



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

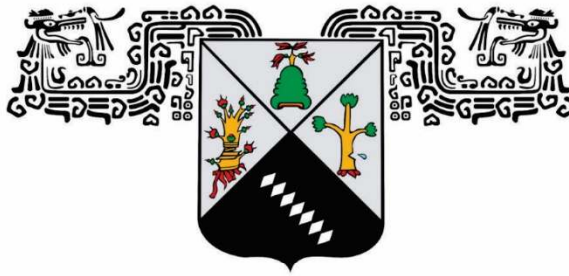
LA UTILIZACIÓN DE LA COMPUTADORA  
COMO GENERADORA DE NUEVAS  
FORMAS ARQUITECTÓNICAS EN EL SIGLO



TESIS DOCTORAL  
Héctor GUTIÉRREZ LÁZARO







**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS**

LA UTILIZACIÓN DE LA COMPUTADORA  
COMO GENERADORA DE NUEVAS  
FORMAS ARQUITECTÓNICAS EN EL SIGLO



TESIS QUE PRESENTA  
Héctor GUTIÉRREZ LÁZARO

PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO

DIRECTOR DE TESIS  
Dr. Osvaldo ASENCIO LÓPEZ





## **DIRECTORIO**

UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE  
MORELOS  
Facultad de Arquitectura

Dr. Osvaldo Ascencio López  
**DIRECTOR DE TESIS**

Dra. Osbelia Alcaraz Morales  
**ASESOR METODOLÓGICO**

Dra. Norma Angélica Juárez Salomo  
**ASESOR TEMÁTICO**

### **LECTORES**

Dr. Constantino Jerónimo Vargas  
Dr. Francisco Javier Romero Pérez  
Dr. Juan Eduardo Cruz Archundia  
Dr. Agustín Carlos Salgado Galarza



## **CATALOGACIÓN DE LA FUENTE**

UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE  
MORELOS  
Facultad de Arquitectura

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUERRERO  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo

**LA UTILIZACIÓN DE LA COMPUTADORA COMO  
GENERADORA DE NUEVAS FORMAS  
ARQUITECTONICAS EN EL SIGLO 21**

**GUTIÉRREZ LÁZARO, Héctor  
2019**

ÁREA: ARQUITECTURA  
SUB ÁREA: TEORÍA E HISTORIA / TECNOLOGÍAS

## **DEDICATORIA**

A mi padre por compartir su sabiduría y  
ser mi motivo de superación

A mi madre por su comprensión y cariño

A ti Elena, gracias

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Autónoma del Estado de Morelos  
y a la Universidad Autónoma de Guerrero

A mis asesores por compartir sus conocimientos



## **PALABRES CLAVE**

Arquitectura Digital, Herramientas Digitales, Software CAD, Arquitectura 3D, Diseño paramétrico

# ÍNDICE

PALABRAS CLAVE	I
ÍNDICE	III
PRESENTACIÓN	V
PRÓLOGO	VII
HIPÓTESIS	IX
OBJETIVO GENERAL	XI
OBJETIVO ESPECIFICO	XI
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
RESUMÉ	XVI
INTRODUCCIÓN	1
1. TECNOLOGÍA DIGITAL	
1.1 Avances tecnológicos	5
1.2 informática	11
1.3 Computadora	17
1.4 Aplicaciones en la arquitectura	23
1.5 La era digital	27
2. ARQUITECTURA DIGITAL	
2.1 Nuevas tecnologías	34
2.2 La arquitectura en la era digital	38
2.3 Nuevas herramientas	40
2.4 Inicios del CAD	42
3. DIGITALIZACION	
3.1 De lo manual a lo digital	52
3.2 Dibujo asistido por computadora	58
3.3 Software	64
3.4 Modelo digital	68
3.5 Realidad virtual	70

4. FORMAS ARQUITECTONICAS S. 21	
4.1 Arquitectura 3D	77
4.2 Diseño generativo	81
4.3 Diseño paramétrico	85
4.4 Nuevos procesos de diseño	89
5. PERSPECTIVA TECNOLÓGICA	
5.1 Globalización	100
5.2 Arquitectura 21	108
5.3 Arquitectura experimental	122
5.4 Fabricación digital I	126
CONCLUSIÓN	133
BIBLIOGRAFÍA	XVII
SITIOS WEB	XXVI
GLOSARIO	XXX





## PRESENTACIÓN

Esta investigación aborda el desarrollo de las tecnologías digitales, mostrando de una manera general el tema de la informática, con la adopción y proliferación de las primeras computadoras que surgieron en el siglo pasado y que se encuentran presentes en las actividades cotidianas hoy en día, incorporándose como herramientas de trabajo en diferentes disciplinas como lo es la arquitectura generando cambios y avances en el diseño y renovación de la arquitectura en el siglo XXI.

La tesis muestra distintos niveles de análisis, de lo teórico a lo práctico, ilustrando a los arquitectos precursores del diseño digital como Marcos Novak, Karl Chu, entre otros, hasta la utilización de los nuevas herramientas digitales o medios digitales.

Presentando el proceso de transición de lo manual a lo digital, con la aparición de los primeros sistemas CAD (dibujo asistido por computadora), hasta los nuevos modelos digitales y realidad virtual, especialmente en lo que se refiere a nuevos procesos de transformación no solo en representación gráfica, si no también facilitando sus labores y operaciones productivas.

Por último, muestra una perspectiva tecnología a través de proyectos concretos, aplicando el uso de estas nuevas tecnologías digitales en la producción arquitectónica del siglo XXI.





## PRÓLOGO

El estudio del desarrollo tecnológico en las últimas décadas es relevante por la importancia que representa en la incorporación a nuevas metodologías de diseño y técnicas de construcción, adentrándose a un nuevo ambiente, el ambiente digital.

Las tecnologías digitales como nuevas herramientas digitales ofrecen alternativas de diseño y producción, que van desde formas sencillas partiendo de una forma básica como patrón hasta general formas complejas, siendo una alternativa estas herramientas no solo en su representación gráfica, sino también para su construcción.

Se mostrarán algunos proyectos de arquitectos que integran estas nuevas alternativas tecnológicas a sus proyectos desde su concepción hasta la materialización, por ejemplo, el del arquitecto japonés Toyo Itó (1941), ganador del premio Pritzker en el 2013, JUNTO CON Cecil y Balmod y Arup estuvieron a cargo del diseño del Serpentine Pavillion en 2002.

Será interesante abordar el tipo de herramientas con las que cuenta la arquitectura en este siglo, no sólo los softwares si no también los equipos como son las cortadoras láser e impresoras 3D y como poco a poco toman fuerza en el contexto de un mundo globalizado.



## HIPÓTESIS

La evolución de la tecnología está cambiando la forma de vida cotidiana en que desarrollamos, comunicamos, en la arquitectura las nuevas tecnologías, han marcado una transición de pasar de métodos tradicionales, a nuevos métodos, pasando a un mundo digital.

A partir de la utilización de nuevas herramientas digitales aplicadas a la arquitectura, abre una generación de posibilidades formales en la concepción de nuevos espacios arquitectónicos.







## **OBJETIVO GENERAL**

Identificar los cambios derivados del desarrollo tecnológico y su influencia en las expresiones formales, funcionales y culturales que caracterizan la arquitectura digital

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Desarrollar un análisis histórico acerca de la influencia de la tecnología de la arquitectura digital

Analizar el uso de las herramientas digitales como generadoras de nuevas formas arquitectónicas

Conocer el impacto de las nuevas tecnologías digitales como nuevas herramientas en la arquitectura del siglo XXI, nuevas formas, tareas y roles.



---

## RESUMEN

La arquitectura del siglo XXI se encuentra en un periodo histórico, debido a la progresiva asimilación de los nuevas herramientas y materiales digital, como sucedió en el siglo pasado, cuando la mecanización, la estandarización y la producción de masa de nuevos materiales y componentes constructivos sentaron las bases de la arquitectura moderna del siglo XX.

A partir del momento en que se desarrollan los proyectos con apoyo de herramientas digitales, un nuevo universo de posibilidades formales aparece, los cambios que ocurren actualmente con esta amplia gama de herramientas (software y hardware), se refleja no sólo en la representación gráfica, sino también en la generación de nuevas formas de diseño y producción.

La importancia de las herramientas de Diseño 3D, Generativo o Paramétrico, en las primeras décadas del este siglo, ha crecido, el desarrollo tecnológico conlleva a cambios, estos se ven reflejados en nuevos procesos, incorporación nuevas tecnologías digitales, teniendo una mejor aproximación para abordar proyectos complejos.

El método que se utiliza en esta tesis pretende acercarse a los objetivos planteados, la primera parte es información teórica, muestra el avance de las nuevas tecnologías digitales, siguiendo con un análisis de las herramientas digitales aplicadas en la arquitectura y por último la materialización en proyectos concretos aplicando estas nuevas herramientas digitales.



## ABSTRACT:

The architecture of the 21st century is in a historical period, due to the progressive assimilation of the new digital tools and materials, as happened in the last century, when mechanization, standardization and mass production of new materials and construction components the foundations of modern architecture of the twentieth century.

From the moment the projects are developed with the support of digital tools, a new universe of formal possibilities appears, the changes that currently occur with this wide range of tools (software and hardware), is reflected not only in the graphic representation, but also in the generation of new forms of design and production.

The importance of the tools of 3D, Generative or Parametric Design, in the first decades of this century, has grown, the technological development leads to changes, these are reflected in new processes, incorporation of new digital technologies, having a better approach to address complex projects.

The method used in this thesis aims to approach the objectives set, the first part is theoretical information, shows the progress of new digital technologies, following with an analysis of the digital tools applied in architecture and finally the materialization in projects concrete application of these new digital tools.

---

## RESUMÉ

L'architecture du 21<sup>e</sup> siècle est dans une période historique, en raison de l'assimilation progressive des nouveaux outils et matériaux numériques, comme cela s'est produit au siècle dernier, lorsque la mécanisation, la normalisation et la production de masse de nouveaux matériaux et composants de construction se sont assis les fondements de l'architecture moderne du XX<sup>e</sup> siècle.

A partir du moment où les projets sont développés avec le soutien d'outils numériques, un nouvel univers de possibilités formelles apparaît, les changements qui se produisent actuellement avec cette large gamme d'outils (logiciels et matériels), se reflètent non seulement dans la représentation graphique, mais aussi dans la génération de nouvelles formes de conception et de production.

L'importance des outils de conception 3D, générative ou paramétrique, dans les premières décennies de ce siècle, a grandi, le développement technologique entraîne des changements, qui se reflètent dans de nouveaux processus, l'incorporation de nouvelles technologies numériques, une meilleure approche pour faire face projets complexes

La méthode utilisée dans cette thèse vise à aborder les objectifs proposés, la première partie est l'information théorique, montre les progrès des nouvelles technologies numériques, suivie d'une analyse des outils numériques appliqués en architecture et enfin de la matérialisation dans les projets concrète en appliquant ces nouveaux outils numériques.



## INTRODUCCIÓN

Con el boom de las tecnologías digitales en El siglo XX, la información a extendido su presencia a casi todos los ámbitos de nuestra existencia, el mundo digital ha transformado nuestros hábitos, ya sea en lo cotidiano o en lo laboral.


El uso de estas nuevas tecnologías, incorporadas como herramientas alternativas a los procesos de diseño, ha permitido la generación de formas arquitectónicas sorprendentes. en él siglos XXI.

En el siglo XXI, se ha visto ampliado sustancialmente. En el caso concreto de la arquitectura, la incorporación de la informática no se ha limitado solo a ser un simple relevo de herramientas, una renovación del viejo instrumental, sino que ha generado lo que hoy ya muchos llaman la revolución digital.

En la década de los años setentas del siglo XX, comienza el desarrollo de los primeros sistemas gráficos computarizados llamados CAD (dibujo asistido por computadora), éstos han sido utilizados para la práctica proyectual de la arquitectura, ampliado progresivamente su gama de posibilidades y alcances. En este proceso de constante cambio y perfeccionamiento, también han mejorado sustancialmente, los elementos de relación con los medios físicos tradicionales.

El ambiente digital y los métodos tradicionales manuales, han interactuado entre ambos permitido una mayor fluidez. Contra la reserva inicial que en lo digital fuera implícita la desaparición del trabajo en maqueta o el



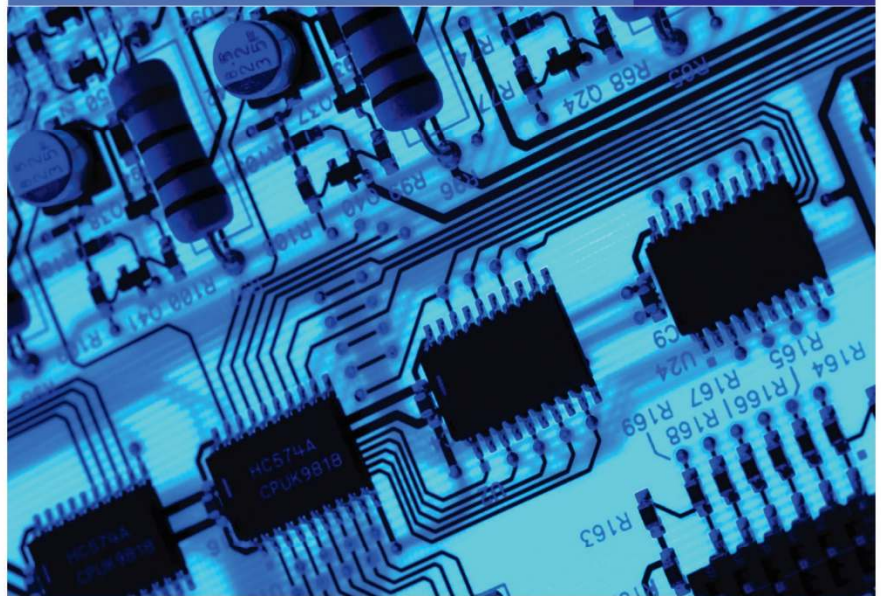


dibujo manual, se ha visto después que lo digital establece toda suerte de relaciones con lo manual.

Las ventajas que ofrecen los sistemas digitales en relación a los viejos usos son evidentes, mayor precisión y capacidad, optimizando tiempo, permitiendo visualizar el proyecto antes de ser construido, que antes, por su complejidad, hubiera sido inconcebible.

# CAPITULO

1



# TECNOLOGÍA DIGITAL

# 1. TECNOLOGÍA DIGITAL

## 1.1 AVANCES TECNOLOGICOS

*"Es la técnica que emplea conocimiento científico; más precisamente cuerpo de conocimiento es una tecnología en sí y solamente si es compatible con la ciencia coetánea y controlable por el método científico, se lo emplea para controlar, transformar cosas o procesos naturales o sociales. La tecnología se muestra como una simbiosis entre el saber teórico de la ciencia - cuya finalidad es la búsqueda de la verdad- con la técnica - cuya finalidad es la utilidad -. La finalidad de la tecnología sería la búsqueda de una verdad útil."*

*Mario Bunge*


*lo único constante es el cambio  
Heráclito (544-483 a.C)*

El hombre siempre se ha interesado por el mundo en el que vive, ha buscado aprender y hacer suyo todo aquello que lo rodea, cada civilización ha tenido su idea del mundo, su propia cosmovisión.

La tecnología ha sido a través de la historia, el elemento clave en el desarrollo de la humanidad, marcando cambios importantes en diferentes civilizaciones o épocas, las sociedades paleolíticas las tecnologías han sido usadas para satisfacer necesidades esenciales alimentación, vivienda, vestimenta, comprensión del mundo.

En la época medieval se desarrollaron importantes inventos como la imprenta, el desarrollo de las tecnologías de navegación y tecnologías militares, ya en el renacimiento en el arte y la arquitectura aparece la perspectiva del artista y arquitecto florentino Filippo





Brunelleschi (1377-1476), hasta las sociedades industriales actuales, el hombre siempre ha buscado un avance en nuevas tecnologías que faciliten su trabajo.

Desde el descubrimiento del fuego, la rueda entre otros enseres mecánicos, pasando por la pólvora, el molino de viento o de agua, el vapor, la electricidad, se han ido descubriendo nuevas fuentes de energía y con ello nuevas tecnologías, la utilización de estas en los desarrollos de los procesos de manufactura resultaron determinantes para la revolución industrial del siglo pasado.

En el transcurso del siglo XX ha tenido lugar el inicio de la revolución de la informática que de manera natural conducirá, ya en el siglo XXI, hacia una revolución del conocimiento, así como las tecnologías avanzadas, que incluyen el uso de la energía nuclear, la nanotecnología, la biotecnología, entre otras.

La tecnología aporta grandes beneficios a la humanidad, el papel principal es crear mejores herramientas útiles para simplificar el tiempo y esfuerzo de trabajo.

El hombre siempre ha buscado superar las propias limitaciones y procura ingeniárselas para hacer un procesamiento de la información cada vez más complejo y rápido, con la construcción de máquinas como son las computadoras han representado una revolución en el procesamiento y almacenamiento de la información, la tecnología juega un papel principal en nuestro entorno social.

---

El término tecnología (τεχνολογία) etimológicamente proviene de los vocablos griegos:

téchnē (τέχνη, arte, técnica u oficio, que puede ser traducido como destreza) y logía (λογία, el estudio de algo).

La palabra tecnología también se puede referir a la disciplina teórica que estudia los saberes comunes a todas las tecnologías, aunque hay muchas tecnologías muy diferentes entre sí, es frecuente usar el término tecnología en singular para referirse al conjunto de todas, o también a una de ellas.

La tecnología engloba a todo conjunto de acciones sistemáticas cuyo destino es la transformación de las cosas, es decir, su finalidad es saber hacer y saber por qué se hace<sup>1</sup>

La tecnología digital es un factor que hizo su primera aparición recientemente en la historia de la humanidad.


La tecnología es la "ciencia que trata las artes industriales, de tal manera que viene a ser como una teoría de la industria práctica"<sup>2</sup>

1«Presentación». Tecnología industrial II. España: Everest Sociedad Anónima. 2014. p. 3. ISBN 9788424190538

2 <http://www.diccionari.cat/lexicx.jsp?GECART=0131847>

3 <http://www.diccionari.cat/lexicx.jsp?GECART=0045286>

Lo digital se refiere a los sistemas de transmisión o de tratamiento de la información en que las variables son representadas por caracteres (a menudo dígitos o cifras) de un repertorio finito"<sup>3</sup>



Esta disciplina ha sido durante estas últimas décadas la protagonista más importante dentro de todos los descubrimientos tecnológicos modernos que se han podido realizar.

Su función principal es mejorar la vida del ser humano en la tierra a partir de diferentes herramientas y recursos científicos que permiten elaborar productos tecnológicos.

De este modo esto conlleva que nuestro mundo totalmente mecánico y analógico pase a reinarse por todo aquello digital, el cual nos permite expresar nuestra realidad a partir de números (0 y 1), considerada una forma mucho más fácil.<sup>4</sup>

Los avances tecnológicos se han convertido en una parte esencial de nuestras vidas, por completo, en muchos ámbitos de nuestra rutina, La sociedad actual la tecnología está presente en cada rincón facilitando el proceso de producción, comunicación e integración social, entre otros.

Gran parte de los aparatos que se utilizaban antes, como por ejemplo las cassetes musicales, han quedado al pasado debido a la aparición de los televisores o los reproductores de música digitales, aparatos que nos permiten almacenar millones de canciones en nuestro teléfono móvil.

Otro gran ejemplo serían los juegos analógicos los cuales quedaron a la sombra de los video juegos actuales, que han acostumbrado a la sociedad a situarse en el interior para divertirse a través de las consolas. Por último, hace



---

falta mencionar que, tras la aparición de las redes sociales, aquellos elementos que a partir de un inicio de sesión hacen posible conectar con gente en todo el mundo a través de cualquier dispositivo digital.<sup>5</sup>



## 1.2 INFORMATICA

*" ¿Viajaremos con facilidad por la utopista de la información, o estamos destinados a convertir la tecnología en una carrera asesina, aplastados por el mismo exceso de información que debería mejorar nuestras mentes?*

*Neil Postman*

La informática es quizás la disciplina tecnológica más importante en la actualidad, el uso extensivo de la computadora en las últimas décadas es una de las razones por los grandes avances de la ciencia y la tecnología en la actualidad y la causante de grandes cambios sociales como el empleo de la internet.

La carrera espacial, los avances en la genética o el desarrollo de los fármacos modernos no hubieran sido posibles sin el empleo de la computadora.

La revolución informática continúa, con el mejoramiento de los procesadores y capacidades de las computadoras u ordenadores personales aparecieron los programas que comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas, tales como el procesador de textos hasta los más complejos programas, estos llamados software.<sup>6</sup>

Dentro de la profesión de arquitecto, los mayores defensores de la informática la sitúan como si fuera un *Caballo blanco competitivo*, una herramienta que faculta a los arquitectos para repeler a la nueva competencia, para entrar en nuevos mercados agresivamente o para conseguir nuevos clientes.<sup>7</sup>

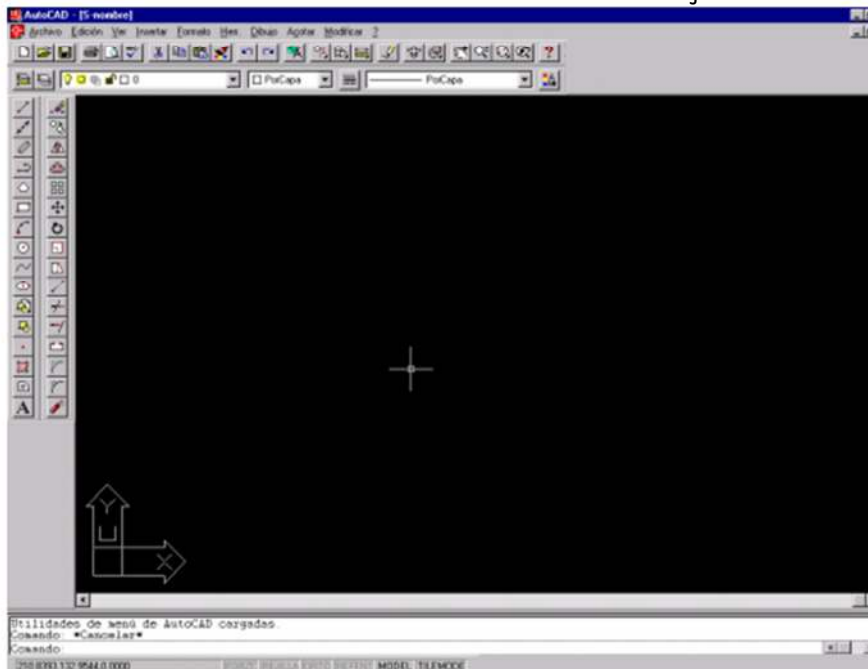
6 Diccionario de la lengua española 2005 (2010). wordreference.com (ed.): "software" (diccionario). Espasa-Calpe. Consultado el 1 de febrero de 2010.

