entorno Común de Datos (CDE) y aquí retomamos el concepto de trazabilidad; para hacer énfasis en una característica que representa la mayor prestación de un proyecto BIM haciéndolo auditable, transparente, seguro y controlable. Los CDE deben asegurar la trazabilidad con el objetivo de garantizar el seguimiento de los datos para la predicción de escenarios y toma de decisiones en cada fase de la inversión.

### **Trazabilidad en los contenedores de información**

La cantidad y calidad de la información a ser producida debe ser suficiente para satisfacer las necesidades del cliente o adjudicador. Demasiada información representa un esfuerzo perdido y muy poca no aportará mucho para una toma de decisiones requerida por parte del cliente. Entonces, como hemos visto hasta aquí, para tener un resultado exitoso en el proyecto BIM hay que trabajar en colaboración y con claridad en la definición de estándares, métodos, procesos, tiempos y protocolos, los cuales regirán la producción y revisión de la información. Igualmente, se demanda transferencia eficiente y efectiva de datos entre los involucrados, en todas las etapas o fases del proyecto, para una toma de decisiones informada y oportuna.

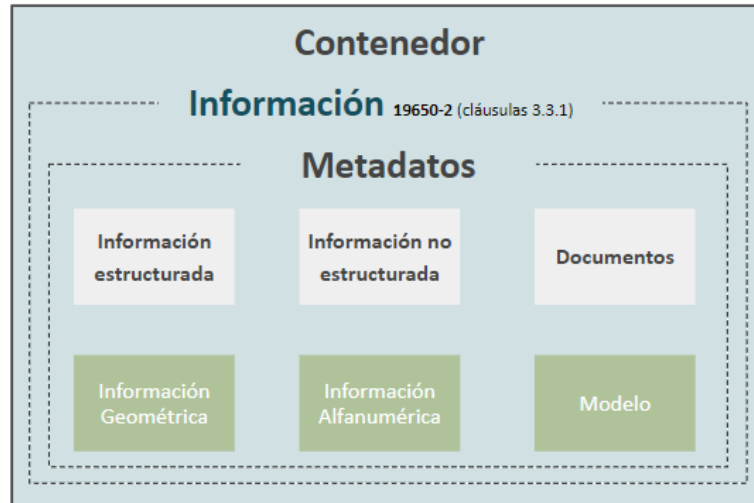
### **Definición de información, contenedor de información y metadato**

La Norma ISO 19650 diferencia claramente los conceptos de información y contenedor de información. La información es, según la cláusula 3.3.1 de la ISO 19650-1 (ISO, 2018) “la representación reinterpretable de datos de manera formalizada y adecuada para su comunicación, interpretación y procesado”. Ahora, también se ha indicado en este capítulo que son datos en contexto, o hechos que tengan un significado particular y recopilados por cualquier actor del proyecto.



El contenedor de información, por otra parte, es un “conjunto de información persistente y recuperable desde un archivo, sistema o aplicación de almacenamiento jerarquizado”. En definitiva, es un archivo que puede ser un modelo 3D de información estructurada o paramétrica, basada en atributos o un PDF de información no estructurada, tal y como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2.** Contenedor de información



Un metadato es un conjunto de datos que contienen otros datos y proporcionan información sobre los datos producidos. Con los metadatos se puede saber la procedencia de los datos, cómo fueron creados, qué atributos lo conforman, cómo se obtiene más información o cuánto cuesta. Generalmente, son utilizados para facilitar las búsquedas, sin embargo, Kate Beard (1996) ha definido otras funciones de los metadatos y que se listan a continuación:

- **Búsqueda:** los metadatos se usan para encontrar información de interés dentro de una colección de datos disponibles, o simplemente, para saber qué datos existen.
- **Recuperación:** los metadatos proporcionan información para rescatar y seleccionar datos de interés.

- **Transferencia:** los metadatos facilitan la información necesaria para que los usuarios “lleven”, “traigan” y recuperen archivos. Con información sobre tamaño, estructura lógica y física.
- **Evaluación:** con el apoyo de los metadatos los usuarios hacen comparaciones para comprobar la utilidad de los datos en una determinada aplicación o uso.

Como ejemplo de metadato podemos referir la identificación única de un contenedor, porque describe y da información sobre otros datos como información geométrica, no geométrica o referencias externas. No obstante, la ISO 19650-2, cláusula 12.1 requiere que se asignen datos adicionales a los contenedores de información dentro de un Entorno Común de Datos como códigos de revisión, estados y clasificación, los que posteriormente serán auditables como requisitos de trazabilidad del CDE.

