



Universidad Autónoma del Estado de México  
Facultad de Arquitectura y Diseño – Facultad de Ingeniería  
Doctorado en Diseño

Tesis

# Lenguaje y Pensamiento Computacional en el Proceso de Diseño

Presenta. M. en Dis. Elí Josué Tello Bragado  
para obtener el grado de Doctor en Diseño  
Tutor Académico. Dr. en C.S. Jesús E. de Hoyos Martínez

Centro de Investigación en Arquitectura y Diseño CIAD – UAEMEX.

Mayo 2018.

# Agradecimientos.

Sirvan las siguientes líneas para expresar mi sincero y profundo agradecimiento a todas aquellas personas que directa e indirectamente han colaborado con el presente trabajo, en especial al Dr. Jesús Enrique de Hoyos Martínez director de esta investigación, por su entusiasmo, guía y supervisión a lo largo de estos años.

Aprovecho de igual forma la oportunidad de dar reconocimiento al equipo de tutores Dr. Alberto Álvarez Vallejo, Dr. David Joaquín Delgado Hernández y revisores Dr. Rogelio Miguel Sevilla Meixueiro y Dr. Arturo Santamaría Ortega, que aportaron con sus conocimientos, experiencia y dedicación a que el presente proyecto se robustezca obteniendo así un trabajo de mayor calidad.

Especial agradecimiento al Dr. Eduardo Vendrell Vidal por su recibimiento, apertura y aportaciones hacia el proyecto (Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática de la Universidad Politécnica de Valencia, ETSInf – UPV).

A Miriam mi esposa, a mis padres Estela y Rolando y a mi hermano Rolando, gracias por estar a mi lado.

A todos les doy las gracias por la confianza depositada en mí.

# Resumen.

El presente trabajo se avoca principalmente en presentar un marco referencial para el abordaje de problemas propios de la disciplina del Diseño, siendo lo anterior dicho de manera enunciativa mas no limitativa, puesto que es desde la óptica del profesional del diseño que se estudian y abordan las formas en que se da solución a múltiples tipos de problemáticas, mismos procedimientos que se han emulado y trasladado a otras áreas como lo son el sector educativo, servicios, industrial, empresarial entre otros. Así mismo, a medida que la población mundial va en aumento, los avances tecnológicos se encuentran cada vez más accesibles a múltiples sectores de la comunidad y el conocimiento se muestra a manera de un océano interminable de información, promueve en cierta medida que los problemas de la sociedad vayan adquiriendo un mayor grado de complejidad, debido a las múltiples interacciones que conlleva producir una sociedad en los albores del siglo XXI.

Es por consiguiente que disciplinas como la biología, las ciencias sociales, las ingenierías por mencionar algunas, han optado por configurar perfiles híbridos en líneas de especialización, en el que el trabajo multi e interdisciplinario se gesta desde un ecosistema en el que se comparten fundamentos teóricos que en gran medida son reinterpretados y traducidos para proveerles de aplicabilidad en el contexto actual.

La estructura de la investigación se basa en la idea de que los conocimientos generados desde de las ciencias computacionales juegan un rol de gran importancia para el abordaje y solución de problemas que conllevan un enorme grado de complejidad debido a que, por la naturaleza de estos, el manejo de grandes cantidades de información sólo puede ser administrada a partir de un pensamiento que necesariamente implica el uso de la tecnología computacional.

Es así como en el *capítulo uno* se opta por presentar el esquema teórico – metodológico para el abordaje de la investigación, mismo que expone en un primer punto las implicaciones existentes para que se cree conocimiento en la sociedad, dando paso a un manifiesto en el que se muestra una serie de antecedentes en los que se considera como tópico principal la *epistemología* como catalizador de saberes y conocimientos en las culturas.

El comenzar la investigación bajo la necesidad de saber cómo el ser humano comprende y transforma su medio ya sea a través de medios hermenéuticos o experimentales nos proveerá de una mayor claridad para entender cómo se llegan a asimilar nuevos conocimientos ajenos a los aprendidos desde la disciplina del diseño y su aplicación en la formulación y resolución de problemáticas. A partir de un enfoque *fenomenológico* y su aplicabilidad desde los principios de la epistemología, se sugiere la postura con relación a como el ser se corresponde con su medio para dar paso a la generación de conocimiento.

La teoría de los *sistemas complejos* o teoría de la complejidad será el enfoque global en la presente investigación, misma que permite el abordaje de los fenómenos que se encuentran íntimamente relacionados con el quehacer del diseñador dentro de cualquier campo de aplicabilidad en el que desee actuar.