7 El impacto de la informática en el ejercicio de la arquitectura



En los años 80 fueron apareciendo una pauta familiar de implantación en la informática en estudios de arquitectura. Las primeras incursiones de la mayoría de ellos en el mundo de las computadoras fueron a través de procesadores de texto, aplicaciones prácticas para tareas cotidianas. Los estudios grandes utilizaban también sistemas de CAD, pero este tipo de sistemas en muchos estudios estaba limitado sobre todo a la delimitación de planos.

Durante gran parte de los años ochenta y primeros años de los noventa, la mayoría de los arquitectos recién egresados empezaban a trabajar en los estudios con una mínima experiencia o formación práctica en informática. En los últimos años ochenta y primeros noventa los sistemas CAD para computadoras eran más frecuentes en estudios de arquitectura, aunque la mayoría estaban limitados a funciones de dibujo en dos dimensiones conocidos o denominados dibujos en 2D.



Pantalla de trabajo de Auto CAD R14 de 1997, área de trabajo en 2D  
FUENTE: Imagen internet



Imagen conmemorativa de celebración de los 25 años de conexión WEB  
FUENTE: Internet año 2016

Las ventajas competitivas obtenidas mediante la utilización de este tipo de tecnología son cada vez más efímeras.

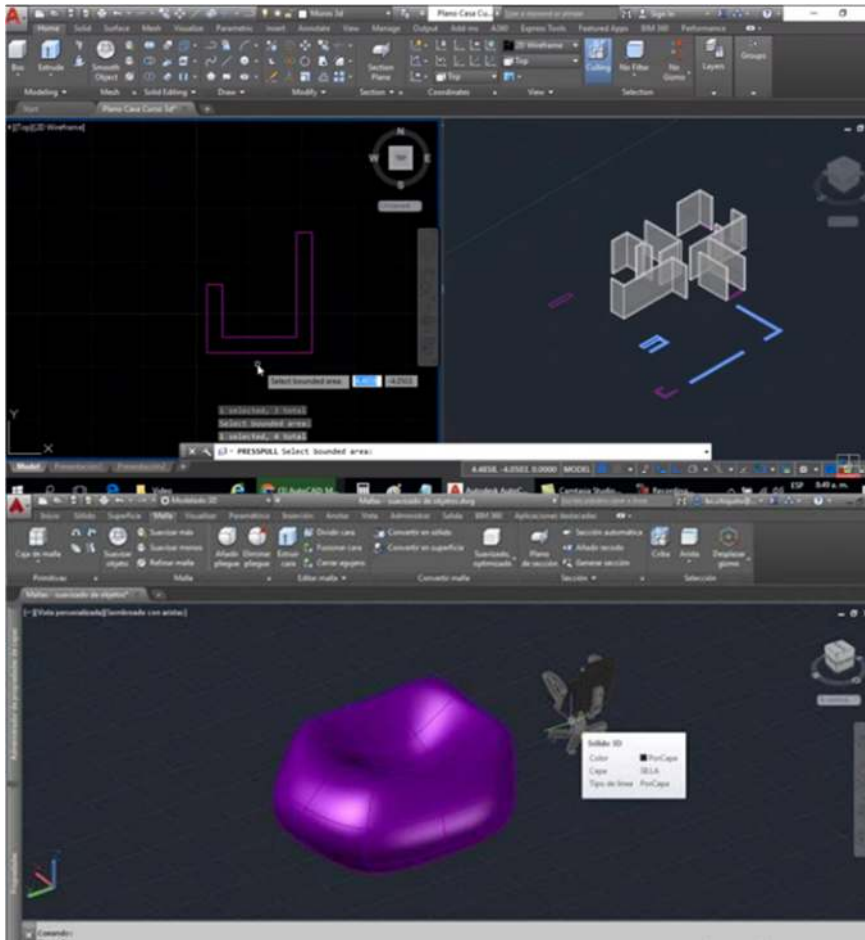
Un buen ejemplo para estudiar este fenómeno es Internet, red que ya tiene veinticinco años de existencia, la WEB ha sido objeto de una increíble atención por parte de los medios, tanto entre la profesión como entre el público.

En ZGF Architects Estudio de arquitectura (Zimmer Gunsul Frasca Partnership), como en muchos estudios de arquitectura, comenzaron a observar a principios de 1994 que cada vez más clientes preguntaban si podíamos comunicarnos directamente con ellos a través de correo electrónico (e-Mail), servicios de mensajes y otras opciones de la llamada autopista de la información.<sup>8</sup>

8 SANDERS AIA, KEN, El arquitecto digital Guía para utilizar (con sentido común) la tecnología informática en el ejercicio de la arquitectura, Ed. EUNSA 1998




Los sistemas CAD han ampliado también sus prestaciones y poco a poco las herramientas de visualización, animación y realidad aumentada empiezan a formar parte del proceso de diseño arquitectónico y de comunicación en muchos estudios de arquitectura.



Pantallas de trabajo de Auto CAD 2015, con la incorporación de nuevas utilidades y características del programa. En la imagen superior pantalla doble de lado izquierdo objeto de trabajo en 2D y del lado izquierdo mismo objeto en 3D. Imagen inferior pantalla de trabajo visualización de objeto en 3D (3 dimensiones)

FUENTE: Imagen internet





Actualmente, la cantidad y variedad de las aplicaciones que usan los arquitectos se han ampliado enormemente y siguen creciendo, a veces de forma desconcertante.

Ya no se utilizan únicamente editores de textos, hojas de cálculo, base de datos o CAD, sino también programas de gestión de contactos, ayuda a la toma de decisiones, planificación de proyectos, cuantificación, maquetación, presentaciones multimedia (recorridos virtuales), edición digital de imágenes (realidad aumentada) entre otros.



Iconos de diversos programas de izquierda a derecha, Auto CAD, Revit, 3ds Max (antes 3D Studio Max) desarrollado por Autodesk, programas de creación de gráficos y animación 3D, BIM, Artlantis, ArchiCAD, SketchUp (antes Google SketchUp) programa de diseño gráfico y modelado en 3D, V-Ray es un motor de renderizado al igual que Artlantis, Cinema 4D, Grasshopper 3D y Rhinoceros 3D se especializan en el modelado libre mediante NURBS, Adobe Photoshop editor de gráficos usado principalmente para fotografías, Adobe Illustrator y Corel son programas editores de gráficos vectoriales

FUENTE: Collage elaboración propia, imágenes de internet

## 1.3 COMPUTADORA

A lo largo del siglo XX, se han dado una serie de sucesos económicos, sociales, políticos, culturales y tecnológicos, éste se caracteriza por el avance y expansión de la digitalización.

También a esta época se le conoce como la era de la información, la era industrial y espacial, este progreso ya se había iniciado a partir de la década de 1970 con la tercera revolución industrial.

Esta revolución también llamada revolución científico-técnica o revolución de la inteligencia, concepto y visión esbozada por Jeremy Rifkin


“Evolución tecnológica es el nombre de una teoría de los estudios de ciencia, tecnología y sociedad para describir el desarrollo histórico de la tecnología, desarrollada por el filósofo checo Radovan Richta.”<sup>9</sup>

Con la aparición de la computadora u ordenador eléctrico de propósito general fue el ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator), construido en la Universidad de Pensilvania entre 1943 y bajo la dirección de John Mauchly (1907-1980) y J. Presper Eckert (1919-1995), el 15 de febrero de 1946 pusieron en marcha el ENIAC. Utilizaba 18.000 tubos de vacío, pesaba 100 toneladas y consumía 150kw. Tenía forma de U con 80 pies (24,4m) de longitud, 8,5 pies (2,6m) de altura y varios pies de ancho. Los datos se introducían mediante tarjetas perforadas<sup>10</sup>

9 RADOVAN RICHTA: La civilización en la encrucijada. Madrid: Editorial Artiach, 1972.; citado por ROMUALDO LOPEZ ZARATE LA EDUCACION EN EL FUTURO. (Ensayo comparativo de tres enfoques)

10 Pla i brunet, Joaquim. 10 impactos de ciencia del siglo XX, editorial fondo de cultura económica, Madrid, 2003





Por su parte IBM (International Business Machines), empezó a fabricar ordenadores hasta 1950. Fabricó el primer ordenador eléctrico de programa almacenado, el 701, en 1952 y se venderon 19 unidades. Pero el que tuvo más éxito fue el IBM 650

“Todos los ordenadores de la década de los años 50 constituyen la primera generación, era construidos con tecnología electrónica y tenían unas prestaciones muy limitadas, eran muy lentos”<sup>11</sup>

Las computadoras (ordenadores) de la segunda generación, el UNIVAC 1107, el Honeywell 800, el Burroughs B-500, ETC TUVIERON índices de ventas altos.

Los superordenadores vivieron una época gloriosa en el transcurso de la década de los años 70, asociada básicamente a las empresas Control Data y Cray Research.

La principal distinción de una súper computadora se basaba en la utilización de una arquitectura revolucionaria para aquella época.

Con la evolución de los microprocesadores la velocidad de los procesadores y la capacidad de las memorias crecieron rápidamente, en la década de los 70, Intel y en los años 80 PENTIUM.

---

Con el boom de los ordenadores personales. Estos ordenadores han propiciado la tercera revolución de la civilización, la revolución informática.

Este término “software” fue usado por John W. Tukey en 1957. Estos avances tecnológicos se ven reflejados en las nuevas herramientas de diseño (software) con las que contamos hoy en día, las cuales nos permiten desarrollar proyectos inimaginables, edificaciones que solo veíamos en algunas películas de ciencia ficción



Primer Computadora IBM 1981  
FUENTE: Internet



1ra. Generación de computadoras usaban bulbos eléctricos		1950
2da. Generación de computadoras usaban bulbos eléctricos		1960
3da. Generación de computadoras usaban transistores		1970
4ta. Generación de computadoras usaban microchips		1980
Computadoras con nuevos procesadores y dispositivos		1990
Nuevas computadoras más compactas y procesadores más rápidos		2000
Computadoras portátiles con mayor capacidad de información		2010
Dispositivos móviles como teléfonos inteligentes y tablet		2015

La evolución de la computadora en la línea del tiempo  
FUENTE: Elaboración propia, imágenes de internet

---

## 1.4 APLICACIONES EN LA ARQUITECTURA

En 1928, Mies van der Rohe reconocía que la arquitectura estaba inmersa en un cambio de época derivado de los cambios tecnológicos, económicos y culturales inherentes a la revolución industrial.


Comprender la naturaleza de estos cambios, que afectaron los procesos de trabajo y los objetivos de la arquitectura, era fundamental para Mies:

“El conocimiento de la época, de sus tareas y sus medios, es un requisito imprescindible de la creación arquitectónica.”

Ochenta años más tarde, a la luz de los cambios desencadenados por las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), Michael Weinstock consideraba que la arquitectura estaba experimentando un cambio sistémico.

Según Weinstock, los factores de este cambio había que encontrarlos en las tecnologías de producción digital y en las dinámicas económicas que giran en torno al cambio climático.

Así, observando simultáneamente las declaraciones de Mies y Weinstock, se puede concluir que la arquitectura contemporánea se encuentra en un período de transición, en el que debe adaptarse de nuevo a los cambios productivos y culturales fomentados por el desarrollo tecnológico, al igual que hizo la arquitectura de los inicios del siglo XX.




En el proceso de adaptación a los cambios de cada época, y mientras se produce esta actualización, existe una separación entre la sociedad de cada época – industrial, informacional– y su manifestación arquitectónica. Mies y Weinstock perciben esta escisión y, por ello, aluden a un momento de crisis en la arquitectura que, en términos de José Ortega y Gasset, “no es sino el tránsito que se hace de vivir prendido a unas cosas y apoyado en ellas a vivir prendido y apoyado en otras”.

Bajo este punto de vista, la arquitectura contemporánea se encuentra en una crisis como resultado de la transición que las sociedades industrializadas de finales del siglo XX están llevando a cabo en su camino hacia lo que Manuel Castells denominó “Informacionalismo”, un período que se caracteriza por “la nueva base tecnológica material de la actividad económica y la organización social”, y por “la reestructuración del modo capitalista de producción”.

Con el Informacionalismo, los ámbitos de la actividad humana que una vez fueron transformados por la industrialización –formas de trabajo, producción, ocio, consumo, socialización, comunicación, pensamiento, cultura–, hoy están siendo de nuevo afectados por las tecnologías digitales. Está emergiendo una nueva civilización, una nueva era que transmuta la sociedad industrial de la misma forma en que ésta lo hizo con la civilización artesanal.

Estas revoluciones tecnológicas, tanto en el pasado como en el presente, dan lugar a una intensa transformación de los modos de producción durante un






periodo de tiempo, lo cual da paso a nuevos tipos de organización productiva, económica, política y social.

Con la revolución industrial cambiaron las fuentes de energía que alimentaban los procesos de producción: el viento, el agua y la fuerza animal fueron remplazadas por el vapor y después por la electricidad y el uso de combustibles fósiles. Las nuevas fuentes de energía facilitaron la producción mecanizada que sustituyó a la artesanal.

Por otra parte, la revolución informacional no solo ha reconducido la producción de materiales y productos a la información y a los servicios, sino que ha modificado la organización productiva: en la época industrial se concentraba en la fábrica, ahora está distribuida y conectada por redes telemáticas. Así, las revoluciones tecnológicas determinan la actividad humana en la medida que reconfiguran la organización social en torno a un sistema productivo, estableciendo nuevas relaciones entre los seres humanos y el entorno que reestructuran los vínculos del individuo con la naturaleza y la sociedad.

La arquitectura no se encuentra al margen de estas transformaciones en los ámbitos de actividad humana, siendo la construcción del entorno su principal razón de ser. En la actualidad, las tecnologías digitales están dando lugar a un proceso de transición desde una arquitectura industrial hacia una arquitectura digital, motivado por los cambios acaecidos en los procesos y los medios tecnológicos empleados para su producción.



Así, desde la década de 1990 está surgiendo una arquitectura que integra las herramientas, los procesos, y los principios que rigen en los sistemas de producción basados en las tecnologías digitales.

Pero la emergencia de esta arquitectura digital no debe entenderse como una revolución en términos de ruptura violenta con el pasado o como implantación de un nuevo orden. Más bien, la asimilación por parte de la arquitectura de los efectos producidos por las revoluciones tecnológicas requiere de un período de transición para que ésta pueda traducir en hechos arquitectónicos el influjo de las nuevas fuerzas condicionantes del progreso económico y productivo.

Un hecho arquitectónico paradigmático de la arquitectura moderna fue el rascacielos: su altura fue posible por el esqueleto estructural construido con hierro y hormigón armado; los componentes constructivos fueron fabricados industrialmente gracias a las nuevas fuentes de energía; las innovaciones tecnológicas como el ascensor o el aire acondicionado hicieron posible su funcionamiento; su configuración formal-espacial responde a la necesidad de racionalizar, optimizar y rentabilizar el suelo urbano; y, en su conjunto, representa el ideal de progreso de la sociedad moderna.

---

## 1.5 LA ERA DIGITAL


En las últimas décadas las tecnologías de la información han extendido su presencia a casi todos los ámbitos de nuestra existencia. La incorporación de lo digital ha transformado nuestros hábitos, ya sea en lo cotidiano o en lo laboral.

En los procesos de creación, producción y comunicación esta transformación ha sido especialmente relevante.

El marco de lo posible se ha visto ampliado en tan alto grado que nuestro imaginario se ha incrementado sustancialmente.

En el caso concreto de la arquitectura, la incorporación de la informática no se ha limitado a ser un simple relevo de herramientas, una renovación del viejo instrumental, sino que ha generado lo que hoy ya muchos llaman la revolución digital. En efecto, más allá de las evidentes ventajas que ofrecen los sistemas digitales en relación a los viejos usos — más potencia, mayor precisión y capacidad y una reversibilidad de los procesos que dinamiza y agiliza el trabajo — se ha generado un nuevo universo formal que antes, por su complejidad, hubiera sido inconcebible.

Desde que a finales de los años sesenta se empezaron a desarrollar los primeros sistemas gráficos computarizados (los sistemas CAD), éstos han sido utilizados para la práctica proyectual de la arquitectura, ampliado progresivamente su gama de posibilidades, y también los modos de dialogar con otros mecanismos tecnológicos.



En este proceso de constante perfeccionamiento, también han mejorado substancialmente, los elementos de relación y yuxtaposición con los medios físicos tradicionales.


En este sentido, los límites entre lo digital y lo analógico han ido desvaneciéndose y han permitido una mayor fluidez entre las dos lógicas. Contra la reserva inicial que en lo digital fuera implícita la desaparición del trabajo en maqueta o el dibujo manual, se ha visto después que lo digital establece toda suerte de relaciones con lo analógico.

No solamente no compromete las prácticas manuales vinculadas al proyecto (dibujo y maqueta), sino que además la potencia al permitir que éstas aumenten su capacidad y complejidad representativa.

Ahora parece haber culminado el debate sobre la representación digital en arquitectura aceptando dibujar los planos por ordenador al final del proyecto, pero reservando la ideación inicial a los bosquejos manuales y maquetas de trabajo. Sin embargo, varios arquitectos contemporáneos están demostrando que se pueden concebir obras singulares y relevantes a través de modelos digitales.

Estos modelos digitales asumen distintos papeles en el proceso, algunos similares a los medios tradicionales, pero también abren nuevas vías de concepción y expresión arquitectónica.






La temática sugiere diferentes perspectivas James Stelle advierte especialmente la carencia de estudio profundos y consistentes que revisen las inquietudes acerca de la "arquitectura digital", y analicen las consecuencias en los espacios físicos concebidos a través del uso de las recientes tecnologías digitales, defendiendo la necesidad de un gran debate en torno al tema, semejante al que acompañó la "revolución industrial" y que está en la base conceptual de la arquitectura del siglo XX.

Algunos teóricos han denominado arquitectura digital a un nuevo modo de entender la obra y sus procesos, que ha surgido claramente vinculado a la revolución tecnológica de la información. Su característica más evidente es la progresiva incorporación de herramientas digitales en la práctica arquitectónica.

Una de las consecuencias más decisivas de estas nuevas tecnologías se produce en el diseño, representación, modelación y, sobre todo, visualización del proyecto. Si bien es cierto eso significa agilizar el trabajo del arquitecto —mayor poder de verificación desde el proyecto mismo—, el cliente también ve ampliada su participación en el complejo proceso de diseño. La búsqueda de una respuesta arquitectónica adecuada a los requerimientos funcionales y programáticos, también culturales, se convierte para ambos, autor y cliente, en un proceso con mayor transparencia y amplía por tanto las posibilidades de comunicación entre ambos.

De este modo lo digital se ha convertido en uno de los ámbitos para responder a la reconfiguración de los esquemas mentales desde los cuales proyectamos.





Este quizás es el principal motivo por el cual podemos juzgar de revolución tecnológica la incorporación de lo digital.

Frente al creciente grado de complejidad del mundo que nos rodea, es evidente que también nuestra respuesta como arquitectos no tiene otra opción que asumir la creciente complejidad, con la posibilidad de reflejar los procesos de investigación, concepción, proyecto y construcción que la configuran.


El análisis de las nuevas tecnologías en el proceso de diseño, representación y visualización de la arquitectura forma parte de una investigación pendiente porque la mayoría de los trabajos en este campo se han dedicado a las novedades instrumentales antes que sus aplicaciones.

Por esta razón el objetivo de esta tesis es indicar de qué modo y con qué relevancia se inscribe lo digital en la práctica del arquitecto contemporáneo.

Indicar el peso de lo digital más allá de la construcción gráfica o del discurso exclusivamente conceptual, sino en la materia del proyecto. Es en esta dirección en la que quiere orientarse el presente trabajo.

La computación experimentará un crecimiento y una difusión sin precedentes, dando lugar a lo que conocemos como “revolución digital”.





Los avances en el desarrollo de microprocesadores y la progresiva reducción de los costes de producción permitirán que la tecnología computacional se popularice, haciendo del ordenador un aparato omnipresente en oficinas y hogares de todo el mundo.

La revolución digital provocará transformaciones en todos ámbitos y escalas de la vida contemporánea.

En lo que respecta al campo del diseño arquitectónico y urbano, esta influencia se manifestará tanto a nivel interno -modificando sus herramientas y metodologías de trabajo-, como a nivel externo -transformando el contexto y las condiciones a las que este diseño debe hacer frente. Revolución Interna: “La Arquitectura Digital”

Gracias a este espectacular desarrollo de la tecnología digital, la arquitectura logrará fusionar finalmente las vertientes tecnológica y discursiva, marcando el inicio de una época dedicada al desarrollo de una la nueva “arquitectura digital”<sup>12</sup>

12 El arquitecto Yu Tung Liu, profesor en la National Chiao-Tung University de Taiwan y experto en nuevas tecnologías digitales



CAPITULO

2



ARQUITECTURA  
DIGITAL



---

## 2. ARQUITECTURA DIGITAL

### 2.1 NUEVAS TECNOLOGÍAS


*"Primero construimos las herramientas, luego ellas nos construyen"*  
*"FIRST WE BUILD THE TOOLS, THEN THEY BUILD US"*  
*Marshal MacLuhan, 1979*

La arquitectura es arte, ciencia, técnica, es símbolo de ciudades y naciones, es el testimonio de las civilizaciones, es historia viva de los pueblos, la arquitectura genera espacios del hábitat humano.

La arquitectura juega un papel importante en la vida del hombre, a lo largo de la historia la creación de la arquitectura ha estado evolucionado, en cada etapa de la historia desde estilos, tendencias, corrientes arquitectónicas hasta una gran variedad de materiales para su edificación.

La tecnología juega un papel importante en la arquitectura, después de la segunda mitad del siglo pasado, se desarrollaron grandes cambios, uno de ellos fueron los tecnológicos y sin duda su aplicación a la arquitectura, las herramientas digitales y programas de modelado han experimentado en los últimos años, la variedad de procesos de diseño que facilitan la proyección y su materialización.

La generando nuevas formas arquitectónicas complejas reflejan el uso de técnicas y procesos fundamentados en la tecnología digital y la influencia de la tecnología de la información, las nuevas herramientas digitales ofrecen a los arquitectos nuevas vías para la materialización de la nueva producción de diseños arquitectónicos.



Permitiendo construir diseños que serían prácticamente inimaginables usando métodos más tradicionales.


La era digital presenta grandes transformaciones que están aconteciendo y que ya han modificado la actividad de numerosas profesiones de la industria de la construcción. En los talleres de arquitectura transfiguró la manera de trabajar modificando los dibujos y también la creación misma de los proyectos.

La arquitectura digital es un fenómeno reciente, en la arquitectura y la construcción se han introducido tecnologías provenientes de otras disciplinas. Convirtiéndose estas en parte del lenguaje arquitectónico actual.

Ha ocurrido algo similar con respecto al desarrollo de las tecnologías digitales aplicadas en la arquitectura, muchos arquitectos utilizan las computadoras no solo como herramientas de dibujo sin mayor impacto en la forma de construir, sino como formas de optimizar el proceso de diseño.