### **Desglose y federación**

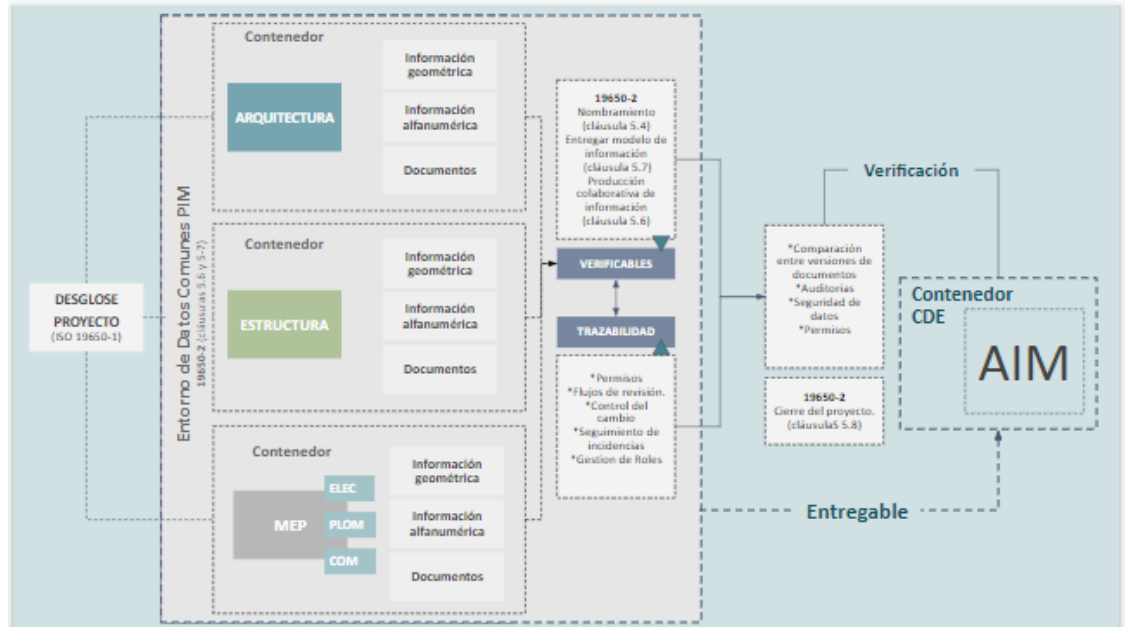
Si los contenedores a su vez incluyen otros contenedores en sí mismos, deben estructurarse organizando la información contenida en ellos. El desglose se refiere a esta organización, a una estructura de separación de contenedores de información en unidades manejables a lo largo de todo el proyecto y por todo el equipo de entrega. El *modelo de información* del proyecto, concepto que será definido en próximo aparte, puede ser complejo y estar formado por muchos contenedores de información. En tal sentido, dividir el contenedor de información en partes que a su vez estén vinculadas posibilita el trabajo simultáneo facilitando los intercambios de información y al mismo tiempo eliminando el riesgo de sobrescribir la información de los demás (ver Figura 3).

Una práctica común consiste en segregar por Volumen o Sistema; por ejemplo, en el proyecto la carpeta principal que lo contiene puede estar dividida por disciplina (arquitectura, estructura y MEP) y luego por nivel (nivel 1, nivel 2, etc); aunque cada proyecto puede tener su forma de dividirse y federar la información. La Figura 3 muestra dos posibilidades de organización: por disciplinas o por subdisciplinas, como es el caso del contenedor del MEP (mecánica, electricidad y plomería). También se puede dar el caso que un solo contenedor para todas las disciplinas. Cada uno forma agrupaciones de contenidos de tipo geométrico, alfanumérico y documental datos que alimentan al PIM.

El proceso de federación consiste en la creación de un *modelo de información* que alberga contenedores de información independientes para lo cual se deberán establecer las plataformas y formatos en el desglose definido. Tanto la estrategia de federación como la estructura de desglose proporcionan las pautas para organizar eficientemente el *modelo de información* a los fines de la trazabilidad para coordinación, transmisión de información, recuperación o en otras palabras la total colaboración.