La *TGS (Teoría General de Sistemas)* se convierte para este trabajo en el marco referencial metodológico mismo que suministra las teorías, métodos y herramientas que permiten identificar y relacionar los elementos que conforman los fenómenos, también llamados problemas o necesidades en el ámbito del diseño. La TGS proveerá de soporte metodológico para el abordaje de fenómenos con un alto grado de complejidad, condicionándola a la relación existente entre el fenómeno y el sujeto, a sus capacidades de conocimiento y de acción de este.

El *segundo capítulo* se enfoca principalmente a las connotaciones históricas de como el *lenguaje* es factor para el entendimiento y modificación del entorno humano. Es a partir del lenguaje que se genera la transformación de las categorías mentales, mismas que se ven reflejadas en las maneras que el humano piensa sobre sí y el mundo. La comprensión de lo que significa ser humano es piedra angular de todo lo que se hace, pues se encuentra íntimamente vinculado a toda acción, decir o juicio que se emita, manifestando no sólo una determinada interpretación del objeto sobre el que actuamos, sino de igual manera nuestra interpretación de lo que somos. Es el lenguaje la clave para comprender los fenómenos humanos, no viéndose como limitante de la multidimensionalidad de estos.

Se considera entonces que el lenguaje tiene la propiedad de ser una herramienta activa, no reduciendo su función a la simple descripción de cómo son las cosas, sino que adopta una capacidad generativa al promover que sucedan las cosas, creando así otras o nuevas realidades; mostrando que el lenguaje precede a la realidad.

En correspondencia con el área del diseño y con pleno conocimiento que este puede tener diversas formas de *expresión y representación* como lo logra ser la simple verbalización de una idea hasta la manufactura y todos sus momentos que implica la

configuración material de la misma; se considerará a la *geometría* como el lenguaje propio de la disciplina, ya que a través del tiempo ha sido el lenguaje que ha permitido al ser humano representar y comunicar sus ideas acerca de la constitución espacial que se tiene de la realidad y de los objetos que en ella habitan; mismo que se encuentra por consecuencia regido por normas lógicas y matemáticas.

Para el contexto actual, los desarrollos tecnológicos de vanguardia tienen su fundamento en las ciencias computacionales los cuales basan su operatividad en distintas áreas de las matemáticas, como son la lógica, el álgebra, la trigonometría, los algoritmos, entre otras. Este avance en el uso de herramientas digitales facilita la administración y uso de información que difícilmente podría ser manejada por medios tradicionales en el proceso de diseño, de aquí la necesidad de incorporación de dichos instrumentos en el proceso de configuración de productos de diseño en la modernidad.

El *pensamiento computacional* que se aborda en el *capítulo tres* es el ingrediente necesario que permitirá potencializar las capacidades de exploración, toma de decisiones, resolución formal, resolución estructural de proyectos propios en el área del diseño, esto debido al poder y naturaleza de los procesos informáticos que al ser realizados por máquinas agilizan las operaciones que en muchos casos serían casi imposibles ser resueltas por el ser humano. Los métodos y modelos computacionales dan el ánimo para resolver problemas y diseñar sistemas que ninguno de nosotros sería capaz de hacer frente por sí solo. El pensamiento computacional implica la resolución de problemas, diseño de sistemas, y la comprensión de la conducta humana, haciendo uso de los conceptos fundamentales de las ciencias de la computación.

El emplear el pensamiento computacional permitirá hacer uso del ordenador para solucionar las diversas problemáticas planteadas, organizar de manera lógica los datos

involucrados, así como su análisis; también permite representar los datos mediante modelos, simulaciones y abstracciones al igual que automatizar soluciones mediante algoritmos facilitando la implementación de posibles soluciones por medio de la mejor combinación de pasos y recursos de manera afectiva y eficiente. Sumado a todo lo anterior, es posible generalizar y transferir los diversos procesos de solución de problemas a una gran diversidad de áreas del conocimiento.

Para el *cuarto capítulo*, con la intención de que este trabajo sea de utilidad a la disciplina del *Diseño* y referente para estudios alternos, se decide establecer en este mismo capítulo múltiples perspectivas de lo que se considera como diseño, su aplicabilidad y maneras en que se adapta el concepto a otras áreas del conocimiento. Los componentes identificados de una definición particular para la presente investigación, provee de especialidad metodológica misma que no encasilla, sino que enmarca su aplicabilidad a fenómenos desde una óptica diseñística.