Uno de los primeros edificios en los cuales se utilizaron tecnologías digitales para su construcción fue la Opera de Sydney del arquitecto danés, Jorn Utzon. Ganador del premio del Premio Pritzker en 2003.

Las complejas formas de concha del edificio eran imposibles de calcular y construir mediante técnicas tradicionales. Un proyecto que marcó un hito en la historia de las tecnologías digitales y de construcción fue la escultura Fish, de Frank Gehry, otro arquitecto ganador del Premio Pritzker, reconocido por sus



innovadoras y peculiares formas de los edificios que diseña, la escultura Fish, localizada en el complejo de la Villa Olímpica de Barcelona. Tal como era habitual en su práctica, Gehry había diseñado la escultura trabajando directamente sobre maquetas de papel.

Mientras que en sus primeros proyectos su equipo tomaba medidas de las maquetas y creaba planos convencionales para desarrollar el proyecto, en este caso la complejidad del diseño y las limitaciones de tiempo para desarrollar y construir el proyecto antes de las olimpiadas, hacían inviable este proyecto.

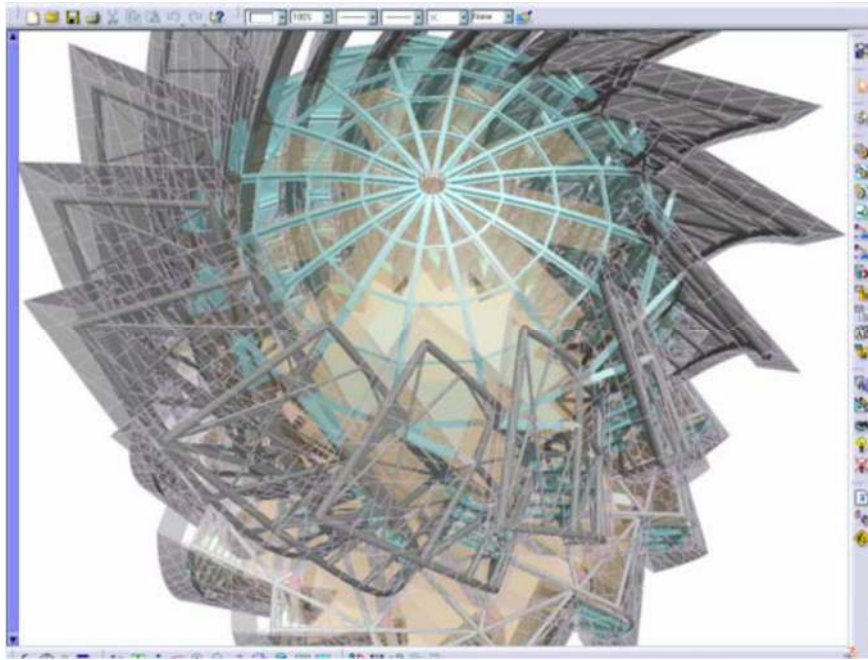
Fue entonces cuando el equipo de Gehry empezó a investigar en torno a las posibilidades de las tecnologías digitales hasta encontrar CATIA, un software utilizado en la industria aeronáutica.

Los ingenieros de barcos y aviones ya habían desarrollado un completo flujo de trabajo digital, que hacía un poco o ningún uso de los dibujos tradicionales y se basaban en maquetas digitales tridimensionales y en maquetas CNC (Control Numérico por Computadora, sistema que permite controlar en todo momento la posición de un elemento físico mediante un software y un conjunto de computadoras) para realizar los prototipos.

Siguiendo este ejemplo, actualmente es posible la generación de nuevas formas arquitectónicas.

La capacidad para generar digitalmente y analizar la información del diseño y luego utilizarla directamente para la fabricar y construir edificios, redefine la relación

entre concepción del diseño a la construcción, empiezan a surgir nuevas sinergias entre arquitectura, ingeniería y construcción debido al uso de tecnologías digitales en las fronteras de varias profesiones.



Pantalla de computadora, usando programa CATIA  
FUENTE: Bruscato Portella, Underléa, de lo digital en la arquitectura Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Catalunya

---

## 2.2 NUEVAS TECNOLOGÍAS

En las últimas décadas la computadora y los programas informáticos son ahora una herramienta de trabajo, están presentes en todos los estudios de arquitectura, de modo que toda arquitectura contemporánea vista desde las herramientas utilizadas es digital, o se conduce por procesos digitales.

El desarrollo de las nuevas tecnologías de la información, las nuevas herramientas digitales, ha cambiado la identidad de la arquitectura desde los años 70, las tecnologías de la información están dando lugar a un sujeto sin historia y conciencia, dominado más que emancipado, la arquitectura digital constituye en sí misma un manifiesto:

desdibujar las barreras del imaginario colectivo a través de la propia tecnología porque el lenguaje técnico es el marco lingüístico de nuestra época. escribir software es construir realidades.

La incorporación de sistemas digitales significa algo más que la inversión en nuevas herramientas de trabajo: permite un modo de expresar la complejidad de nuestro tiempo.

Construir nuevos mundos de inmersión virtual no significaría dibujar mundos paralelos, mundos-simulacro, sino posibilitar lo real para que un futuro cosas que antes considerábamos inmateriales se vuelvan objetos de experiencia.

---

Marcos Novak, Karl Chu, Toyo Ito, Jim Glymph, John Frazer o Michael Benedikt serían los representantes de lo digital en lo analógico.



Fundadores de Autodesk el 30 de enero de 1982, de izquierda a Derecha: Rudolf Künzli, Mike Ford, Dan Drake, Mauri Laitinen, Greg Lutz, David Kalish, Lars Moureau, Richard Handyside, Kern Sibbald, Hal Royaltey, Duff Kurland, John Walker, Keith Marcellus

---

## 2.3 USO DE NUEVAS HERRAMIENTAS


El uso de estas tecnologías o herramientas de trabajo ha traído consigo varios cuestionamientos uno de los más recurrentes es aquel que se plantea que si cualquier persona puede diseñar su propio caso u objeto arquitectónico.

Si se ve desde la perspectiva de que muchas cosas ya están dadas y los tiempos así lo exigen, y que tenemos accesibilidad a un mundo globalizado, pudiese pensarse que cualquier persona podría ser partícipe de su propio diseño de vida.

La respuesta pareciera que estuviera vinculada con un sí, pero esta arquitectura apela a todo un conocimiento previo que se debe de tener para aplicar tal o cual parámetro para obtener las soluciones más adecuadas y que a la larga sigan funcionando de manera adecuada.

Y si a esto se le suma que la arquitectura no está regida por uno o un par de software, sino que, debe de estar presente esa parte fundamental como es el proceso creativo que es el que da la pauta y es él que nos va encaminado hacia un diseño bien fundamentado y funcional.

En definitiva, las tecnologías emergentes son herramientas muy potentes que están y seguirán estando y ayudando a la disciplina en tanto cuanto se vean como lo que son herramientas, las cuales no podemos desligar de nuestra metodología de trabajo, y dejando en claro que el proceso creativo siempre estará por encima, es por ello que la arquitectura paramétrica



hace demasiada alusión al proceso como la herramienta más poderosa para la creación de objetos con un mayor grado de complejidad e innovación.

La arquitectura paramétrica ofrece una respuesta creíble y sostenible a la crisis de la modernidad que dio lugar a aproximadamente 25 años de búsqueda estilística.

Los 25 años de búsqueda estilística se refieren al período dominado por los movimientos arquitectónicos reaccionarios de la posmodernidad y el deconstructivismo.

Schumacher sostiene que se trataban de estilos en sí mismos, sino más bien “episodios de transición”. Este es su primer error, a pesar de la corta vida de la posmodernidad y el deconstructivismo, ambos movimientos comparten características particulares que pueden ser clasificadas como estilo.

Su segundo error es afirmar con arrogancia que el parametricismo está de alguna manera por encima de estos dos por su capacidad para crear un estilo hegemónico unificado. (Patrik Schumacher, 2010).<sup>13</sup>





---

## 2.4 INICIOS DEL CAD


La tecnología, aplicada a la arquitectura, permite crear otra forma de pensar en ella, sin dar origen un nuevo estilo o ismo de los tantos inventados y promocionados durante el siglo XX.

La computadora facilita la experimentación formal. Tal vez por eso podemos afirmar que estamos frente a una revolución que cambiará definitivamente los parámetros y conceptos de la arquitectura tal cual la reconocemos y definimos.

INTERACT fue el primer sistema CAD para ejecutarse en el procesador de un microordenador. (Otros sistemas CAD de empresas propietarias de hardware, ejecutaban sus aplicativos CAD desde mainframes o minicomputadoras.) Su primer cliente comercial fue Atlantic Richfield, que utiliza el sistema para planificar inmersiones profundas para plataformas petrolíferas.

INTERACT fue escrito por Mike Riddle. Anteriormente él había trabajado en el sistema Computervision CADD3, que fue utilizado por, Marathon Steel, para detallar el acero estructural utilizado en la central nuclear de Palo Verde, al oeste de Phoenix.

Con la seguridad en sí mismo, Riddle pensó que podía reescribir CADD3 y hacerlo mejor. Él escribió INTERACT en su tiempo libre, a partir de 1977. Estaba limitado por el estado del hardware de ese momento tenía que escribir el programa en partes y compilarlo en las tarjetas existentes de esa época.



En última instancia, decidió que necesitaba un procesador que podría soportar hardware múltiple (procesador, digitalizadores, pantalla de video, dispositivos de almacenamiento, etc.)

Marinchip Systems, propiedad de John Walker y Dan Drake, realizó una placa principal S-100 con un procesador de TMS-9900 TI que se ajustaba perfectamente a sus requerimientos.

Cuando John Walker vio INTERACT ejecutarse en el equipo Marinchip Systems, quedó lo suficientemente impresionado que decidió convertirse en un distribuidor del software.

A finales de 1981, Walker, Drake, Riddle, y alrededor de una docena de otras personas, se reunieron para fundar lo que, en enero de 1982, se convertiría en Marinchip Software Partners, y poco después, Autodesk.<sup>14</sup>

El nacimiento del primer dibujo arquitectónico realizado con la plataforma de dibujo técnico computacional AutoCAD, en la COMDEX de 1982, fue el primer manifiesto del uso sistemático de la computación para resolver problemas de carácter arquitectónico y propició la difusión de este software como primera resolución frente a la tarea de realizar planimetrías.

El hecho anterior también introdujo el vocablo inglés CAD o Computer Aided Design para referirse literalmente al diseño asistido por computador.

<sup>14</sup> <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/AutoCAD-la-herramienta-que-cumple-33-anos-1101>





Esta es una foto del sistema INTERACT CAD, alrededor del año 1978. El hardware es un ordenador S-100 con dos unidades de disquete de 8" (1) y una tarjeta gráfica de píxeles 640 × 480. La entrada es a través de un digitalizador Houston Instrumentos (2) y una terminal de Tele video.

(1) Se usaban en las estaciones IBM cuya capacidad variaban desde los 79.7 kb (año 1971) hasta las de doble densidad de 1,200 kb (año 1977)

(2) Posteriormente los tableros Calcomp fueron los favoritos de los usuarios CAD para el ingreso y digitalización de comandos y datos

A partir de este punto se gesta una revolución en el uso de plataformas computacionales que transitan desde la realización básica de planos técnicos hasta un sin fin de exploraciones formales, sin precedentes, en diversos programas de gestión formal.

Esta transición del enfoque de uso es lo que Alejandro Zaera Polo determina como complejidad del diseño digital, entendiéndolo como el desplazamiento de una aplicación básica, en reemplazo de técnicas como el dibujo manual, hacia la configuración formal en base a un contexto de procesamiento de información.

*This drawing, originally done on M9900 INTERACT, was the first architectural drawing ever used with AutoCAD. It was shown at the introduction of AutoCAD at COMDEX in 1982.*



(C) 1978 Frank Lloyd Wright Foundation  
used by permission

Primer dibujo arquitectónico realizado en el software Autodesk AutoCAD, presentado en la COMDEX (Computer Dealer's Exhibition ) de 1982  
Fuente: John Walker "the Autodesk file: Bits of de History.1997

Durante la década de 1990, estas exploraciones de nuevas configuraciones formales; si bien se constituyeron para como tratados teóricos acerca de las nuevas posibilidades matéricas de la arquitectura basada en herramientas digitales, se manifiestan como el principio de la actual puesta en práctica de la arquitectura paramétrica como herramienta de diseño y ejecución material de una obra.

En 1997 se inauguró el Museo Guggenheim Bilbao de Frank Gehry, la historia de la arquitectura entró en una nueva etapa, este era el primer arquitecto que, mediante la utilización de tecnología digital, había hecho posible la construcción de un edificio formalmente complejo cuya erección, en caso de haber carecido de la tecnología adecuada, habría sido casi, imposible.

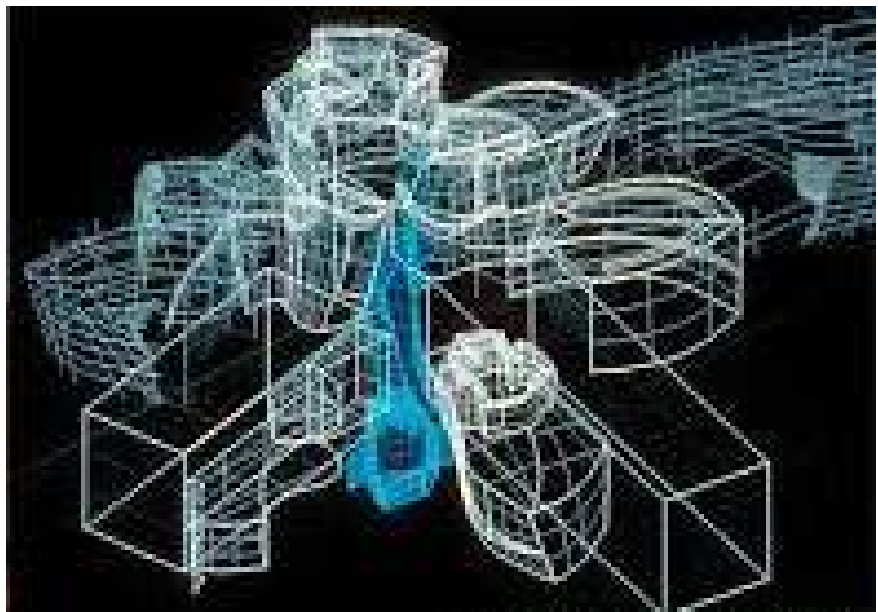
En 1982, la firma anuncio la primera versión del diseño mecánico CATIA.



---

Este sistema fue desarrollado por Dassault Systemes una empresa subsidiaria del fabricante aeronáutico francés de los aviones caza de reacción Mirage para añadir capacidades de control de superficies y numéricos a un sistema de diseño ya existente.

Pero la computadora para Ghery sigue siendo un asistente más en su estudio, fundamental, pero en su misión coadyuvante.



Modelo por computadora usando el software CATIA del Museo Guggenheim de Frank Gehry

En cambio, en las propuestas de la llamada arquitectura digital gestada en los años 90 del pasado milenio se desarrolla una línea de sustentación influida por la cibernética en la que la computadora se maneja un sistema generador del que en un futuro podrá surgir una arquitectura con propiedades biológicas: reactiva, adaptativa y plástica.



Una arquitectura genética inspirada en los biomorfos de Dawkins: que sea capaz de regenerarse a través de una selección ambiental de elementos ineficientes y nunca constituya una ruina, un no-lugar, un espacio inhabilitarle.

Es la trans arquitectura de Marcos Novak la imagen del paso del estudio de arquitectura al Lab Digital, de la explicación de referencias artísticas, literarias o filosóficas que se han utilizado con tal o cual intención para remarcar que el edificio es un símbolo viviente, a una arquitectura orgánica y fundamentada en el desarrollo e interrelación de otros campos científicos, artísticos y humanísticos: del ordenador como asistente al ordenador de sistemas emergentes inducidos electrónicamente.

**XV CENTURY**



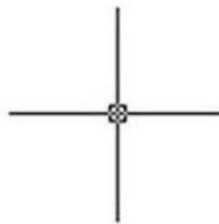
**XIX CENTURY**



**XX CENTURY**




**XXI CENTURY**



Evolución de las herramientas de dibujo del siglo XV al siglo XXI  
FUENTE: Imagen internet





El avance en el desarrollo de tecnologías digitales, por otro lado, rompe la realidad sistémica de principios del siglo XX, imponiendo una realidad fragmentada, propia de geometrías fuera del campo de Euclides y el plano Cartesiano, relacionada a nuevos descubrimientos en el campo de la astronomía y la física, observando un claro interés en posibilidad de la deformación y maleabilidad de la materia.

De tal manera aumenta la intención de experimentar formalmente en espacios virtuales, no definidos físicamente ni que pertenecen a una realidad tangible.





de izquierda a derecha Marcos Novak (1957), Karl Chu (1950), Jesse Reiser (1956), Greg Lynn (1964), Nicholas Negroponte (1943), precursores del diseño digital, proponen la base conceptual, teórica y práctica de las disciplinas del diseño digital que van más allá del uso de la computadora como una estación de trabajo complementaria al desarrollo manual de proyectos de arquitectura, sus postulados siguen vigentes, evolucionando a medida que evolucionan los dispositivos tecnológicos, convirtiéndose en padres del diseño digital durante el siglo XXI

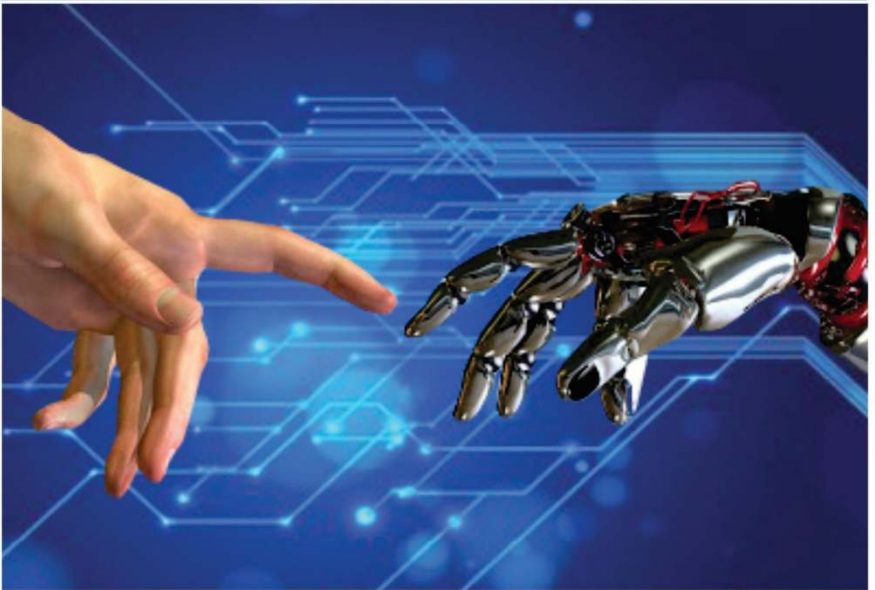
FUENTE: Elaboración propia, imágenes de internet





CAPITULO

3



DIGITALIZACIÓN

---

### 3. DIGITALIZACION

#### 3.1 DE LO MANUAL A LO DIGITAL

Digitalización, según el Diccionario de la Lengua Española, supone la acción y efecto de digitalizar<sup>15</sup>

La definición es bastante explícita: se pasa el mundo analógico al mundo digital.

Esto significa codificarlo en el lenguaje más simple y ligero, por lo que se elimina por un lado el documento físico y todas sus desventajas, y por otro que al hacerse en un archivo en los diferentes tipos de formatos que hay, estos nuevos archivos que se generan del paso analógico o físico a formato digitales.

Estos son almacenados en las unidades de guardado siendo estos los discos duros de la computadora, el espacio que ocupen será dependiendo de la calidad.


Este paso se llama Conversión Analógico Digital o CAD y se hace a través de diferentes herramientas, depende qué queramos digitalizar: un libro, una canción, una fotografía una imagen, etc.

15 Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española (2014)



El desarrollo tecnológico, la digitalización ha generado múltiples beneficios para la sociedad al lograr optimizar actividades, contar con procesos más rápidos y eficientes, aprovechar mejor los recursos, entre otros.  
FUENTE: Imágenes de internet





Desde la antigüedad, el dibujo ha proporcionado a los arquitectos el medio adecuado para transmitir y desarrollar sus diseños, permitiendo la visualización de su encargo y proporcionar una imagen previa del modelo.

A un poco más de 30 años, casi todos los dibujos se ejecutaban utilizando lápiz, tinta y papel, cuando se precisaba realizar cambios, era necesario borrar y volver a dibujar.

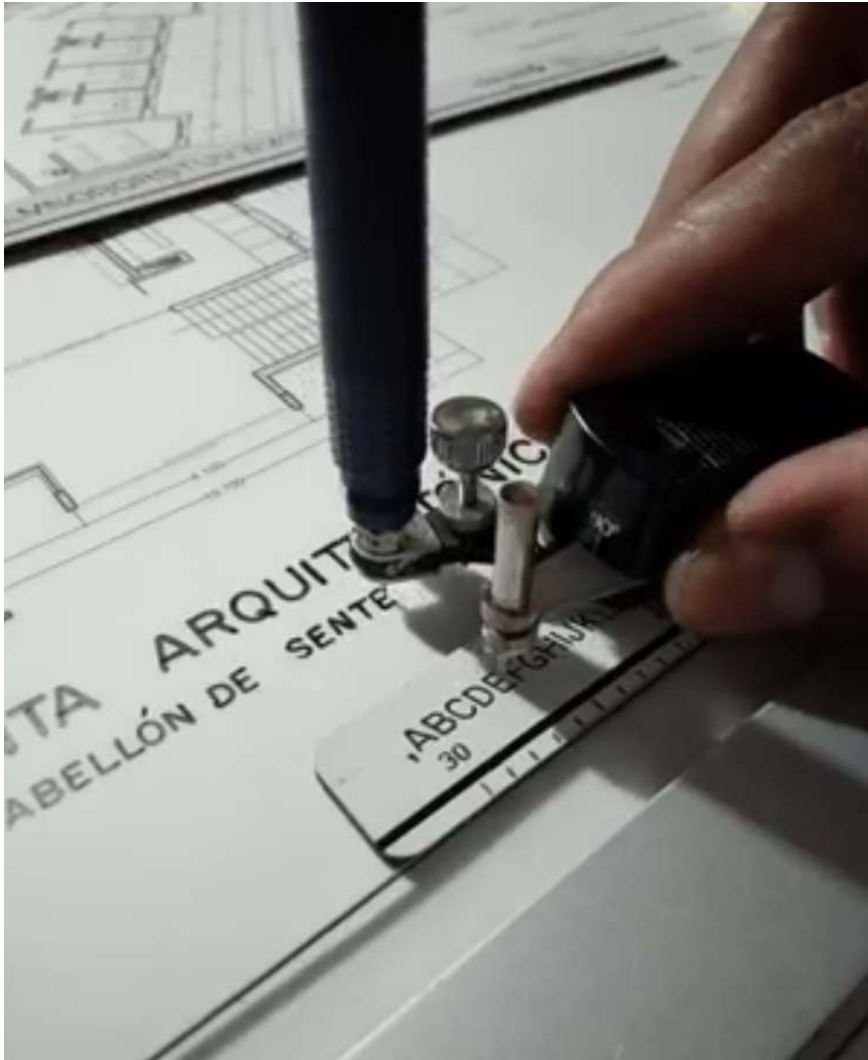
Si el cambio era importante, se repetía el dibujo por completo. Si un cambio afectaba a otros documentos se tenía que buscar a mano en cada uno de ellos y modificarlos.