El responsable de la tarea de desglose y federación es la persona designada de acuerdo con la matriz de responsabilidades, cláusula 5.4.2 de la ISO 19650-2 (ISO, 2018). Esta matriz es un organigrama que describe la participación de funciones o roles de cada miembro del equipo para cada una de las tareas y sus entregables. Entonces, tanto la estrategia de federación como la estructura de desglose deben comunicarse a todos los miembros del equipo y especificarlas en el BEP dentro del aparte de métodos y procedimientos de producción de información.

**Figura 3.** Desglose, federación y gestión de contenedores.



En la Figura 3 también se indican los verificables y los elementos de trazabilidad en el contenedor del PIM (CDE), el cierre del proyecto y el flujo de entrega del PIM al AIM. El contenedor del PIM propiamente demanda verificación de nombramiento, entrega de *modelo de información* y producción colaborativa de información (cláusulas 5.4 a la 5.6, ISO 9650-2 (2018)) con elementos de trazabilidad (ver Tabla 3)

<b>Verificables</b>	Condiciones de adjudicación antes de inicio de tareas.
	Requisitos de intercambio de información, protocolo y actualizaciones
	Requisitos de entrega por tareas y etapas
	Cumplimiento de adjudicatarios
	Revisión del contenedor
<b>Trazabilidad por:</b>	<p><i>Nomenclatura:</i> definido en Tabla 1.</p> <p><i>Enrutamiento único:</i> definido en Tabla 1.</p> <p><i>Control de permisos:</i> definido en Tabla 1.</p> <p><i>Seguridad de datos:</i> definido en Tabla 1.</p> <p><i>Seguimiento de incidencias:</i> definido en Tabla 1.</p> <p><i>Comparación de versiones:</i> comparar exactamente qué se ha cambiado entre versiones del modelo.</p> <p><i>Flujos de revisión:</i> revista periódica para garantizar el cumplimiento de obligaciones. Acciones: revisión de la información dentro del contenedor antes de compartirla con el CDE adquiridas por roles. Resultante de la acción.</p> <p><i>Control del cambio:</i> proceso para gestionar solicitudes de cambio.</p> <p><i>Gestión de roles:</i> proceso para la gestión de responsabilidades, matriz de responsabilidades.</p>

**Tabla 3.** Trazabilidad en la gestión de contenedores

Nota: Los verificables en esta tabla están contemplados en la Norma ISO 19650-2 (ISO, 2018) y los mecanismos de trazabilidad son correspondientes a todos los verificables.

El flujo de entrega del *modelo de información* del proyecto PIM al *modelo de información* de activos AIM implica que cada equipo de trabajo envíe al CDE, donde los responsables deberán aceptar o rechazar la información. Si en esta valoración la información es rechazada se instruye al equipo de trabajo para que la modifique y sea presentada a una nueva valoración. Si en la nueva valoración es aprobada, el *modelo de información* se respalda y convierte en un entregable definido como AIM para la fase de operación y mantenimiento del activo el cual podrá tener su propio CDE y contenedores para dicho fin.

## **Trazabilidad en el modelo de información**

La norma ISO 19650-1 muestra la definición de *modelo de información* en la cláusula 3.3.12 como el conjunto de contenedores de información estructurada o no estructurada (ISO, 2018). Aquí, es muy importante que el término “modelo” se entienda en sentido teórico como una pauta o guía, que en este caso es una forma de trabajo con contenedores de información. La diferencia entre el *modelo de información* y el modelo digital tridimensional computable radica en que el primero es una base de datos gráficos, no gráficos y documentales y el segundo una representación paramétrica de atributos. Los modelos de información existen a nivel de activos, proyectos y equipos de entrega.