También se pone manifiesto el uso de las *herramientas digitales* en el *capítulo cinco* y su empleabilidad no sólo para las fases de representación de artefacto de diseño, sino que se explora su potencial para la generación morfológica por medio de algoritmos y métodos computacionales.

El *capítulo seis* se encuentra estructurado a manera de proceso de *experimentación*, donde se ponen en práctica los antecedentes teóricos y metodológicos de la investigación, mezclados y representados por medio de un ejercicio denominado “instalación interactiva”. Se comienza por exponer como los *medios de visualización* del diseño se dan por medio de herramientas tecnológicas basadas en reglas geométricas que propiamente derivan del área de las matemáticas. Posteriormente se plantea el uso actual de las herramientas informáticas y su propuesta de aplicación por medio de

lógicas algorítmicas, proporcionando así un marco de aplicabilidad contemporánea en la disciplina del diseño. Se establece la importancia de los *LPV (Lenguajes de Programación Visual)* como instrumentos de traducción conceptual entre el área matemática y el área proyectual del diseño.

Se opta por presentar un último *capítulo*, el *séptimo* donde se discuten los resultados del proceso de investigación y experimentación por medio de *conclusiones y recomendaciones*, estableciendo este momento como un primer escaño para el comienzo y colaboración de posteriores estudios que promuevan la incorporación del pensamiento computacional por medio de la aplicación de los lenguajes de programación visual y reivindiquen el uso de herramientas digitales en los procesos híbrido/colaborativos en los que el diseño y la sociedad moderna están inmersos.



# Contenido General.

Agradecimientos

Resumen

Contenido General. ....	8
Índice de Diagramas. ....	12
Índice de Ilustraciones. ....	13
Índice de Imágenes. ....	14
Presentación. ....	16
1. Antecedentes. ....	18
1.1 Introducción. ....	18
1.2 Planteamiento del Problema. ....	21
1.3 Objetivo General. ....	22
1.4 Objetivos Específicos. ....	23
1.5 Hipótesis. ....	24
1.6 Caracterización de la Investigación. ....	24
1.7 Metodología. ....	28
1.8 Abordaje Epistemológico. ....	29
1.9 Marco Teórico. ....	33
1.9.1 Sistemas Complejos. ....	33
1.9.2 Definiciones nominales en los Sistemas Generales. ....	37
1.9.3 Enfoque Fenomenológico. ....	53

2. Lenguaje .....	55
2.1 Evolución del lenguaje. ....	55
2.2 Ontología del Lenguaje. ....	58
2.3 Interpretación de la Realidad.....	61
2.4 Lenguaje como Fenómeno Social. ....	63
3. Pensamiento Computacional .....	66
3.1 ¿Qué es el Pensamiento Computacional? .....	69
3.2 Proceso de abstracción por medio del cómputo. ....	72
3.3 Lenguaje y representación del pensamiento computacional.....	73
3.4 Lenguaje algorítmico.....	75
3.4.1 Propiedades de los algoritmos.....	76
3.4.2 Pasos para la resolución de un problema.....	77
3.4.3 Clases de Algoritmos. ....	78
3.4.4 Medios de representación de un algoritmo. ....	79
3.4.4.1 Diagrama de Flujo.....	79
3.4.4.2 Pseudocódigo. ....	81
4. El Diseño.....	83
4.1 Complejidad y Diseño. ....	88
4.2 Complejidad del fenómeno Diseñístico.....	89
4.3 El Diseño como Lenguaje.....	92
4.4 Representación geométrica parte del lenguaje de Diseño. ....	100

5. Herramientas digitales en el proceso de diseño. ....	104
5.1 Bases Tecnológicas.....	107
5.2 El diseño en la era digital. ....	109
5.3 Pensamiento, lenguaje – diseño. ....	116
5.4 Áreas matemáticas orientadas al diseño. ....	119
6. Propuesta metodológica e instrumentación.....	122
6.1 Medios de visualización en el diseño. ....	122
6.2 Software de representación. ....	123
6.3 Lenguajes de programación visual. ....	125
6.4 Experimentación y análisis. ....	127
6.4.1 Instrumentos y herramientas. ....	128
6.4.2 Propuesta metodológica.....	130
6.5 Instalación interactiva.....	133
6.5.1 Fundamento de la instalación.....	134
6.5.2 Idea detrás de la instalación. ....	135
6.5.3 Componentes de la instalación. ....	136
6.5.4 Proceso de materialización y programación.....	138
6.5.4.1 Trastoller. ....	138
6.5.4.2 Trastoller – programación. ....	139
6.5.4.3 Trastoller - Visualización de datos. ....	141
6.5.4.4 Módulo de exploración cartográfica interactivo.....	146