Con el paso del tiempo las mesas de dibujo conocidas como restirador, han sido sustituidas por las pantallas de las computadoras.

Los instrumentos o herramientas de dibujo que se utilizaban eran la regla T, regla paralela, estilógrafos, graphos y lápices de diferentes calidades, papeles como albanene, mantequilla, plantillas, leroy, etc., herramientas que muchos estudiantes y arquitectos jóvenes ya no conocen.

La cantidad de tiempo que se requería dependía de la complejidad de los cambios en el diseño, era un trabajo manual se podía decir que casi artesanal y requería de una gran habilidad de los arquitectos o dibujantes de ese tiempo.






Uso de LEROY

Utilizando regletas, alacrán y estilógrafo para la rotulación de planos

FUENTE: Imagen internet





En la década de los 70, comienza una transición en la utilización de herramientas de dibujo, el cambio al mundo digitalizado inicia con la utilización de las primeras versiones de programas (software), sorprendiendo por su facilidad y rapidez, que mediante comandos escritos se podían realizar dibujos al tiempo que eran visualizados en las pantallas de las computadoras y posteriormente se podían imprimir en los primeros plotters a gran velocidad.

Las herramientas de diseño son algo nuevo e interesante, que pueden ser aplicadas a diferentes escalas, para la generación y producción, tanto en diseño industrial, arquitectura y urbanismo.

La arquitectura digital constituye en sí misma un manifiesto: de dibujar las barreras del imaginario colectivo a través de la propia tecnología porque el lenguaje técnico es el marco lingüístico de nuestra época. Escribir software es construir realidades.

Por tanto, la incorporación de sistemas digitales significa algo más que la inversión en nuevas herramientas de trabajo: permite un modo de expresar la complejidad de nuestro tiempo.

Construir nuevos mundos de inmersión virtual no significaría dibujar mundos paralelos, sino posibilitar lo real para que un futuro cosas que antes considerábamos inmateriales se vuelvan objetos de experiencia. Marcos Novak, Karl Chu, Toyo Ito, Jim Glymph, John Frazer o Michael Benedikt serían los representantes de esta reversión de lo digital en lo analógico.





El arquitecto de los años 80 en su oficina realizaba dibujos al tiempo que eran visualizados en las pantallas de las computadoras y posteriormente se podían imprimir en los primeros plotters.  
FUENTE: Imagen internet



## 3.2 DIBUJO ASISTIDO POR COMPUTADORA

La tecnología ha sido, a través de la historia, el elemento clave en desarrollo de la arquitectura moderna. En la arquitectura, el urbanismo y el diseño gráfico e industrial, existe una gran diversidad de software que han permitido desarrollar proyectos complejos en poco tiempo, haciendo uso de estas herramientas digitales, en estas disciplinas hoy se pueden visualizar proyectos antes de ser construidos, estos proyectos pueden ser modificados con facilidad.

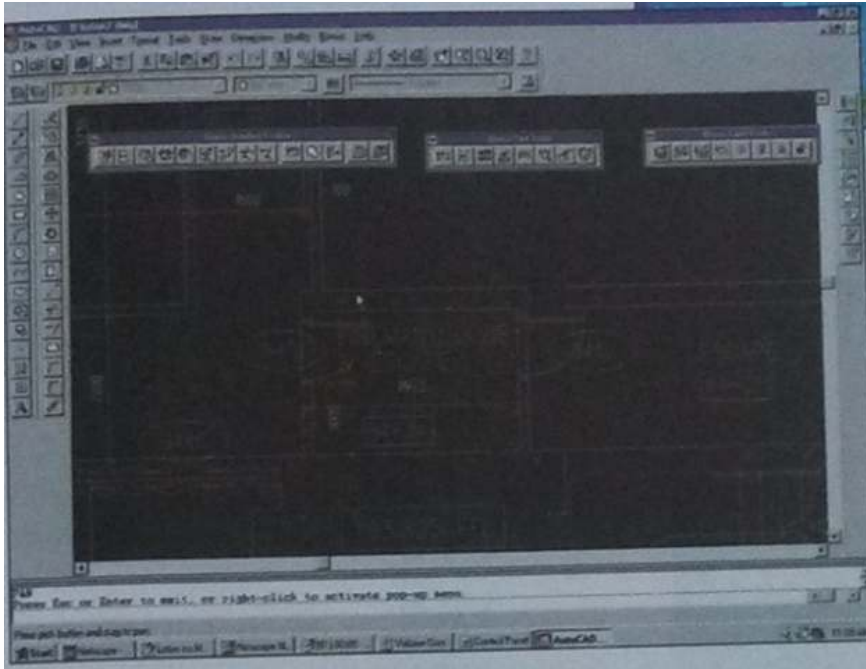
El CAD, es el diseño asistido por computadora (u ordenador), abreviado como DAO (diseño asistido por ordenador) pero más conocido por sus siglas inglesas CAD (Computer Aided Design), es el uso de un amplio rango de herramienta digitales, que asisten a ingenieros, arquitectos y otros profesionales del diseño en sus respectivas actividades.

Estas herramientas de dibujo nos permiten realizar dibujos en dos dimensiones (2D) y modeladores en tres dimensiones (3D). Las herramientas de dibujo en (2D) se basan en entidades geométricas vectoriales como puntos, líneas, arcos y polígonos con las que se pueden operar a través de una interfaz gráfica.

Los modeladores en 3D añaden superficies y sólidos, Esto representa el conjunto de aplicaciones informáticas que permiten a un diseñador “definir” el producto a fabricar. En un programa de delineación y dibujo de detalle 2D y diseño 3D utilizado por la mayoría de diseñadores y proyectistas en el mundo entero.



Uno de los más utilizados es el AutoCAD diseñado por Autodesk, debido a su gran número de funciones y mejores que se le han presentado a través de todas sus actualizaciones.<sup>16</sup>



Pantalla de la computadora, usando programas de diseño asistido por computadora (CAD)

FUENTE: Norton, Peter, Introducción a la computación, México, D.F. McGraw-Hill Internacional, editores, 2004

CAD fue desarrollado por primera vez en la década de los sesentas. Sin embargo, había muy pocos usuarios CAD al principio por que estos eran muy costosos y difíciles de utilizar.

Las computadoras que ejecutaban los programas CAD eran grandes maquinas voluminosas y costosas que ocupaban habitaciones completas. Gracias a la evolución de las computadoras, CAD se volvió más fácil de utilizar

16 Howard Rheingold, REALIDAD VIRTUAL, los mundos artificiales generados por ordenadores que modificarán nuestras vidas, Gedisa editorial, Barcelona España, 2002, segunda reimpresión



---

y más accesibles para usuarios con computadoras comunes y corrientes.

CAD se desarrolló y se difundió durante los años 70 y principios de los 80, en esta década un programador llamado Jonh Walker ayudo a fundar una empresa denominada Autodesk.

El CAD como un lenguaje de comando bastante misterioso, poderoso y caro para computadoras de gabinete grandes y costosas, y en ese rol catalizó enormes cambios en munchas industrias.



Primera versión comercial de AutoCAD en 1982 tenía utilidades elementales que siguen en pie, con layers, opciones de inserción de texto y un menú lateral con 40 comandos que sin duda mostraban una serie de limitaciones.

FUENTE: © Autodesk

---

Pero, al igual que las primeras computadoras, siguió siendo una herramienta para aquellos que podían pagarla y aquellos que se tomaran el tiempo de abrirse camino por las interfaces humanas diseñadas por ingenieros. Y siguió siendo una herramienta bidimensional para representar objetos tridimensionales.

1982 AutoCAD, podía ejecutarse en sistemas IBM XT con 540 K de RAM y DOS. Las primeras versiones eran simples herramientas para generar dibujos bidimensionales básicos. Además, eran demasiado lenta e incorporaban solo lo más básico para incorporar bocetos. AutoCAD, sin embargo, a pesar de todas estas limitaciones, fue un éxito debido a que proporcionaba una manera a bajo costo para entrar al mundo del CAD.



Icono de AutoCAD versión 2014  
FUENTE: <http://www.autodesk.es/autocad>



---

El software más reciente es Revit se creó especialmente para el Modelado de información para la construcción (BIM), lo que permite que los profesionales de diseño y construcción lleven sus ideas del concepto a la construcción, con un enfoque coordinado y coherente basado en modelos. Incluye la funcionalidad de todas las disciplinas de Revit (arquitectura, MEP y estructura) en una interfaz unificada.<sup>17</sup>



Icono REVIT versión 2019  
FUENTE: <https://www.autodesk.mx>

17 <https://www.autodesk.mx/education/free-software/revit>



---

### 3.3 SOFTWARE

Se conoce como software<sup>18</sup> al soporte lógico de un sistema informático, que comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas, en contraposición a los componentes físicos que son llamados hardware.

La interacción entre el software y el hardware hace operativo una computadora u otro dispositivo como una Tablet o iPad.

El Software o programa envía instrucciones que el Hardware (computadora) para que este ejecute sus tareas haciendo posible su funcionamiento, facilitando también la interacción entre los componentes físicos y el resto de las aplicaciones, y proporcionando una interfaz con el usuario.


Actualmente, el uso de la computadora es un agente activo y dinámico en la concepción y construcción de los distintos proyectos de arquitectura paramétrica.

Sobre todo, al ser capaz de integrar las ideas, desarrolladas por los arquitectos, con los procesos de fabricación disponibles, es decir, gracias a los programas de diseño 3D se ha conseguido que los datos de diseño sean a su vez los datos de construcción.

No se puede entender una creación paramétrica sin conocer los métodos de fabricación digital, que, si estos se olvidan o se desconocen, resulta prácticamente inviable su realización debido al incremento exponencial del presupuesto.

18 Diccionario de la Lengua Española 2005





Históricamente para ser económicamente viables los elementos de construcción debía ser geométricamente sencillos, pero hoy en día, al ser capaces de aunar con complejidad, se ha podido pasar de la estandarización a la fabricación de componente únicos y personalizables.


A su vez, el uso del ordenador y de sus respectivos softwares y aplicaciones es indispensable, como ya hemos comentado, en la práctica de la arquitectura, llegando a ser cuestionada nuestra creciente dependencia del software ante técnicas como el bocetaje, que han perdido hegemonía en la concepción y proyección arquitectónica.

Sobre esta crítica existen dos líneas de pensamiento, una expresa nuestra lentitud en el sector de la arquitectura para acoger las técnicas y los avances tecnológicos, y la otra expresa cierto temor por una dependencia del ordenador y por la supuesta pérdida del rol del arquitecto tal y como lo conocemos hasta ahora, y su capacidad de decisión.

La denominada arquitectura digital, nos provee constantemente de herramientas para la proyección y avances en el manejo de la información e interpretación de la forma.

Pero su mayor logro es: suministrar una lógica, un sistema, unas facilidades para su optimización, métodos y focos de avances en la proyección y concepción.





Volviéndose más que una herramienta, en una asistencia inteligente del proceso.

Sin embargo, para alcanzar su dominio actual el software ha tenido que introducirse por medio de CAD como una herramienta sustitutiva del dibujo a mano alzada, en su naturaleza bidimensional, hasta lograr introducir el modelado tridimensional, los softwares generativos y la fabricación digital, para verdaderamente energizar el pensamiento del diseño y expandir los límites de la forma y construcción arquitectónica.

De todas formas, los programas de arquitectura no están hechos para sustituir la imaginación del arquitecto, obviamente.

Estos sirven de suplemento a las ideas proyectuales del mismo, proveen diversas posibilidades, permiten análisis previos, y facilitan el proceso de diseño, planificación y fabricación.


En su oposición, si un diseñador o arquitecto tiene que utilizar un software, su imaginación y sus ideas están delimitadas por las posibilidades de un determinado programa.

Los softwares parametricos hacen que sea posible la creación de variaciones y cambiar elementos mientras se mantienen dependencias especificadas, creando relaciones entre entidades que, al ser modificadas, modifican el sistema de manera automática.

Con certeza dotando al proceso de facilidad para la realización de cambios, automatización de las







consecuencias y el almacenaje del historial. Además de que, al utilizarse para fines de análisis, es posible verificar con mayor precisión el proceso evolutivo del diseño.

El paradigma de programación en diseño paramétrico es un conjunto de principios subyacentes que conforman el estilo de un lenguaje de programación.

Estos se dividen en imperativos y declarativos, los primeros describen una secuencia de acciones que el ordenador deberán desempeñar, los segundos definen el resultado que se busca conseguir sin explicar los algoritmos necesarios para lograr los resultados, siendo mucho más visuales y no requieren de unos grandes niveles de conocimientos en programación pura.

Dentro de los imperativos se aloja el lenguaje de programación textual ocupado por programas como pueden ser: 3DSmax, Maxscript, Archicad: CDL, Autocad: AutoLISP, Processing: Java, Revit: Visual Basic & Python, Rhinoceros: Visual Basic & Python, Sketchup: Ruby (DAVIS).

En el caso de los declarativos, se presenta el lenguaje de programación visual, ocupado por programas como: Grasshopper, Generative Components, Houdini, MaxMP, que tienden a la programación basada en el flujo de información. Independientemente de sus diferencias en lenguajes de programación, cada programa posee unas características lógicas de trabajo y desempeño específicas, que condicionan su elección y combinación con las aplicaciones necesarias para la realización de los fines de diseño.





## 3.4 MODELO DIGITAL

El modelo plástico<sup>19</sup> es uno de los modelos de que se vale el proyectista (arquitecto, ingeniero, diseñador de productos), ya para visualizar sus hipótesis formales, estructurales o funcionales, ya para presentar a otros (quienes encargan obras, ejecutores, productores, público) el proyecto ya elaborado.

Así concebida, como medio auxiliar de proyectar y como medio de comunicación, la idea de modelo plástico o maqueta parece bastante simple.


Pero la cuestión es bastante más compleja en realidad recurrir a modelos (lo que en la moderna epistemología se conoce como modelación) incumbe no solamente a los procesos proyectivos y comunicativos.

Sino también a una vasta gama de otras cuestiones que, ya desde hace mucho tiempo, son objeto controversia, sobre todo en la esfera de la ciencia la modelación es ciertamente una estrategia creativa, pero también cognitiva, como se sabe, la relación entre creatividad y conociendo es una cuestión que dista mucho de estar resuelta.

Dentro del campo del diseño arquitectónico, las posibilidades que ofrecen las animaciones en 3D son prácticamente ilimitadas.

19 El modelo plástico se llaman en algunas lenguas *maquette* (francés e inglés) y *maqueta* (en español) que son étimos de origen (macchietta). La palabra plástico, aun poseyendo una acepción más limitada

Destinadas sobre todo a seducir a clientes e inversores, despliegan todo un abanico de recursos visuales y sonoros muy efectivos que pueden llegar a marear por abrumadores.



Desde la recreación del interior de una sencilla casa a permitir un paseo virtual por megaproyectos, todos los arquitectos de hoy en día empujan este recurso que es altamente eficaz.



---

## 3.5 REALIDAD VIRTUAL

*“El límite no es ahí donde una cosa termina sino, más bien, ahí desde donde una cosa comienza a ser lo que es”*

*Martin Heidegger*

La relación entre la realidad y sus representaciones está provocando un renovado interés, sin duda un fuerte impulso dado a este fenómeno se debe al grado de sofisticación alcanzado por las técnicas de modelación de la realidad.

El impacto de las tecnologías que van naciendo (informática, telecomunicaciones, bioingeniería, robótica y tecnología de los materiales avanzados).

Los pilotos de la Segunda Guerra Mundial entraban a un hangar y allí solían estar en un aeroplano seccionado, apenas una cabina armada sobre una plataforma móvil. En su interior estaba el primer simulador de vuelo, uno de los antecedentes históricos de la realidad virtual.

El piloto trepaba adentro, presionaba el botón de encendido, tomaba la palanca y sentía como la cabina se encendía y se balanceaba, hasta vibraba en respuesta a sus acciones.

La palabra cyberspace, acuñada por el novelista de ficciones científicas William Gibson (1984), en su novela “Neuromancer” la palabra ha dado origen a un variado espectro de neologismos: cyberspaceian, ciborg, cyberpunk, cybernaut, cyberdeck, cybersex, cybertech, cyber world, cyber entities, etc.

---

El ciberespacio es un medio que da a las personas la sensación de ser transportadas desde un mundo físico común a mundos de la imaginación.

Aunque los artistas pueden usar cualquier medio para evocar mundos imaginarios, los ciberespacios contienen sus propios mundos. Un mundo virtual es un mundo, el cual se puede caminar, mirar y en algún momento manipular objetos.



Personal de la armada de los Estados Unidos usando un sistema de realidad virtual para entrenar.  
FUENTE: Imagen internet

Las interfaces hombre-computadora son herramientas para ayudar a las mentes y maquinas a trabajar juntas con más eficiencia.



---

Si bien es cierto esta tecnología ya se ha usado desde varias décadas anteriores, la arquitectura no está excepta del uso de estas herramientas, la arquitectura está ligada a la Realidad Virtual, con la ayuda de esta herramienta los arquitectos, diseñadores pueden concebir mejor el espacio y presentar el proyecto a los futuros usuarios de estos, permitiendo la interactuando en un espacio todavía no construido.

Verse dentro del entorno diseñado es posible, los elementos técnicos disponibles brindan una oportunidad tal como para sentirse realmente dentro del entorno creado.



Escenario virtual, simulación por computadora, dinámica y tridimensional, con alto contenido gráfico, acústico y táctil, orientada a la visualización de situaciones y variables complejas, durante la cual el usuario ingresa, a través del uso de sofisticados dispositivos de entrada, a "mundos" que aparentan ser reales, resultando inmerso en ambientes altamente participativos, de origen artificial.

FUENTE: Imagen internet



---

La resolución de los paneles que proyectan este escenario, las lentes que lo ajustan a nuestros ojos, y el soporte de que nos colocamos en la cabeza, a la vez que la potencia que desarrollan nuestros ordenadores, han alcanzado la calidad que se lleva buscando muchos años como para que ahora dispongamos de una herramienta completa, real y válida, mediante la cual presenciar, y nunca mejor dicho, la obra creada desde un punto de vista único, el de la ficción de estar enfrente, encima, al lado, en el interior, donde se desee realmente de la pieza de arte creada.

Nunca ha sido más fácil, ni mejor, para el arquitecto presentar su obra, Todo un nuevo mundo de oportunidades se abre antes nosotros.




La realidad aumentada permite visualizar un mundo que aparentan ser reales, creado gráficamente a través de dispositivos sofisticados.

FUENTE: Imagen internet







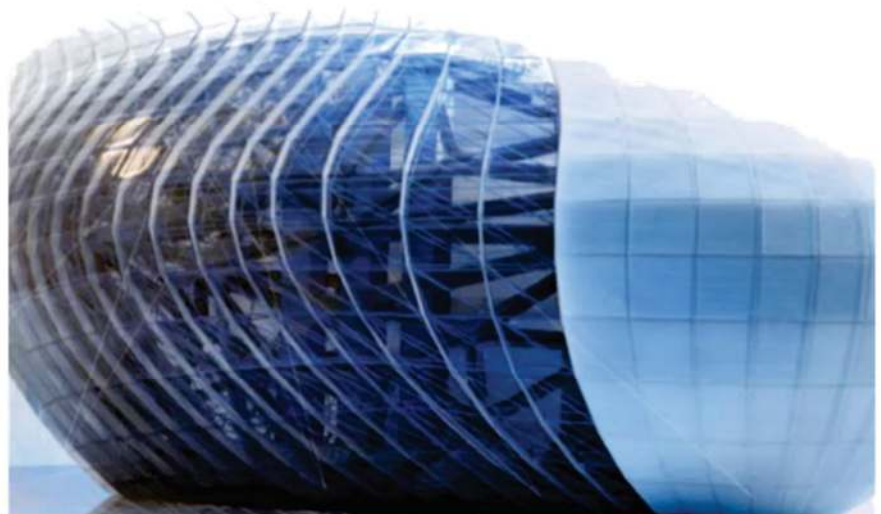
Dado que se trata de una tecnología en plena evolución, cualquier definición actual de escenario virtual debe ser considerada solo con carácter transitorio, sin embargo, podemos decir que:

Un escenario virtual es simulación por computadora, dinámica y tridimensional, con alto contenido gráfico, acústico y táctil, orientada a la visualización de situaciones y variables complejas, durante la cual el usuario ingresa, a través del uso de sofisticados dispositivos de entrada, a "mundos" que aparentan ser reales, resultando inmerso en ambientes altamente participativos, de origen artificial.



# CAPITULO

# 4



FORMAS  
ARQUITECTÓNICAS  
S. 21



---

## 4. FORMAS ARQUITECTÓNICAS EN EL S.21


### 4.1 ARQUITECTURA 3D

La importancia de las herramientas de diseño generativo y paramétricas a lo largo de estos últimos años está creciendo debido a que ponen de manifiesto que suponen la mejor aproximación para abordar proyectos complejos tanto en su concepción como en su ejecución. Dentro del campo del diseño arquitectónico, las posibilidades que ofrecen las animaciones en 3D son prácticamente ilimitadas.

Destinadas sobre todo a seducir a clientes e inversores, despliegan todo un abanico de recursos visuales y sonoros muy efectivos que pueden llegar a marear por abrumadores, desde la recreación del interior de una sencilla casa a permitir un paseo virtual por megaproyectos, todos los arquitectos de hoy en día empelan este recurso que es altamente eficaz.

La arquitectura digital es un fenómeno reciente, que ha sido poco tratado en relación con las implicaciones de su representación gráfica.

Para poder formular una reflexión sobre la incidencia diversa de lo digital en arquitectura y alcanzar los principales objetivos de la investigación, a lo largo de esta tesis se muestran distintos niveles con respecto a la utilización de los nuevos medios digitales, junto con un análisis de la producción arquitectónica actual, a través de distintos proyectos, especialmente en lo que se refiere al proceso y presentación, aparte de su uso en los dibujos de proyectos descriptivos o de ejecución.



A partir del momento en que los proyectos son desarrollados con apoyo digital, aparece un universo de nuevas posibilidades formales. Los cambios que ocurren actualmente con esta amplia gama de herramientas y experimentos se reflejan no solo en la representación sino en las formas de diseño y producción.