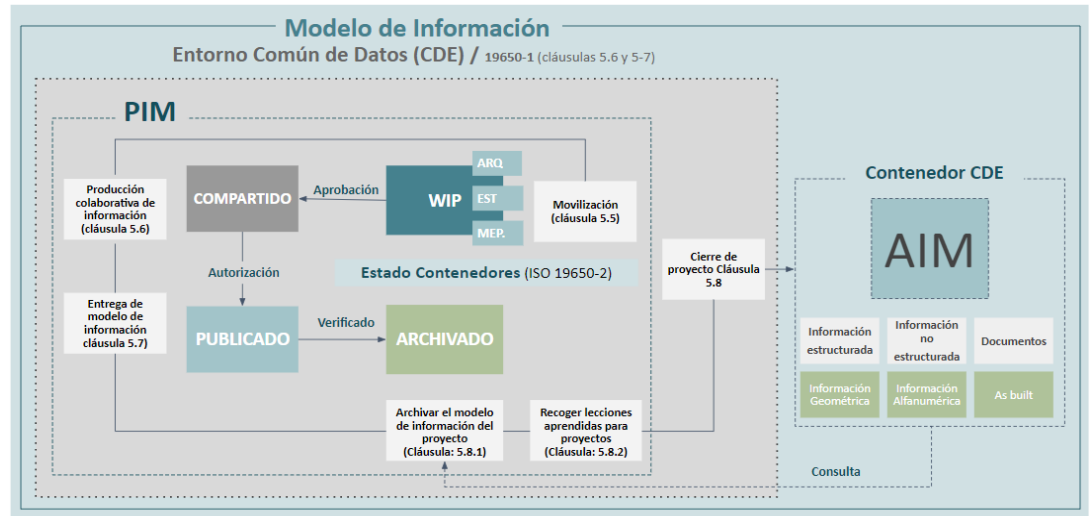
## **Entorno Común de Datos CDE**

La información de construcción en la Metodología BIM no se crea de forma aislada, por el contrario, se comparte regularmente y en la medida que se produce en un Entorno Común de Datos o CDE. El Entorno Común de Datos es, en términos simples, el espacio único de información concertada donde se reúne, difunde y gestiona la información del proyecto. Textualmente, la Norma ISO 19650 (ISO, 2018) define al CDE como “una fuente de información acordada para un proyecto o activo determinado con fines de recopilación, gestión y distribución de cada elemento contenedor de información por medio de un proceso gestionado”; y en un todo de acuerdo con las cláusulas 3.3.1, 3.2.8 y 3.3.12, donde se hace referencia al concepto de información, activo y contenedor de información.

En la Figura 4 se ilustra al *Modelo de información* con una organización anidada que alberga la dinámica y flujo de trabajo del Entorno Común de Datos y los entregables en contexto del proyecto CDE-PIM y del activo CDE-AIM; bajo la forma y terminología de la ISO 19650-2 específicamente las cláusulas 5.6, 5.7, 5.8, 5.12 y la figura 10 de la ISO 19650-1 (2018).

El CDE del PIM moviliza, produce, entrega y archiva información en 4 estados antes del cierre del proyecto: WIP o Trabajo en Progreso, Compartido, Publicado y Archivado. El estado de Trabajo en Progreso refleja una condición inicial del proceso de producción de información, puede representar la actividad de varios equipos de trabajo y la información no está visible ni accesible para nadie más que para los propios equipos; creando un espacio propio y organizado de manera conveniente y estructurada. Compartido, es un estado fundamentalmente de pro-

**Figura 4.** Modelo de información (con base en la ISO 19650-2 (2021))



ducción colaborativa de información, aquí la información está lista para compartirla y consumirla con otros equipos de tareas, adjudicatarios o de entrega. En el estado Publicado, ya se tiene *modelo de información* autorizado para su uso en la fase de diseño detallado y para la construcción del activo. Por último, cuando el estado es Archivado, la versión definitiva del *modelo de información* del proyecto PMI es almacenado como parte del cierre del proyecto.

La Figura 4 incorpora además las cláusulas 5.5, 5.6 y 5.8 (ISO, 2018) para denotar la movilización y puesta en marcha de recursos, tecnología y pruebas de métodos y procedimientos para la producción de información del proyecto PMI. Igualmente, apunta la producción colaborativa de la información para indicar la importancia de la disponibilidad y verificación de la información y recursos compartidos, la actividad de generación de información, el control de la calidad, la revisión del *modelo de información* y su aprobación para pasar al estado de Compartir. La entrega de información del modelo señala que la información y el modelo deben ser verificados y autorizados por el adjudicatario principal y el designado para pasar al estado Archivado y cierre del proyecto. Este último, deberá garantizar el AIM y de ser necesario consultas o retroalimentaciones del CDE del PIM.

Vale la pena subrayar que las actividades de revisión son cruciales para mantener la

confiabilidad de los procesos de producción del CDE; es decir, la aprobación antes de compartir, la autorización antes de publicar, así como verificar antes de archivar son determinantes, tal y como se encuentra dispuesto en la ISO 19650-2 (2021). Las revisiones finales y su aprobación tendrán como objetivo facilitar los cotejos entre la información entregada y los requisitos de información del cliente u organización, esto con el fin que el adjudicatario reciba fielmente lo establecido en su solicitud