6.5.4.5 Módulo de exploración cartográfica interactivo – programación.....	148
.....	152
6.5.4.6 Polar Box - Conceptuación.....	153
6.5.4.7 Polar Box - Programación.....	154
7. Conclusiones y recomendaciones .....	161
¿Cuál ha sido y es en la actualidad el papel de las computadoras en el diseño?	
.....	164
¿Cómo ha afectado la tecnología en la amplia gama de sus acepciones en el	
desarrollo de nuevas propuestas de diseño y flujos de trabajo? .....	165
¿Cuál es la postura y el papel del diseñador frente al evolutivo panorama	
tecnológico que afecta la forma y manera en que vive la sociedad actual? .....	167
¿Es necesario promover un cambio de pensamiento en la disciplina del diseño?	
.....	168
Trabajos citados.....	170

# Índice de Diagramas.

Diagrama 1. Caracterización de la investigación (elaboración propia). .....	25
Diagrama 2. Diseño de la Investigación (elaboración propia).....	26
Diagrama 3. Complejidad del Contexto (elaboración propia).....	29
Diagrama 4. Relación Observador – Fenómeno – Realidad Relativa (elaboración propia).....	34
Diagrama 5. La Complejidad como objeto Emergente (elaboración propia). .....	35
Diagrama 6. Multidisciplinariedad como estrategia Holística (elaboración propia)...	36
Diagrama 7. Conceptos de la TGS (elaboración propia). .....	52
Diagrama 8. Funcionalidad del lenguaje (elaboración propia).....	61
Diagrama 9. El desarrollo del lenguaje (elaboración propia). .....	65
Diagrama 10. Fases resolución de un problema con enfoque computacional (elaboración propia).....	71
Diagrama 11. Proceso de información en la computadora (elaboración propia).....	74
Diagrama 12. Dispositivos de entrada y salida (elaboración propia).....	75
Diagrama 13. Fases para la resolución de un problema por medio de algoritmo (elaboración propia). .....	78
Diagrama 14. Diagrama de flujo (elaboración propia). .....	80
Diagrama 15. Modelo conceptual de diseño como sustantivo (elaboración propia)...	87
Diagrama 16. Modelo conceptual de diseño como verbo (elaboración propia). .....	88
Diagrama 17. Utilización de la geometría en proyectos (elaboración propia).....	101
Diagrama 18. CAD-CAM-CAE en el proceso de diseño (elaboración propia). .....	105
Diagrama 19. CAD-CAM-CAE en el proceso de diseño y fabricación (elaboración propia).....	106

Diagrama 20. Áreas de las matemáticas (elaboración propia). .....	120
Diagrama 21. Propuesta metodológica para el abordaje de proyectos de diseño a partir de los LPV (elaboración propia). .....	131
Diagrama 22. Trastoller materialización .....	139
Diagrama 23. Conectividad y proceso lógico de asignación de estados (elaboración propia). .....	141
Diagrama 24. Conectividad AbletonLive - Rhinoceros - Grasshopper. ....	142
Diagrama 25. Conceptuación de interoperabilidad entre sistemas físicos y digitales (elaboración propia). .....	148
Diagrama 26. Flujo informacional e interoperabilidad (elaboración propia). .....	151
Diagrama 27. Diagrama de operatividad Polar box (elaboración propia). .....	153
Diagrama 28. Enfoque holístico lenguaje/pensamiento computación/diseño (elaboración propia). .....	163

## Índice de Ilustraciones.

Ilustración 1. Posibles escenarios de aplicación (elaboración propia). .....	21
Ilustración 2. Lenguaje, transformación y sus actores (elaboración propia). .....	57
Ilustración 3. Simbología para diagrama de flujo (elaboración propia). .....	80
Ilustración 4. El punto como elemento abstracto (elaboración propia basada en (Leborg, 2013). .....	102
Ilustración 5. Recta y Plano elementos abstractos (elaboración propia). .....	102
Ilustración 6. Aplicación de las herramientas digitales (elaboración propia). .....	109
Ilustración 7. Métodos de representación (elaboración propia). .....	110