Es ahora que podemos atender a lo novedoso de las formas generadas y asistir a la reorganización de los procesos de trabajo en los estudios y ver, también, como la incorporación de estas nuevas tecnologías ha mantenido como uno de los ejes centrales de su operar, la posibilidad de dialogar con los procesos más tradicionales.

Para ampliar el campo de sus posibilidades, se tratan de señalar aspectos relevantes como nuevos conceptos, procesos y medios a partir del análisis de los estudios de arquitectos y proyectos concretos; buscando facilitar una visión de conjunto, con suficiente perspectiva, y permitiendo pensar el conjunto de propuestas analizadas como aquellos casos más paradigmáticos de una transformación global en la representación arquitectónica.

El objetivo es observar el fenómeno que vivimos hoy con los cambios o avances en el diseño y renovación de la arquitectura, un recorrido por lo digital en arquitectura, apreciando esta evolución a través de casos concretos estudiados.

En términos del marco temporal, se pretende centrar el estudio en la arquitectura contemporánea.





En cuanto a la determinación de los objetos de estudio, la tesis enfoca algunos de los proyectos más importantes concebidos por estudios como los de Herzog & de Meuron, Jean Nouvel, Dominique Perrault y Frank Ghery, conformando un primer grupo dentro de los primeros capítulos de la tesis, conduciendo a una reflexión donde los medios digitales son utilizados desde un punto de vista representacional.

En un segundo grupo de estudios analizados, en los últimos capítulos de la tesis, conformados por Alejandro Zaera-Polo y Farshid Moussavi (Foreign Office Architects), NOX / Lars Spuybroek y Greg Lynn, se observa el proceso a partir de la combinatoria formal basada en algoritmos computacionales, conceptos arquitectónicos más experimentales, principalmente la animación, donde la implicación de los medios digitales han otorgado nuevas posibilidades en la definición del espacio arquitectónico, especialmente en diseño tridimensional de los proyectos, como también en la configuración de entornos virtuales.

Aprovechando especialmente que la mayor parte de estos estudios han desarrollado proyectos.



---

## 4.2 DISEÑO GENERATIVO

En los últimos años, las herramientas informáticas han aportado técnicas innovadoras de búsqueda de formas que han revolucionado el diseño arquitectónico y la construcción.


Estas técnicas se definen como “diseño generativo”, diseño paramétrico o diseño algorítmico por citar sólo algunos, y ofrecen nuevas vías de diseño a los arquitectos, al romper con las relaciones predecibles entre forma y representación en favor de complejidades generadas por ordenador que, a su vez, permiten el desarrollo de nuevas tipologías.

El énfasis se desplaza de la elaboración de formas o la búsqueda de formas.

Las técnicas generativas de búsqueda de formas ya existían en la arquitectura mucho antes de la revolución digital, a principios del siglo XX, muchos arquitectos, ingenieros y diseñadores visionarios como Frederick Kiesler y Frei Otto aplicaban métodos similares a los del enfoque informático actual.

No existe una definición simple del término, sino muchas definiciones complementarias con características comunes que varían según los distintos teóricos de la arquitectura.

A grandes rasgos podemos describirla como un método de diseño en el que la generación de formas se basa en reglas o algoritmos, a menudo procedentes de herramientas informática como Processing, Grasshopper y otras plataformas de escritura de scripts.



Durante los últimos años de los años de la década 1980 y principios de los 1990, justo antes del boom de la arquitectura, Peter Eisenman empezó a aplicar un conjunto de técnicas de diseño tales como escalado, fractales, capas y superposición, bajo la influencia de la teoría de la deconstrucción de Jacques Derrida.<sup>20</sup>

Desde que los algoritmos y los scripts son más accesibles a los arquitectos y diseñadores y la fabricación digital es más asequible, las herramientas paramétricas, los programas de simulación y los algoritmos de optimización y generativos prevalecen como técnicas de diseño generativo.


En su libro *Generative Gestaltung* (Lazzeroni, Bohnacker, GroB y Laub 2009), los autores definen el diseño generativo como un proceso cíclico basado en una idea abstracta que se aplica a una regla o algoritmo (figura) la idea se traduce después a un código fuente que produce resultados en serie mediante una computadora.

Los resultados devuelven a su vez un bucle de retroalimentación que permite al diseñador re informar al algoritmo y el código fuente. Es una operación iterativa que se apoya en el intercambio de información entre el diseñador y el sistema de diseño

Celestino Soddu (1994) define el diseño generativo como un “proceso morfogénico que emplea algoritmos estructurados como sistemas no lineales para producir un sin fin de resultados únicos e irrepetible sus generados por una idea-código, como en la naturaleza”

<sup>20</sup> Diseño Generativo, proceso para crear nuevas formas arquitectónicas, Asterios Agkathidis, promopress editions 2016, primera edición en español





Los modelos de diseño capaces de transformación consistente, continúa y dinámicamente están reemplazando a las normas estéticas de los procesos convencionales.


Complejas geometrías curvilíneas se producen con la misma facilidad que las formas euclidianas planas y los volúmenes cilíndricos, esféricos o cónicos.

El plano ya no genera el diseño; las secciones tienen un papel meramente analítico, cuadrículas, repeticiones y simetrías pierden su antigua razón de ser cuando la viabilidad infinita se vuelve tan factible como la modulación y cuando la personalización en masa se presenta como alternativa a la producción en masa.

Estos modelos son mecanismos impredecibles de creación, basados en herramientas digitales, en los que los valores arquitectónicos tradicionales son remplazados por complejidad, asimetría, curvilinearidad, viabilidad infinita y personalización en masa.

Es una herramienta de innovación, un nuevo paradigma alrededor de sectores como la ingeniería, la arquitectura o el diseño de productos.

Diseño generativo no es diseñar un edificio, es diseñar el sistema que diseñe un edificio. Se puede decir que es un método para generar formas automáticamente a partir de la modificación de las variables que las definen.



Detrás de esta modificación se esconden definiciones algorítmicas (en muchos casos muy complejas) que permiten acceder de un modo inteligente a un sinfín de formas con tan solo indicar las nuevas necesidades. (Lars Hesellgren).



## 4.3 DISEÑO PARAMÉTRICO

*“El parametricismo es un estilo maduro. Que el paradigma paramétrico se está convirtiendo en omnipresente en la arquitectura y el diseño contemporáneo es evidente desde hace bastante tiempo”*

*Patrik Schumacher*




El diseño paramétrico es la abstracción de una idea o concepto, relacionado con los procesos geométricos y matemáticos, que nos permiten manipular con mayor precisión nuestro diseño para llegar a resultados óptimos.

El modelado paramétrico, es un método matemático, que permite alterar determinadas características del modelo, en cualquier instancia del proceso, sin tener que volver a calcular otras características que se verían afectadas







frente al cambio realizado. Esta situación lo convierte en una herramienta de gran potencial, constituyendo y definiendo un nuevo marco teórico, que permite introducir una racionalización constructiva desde el inicio del proyecto.

Los sistemas paramétricos de diseño se basan principalmente en la programación visual de los elementos de dibujo para establecer sus parámetros y relaciones.


En los casos en que la programación visual no ofrece soluciones sencillas a los problemas que se presentan durante la generación de un proyecto se usa el scripting.

Un script es un programa simple que ejecuta una serie de órdenes en un entorno muy bien definido.

Según el diccionario Oxford<sup>1</sup> la segunda acepción de Script es: The written text of a play, film, or broadcast, es decir, "el texto escrito de una representación, película o programa".

Esta definición se ajusta a la del castellano "Guion" que es muy adecuada para este caso ya que el script informático es justamente eso, un guion escrito en un lenguaje de programación que ejecuta una serie de ordenes sencillas que dan como resultado un elemento de dibujo cuando se usa en un entorno de diseño arquitectónico.

La palabra paramétrico deriva de la palabra parámetro, cuyo origen proviene de la composición de las palabras griegas "para" – junto a, y "metro"- medida. Parámetro es



una constante o una variable que aparece en una expresión matemática y cuyos distintos valores dan lugar a distintos casos en un problema.

La geometría paramétrica se compone de unas complejas acciones que hay que entender para juzgar la viabilidad de sus propuestas, ya que el diseño paramétrico hay que entenderlo ligado a la programación, la fabricación y a la simulación.<sup>21</sup>

El pensamiento paramétrico introduce el cambio de mentalidad entre la búsqueda de un fin formal estático y concreto, y el diseño concienzudo de los factores y las etapas que utilizamos para llegar a él.

Es el empleo de algoritmos y medios computacionales avanzados no para dibujar formas, sino para crear posibilidades formales.

No es producir una solución, sino una familia de posibles soluciones. Es el cambio entre utilizar el software de dibujo no como herramienta de representación, sino como medio de diseño. Es, en definitiva, el nuevo paradigma.

21 La parametrización del espacio, procesos de diseño paramétrico, García Ballesteros Luis miguel, trabajo de fin de grado, escuela superior técnica de arquitectura de Madrid, junio de 2017



---

## 4.4 NUEVOS PROCESOS DE DISEÑO

La computadora y los programas informáticos son ahora una herramienta de trabajo para todo arquitecto. Por ello es importante estar capacitado en el uso de diversos programas que te permiten ser más competitivo.

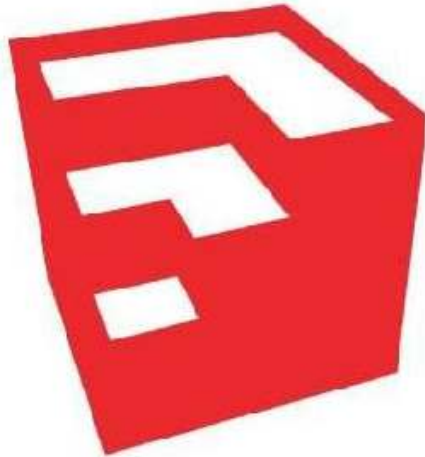
A continuación, se catalogan algunos programas que han sido objeto de estudio y análisis de este trabajo y, describiendo sus características y uso principal.

Los programas de dibujo arquitectónico en 2D o 3D como AutoCAD, Cinema 4D, 3DS Max, Maya, y un software BIM como puede ser Revit o Archi CAD, permiten al diseñador o arquitecto hacer modelos en 3D o tridimensionales como también se le conoce, pero no es suficiente solo dominar o manejar solo un programa se requiere de otros que servirán para mejorar la calidad del modelo.

En un proceso lineal primer se desarrolla el modelado en 3D, a través de un software especializado como ya se menciona puede ser, por ejemplo: AutoCAD Revit o Archi CAD, aunque son los únicos existe otro programa:

SketchUp lanzado en agosto de 2000 y desarrollado por Trimble Navigation<sup>22</sup>





# SketchUp

Imagen del icono SketchUp  
FUENTE: [www.sketchup.com/es](http://www.sketchup.com/es)

SketchUp (anteriormente Google SketchUp) es un programa de diseño gráfico y modelado en tres dimensiones (3D) basado en caras para entornos de arquitectura, ingeniería, diseño industrial, diseño escénico, GIS y videojuegos.

Es un programa desarrollado por Last Software, empresa adquirida por Google en 2006 y finalmente vendida a Trimble en 2012.<sup>23</sup>

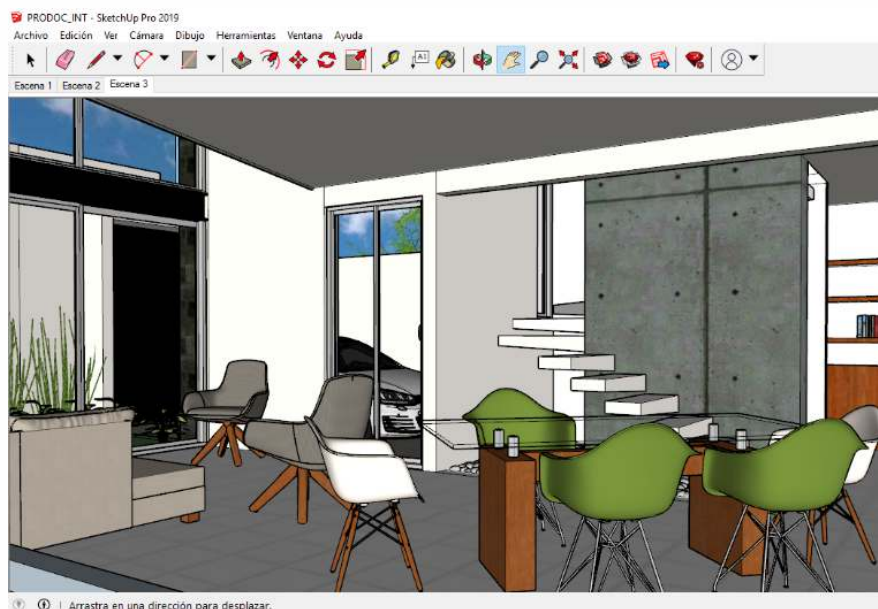
Este programa de modelado 3D por su forma sencilla de operar se ha convertido en uno de los más populares aparte de su fácil manejo se encuentra de forma gratuita.

<sup>23</sup> <https://es.wikipedia.org/wiki/Sketchup>



El programa incluye entre sus recursos un tutorial en vídeo para aprender paso a paso cómo se puede diseñar y modelar el propio ambiente.

Permite conceptualizar y modelar imágenes en 3D de edificios, coches, personas y cualquier objeto o artículo que imagine el diseñador o dibujante, además de que el programa incluye una galería de objetos, texturas e imágenes listas para descargar.



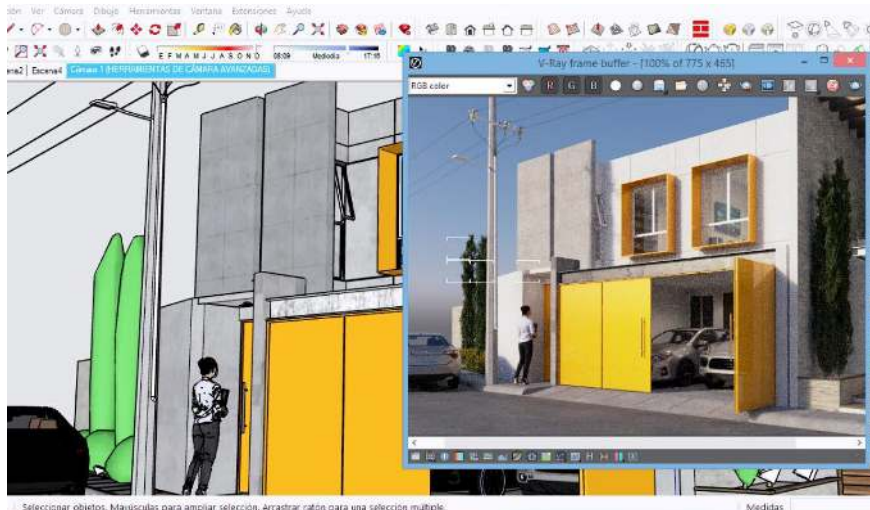
Captura de pantalla, visualización de modelo 3D, utilizado SketchUp  
FUENTE: Elaboración propia.

SketchUp hace la geometría, pero existen programas para hacer una representación fotorrealista como Kerkythea, Vray, Twilight Render.

Posterior al modelado en 3D, a partir de información digital se inicia con el proceso de renderizado, generando con esto una imagen visible (fotorrealista), a este proceso también se le conoce como renders y para esto también se requiere de algunos softwares para generar

estas imágenes como Kerkythea, Vray, Twilight Render, compatibles con SketchUp.

Por último, se realiza postproducción con la ayuda de editores de imágenes como puede ser Photoshop, para dar una sensación que casi a ver sido fotografiados.




Captura de pantalla visualización de modelo 3D, utilizado SketchUp, junto con v-ray como motor para el renderizado.  
FUENTE: Elaboración propia.



Proceso de visualización de modelos 3d generación imágenes fotorrealistas con la utilización de computadora y los programas informáticos  
FUENTE: Elaboración propia.





Este tipo de software ha tenido una gran evolución en las últimas décadas, seguirán avanzando según las nuevas necesidades y ambiciones en el diseño, como la creación de nuevas formas en ingeniería y arquitectura.

En la actualidad existe un gran número de programas destinados al diseño por computadora, surgiendo software destinado a disciplinas concretas como pueden ser la aeronáutica, industria naval o arquitectura.

Independientemente de sus diferencias en lenguajes de programación, cada programa posee unas características lógicas de trabajo específicas, que condicionan su elección y combinación con las aplicaciones necesarias para la realización de los fines de diseño.

Para el diseño generativo y diseño paramétrico se utilizan los siguientes programas:

### **Rhinoceros 3D**

Rhinoceros 3D, comunmente conocido como “Rhino” o “Rhino 3D” es una herramienta de software para modelado en tres dimensiones basado en el trabajo con geometrías NURBS.

Este software de diseño geométrico asistido por computadora creado por Robert McNeel & Associates, nacido en origen como un agregado para Autodesk AutoCAD, pero desarrollado finalmente de manera independiente.

---

Rhinoceros 3D se especializa en el modelado de formas libres mediante NURBS, permite: crear, editar, analizar, documentar, renderizar, animar y traducir curvas NURBS, superficies y sólidos, nubes de puntos y mallas poligonales.



Icono Rhinoceros 3D  
Fuente: [www.rhino3d.com](http://www.rhino3d.com)

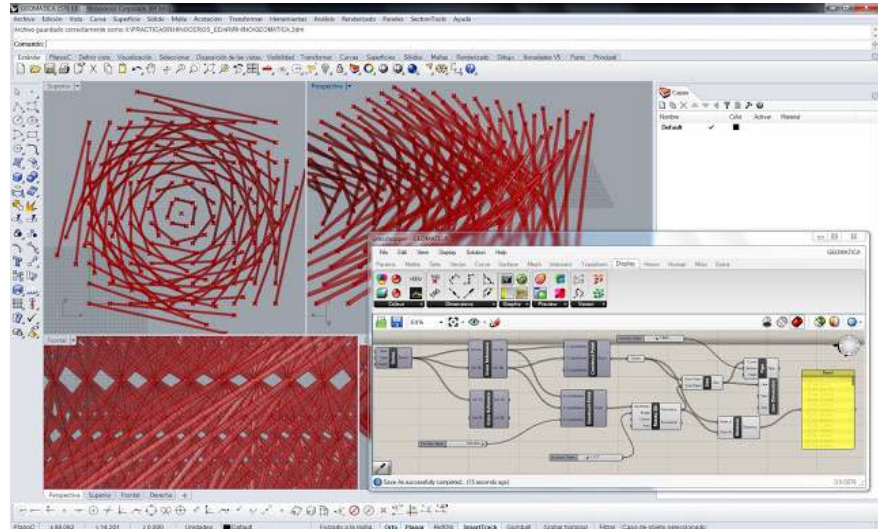
Uno de los puntos fuertes de este software de modelado 3D es la gran cantidad de paquetes de herramientas que se le pueden añadir (add-ons) haciendo de Rhinoceros 3D un programa muy completo y potente.

Existen docenas de paquetes de software para añadir a Rhinoceros 3D, algunos desarrollados también por McNeel & Associates pero muchos creados por otras empresas de diseño, buscando potenciar una característica específica del programa para su aplicación en un campo concreto.





Estos componentes pueden ser desde agregados de renderizado o animación, joyería, hasta agregados más interesantes para el diseño arquitectónico como el de modelado paramétrico, Grasshopper 3D.



Captura de pantalla de la interfaz de Grasshopper junto con Rhinoceros  
FUENTE: Internet

## Grasshopper 3D

Grasshopper 3D se trata de un software de programación visual que funciona a modo de plug-in que trabaja dentro de la aplicación Rhinoceros3D, diseñado también por Robert McNeel & Associates.

Es un software utilizado principalmente para programar algoritmos generativos de geometrías tridimensionales.

Como software de diseño, Grasshopper se ocupa de la programación y parametrización de las geometrías, mientras que Rhinoceros 3D se ocupa de la representación visual de las mismas, siendo posible el intercambio de información entre ambos programas, ya sea para cargar información desde Rhinoceros hacia



Grasshopper para parametrizarla, o viceversa “imprimiendo” un resultado final desarrollado en Grasshopper para verlo y maquetarlo con Rhinoceros.




Icono del software Grasshopper  
FUENTE: Imagen internet

Grasshopper es un lenguaje de programación visual que permite el diseño paramétrico de una manera más visual a partir de diferentes componentes que llamamos “nodos”.

La principal interfaz para el diseño de algoritmos en Grasshopper es el editor basado en estos nodos, que contienen entradas y salidas que se interconectan con las entradas de los elementos subsecuentes.





La información va de componente en componente por medio de cables que conectan los nodos.

El conocimiento avanzado de esta herramienta es un paso imprescindible para el trabajo con arquitectura paramétrica, que puede ir desde el modelado de estructuras espaciales adaptadas, hasta la parametrización de superficies panelizadas.

CAPITULO

5



PERSPECTIVA  
TECNOLÓGICA

---

## 5. PERSPECTIVA TECNOLÓGICA


### 5.1 GLOBALIZACIÓN

A todo momento histórico le corresponden contenidos, emblemas y procesos propios de su naturaleza específica, de igual forma que a mediados del siglo XX el átomo, la energía nuclear y la bomba atómica dominaban cualquier espacio de la cultura popular, el proceso globalizador parece conquistar hoy al mundo entero.

La globalización es un fenómeno tan abstracto y efímero que parece instalarse en todos los procesos que determinan el enfoque de la realidad; en esta tónica, son sus efectos tanto positivos como negativos los que intervienen en la conformación de nuestra rutina cotidiana.

Así pues, es la complejidad de la globalización asociada con los distintos factores que intervienen en nuestras vidas lo que limita a otorgar una definición concreta del término. No obstante, los efectos del fenómeno globalizante están latentes en la mayoría de los campos del conocimiento y es por esta condición, que el cometido arquitectónico también sufre grandes consecuencias.


Los procesos de internacionalización y modernidad que la arquitectura ha desarrollado desde el último tercio del siglo XX son concebidos como parte de un sistema más general de la globalización. Gran cantidad de arquitectos han llegado a concebir el mundo de manera homogénea sin comprender que se trata de un gran sistema complejo cuyas partes específicas requieren ser estudiadas con gran detalle.



Por otra parte, un sin número de diseñadores se han puesto a experimentar con la globalización, especialmente en los países dominantes, en donde las publicaciones de arquitectura dedicadas a mostrar las causas y efectos de este fenómeno son un fuerte indicador de un tema cuyas consecuencias y repercusiones son equiparables a las problemáticas ambientales.

El fenómeno de la globalización parece impregnarse en todas las esferas de la vida cotidiana.

El análisis que elaboro tiene sus bases en el desarrollo y la evolución de los tres periodos representativos que la arquitectura presenta a lo largo del siglo XX: el Movimiento Moderno (cincuenta y sesenta), el Posmodernismo (setenta y ochenta) y el Supermodernismo como lo define Hans Ibelings en su obra titulada Supermodernismo, Arquitectura en la Era de la Globalización.