Finalmente, vale acotar que para un Entorno Común de Datos se utilizan soluciones tecnológicas que respaldan los procesos de gestión de la información y esta esté disponible para los involucrados en el proyecto. Entre las prestaciones de estas soluciones están según el Manual para la Introducción de la Metodología BIM del Ministerio de Cultura y Deporte de España (Busto, 2021):

- “Un gestor documental con capacidades de permisos de acceso a carpetas, codificación de archivos, secuencia de revisiones, metadatos, etc.
- Buscador de información utilizando distintos criterios como metadatos, nomenclatura y contenidos, entre otros.
- Control de Actividad que informe sobre revisión de los archivos, documento pendientes de revisión y acceso a documentación.
- Visor de modelos BIM en formato abierto y cerrado que contribuya a agilizar la comunicación entre agentes.
- Acceso a la información desde dispositivos móviles.
- Seguridad de la información frente a accesos no autorizados, copias de seguridad, y otros riesgos que puedan afectar a la información digital. Se deberá cumplir con los requisitos de la Norma ISO 19650-5 (ISO, 2020).

En resumen, el Entorno Común de Datos fue concebido como una fuente única de transmisión de información para una comunicación oportuna, actualizada y con garantías de veracidad y fidelidad entre todos los involucrados en el proyecto (Bouza Cavada, 2020).

## Conclusiones

- La trazabilidad sustenta los flujos de trabajo colaborativo en la metodología BIM.
- La gestión de la información, de acuerdo con la Norma ISO 19650, exige el seguimiento de los requisitos de información en todas las etapas del proyecto.
- Cada fase de gestión de la información tiene verificables de trazabilidad esenciales, aunque puede pensarse que todos son indispensables para todas las etapas.
- Los mecanismos de trazabilidad para auditoría en la fase de requerimientos de información son nomenclatura, enrutamiento único, permisos y confidencialidad de los datos.
- Los mecanismos de trazabilidad para auditoría para el Plan de Ejecución BIM son nomenclatura, enrutamiento único, flujos de revisión y aprobación, control del cambio, seguimiento de incidencias, puntos de control y permisos.
- Los mecanismos de trazabilidad de auditoría para los contenedores de información son nomenclatura, enrutamiento único, control de permisos, seguridad de datos, seguimiento de incidencias, comparación de versiones, flujos de revisión, control del cambio y gestión de roles.



## Referencias

1. Beard, M. K. (1996). A Structure for organizing metadata collection. *Proceedings of the third International Conference on Integrating GIS and Environmental Modeling* (págs. 12-26). Santa Fe: NCGIA, National Center for Geographic Information & Analysis.
2. Bouza Cavada, M. (2020). La importancia de una metodología BIM. *Cimbra*, 15-19.
3. Building Smart. (2021). *Manual de nomenclatura de documentos*. Madrid: Building Smart Spanish Chapter.
4. Busto, P. (2021). *Manual para la introducción de la metodología BIM aplicado a la intervención en Bienes Inmuebles declarados BIC*. Pamplona: Ministerio de la Cultura y Deporte de España.
5. Hanson, C. M., & Spross, J. A. (2005). *Advanced practice nursing: An integrative approach*. Elsevier Saunders: St Louis.
6. ISO. (2015). *ISO 9001: Quality management systems — Requirements*. Ginebra: ISO, International Organization for Standardization.
7. ISO. 19650: *International Organization for Standardization*. Ginebra: ISO International Organization for Standardization.
8. ISO. (2018). *ISO 19650-1: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles*. ISO, International Organization for Standardization.
9. ISO. (2018). *ISO 19650-2: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets*. Ginebra: ISO, International Organization for Standardization.
10. ISO. (2020). *ISO 19650-5: 2020 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 5: Security-minded approach to*. Ginebra: ISO, The International Organization for Standardization

El presente libro recopila una serie de artículos agrupados en tres temáticas: tecnología, gestión y proyecto. Que en todos los casos buscan presentar ejemplos que desarrollen contenidos pedagógicos, con rigor metodológico y de aplicación práctica.

Son textos que evidencian los discursos que la Facultad debate actualmente para reflexionar sobre el desarrollo científico y paradigma pedagógico, el aprendizaje transversal, la aplicación de la arquitectura en nuevos grupos demográficos e ideológicos, la preparación ante el cambio, la inmersión pertinente y coherente en la innovación tecnológica y la búsqueda de un papel relevante de la Universidad en la ciudad de Quito, el país y la sociedad cosmopolita. En resumen, lo importante no es lo que se aprende sino lo que se hace con lo que se aprende.



ISBN: 978-9942-808-41-7