Ilustración 8. Herramientas digitales en los métodos de representación (elaboración propia).....	111
Ilustración 9. Uso tradicional de las herramientas digitales (elaboración propia). ...	114
Ilustración 10. Estrategia de hibridación de los recursos computacionales (elaboración propia).....	116
Ilustración 11. Espectro de la actividad del diseño (elaboración propia).....	117
Ilustración 12. Comparativa entre proceso de diseño y proceso científico (elaboración propia).....	118
Ilustración 13. Flujo de datos en herramientas digitales (elaboración propia). .....	130
Ilustración 14. Esquema referencial para uso de protocolo TUIO ( <a href="https://www.tuio.org/">https://www.tuio.org/</a> ).....	155

## Índice de Imágenes.

Imagen 1. Concepto de instalación interactiva (vista 1, elaboración propia). .....	135
Imagen 2. Concepto de instalación interactiva (vista 2, elaboración propia). .....	136
Imagen 3. "Trastoller" .....	137
Imagen 4. Firefly – Arduino - Leapmotion. Modulo Mapa. ....	137
Imagen 5. Módulo audiovisual. ....	138
Imagen 6. AbletonLive Interfase. ....	140
Imagen 7. Asignación de clips a los botones. ....	140
Imagen 8. Trastoller uso. ....	141
Imagen 9. Algoritmo para la creación de gráfica sonora.....	142
Imagen 10. Visualización vectorial de gráfica sonora.....	144
Imagen 11. Gráfica sonora representación 1.....	144

Imagen 12. Gráfica sonora representación 2,3,4.....	145
Imagen 13. Etiqueta de grabación (alfeñique).....	147
Imagen 14. Mapa obtenido por medio de OSM (Open Street Map).....	147
Imagen 15. LeapMotion / Firefly / Arduino montaje.....	149
Imagen 16. Interacción interface mapa. ....	150
Imagen 17. Algoritmo de funcionamiento módulo de exploración cartográfica interactivo (elaboración propia).....	152
Imagen 18. Algoritmo de comunicación vía UDP entre grasshopper y vvvv (elaboración propia).....	152
Imagen 19. Reactable ( <a href="https://es.wikipedia.org/wiki/Reactable">https://es.wikipedia.org/wiki/Reactable</a> ).....	154
Imagen 20. Webcam y marcadores.....	155
Imagen 21. Fiducials ( <a href="http://reactivision.sourceforge.net/images/reactivision02.png">http://reactivision.sourceforge.net/images/reactivision02.png</a> ). .....	156
Imagen 22. Conectividad Polar Box – Computadora.....	157
Imagen 23. Fiducials - Asignación de color para retroalimentación.....	157
Imagen 24. Interface Gráfica de Usuario - visualización de usuario. ....	158
Imagen 25. Programación de GUI en grasshopper.....	158
Imagen 26. Módulo 3 de instalación - Polar Box.....	159
Imagen 27. Módulo 1 – Trastoller / Módulo 2 – Mapa de exploración / Módulo 3 – Polar Box. ....	160
Imagen 28. Instalación ANIAV 2015.....	160



# Presentación.

En las últimas décadas los avances tecnológicos logrados en áreas como las ciencias computacionales, así como las mejoras e innovaciones en los procesos de producción y su indisoluble relación con el desarrollo de nuevos materiales, han permitido en conjunto crear una nueva gama de posibilidades de producción de objetos. Del mismo modo la globalidad en la que se desenvuelven las actuales prácticas profesionales promueve un flujo incesante de información que se encuentra a disposición sólo de aquellos arriesgados que se permiten una mayor exploración de esta.

Los esquemas colaborativos son más comunes hoy día permitiendo la creación de una plataforma de trabajo en la cual la incorporación de conocimientos de un sin fin de disciplinas convergen en la concreción de proyectos con fines tan diversos como los de las áreas que intervienen en su desarrollo.

Actualmente es difícil concebir la tarea del diseñador, sin que en ella haya cierta implicación tecnológica. Es así como en el campo del diseño, las plataformas tecnológicas han permitido crear no solamente nuevas formas de fabricar y construir los artefactos; sino que al mismo tiempo se ha modificado la manera en cómo se concibe, se representa y se administra el proceso de diseño hasta su posible fabricación. El

trabajo de traducción que se ha desarrollado al interior del presente ecosistema permite que la transferencia de información se dé entre entidades de diversa naturaleza a través del mutuo compartimiento de un lenguaje interpretador el que permite poner al mismo nivel de entendimiento la información para su manejo eficiente en un flujo de trabajo digital.