*La primera característica del nuevo paradigma de la tecnología de la información es que la información en su materia prima: son tecnologías para actuar sobre la información, no solo información, no sólo para actuar sobre la tecnología, como era el caso de las revoluciones previas*

*Manuel Castells*


La globalización es un proceso económico, tecnológico, político, social, empresarial y cultural a escala mundial que consiste en la creciente comunicación e interdependencia entre los distintos países del mundo que les dan un carácter global.

A menudo identificada como un proceso dinámico producido principalmente por la sociedad, y que ha abierto sus puertas a la revolución informática, llegando a un nivel considerable de liberalización y democratización en su cultura política, en su ordenamiento jurídico y económico nacional, y en sus relaciones nacionales e internacionales.

Globalización no es sinónima de internacionalización, en sentido estricto es el proceso resultante de la capacidad de ciertas actividades de funcionar como unidad en tiempo real a escala planetaria.

Es un fenómeno nuevo porque sólo en las dos últimas décadas del siglo XX se ha constituido un sistema tecnológico de sistemas de información, telecomunicaciones y transporte, que ha articulado todo el planeta en una red de flujos en las que confluyen las funciones y unidades estratégicamente dominantes de todos los ámbitos de la actividad humana.





Varios acontecimientos de trascendencia histórica han transformado el paisaje social de la vida humana. La revolución tecnológica, centrada en torno a las tecnologías de la información, empezó a reconfigurar la base material de la sociedad a un ritmo acelerado.

Las redes informáticas interactivas crecen de modo exponencial, creando nuevas formas y canales de comunicación, y dando forma a la vida a la vez que esta les da forma a ellas.

La revolución de la tecnología de la información, debido a su capacidad de penetración en todo el ámbito de la actividad humana, constituyó un nuevo paradigma tecnológico organizado en torno a la tecnología de la información.

Un fenómeno que se ve con mayor recurrencia en la arquitectura, es una cierta tendencia hacia la homogeneización de las formas y recursos constructivos o materiales, de manera que el contexto físico, social o cultural en el que se insertan los proyectos tiene cada vez menos importancia.

El exceso de conectividad ha hecho de que las distancias culturales tiendan a desaparecer, y con ello los aspectos propios y característicos de cada cultura o contexto, tienden también a diluirse, dando lugar una cierta globalización y homogeneización de la arquitectura.

Por lo general tendemos a pensar en la globalización como un fenómeno asociado con los flujos de capital, trabajo, productos, ideas e imágenes, economía, política y poder.





---

La globalización nos ha acercado más entre nosotros, cruzando o incluso borrando las fronteras entre países.

La globalización ha estado liderada por un proceso tecnológico, un modelo en cambio constante que ayudó a la proyección mundial de las ciencias, de nuevas tecnologías de comunicación y el transporte.

La velocidad de un mundo contemporáneo solo fue posible gracias a la introducción de la tecnología como parte del proceso de desarrollo.




Izquierda panorámica ciudad de Moscú  
Derecha panorámica avenida Reforma CDMX  
FUENTE: Imágenes internet

Desde Vitrubio la técnica formaba parte de lo que definía a la arquitectura misma: la manifestación de las técnicas de construcción, la complejidad de la construcción actual y el diseño avanzado requiere de una técnica superior en la creación y manejo de tecnologías.<sup>24</sup>

24 Adam Robert, The Globalisation of Modern Architecture: The Impact of Politics, Economics and Social Change on Architecture and Urban Design since 1990, primera edición Cambridge Ma.: MIT Press.





Las tecnologías emergentes sin duda cambian la manera de hacer las cosas, creando nuevos procesos, nuevas formas.

La gran cantidad de tecnologías, materiales, nanotecnología, robótica, ingeniería, etc., acentúan la necesidad de la apropiación de la tecnología y buen uso de ella nos permita apropiarnos de la arquitectura.

Los diversos fenómenos que acompañan a la globalización están estrechamente asociados al índice siempre creciente de la comunicación. El ejercicio profesional de la arquitectura es actualmente tan global como local, como podemos observar a celebres arquitectos internacionales que cada vez actúan más en todo el mundo, en respuesta directa al flujo de las intervenciones de capital.<sup>25</sup>

La globalizaciónn incide en la arquitectura, ya que ha difundido su internacionalización, dando como resultado la construcción de edificaciones homogéneas alrededor del mundo. Los cambios producidos en la arquitectura, fueron inevitables.

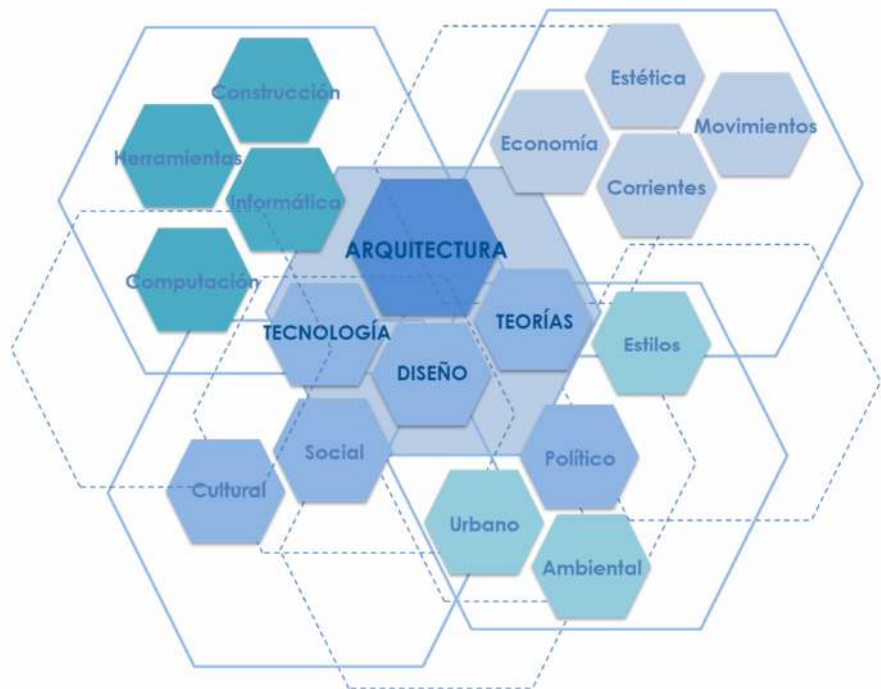
Las telecomunicaciones, los medios de comunicación, y la creciente movilidad, afectaron de esta forma la percepción arquitectónica y marcaron nuevas tendencias. De esta manera, en el trabajo se realiza un recorrido por el contexto de la arquitectura y se analiza como incide en la misma la aparición de nuevas tendencias.

25 Frampton Kenneth, Historia crítica de la arquitectura moderna, Editorial Gustavo Gili, cuarta edición ampliada, Barcelona 2009




La nueva arquitectura tiene forma y conceptos de una globalización de mercado, aún se puede encontrar valores que recuerdan el regionalismo manifestado en su colorido; la arquitectura del no lugar cada vez es más evidente en los espacios cotidianos de los centros urbanos del país, la tecnología y los elementos prefabricados de construcción levanta grandes edificios comerciales, parques de vivienda y áreas de recreación, así como espacios aeroportuarios de vanguardia, terminales de autobuses, estaciones de tren o de metro, grandes hoteles de lujo y arquitectura industrial.

Durante las últimas tres décadas se ha especulado en torno a las posibles causas que dieron lugar al vertiginoso proceso globalizador del mundo.



Interpretación de la arquitectura en la globalización  
FUENTE: Elaboración propia



Por un lado, algunos de estos debates se han fundamentado a partir de las teorías económicas, pero muchos otros desde la perspectiva antropológica y cultural.

Lo que es cierto, es que en pleno siglo XXI, se hace evidente que el quehacer arquitectónico se ha convertido en una fase más de este fenómeno, sin encontrar aún las bases teóricas que coadyuven a revelar cuáles son los elementos que determinan su condición.



---

## 5.2 ARQUITECTURA 21

*“Los arquitectos diseñan lo que pueden construir y construyen lo que pueden diseñar”*

*William Mitchell*

El siglo 21 se ha caracterizado por el avance y expansión de la digitalización y el control de la información a nivel global, también llamada la era de la información. La arquitectura no se encuentra excepta de estos cambios y avances tecnológicos.

La arquitectura es un testigo de los cambios sociales, por ejemplo, la arquitectura barroca dependió del desarrollo de las geométricas perspectivas para diseñar y cortar la piedra, en otras eras la arquitectura ha introducido tecnologías provenientes de otras disciplinas, en el siglo XX, el acero y el cristal se convirtieron en parte integral del lenguaje arquitectónico.

Cada era arquitectónica desafía las formas que le antecedieron, incorpora avances tecnológicos, nuevas técnicas de ingeniería, novedosos materiales, sistemas estructurales y de fabricación, e incluso se adapta al pensamiento político, social, cultural y ambiental de su tiempo.

Con la incorporación de nuevas tecnologías digitales, un nuevo lenguaje arquitectónico surge con las seductoras formas irregulares de una geometría no euclidiana, una arquitectura de cuerpos complejos, de excentricidades metafóricas, una arquitectura de cuatro dimensiones: una búsqueda de resultados cada vez más eficiente y funcional, generadas a partir del uso de programas especializados en el proceso proyectual.

Modelos digitales ofrecen un sinnúmero de variables: a través de algoritmos paramétricos digitales es posible la modelización de un nuevo escenario de análisis, evaluando su impacto, y permitiendo obtener infinitas versiones dentro de un ambiente controlado, se trata de un proceso complejo que incorpora posibilidades de crecimiento y variaciones formales múltiples.

La arquitectura paramétrica o generativa del siglo 21, es flexible y cambiante, donde sus formas son maleables, con graduaciones diferenciales; como una matriz flotante de datos, un entrecruzamiento de la información, de su infraestructura, sus flujos y su contexto, para generar una adaptación programática con requisitos ajustables por sus creadores.

En las últimas décadas, numerosos edificios se erigen, como en la antigüedad, en sinónimo de la visión futurista de su época. Como ya se mencionó anteriormente existen varios ejemplos arquitectónicos utilizando estas nuevas tecnologías a continuación se analizan las siguientes obras:

WORKS	
Serpentine Pavillion 2002 / Toyo Ito + Cecil Balmond+Arup	
Serpentine gallery 2016, Bjarke Ingels (BIG), London.	
Pabellón DIGFABMTY 1.0 Monterrey, México 2014	





---

## WORKS

Serpentine Pavillion 2002 / Toyo Ito + Cecil Balmond+Arup



Vista exterior e interior del Serpentine Pavillion, ubicado en Kensington Gardens, London, UK


FUENTE: <https://www.archdaily.mx/mx/02-244430/serpentine-gallery-pavilion-2002-toyo-ito-cecil-balmond-arup>

Toyo Ito, ganador del Pritzker 2013, junto con Cecil Balmod y Arup estuvieron a cargo del diseño del Serpentine Pavillion en 2002.

Lo que aparenta ser un patrón extremadamente complejo, fue de hecho derivado de un algoritmo de un cubo que se expandía mientras rotaba.

Las líneas interceptadas formaban diferentes triángulos y trapecoides, su transparencia y translucidez le dan una sensación de movimiento infinitamente repetido.

Las líneas interceptadas formaban diferentes triángulos y trapecoides, su transparencia y translucidez le dan una sensación de movimiento infinitamente repetido.



La atmósfera, luz y sombra están resueltas en un mismo elemento, el pabellón no tiene una fachada, sino que lo que se ve es 100% estructura, todo está resuelto en un mismo elemento.

La idea era realizar una caja con líneas rectas en el techo y los planos laterales creando una estructura sin pilares interiores.

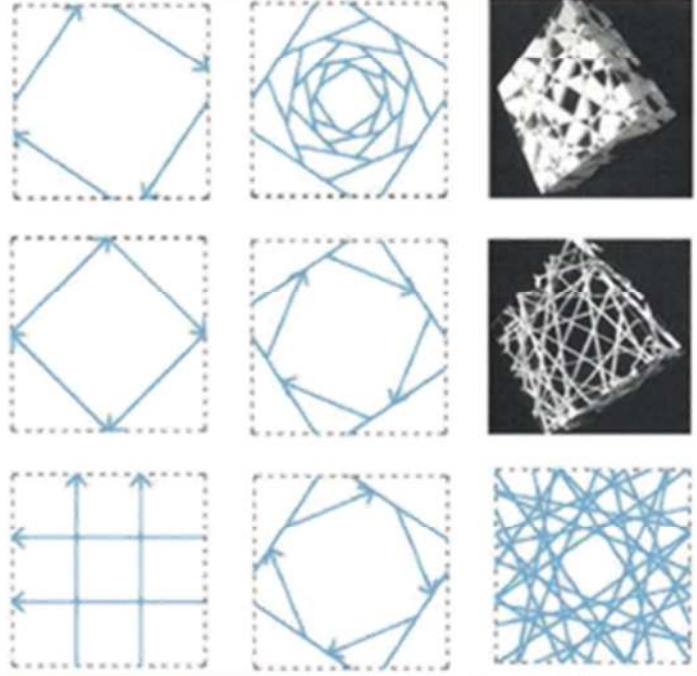
Esta estructura se concibe como una serie de paneles que soportan y se estabilizan uno con otro, cada conexión entre la viga principal y la siguiente es geoméricamente la misma, por lo que se simplifican las tareas de fabricación y construcción.

El reto fue la creación de un entramado de líneas que pareciera totalmente arbitraria, pero que a su vez tuviera un orden que permitiera un rápido montaje, ya que el pabellón debía ser construido en 14 semanas, el proyecto consigue con un simple algoritmo geométrico, su geometría, estructura y proceso constructivo, logrando a su vez una estética novedosa.





Serpentine Pavillion (2002) Kensington Gardens, London, UK (309.76 m<sup>2</sup>)



Toyo Ito 2012 Serpentine Pavillion en 2002, vistas del interior y exterior, Algoritmo: planta cuadrada subdividida por cuadrados inscritos en conexión de 1/2 y 1/3, repitiéndose siete veces en espiral de rectángulos con un patrón infinito

---

## Serpentine gallery 2016, Bjarke Ingels (BIG), London.



Exterior del pabellón de BIG Serpentine gallery 2016, Londres

FUENTE: [www.archdaily.mx/mx/782645/big-presenta-su-diseno-para-el-serpentine-pavilion-2016](http://www.archdaily.mx/mx/782645/big-presenta-su-diseno-para-el-serpentine-pavilion-2016)

Para este pabellón de la exposición, Bjarke Ingels pretende expresar numerosos aspectos que a menudo son muy opuestos: una estructura de forma libre pero rigurosa, modular pero escultural, tanto transparente como opaca, tanto una caja sólida como una masa.

En el proyecto se decide trabajar con una de las unidades más tradicionales en la arquitectura, el ladrillo.

En lugar de utilizar ladrillos cerámicos o bloques de piedra, el muro se erige con bloques de resina reforzados con fibra de vidrio huecos, que crean un efecto de ligereza o solidez según sea nuestro ángulo de visión hacia el proyecto.

La descompresión del muro crea una especie de cueva en un cañón iluminado a través de los bloques de fibra de vidrio y de los huecos entre el desplazamiento de las cajas, así como también a través de la resina translúcida de la fibra de vidrio.

Como resultado, el desplazamiento se entreteje, así como también el movimiento y la presencia de las personas en el exterior crean un juego lleno de vida de luces y sombras en el interior de los muros de la cueva.

El abanico de posibilidades que nos otorgan los distintos parámetros en el proceso de diseño, se comprueba y modifican, si es necesario, con el fin de crear distintas elevaciones a lo largo del pabellón.

# Serpentine Gallery 2016 Londres

Serpentine Pavilion 2016  
designed by Bjarke Ingels  
Group (BIG)

Vista del exterior del pabellón  
BIG e interior  
El Pabellón Serpentine es una  
de las diez mejores  
exposiciones de arquitectura



SMALL RECTANGULAR SPACE

The height and transparency vary from corners with an undulating exterior



INTERIOR SPACE

Grid-like space is defined by local clearance height. The interior pavilion is designed for the users of the walls, extending on from walls to provide a smooth transition between interior and exterior





## Pabellón DIGFABMTY 1.0 Monterrey, México 2014



Exterior del pabellón DIGFABMTY 1.0 Monterrey, México 2014  
FUENTE: [www.archdaily.mx/mx/760111/digfabmty](http://www.archdaily.mx/mx/760111/digfabmty)

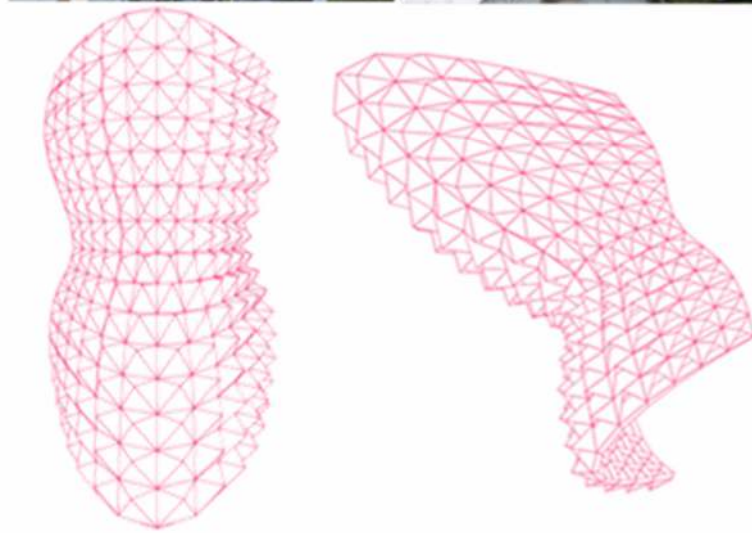
El proyecto DIGFABMTY 1.0 es un proyecto de 11 estudiantes de la Escuela de Arquitectura, Arte y Diseño del Tecnológico de Monterrey, quienes construyeron como último ejercicio del semestre de la clase Tecnologías Avanzadas de la Arquitectura.

El proyecto empezó con el diseño del algoritmo por parte de uno de los estudiantes que consiste en un componente piramidal que se adapta a una superficie en forma de bóveda. La altura del modelo es alterada a lo largo de ella donde además se incorporan perforaciones triangulares generando así una gran diferenciación en su morfología. Para el proceso de fabricación se diseñó otro algoritmo que permite desenrollar cada pirámide en una superficie plana y así poder hacer los cortes correspondientes con cortadora laser, para posteriormente doblar las piezas y empezar el ensamble. Finalmente, la estructura fue de ellas por medio de grapas industriales y cinchos.

reforzada con 5 arcos de PVC anclados al piso para lograr más estabilidad.

La utilización de software de diseño paramétrico o generativo explora las diferentes técnicas de fabricación digital que actualmente permiten la realización de proyectos de gran complejidad.

Proyecto DIGFABMTY 1.0 (2014) Monterrey, México



Diseño: Andrés Martínez, Coordinador: Alejandro Rodríguez Escuela: Escuela de Arquitectura, Arte y Diseño del Tecnológico de Monterrey Campus Monterrey, Área: 21 m2, Software: Rhinoceros + Grasshopper, Material: Coroplast, Equipo de trabajo: Paulina Rangel, Francisco Ruiz, Omar Nava, Maru Padilla, Cesar Delgado, Andrés Martínez, Esteban Huacuja, Javier Jasso, Cristina Gonzalez, Lucia Coronel, Alberto Frias

---

## 5.3 ARQUITECTURA EXPERIMENTAL

La tecnología desde los propios orígenes del hombre ha sido una herramienta fundamental para su propia evolución y desarrollo, es a través del diseño como instrumento, como se han generado multitud de soluciones. En los últimos tiempos gracias a los avances científicos y tecnológicos, se han podido vislumbrar nuevos caminos en el conocimiento.

El avance de la tecnología de hardware y software cada vez más poderosos, permiten el fácil manejo de un mayor número de variables de cálculo, su visualización gráfica y la construcción de simulaciones de casos, para su posterior control y evaluación, permitiendo una interpretación de la realidad que nos rodea por medio de las abstracciones, dentro de un espacio que no es real, el espacio virtual, pero que nos permite elaborar conclusiones mucho tiempo antes de efectuar cualquier tarea.

La arquitectura no se encuentra exenta de nuevos planteos, influenciada por las nuevas herramientas tecnológicas digitales, para así, poder generar formas geométricas complejas a partir de parámetros capaces de modificarse y relacionarse en el tiempo.

Si bien inicialmente la tecnología digital fue utilizada en el campo de la representación como una herramienta de dibujo que permitía plasmar con precisión milimétrica, geometrías complejas liberando la imaginación de los diseñadores, obtener un sinfín de nuevas alternativas. Gracias a las tecnologías digitales, nuevas formas pueden ser probadas, verificadas e incluso recorridas,



mucho tiempo antes de que estas lleguen a materializarse.

Con la implementación del diseño asistido por computadora (sistemas CAD) primero, y el uso de algoritmos genéticos después, hoy es posible el modelado de sólidos tridimensionales, con propiedades geométricas, físicas y mecánicas (masa, volumen, momento de inercia, centro de gravedad, etc.), pudiendo moverse, rotarse, escalarse, unirse, interceptarse, para generar formas con un alto grado de complejidad.

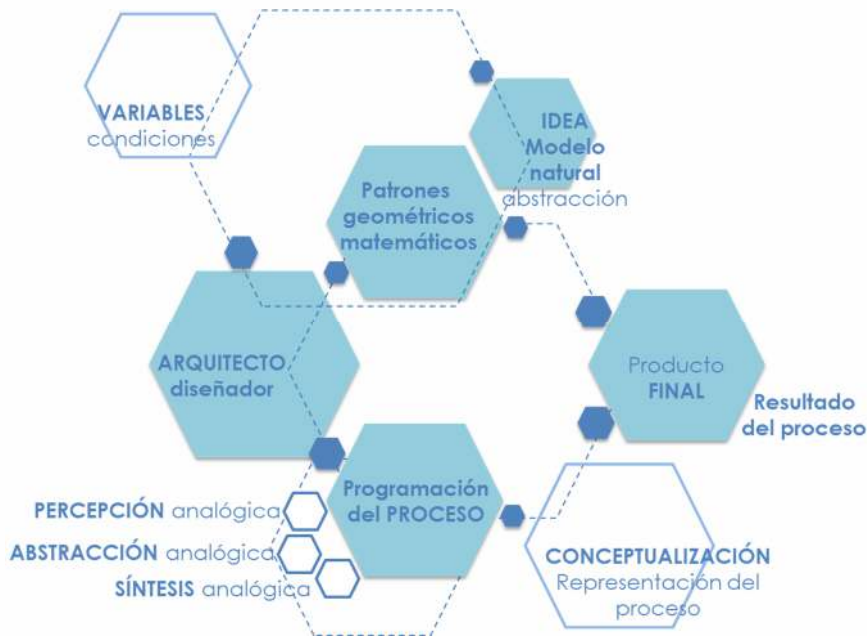


Diagrama de proceso de modelo 3D  
FUENTE: Elaboración propia

Este trabajo de investigación, ha permitido visualizar el avance de las tecnologías digitales aplicadas en la arquitectura y el diseño y como con el paso del tiempo se han incorporado al quehacer profesional, ofreciendo nuevas oportunidades y métodos de trabajos.

---

Existen diferentes modelos de trabajo que permitan llegar a nuevos escenarios en el proceso de transformación y búsqueda de nuevas formas arquitectónicas, tomando como referencia los talleres *FabLab*,<sup>26</sup> siendo espacios equipados con máquinas de desarrollo tecnológico, corte laser, router CNC, máquinas modeladoras e impresoras 3D, controladas por computadoras y utilizadas en procesos de producción personalizados; así como en la creación de herramientas tecnológicas para la solución de problemas personales.

El planteamiento de contar con un Laboratorio Experimental de Diseño Digital LEDD, representa un modelo de trabajo fundamental y flexible en la búsqueda de nuevas formas arquitectónicas la implementación de estos laboratorios da respuestas a las tendencias actuales fundamental para el ejercicio del diseño y la arquitectura constituyendo un espacio para la formación de estudiantes y profesionistas.

El uso de métodos diversos y ajenos a cualquier tipo de rigidez, implican posibilidades experimentales para la generación de nuevas formas arquitectónicas.

la propuesta de la implementación de este tipo de laboratorios constituye un espacio de desarrollo y contribuye en la búsqueda de nuevos paradigmas, que permitan sustituir aquellos ya obsoletos, generando la creación de prototipos totalmente novedosos.

26 Acrónimo del inglés  
*Fabrication Laboratory*  
es un taller de fabricación digital



Laboratorio Experimental de Diseño Digital LEDD

FUENTE: Elaboración propia

Para la implementación de este tipo de laboratorio se considera importante las herramientas y métodos a utilizar, en la propuesta de este laboratorio se plantean tres categorías, se deben unir la intención de diseño con las capacidades de los hardware y software.

Por eso se considera importante comprender como funcionan cada una de estas herramientas, que materiales son los más adecuados y donde se albergan las posibilidades en el proceso de generación y fabricación de nuevas formas.

Se describen algunos de los aspectos involucrados en el proceso constructivo que hemos de considerar siempre y que a la vez son combustible para la creación de estrategias, soluciones y tecnologías constructivas congruentes a los requerimientos actuales.

La evidente invitación a la innovación en el hardware que exige este tiempo, requiere de comprender el estado del arte para visualizar los campos de desarrollo técnico posibles, resultando importante comprender las categorías, para englobar las estrategias y técnicas de fabricación y las maquinarias que lo posibilitan.



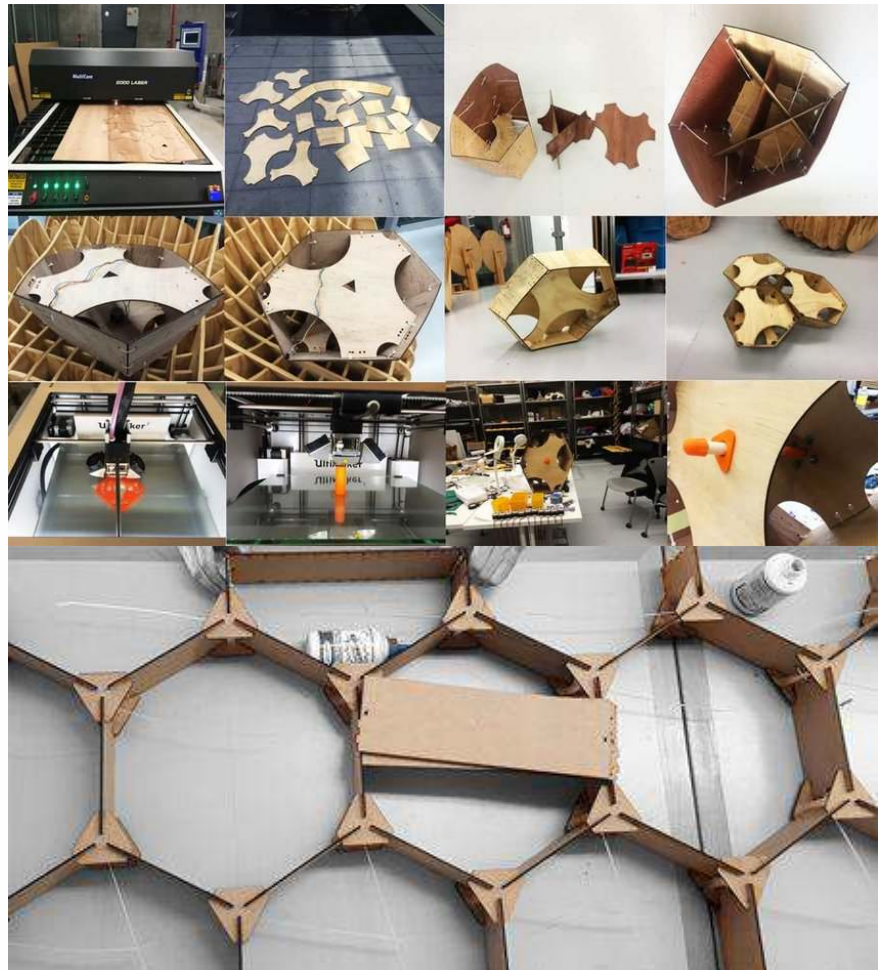
Escaneado, corte, sustracción, adición y formación, estaban presentes en la industria de la construcción desde los procesos manuales de ejecución, pero ahora se implementan desde un desarrollo tecnológico y con maquinaria que lo posibilita.



Métodos de trabajo en Laboratorio Experimental de Diseño Digital LEDD  
FUENTE: Elaboración propia

## 5.4 FABRICACIÓN DIGITAL

Es un método que se basa en la digitalización de un modelo por puntos dispuestos en una superficie, para la recolección de información (dimensiones y posiciones) de un modelo u objeto físico existente, utilizando para su desarrollo los softwares descritos en el capítulo 4, de esta investigación, Formas Arquitectónicas en el S.21, arquitectura 3D.



Sistema fabricación digital, componentes y dispositivos electrónicos  
FUENTE: Imagen internet

## FABRICACIÓN POR CORTE

Se trata del método más conocido y accesible por permitir la generación de elementos planos a partir de láminas de diversos materiales gracias a un cabezal de corte.

Esta técnica está limitada por el grosor del material que la máquina es capaz de cortar, por ello se encuentran distintas aplicaciones como el rayo láser, adecuado para materiales relativamente finos, capaz de fabricar formas complejas y detalladas que incorporan aberturas o estampados grabados debido a su gran precisión, por contra, la mayoría de máquinas disponibles de este tipo, son relativamente pequeñas limitando el tamaño de las piezas a cortar, además de ser un proceso similar a los métodos convencionales, teniendo que ensamblar posteriormente todos los elementos de forma manual.

Otros tipos de maquinarias menos accesibles destinadas al corte son el láser rotatorio, para los objetos tridimensionales, el chorro de plasma o el chorro de agua.



---

## FABRICACIÓN POR SUSTRACCIÓN

Los procedimientos basados en la sustracción consisten en eliminar el material sobrante de un volumen sólido mediante el proceso de fresado o recorte, lo que genera ventajas respecto a las tecnologías de corte, haciendo posible producir elementos de tamaño mucho mayor y de más diversidad de materiales a la vez que se economiza su producción por tratarse de maquinas más veloces.

Dichos mecanismos funcionan mediante un programa CNC que coordina diversas tareas mediante scripts, como control de movimiento, cambio de herramienta o funcionamientos de los ejes, que manda a la máquina de manera ordenada.

Con esta técnica no solo se pueden producir diversos elementos sino también existe la posibilidad de producir moldes geoméricamente sofisticados.

Tanto el proceso de fresado como el de recorte usan cortadores rotativos, pero la principal diferencia radica en que el fresado resulta útil para el metal mientras que el recorte es eficaz en madera y plástico.

Las maquinas más empleadas son las de tres o cinco ejes siendo estas últimas capaces de producir formas más complejas por poseer dos ejes rotativos además de los fijos, pudiendo así realizar multitud de tareas como perforar, lijar, serrar, contonear o devastar.





Máquina de corte CNC  
FUENTE: Imagen internet

## FABRICACIÓN ADITIVA

Esta técnica consiste en acumular por capas el material en vez de eliminarlo, realizando una traducción del diseño tridimensional en varias capas bidimensionales, lo cual resulta ventajoso debido a la ausencia de necesidad de moldes por lo que no se requiere un conocimiento especializado para su uso, además de poseer un entorno de trabajo cerrado que elimina los ruidos, haciendo posible su instalación en cualquier estudio.

El proceso más común de esta técnica es el prototipo rápido el cual se comenzó a comercializar a finales de los ochenta basándose en polímeros líquidos que cambiaban de estado cuando era atravesados por una luz láser.





---

Actualmente es el método más conocido de la impresión 3D, capaz de crear objetos complejos mediante la adhesión de varias capas de almidón o cerámica en polvo.

Uno de sus mayores inconvenientes es que estos elementos suelen tener una durabilidad temporal, por ello existen otras técnicas más avanzadas como la construcción por corte y laminado, el proceso de deposición de hilo fundido o modelado multi boquilla, de momento el uso de maquinaria por adición en el ámbito de la arquitectura es escaso debido a la imposibilidad de crear elementos de grandes dimensiones, pero resulta muy útil en la fase de diseño, permitiendo observar y examinar geometrías complejas mediante objetos físicos o maquetas.



Máquina de impresión 3D, marca Ender 3  
FUENTE: Imagen internet



---


## CONCLUSIÓN

A lo largo de la historia, el hombre siempre ha intentado destacar del resto de la población, a menudo sirviéndose del diseño como medio para alcanzar dicho objetivo, por ello, muchos arquitectos, diseñadores entre otros profesionistas se han esforzado en investigar y experimentar con nuevas formas, nuevos métodos, herramientas, materiales nuevos.

Que hacen posible la generación de nuevas formas arquitectónicas, es importante para el arquitecto del siglo XXI el estar al tanto de que este tipo de arquitectura existe y está tomando fuerza. Las aplicaciones tecnológicas que lo hacen posible y se encuentran al alcance de nuestras manos.

Es necesario que el arquitecto tenga una educación formal sobre este tipo de aspectos tecnológicos, ya que como en todo proyecto, podemos contar con el apoyo de profesionales expertos en el área, pero si es importante que se tenga una noción al respecto, para que el diseño integró sea responsable del arquitecto y solo los tecnicismos sean responsabilidad del experto. Sin embargo, estamos comenzando del siglo XXI, no se sabe aún que nos espera para las próximas décadas, pero algo es seguro: están ocurriendo cambios en diferentes niveles.

La utilización de software de diseño está generando grandes cambios producidos en las últimas décadas, conseguido establecerse como una experiencia innovadora y enriquecedora del diseño arquitectónico.




El diseño asistido por computadora “CAD”, como nueva herramienta digital incorporados a procesos de diseño, se ha observado que presenta numerosas ventajas con respecto a un proceso de diseño anterior o, mejor dicho, que se encuentra ahora mismo compitiendo con este nuevo.

La posibilidad de integrar al modelo digital, tal cantidad de información hace que cualquier modificación que se produzca en cualquier momento del proceso al modelo digital(diseño/proyecto), haga que el resto de información se adapte conforme a este (sistema BIM), produciendo una reducción muy importante en tiempo y por lo tanto costos de producción o imprevistos, pero considerando más importantes los cambios que se pueden observan al diseño antes de que este sea materializado.

Por eso la importancia de tener un laboratorio experimental de diseño digital, el cual servirá para incorporar estas nuevas tecnologías las cuales permiten generar nuevas y novedosas estructuras cada vez más complejas, de gran riqueza espacial, donde gracias a una serie de algoritmos generativos, las formas crecen y se interrelacionan en complejos patrones topológicos, de acuerdo con la serie de parámetros iniciales establecidos por el diseñador.

Esta tecnología se encuentra en continua evolución, no se sabe que nuevas tecnologías aparecerán en un futuro cercano, Sólo espero que pronto, este trabajo quede desactualizado, lo que significara que la industria y el modelo del proceso de diseño asistido por computadora





y los modelos digitales habrá prosperado todavía más si cabe, llevando sus posibilidades a límites insospechados.

Es importante saber que estas tecnologías digitales ofrecen nuevas oportunidades a los arquitectos, así como nuevas responsabilidades, riesgos y desafíos, no sabemos qué nos espera para las próximas décadas.

En palabras del arquitecto japonés Kengo Kuma, las herramientas actuales y su constante evolución, junto a la exploración científica que constantemente va rompiendo los límites de la física clásica, son los ejes principales, hoy en día, de las formas del mañana.



## BIBLIOGRAFÍA

### A

Agkathidis Asterios, Diseño Generativo, procesos para concebir nuevas formas arquitectónicas, Promopress editorial, Barcelona 2016

Allen, Stan, La digitalización toma el mando, Gustavo Gili editorial Barcelona, 2009

Alonso, P. [2009] Post-Digital, MARQ 4, Fabricación y tecnología digital. AA VV, Hugo Mondragón y Claudio Labarca, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

Arquitectura y crítica, Barcelona: Gustavo Gili, 2002  
Barreiro Barba Áñvaro, Panelización de superficies de forma libre en arquitectura, de la idea a su construcción, Trabajo de fin de grado, 2017

### B

Bruscato Portella, Underléa, [2006] de lo digital en la arquitectura Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Catalunya.

### C

Castells, M. [1996] The Rise of the Network Society. Ed. Blackwell, Massachussetts

Computers in the architectural office (El ordenador en el estudio del arquitecto) publicado por Van Nostrand Reinhold Company, Inc. New York, versión castellana de Jordi Sans, ingeniero industrial

## **D**

Diccionario de la lengua española 2005 (2010).  
wordreference.com (ed.): "software" (diccionario).  
Espasa-Calpe. Consultado el 1 de febrero de 2010.

Doczi Gyorgy, El Poder de los Límites. Proporciones  
armoniosas en la naturaleza, el arte y la arquitectura. Ed.  
Troquel, Buenos Aires, Argentina 1996

Dollens Denis, 'eTees, Digital Nature, & BioArchitecture',  
Consortium Book, Nuevo México. 2009

Dollens, Dennis. De lo digital a lo analógico. Barcelona,  
Editorial Gustavo Gili, 2002

Dong. Wei. Arquitectura y diseño por computadora.  
México, Editorial: Mc Graw Hill, 2000

## **F**

Fernández Álvarez Ángel José,  
La arquitectura como interfaz,  
el paradigma informacional en la nueva arquitectura,  
Tesis doctoral, UDC 2015

## **G**

García Ballesteros Luis Miguel, La parametrización del  
espacio, procesos de diseño paramétricos, Trabajo de fin  
de grado, Escuela Superior Técnica de Arquitectura de  
Madrid, 2017

Gerardo Huerta, Luis, Hernández, Ricardo, Informática en  
Arquitectura, México, D.F. 1993



González Cruz Felipe, Arquitectura Digital, aproximación al proceso de discretización del diseño arquitectónico, Seminario de investigación, Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, 2011

## **H**

Howard Rheingold, REALIDAD VIRTUAL, los mundos artificiales generados por ordenadores que modificarán nuestras vidas, Gedisa editorial, Barcelona España, 2002, segunda reimpresión

## **K**

Krauel Jacobo, Arquitectura Digital: Innovación y diseño, Barcelona, España

Krauel Vilaseca Jacobo, Arquitectura Digital: innovación y diseño LINKS editorial, Barcelona España 2010  
La modernidad superada – Arquitectura, Arte y pensamiento del siglo XX, Barcelona: Gustavo Gili, 1999

## **L**

Las formas del siglo XX, Barcelona: Gustavo Gili, 2002

Lyon, A. [2009] Entwined: Materializaciones Generativas. Exploración en Pieles Estructurales; entre el diseño paramétrico y algoritmos generativos, MARQ 4, Fabricación y tecnología digital. AA VV, Hugo Mondragón y Claudio Labarca, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

## **M**

Maldonado, Tomas, Lo real y lo virtual, Gedisa editorial, Barcelona España, 1999, segunda edición

Maldonado, Tomas, Memoria y conocimiento. Gedisa editorial, Barcelona, 2007

Monedero Isorna Javier, Aplicaciones Informáticas en Arquitectura, Barcelona: Edición digital, 2000

Montaner Josep M., Después del movimiento moderno, Arquitectura de la segunda mitad del siglo XX, Gustavo Gili editorial, Barcelona 1993

Morales Pacheco, Luis Antonio Arquitectura paramétrica aplicada en envolventes complejas en base a modelos de experimentación en el diseño arquitectónico. Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 6, núm. 3, diciembre, 2012, pp. 1-11 Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas Matanzas, Cuba

## **N**

Norton, Peter, Introducción a la computación, México, D.F. McGra-Hill Internacional editores, 2004

Novak Marcos, "Next babylon, soft Babylon: (trans)architecture is an algoritm to play in", Revista AD: Architectural Design. London, v. 68, n. 11/12, nov./dec. 1998

## O

Ortega Lluís, La digitalización toma el mando, Gustavo Gili editorial, Barcelona 2009

## P

Pla i Brunet, Joaquim. 10 impactos de ciencia del siglo XX, Fondo de Cultura Económica editorial, Madrid 2003

Radovan Richta: La civilización en la encrucijada. Madrid: Editorial Artiach, 1972.; citado por ROMUALDO LOPEZ ZARATE LA EDUCACION EN EL FUTURO. (Ensayo comparativo de tres enfoques) Rattenbury Kester, Bevan Robert y Long Kieran, Arquitectos Contemporáneos. Ed. Blume, Barcelona 2004.

## R

Roa Hernández Rafael Antonio, El diseño paramétrico aplicado a las soluciones y detalles constructivos, Universidad de Granada, 2014

## S

Sainz Jorge, El dibujo de arquitectura. Teoría e historia de un lenguaje gráfico, Madrid: Nerea, 1990

Sanders Aia, Ken, El arquitecto digital Guía para utilizar (con sentido común) la tecnología informática en el ejercicio de la arquitectura, Ed. EUNSA 1998

Schumacher Patrik, 'Digital Hadid: Landscapes in motion', Editorial Die Deutsche Bibliothek, Zurich, 2004

Steele James, Arquitectura y revolución digital, Gustavo Gili editorial

## V

Vélez Gonzalo, "Arquitectura Virtual: Fronteras", 'SIGRADI RIO 2000: Construyendo en el espacio digital', IV Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, Río de Janeiro, Brasil. 2000

Vélez Gonzalo, "De la mesa de dibujo a las redes informáticas: Cambios en la comunicación arquitectónica", '1º Conferencia venezolana sobre aplicación de computadoras en arquitectura', Laboratorio de Técnicas Avanzadas en Diseño, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela, Caracas. 1999

Vilchis Lorenzo, La migración digital, Gedisa editorial, Barcelona 2001

## W

Walker John 'The Autodesk File: Bits of History, Words of Experience', New Riders Publishing 5ta edición 1997, Gran Bretaña, 1984 Versión digital disponible en: <http://www.fourmilab.ch/autofile/>



## SITIOS WEB

[www.autodesk.es/autocad](http://www.autodesk.es/autocad)

[www.fourmilab.ch/autofile/www/autoframe.html](http://www.fourmilab.ch/autofile/www/autoframe.html)

[www.wordreference.com](http://www.wordreference.com)

[www.grasshopper3d.com/](http://www.grasshopper3d.com/)

[www.food4rhino.com/](http://www.food4rhino.com/)

[www.arqa.com](http://www.arqa.com)

[www.diccionari.cat/lexicx.jsp?GECART=0131847](http://www.diccionari.cat/lexicx.jsp?GECART=0131847)

[www.diccionari.cat/lexicx.jsp?GECART=0045286](http://www.diccionari.cat/lexicx.jsp?GECART=0045286)

[www.bsginstitute.com/bs-campus/blog/AutoCAD-la-herramienta-que-cumplio-33-anos-1101](http://www.bsginstitute.com/bs-campus/blog/AutoCAD-la-herramienta-que-cumplio-33-anos-1101)

[www.autodesk.es/autocad](http://www.autodesk.es/autocad)

[www.autodesk.mx](http://www.autodesk.mx)

[www.autodesk.mx/education/free-software/revit](http://www.autodesk.mx/education/free-software/revit)

[www.sketchup.com/es](http://www.sketchup.com/es)

[www.es.wikipedia.org/wiki/SketchUp](http://www.es.wikipedia.org/wiki/SketchUp)

[www.rhino3d.com](http://www.rhino3d.com)

[www.bsginstitute.com/bs-campus/blog/AutoCAD-la-herramienta-que-cumplio-33-anos-1101](http://www.bsginstitute.com/bs-campus/blog/AutoCAD-la-herramienta-que-cumplio-33-anos-1101)

[www.archdaily.mx/mx/02-244430/serpentine-gallery-pavilion-2002-toyo-ito-cecil-balmond-arup](http://www.archdaily.mx/mx/02-244430/serpentine-gallery-pavilion-2002-toyo-ito-cecil-balmond-arup)

[www.archdaily.mx/mx/782645/big-presenta-su-diseno-para-el-serpentine-pavilion-2016](http://www.archdaily.mx/mx/782645/big-presenta-su-diseno-para-el-serpentine-pavilion-2016)

[www.archdaily.mx/mx/760111/digfabmty](http://www.archdaily.mx/mx/760111/digfabmty)



## GLOSARIO

### A

**ALGORITMO** secuencia finita de operaciones realizables, no ambiguas, cuya ejecución da una solución de un problema. O lo que es más fácil de decir, unas instrucciones para realizar algo. Utilizado en los nuevos procesos de diseño por ordenador para sistematizar operaciones gráficas.

**AMBIENTE VIRTUAL** entorno artificial que existe sólo bajo condiciones de virtualidad; es decir, existe en efecto, pero no en hecho material. Utilizado especialmente cuando consiste en una representación digital tridimensional con un punto de vista interior en movimiento. En el caso de lo tratado por esta tesis concierne especialmente a aquellos ambientes de referencia arquitectónica.

**ANALÓGICO** Condición o dispositivo según el cual los datos son representados mediante magnitudes, continuas, variables, mediales y físicas tales como longitud, ancho, voltaje o presión. En gran medida, la naturaleza opera bajo un comportamiento analógico. Lo contrario de digital.

**ANIMACIÓN** Efecto de movimiento obtenido a través de una secuencia de “cuadros” con pequeños desplazamientos, expuestos a una velocidad sincronizada, por lo que van conduciendo a un objeto o escena inanimada de una situación a otra, creando así la ilusión de dinamismo. La animación tradicional es pre programada y, debido a complejidad y tiempo requerido para su elaboración, no se presenta en tiempo real.



Con la aparición de cada vez más rápidas computadoras es posible alcanzar animaciones realizadas en el momento con un alto grado de interacción.

**ARQUITECTURA DIGITAL** Concierno a toda aquella representación de elementos arquitectónicos que ha sido modelada con el apoyo de programas CAD o CAAD y por modeladores 3D, operados mediante el uso de ordenadores.

**ARQUITECTURA VIRTUAL** Subconjunto de Arquitectura Digital que concierne específicamente a aquella representación arquitectónica que no posee contraparte física equivalente. Generalmente se utiliza para representar proyectos que nunca llegarán a ser construidos u obras que desaparecieron en el tiempo. El rol más ambicioso de la arquitectura virtual y probablemente donde parecen conducirnos las tendencias actuales es aquél que conduce a crear modelos tridimensionales en el que posean la capacidad de brindar un servicio de utilidad en ese mismo medio, tal como han comenzado a hacerlo ya museos virtuales. En su máxima expresión se ubican las denominadas “comunidades virtuales” del futuro donde usuarios puedan compartir mediante el intercambio de comunicaciones y de productos articulados según las reglas de una economía virtual.

**ARQUITECTURA HÍBRIDA** Se denomina así a aquélla que está basada en una combinación de lo físico (o material) y lo virtual. Por ejemplo, una escuela primaria física que aloje un museo virtual.

## **B**

**BIM** (Building Information Modelling). Refiere al último paradigma de soporte informático al proceso de diseño arquitectónico, promoviendo la integración del modelo digital con los planos, especificaciones técnicas, costes e incluso relaciones con proveedores, fabricantes y la ejecución de la obra.

Sustentado en programas CAAD que extienden capacidades de representación y comunicación, con bases de datos gráficas y numéricas.

**BITMAP** imagen gráfica bidimensional basada en pixeles, esto es en una trama de puntos con valores gráficos. Se diferencia de la representación de vector es su descripción discreta y facilidad de modificación, sin embargo, carece de precisión geométrica.

## **C**

**CAD** o **CAAD** Siglas adoptadas para abreviar los términos Computer-Aided Design (diseño o dibujo asistido por ordenador) y Computer-Aided Architectural Design (diseño o dibujo arquitectónico asistido por ordenador)

**CIBERESPACIO** Es el espacio virtual que se genera en el medio electrónico conformado por la confluencia de comunicación que se generan entre los millones de usuarios que acceden al ámbito de Internet y calificado como “alucinación consensual” por el escritor William Gibson quien así lo definió por vez primera en su legendaria obra Neuromancer (1984).

## **D**

**DESMATERIALIZACIÓN** Concierno a aquella condición que implica la pérdida progresiva por parte de un objeto, situación o institución de responder a una naturaleza material, debido a la delegación de funciones al mundo digital, lo cual afecta a su vez a los aspectos formales inherentes. Entre los casos más notables de desmaterialización arquitectónica se encuentran el correo postal, las instituciones bancarias, los museos y las edificaciones apoyadas por procesos “inteligentes”, entre otros.

**DIAGRAMA** Esquema, cuadro o gráfico bidimensional o tridimensional diseñado para demostrar o explicar cómo funciona algo o para clarificar la relación entre las partes de un todo. En el caso de los diagramas digitales es posible incorporar el dinamismo, la temporalidad y la interacción como recursos para enriquecer la capacidad explicativa de los diagramas producidos.

**DIGITAL** Inherente a los datos con los que opera un ordenador electrónico, constituidos por un número finito de símbolos básicos discretos, representados y transmitidos mediante flujos de señales electrónicas o electromagnéticas. Lo contrario de analógico.

## **E**

**ESCANEO** Proceso mediante el cual, utilizando periféricos apropiados (el escáner) se transfiere texto y/o gráficos impresos a la memoria de un ordenador para su utilización futura en aplicaciones inherentes al medio digital.

## **F**

**FOTOMONTAJE** Concierno a técnicas de representación gráfica en arte y arquitectura valorizadas a través del uso de medios digitales. En el caso del fotomontaje, la técnica digital admite, por ejemplo, la inserción estática o dinámica de representaciones volumétricas arquitectónicas en el medio físico en que se procederá a su implantación futura, estando dicho medio representado por imágenes fotográficas o cinematográficas.

**FRACTAL** Patrón geométrico repetido en escalas progresivamente menores –donde cada repetición es aproximadamente una reproducción de la imagen total– para producir formas y superficies irregulares que no pueden ser representadas por la geometría clásica. Los fractales son generalmente autosimilares (cada sección se parece al todo) y no están subordinados a una escala específica. Son utilizados especialmente en la modelación digital de patrones irregulares y de estructuras en la naturaleza. Definidos en 1975 por el matemático Benoit Mandelbrot.

## **G**

**GLOBALIZACIÓN** En un sentido literal significa un cambio social, una creciente conectividad entre sociedades y sus componentes, debido a la explosiva evolución de las tecnologías del transporte y de la comunicación orientadas a facilitar el intercambio internacional cultural y económico. El término globalización se aplica en varios contextos, sociales, culturales, comerciales y económicos y, como tal, responde a otras tantas interpretaciones específicas, desde la de “aldea global” de Marshall MacLuhan hasta

los efectos negativos de las corporaciones multinacionales orientadas a su auto-beneficio. Otra forma de interpretación hace hincapié en la erosión de los estados nacionales y de sus fronteras.

**GRÁFICOS DIGITALES** Conciernen a aquellas representaciones visuales que han sido producidos con el apoyo de la combinación de software-hardware digital, como es el caso de los CAD, CAAD y modeladores 3D.

## **H**

**HARDWARE** en informática se refiere a las partes físicas, tangibles, de un sistema informático; sus componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos. Los cables, así como los gabinetes o cajas, los periféricos de todo tipo, y cualquier otro elemento físico involucrado, componen el hardware o soporte físico; contrariamente, el soporte lógico e intangible es el llamado software. El término es propio del idioma inglés, y su traducción al español no tiene un significado acorde, por tal motivo se lo ha adoptado tal cual es y suena. La Real Academia Española lo define como «Conjunto de los componentes que integran la parte material de una computadora»

## **I**

**INFOGRAFÍA** rama de la informática que concierne a la creación de imágenes que tratan de imitar el mundo tridimensional mediante el cálculo del comportamiento de la luz, los volúmenes, la atmósfera, las sombras, las texturas, la cámara, el movimiento, etc.

**INTERACCIÓN** Propiedad mediante la cual un sistema de computación responderá directamente a datos y comandos incorporados por el usuario entablándose de esta forma una suerte de “diálogo” productivo.

La mayoría de los programas de uso colectivo poseen cuando menos un grado limitado de interacción que se ubica en algún lugar de un espectro que va desde la baja interacción hasta la alta interacción.

Entre las aplicaciones que mejor utilización hacen de la alta interacción se encuentran aquellas correspondientes al ámbito de la denominada realidad virtual, apoyada en sensores y efectos altamente sofisticados.

**INTERFAZ GRÁFICA USUARIO (GUI)** Desde un punto de vista informático, una interfaz puede ser concebida como una frontera a través de la cual dos sistemas independientes pueden comunicarse entre sí.

Existen diversos tipos de interfaces informáticas; nos referiremos aquí a la denominada interfaz gráfica usuario (GUI), la cual se sirve de las capacidades gráficas de un ordenador para facilitar el uso del programa gráfico utilizado específicamente por el usuario, liberando a este de las dificultades inherentes al conocimiento y manejo detallado de complejas instrucciones.

Para muchos usuarios la disponibilidad de comandos que los ayuden a manejar la interfaz es un recurso de gran utilidad, para lo cual deben haberse familiarizado previamente con las funciones de cada comando a través del estudio del lenguaje de comandos.

## **M**

**MAQUETAS FÍSICA VIRTUAL** Los cambios principales que se han introducido en las últimas décadas con relación a las maquetas físicas conciernen a la factibilidad de poder incorporar dichas maquetas al medio virtual mediante máquinas denominadas escáneres 3D (scanners 3D) que permiten interpretar su forma tridimensional y sus colores en forma digital, consiguiendo la reconstrucción virtual del modelo. Y, al revés, un modelo construido en el medio digital puede ser reconstruido (e incluso a distancia) en el medio físico utilizando técnicas de CAM (Computer-Aided Manufacture). Aún cuando constituye un método muy costoso de operar para el arquitecto promedio, se puede ya diseñar en grandes oficinas realimentando información y modelos 3D alternando de lo físico a lo virtual para alcanzar gradualmente el modelo final deseado. Un ejemplo es el estudio de Frank Gehry, con los modelos de estereolitografía

**MODELO DIGITAL 3D** (o computarizado). Representación 3D de escenarios y/o objetos apoyándose en el uso de modeladores 3D: los modelos digitales, a diferencia de los físicos, pueden ser visitados por ciberusuarios desplazándose en derredor o dentro de ellos en tiempo real. También a diferencia de los modelos (maquetas) físicos, una vez construidos no están sujetos a una escala determinada salvo por conveniencia. Esto se debe a que el ciberusuario, a su vez, puede cambiar de escala (cosa que no puede hacer en el universo físico al cual pertenece). Por esta misma razón, un modelo digital de edificación virtual puede operar bien en forma de maqueta de la edificación o bien como la misma edificación virtual propiamente dicha.

**MUNDOS VIRTUALES** Denominados así en razón al dominio pleno inicial que su diseñador posee sobre las características, personajes y situaciones que integran a los modelos digitales concebidos y construidos. En arquitectura esto implica, entre otras cosas, la definición de contextos y entornos inexistentes, condiciones climáticas y ambientales y grados de observancia de comportamiento del espacio-tiempo y de la ley de la gravedad, entre otras.

## **N**

**NTIC** Siglas adoptadas para el término Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación, lo que concierne, esencialmente, al área de la informática digital aplicada a la educación a distancia.

**NURBS** (Non-Uniform Rational B-Splines) Concierne a herramientas estandarizadas de software para la representación y diseño de formas geométricas (curvas, superficies y sólidos) de alto grado de complejidad matemática, desde sólidos platónicos como los conos hasta carrocerías de automóviles. Casi todas las herramientas de CAD/CAM soportan NURBS.

## **O**

**ORDENADOR** Término que reemplaza, en España y Francia, al anglicismo “computador”

## **P**

**PATRÓN** Conjunto de resultados parciales que ponen de manifiesto, sistemáticamente, rasgos de comportamiento asociados con una determinada situación, ente u objeto



## **R**

**REALIDAD VIRTUAL** Ambiente artificial creado mediante recursos de hardware y software de computación presentado al usuario en forma tal que luce y se siente como un ambiente natural. Para “entrar” en un ambiente de realidad virtual un usuario debe recurrir a guantes especiales, audífonos y gafas (o casco con dos mini pantallas de computación incorporadas) todos los cuales reciben sus estímulos a partir del sistema operativo del sistema. De esta forma, al menos tres (vista, oído, tacto) de los cinco sentidos estarán controlados por la computadora.

Además de suministrar estímulos sensoriales al usuario, los dispositivos también monitorean las acciones del usuario (por ejemplo, el movimiento de sus ojos) y realimentan nuevas señales como respuesta.

El coste excesivo de los sistemas inmersivos y su imposibilidad para ser utilizados ampliamente como recurso docente, han motivado el surgimiento de opciones que sacrifican la inmersión anteriormente descrita, para reducir costes y servirse de los beneficios vía Internet de la interacción y de la multisensorialidad utilizando lo que se ha dado en llamar realidad virtual no inmersiva. Hoy día esta popular opción lidera el camino hacia una futura versión completa de la realidad virtual.

**REDES** Un sistema de ordenadores interconectado por vía telefónica/satélite con el propósito de comunicar y de compartir información.

## **S**

**SIMULACIÓN** Representación de la operación o aspectos de un proceso o sistema mediante el uso de otro, lo cual persigue, a través de la imitación, explotar la representación de una situación potencial o de una comprobación de naturaleza experimental.

**SOFTWARE** al soporte lógico de un sistema informático, que comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas, en contraposición a los componentes físicos que son llamados hardware. La interacción entre el software y el hardware hace operativo un ordenador (u otro dispositivo), es decir, el Software envía instrucciones que el Hardware ejecuta, haciendo posible su funcionamiento.

## **V**

**VIRTUALIDAD.**

“Condición de creación, simulación o conducción mediante un ordenador o red de ordenadores”. Otra acepción desligada de compromiso tecnológico dice: “Existiendo en esencia o efecto, aun cuando no actualmente en hecho”.

**VECTOR** representación gráfica basada en descripciones geométricas, que poseen medidas absolutas basadas en un sistema cartesiano y por tanto pueden reproducirse a distintas escalas y definir figuras operables. Es la representación fundamental de los programas CAD y modeladores 3D.

## **W**

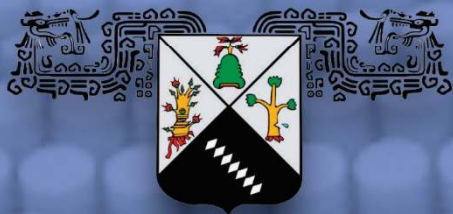
**WEB** en informática, la World Wide Web (WWW) o red informática mundial, es un sistema de distribución de documentos de hipertexto o hipermedia interconectados y accesibles a través de Internet.

Con un navegador web, un usuario visualiza sitios web compuestos de páginas web que pueden contener textos, imágenes, vídeos u otros contenidos multimedia, y navega a través de esas páginas usando hiperenlaces.





Héctor GUTIÉRREZ LÁZARO, de nacionalidad mexicana, nació en la ciudad de Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, es Arquitecto por la Universidad Autónoma de Guerrero (2006), tiene una Maestría en Administración de la Construcción, por el Instituto Tecnológico de la Construcción (2009), es miembro fundador del Colegio Guerrerense de Arquitectos A.C. Actualmente es catedrático en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), de la Universidad Autónoma de Guerrero. (UAGro)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS







**Dr. Juan Eduardo Cruz Archundia**

Jefe del Programa Educativo de Doctorado  
en Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la FAUAEM.  
P r e s e n t e.

Hago constar que el trabajo titulado: **LA UTILIZACIÓN DE LA COMPUTADORA COMO GENERADORA DE NUEVAS FORMAS ARQUITECTÓNICAS EN EL SIGLO 21**

Elaborado por: Héctor Gutiérrez Lázaro

Constituye tema de tesis para que mediante el examen, sea acreedor a recibir el Grado de:  
DOCTOR en el área de: ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO

Objetivos logrados en el desarrollo del tema:

**El aspirante alcanzó los objetivos planteados en el desarrollo de su trabajo. Aunque la profundidad del estudio pudo ser mayor se considera que logró el mínimo deseable.**


Alcances y Claridad de expresión en el contenido:

**Los alcances del trabajo fueron los mínimos planteados, el desarrollo del trabajo tiene una claridad y lógica en el discurso mínima aceptable.**

Motivos por los cuales doy mi **VOTO APROBATORIO**, autorizando la impresión de tesis, para que pueda sustentar la réplica y examen correspondiente.

Cuernavaca, Mor; 14 de mayo de 2019.

ATENTAMENTE



DR. OSVALDO ASCENCIO LÓPEZ  
DIRECTOR DE TESIS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



## FACULTAD DE ARQUITECTURA

Sistema de Estudio de Posgrado e Investigación.

Doctorado en Arquitectura Diseño y Urbanismo.

**Dr. Juan Eduardo Cruz Archundia**

Jefe del Programa Educativo de Doctorado en Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la FAUAEM.

Presente.

Hago constar que el trabajo titulado: **LA UTILIZACIÓN DE LA COMPUTADORA COMO GENERADORA DE NUEVAS FORMAS ARQUITECTÓNICAS EN EL SIGLO 21**

Elaborado por: Héctor Gutiérrez Lázaro

Constituye tema de tesis para que mediante el examen, sea acreedor a recibir el Grado de: DOCTOR en el área de: ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO

Objetivos logrados en el desarrollo del tema:

Se avanzó para lograr los objetivos durante el desarrollo del tema que se ha planteado  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Alcances y Claridad de expresión en el contenido:

Los alcances tienen una claridad apropiada en el planteamiento del tema, además la claridad aunque no es total, se ve que el alumno tiene la experiencia en el tema de las TIC  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Motivos por los cuales doy mi **VOTO APROBATORIO**, autorizando la impresión de tesis, para que pueda sustentar la réplica y examen correspondiente.

Cuernavaca, Mor; 14 de mayo de 2019.

ATENTAMENTE

  
DR. AGUSTÍN CARLOS SALGADO GALARZA  
LECTOR DE TESIS





**Dr. Juan Eduardo Cruz Archundia**  
Jefe del Programa Educativo de Doctorado  
en Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la FAUAEM.  
P r e s e n t e.

Hago constar que el trabajo titulado: **LA UTILIZACIÓN DE LA COMPUTADORA COMO GENERADORA DE NUEVAS FORMAS ARQUITECTÓNICAS EN EL SIGLO 21**

Elaborado por: Héctor Gutiérrez Lázaro

Constituye tema de tesis para que mediante el examen, sea acreedor a recibir el Grado de:  
DOCTOR en el área de: ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO

Objetivos logrados en el desarrollo del tema:

El desarrollo que presenta la investigación de tesis La utilización de la computadora como generadora de nuevas formas arquitectónicas en el siglo 21, tiene una argumentación suficiente para validar la hipótesis planteada. El enfoque metodológico es claro y pertinente para el desarrollo de esta investigación.

Alcances y Claridad de expresión en el contenido:

- a) Existe orden en la estructura de la tesis y en cada uno de los capítulos abordados.
- b) Hay claridad gramatical en su desarrollo y una aplicación teórica apropiada

Motivos por los cuales doy mi **VOTO APROBATORIO**, autorizando la impresión de tesis, para que pueda sustentar la réplica y examen correspondiente.

Cuernavaca, Mor; 14 de mayo de 2019.

ATENTAMENTE



DR. CONSTANTINO JERÓNIMO VARGAS  
LECTOR DE TESIS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



**Dr. Juan Eduardo Cruz Archundia**

Jefe del Programa Educativo de Doctorado  
en Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la FAUAEM.  
Presente.

Hago constar que el trabajo titulado: **LA UTILIZACIÓN DE LA COMPUTADORA COMO GENERADORA DE NUEVAS FORMAS ARQUITECTÓNICAS EN EL SIGLO 21**

Elaborado por: Héctor Gutiérrez Lázaro

Constituye tema de tesis para que mediante el examen, sea acreedor a recibir el Grado de:  
DOCTOR en el área de: ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO

Objetivos logrados en el desarrollo del tema:

*Al término de la investigación, el trabajo desarrollado logra estructurar elementos que permiten identificar la evolución conceptual de la arquitectura hasta alcanzar el climax debido a las herramientas digitales, reconociendo los puntos medulares de dicha evolución y la tendencia actual que definirá el proceso creativo.*

Alcances y Claridad de expresión en el contenido:

*Con la estructura desarrollada en la investigación; aunada al estudio de los diversos procesos de evolución conceptual se alcanza el objetivo primario de esclarecer las pautas logrando un modelo que permite identificar y explicar los cambios en la forma de conceptualizar la arquitectura.*

Motivos por los cuales doy mi **VOTO APROBATORIO**, autorizando la impresión de tesis, para que pueda sustentar la réplica y examen correspondiente.

Cuernavaca, Mor; 14 de mayo de 2019.

ATENTAMENTE

DR. JUAN EDUARDO CRUZ ARCHUNDIA  
LECTOR DE TESIS



**Dr. Juan Eduardo Cruz Archundia**  
Jefe del Programa Educativo de Doctorado  
en Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la FAUAEM.  
P r e s e n t e.

Hago constar que el trabajo titulado: **LA UTILIZACIÓN DE LA COMPUTADORA COMO GENERADORA DE NUEVAS FORMAS ARQUITECTÓNICAS EN EL SIGLO 21**

Elaborado por: Héctor Gutiérrez Lázaro

Constituye tema de tesis para que, mediante el examen, sea acreedor a recibir el Grado de: DOCTOR en el área de: ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO.

Objetivos logrados en el desarrollo del tema:

El trabajo de investigación presenta argumentación para validar la hipótesis planteada. El enfoque metodológico que utiliza contribuye al tema del uso de equipos de cómputo en las formas arquitectónicas en el presente siglo.

Alcances y Claridad de expresión en el contenido:

La manera de abordar el tema de investigación sobre el uso de sistemas de diseño asistido, hace un documento relevante por las ideas planteadas.

Motivos por los cuales doy mi **VOTO APROBATORIO**, autorizando la impresión de tesis, para que pueda sustentar la réplica y examen correspondiente.

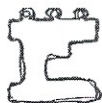
Cuernavaca, Mor; 14 de mayo de 2019.

ATENTAMENTE



DR. FRANCISCO JAVIER ROMERO PÉREZ  
LÉCTOR DE TESIS





**Dr. Juan Eduardo Cruz Archundia**

Jefe del Programa Educativo de Doctorado  
en Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la FAUAEM.

Presente.

Hago constar que el trabajo titulado: **LA UTILIZACIÓN DE LA COMPUTADORA COMO GENERADORA DE NUEVAS FORMAS ARQUITECTÓNICAS EN EL SIGLO 21**

Elaborado por: Héctor Gutiérrez Lázaro

Constituye tema de tesis para que mediante el examen, sea acreedor a recibir el Grado de:  
DOCTOR en el área de: ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO

Objetivos logrados en el desarrollo del tema:

Cumple con los objetivos propuestos realizando el análisis de alternativas digitalizadas para desarrollos arquitectónicos

Alcances y Claridad de expresión en el contenido:

Logra definir y ejemplificar diversos elementos relacionados con el tema y plantea vías futuras de desarrollo.

Motivos por los cuales doy mi **VOTO APROBATORIO**, autorizando la impresión de tesis, para que pueda sustentar la réplica y examen correspondiente.

Cuernavaca, Mor; 11 de mayo de 2019. (DEBERÁ LLEVAR FECHA DEL 14 DE MAYO DE 2019)

ATENTAMENTE

DRA. NORMA ANGÉLICA JUAREZ SALOMO  
ASESOR TEMÁTICO



**Dr. Juan Eduardo Cruz Archundia**  
Jefe del Programa Educativo de Doctorado  
en Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la FAUAEM.  
P r e s e n t e.

Hago constar que el trabajo titulado: **LA UTILIZACIÓN DE LA COMPUTADORA COMO GENERADORA DE NUEVAS FORMAS ARQUITECTÓNICAS EN EL SIGLO 21**

Elaborado por: Héctor Gutiérrez Lázaro

Constituye tema de tesis para que mediante el examen, sea acreedor a recibir el Grado de:  
DOCTOR en el área de: ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO

Objetivos logrados en el desarrollo del tema:  
Consigue cumplir los objetivos planteados en el trabajo de tesis.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Alcances y Claridad de expresión en el contenido:  
El contenido es expresado de forma clara y sencilla. Con un análisis de los textos escritos sobre el tema que se toca.


\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Motivos por los cuales doy mi **VOTO APROBATORIO**, autorizando la impresión de tesis, para que pueda sustentar la réplica y examen correspondiente.

Cuernavaca, Mor; 14 de mayo de 2019.

ATENTAMENTE



DRA. OSBELIA ALCARAZ MORALES  
ASESOR METODOLÓGICO