De esta manera se pone de manifiesto la importancia del estudio, la comprensión y la aplicación del lenguaje en sus diferentes manifestaciones por medio de las herramientas de diseño digital en una práctica de diseño, donde el enfoque holístico del proceso deberá ser el eje conductor de las nuevas propuestas metodológicas que se intenten construir.

# 1. Antecedentes.

## 1.1 Introducción.

Cuando Calder buscaba que Mondrian rompiera su paradigma de que la obra artística debiera ser estática y rígida (Bauman, 2007) tuvo no solamente la visión de proponer cosas nuevas e innovadoras, sino que también tenía los conocimientos de una disciplina ajena a lo que Mondrian dominaba, lo cual le permitía tener una perspectiva diferente de concebir y de hacer las cosas.

De alguna manera las investigaciones tienen su comienzo al momento de ser cuestionado el ¿Por qué? de las cosas, ya sea que el razonamiento gire en torno de un fenómeno físico o bien preguntándose la vigencia de cierto canon bajo el cual se ha formado, son puntos de partida para comenzar a elaborar una investigación, la cual quizás más allá de darnos un racimo de soluciones y respuestas, esta quizá deje entreabierto una puerta en la que puedan surgir más aportaciones al tema tratado.

Es parte sustancial de la presente investigación el dar a conocer como hoy en día la disciplina del diseño ha sido permeada con el conocimiento de otras áreas, entre las cuales encontramos a las ciencias de la computación, con aplicaciones tecnológicas

enfocadas a la fabricación de objetos o bien a algoritmos que permiten la configuración de formas y estructuras que difícilmente podrían generarse a través de un proceso de conceptualización tradicional del diseño.

Del mismo modo se pretende que los diseñadores más allá de un trabajo multidisciplinario, se den la oportunidad de generar un aprendizaje interdisciplinario más profundo de los conocimientos de las ciencias de la computación y su posible incorporación y aplicación a la disciplina del diseño.

Es propio de la tarea del científico-investigador crear nuevo conocimiento, romper con los paradigmas con los que se rige hoy la universalidad de las cosas, promover la crisis del conocimiento que permita el cambio de pensamiento y de percepción de las cosas y aunque la disciplina del diseño no es una ciencia exacta, no deja de tener supuestos y fundamentos teóricos que la regulan en su quehacer, la fundamentan, pero que de alguna manera deben de ser actuales, flexibles respondiendo a una sociedad en constante cambio y de alto dinamismo.

De este modo es que se da pie a una serie de preguntas, las cuales tienen su origen en la epistemología del diseño y que más que cuestionar el origen y fundamentos del diseño, se enfoca de mayor manera a cuestionar la pertinencia y actualidad del quehacer diseñístico<sup>1</sup>. Preguntas como: ¿Cuál ha sido y es en la actualidad el papel de las computadoras en el diseño?, ¿Cómo ha afectado la tecnología en la amplia gama de sus acepciones en el desarrollo de nuevas propuestas de diseño y flujos de trabajo?,

---

<sup>1</sup> *Diseñístico* será considerado a partir de la definición de Real de León, en el que la considera como “el campo de las disciplinas convergentes, es el epicentro continuo del conocimiento y de las acciones transformantes que define y distingue su naturaleza al concebir atmósferas conceptuales que generan estructuras sistémicas cualificantes que son expresadas y comunicadas a través de mapas y algoritmos, paradigmas, coordenadas y directrices, de las condiciones de posibilidad para que las utopías se cumplan” (Real de León, et al., 2014).

¿Cuál es la postura y el papel del diseñador frente al evolutivo panorama tecnológico que afecta la forma y manera en que vive la sociedad actual?, ¿Es necesario promover un cambio de pensamiento en la disciplina del diseño?

Concordando con la idea de Guzik, de que durante los últimos años los avances tecnológicos generados en áreas como lo son las ciencias computacionales, así como las mejoras e innovaciones en los procesos de producción, han permitido en conjunto crear una nueva gama de posibilidades de producción de objetos (Guzik, 2009).

Es de esta manera que las tecnologías predominantes para la manufactura moderna también llamada fabricación digital encuentren su fundamento a partir de códigos y lenguajes computacionales que permiten la comunicación del humano para con la máquina dado comúnmente a través de interfaces físico-virtuales que permiten un entendimiento y comunicación con los artefactos involucrados en dicho proceso de producción.

El diseño computacional, así como la fabricación digital han tenido una enorme influencia en la forma en que se piensa, se diseña y se produce diseño (Gutiérrez de Rueda Gracia, et al., 2012); observando el surgimiento de nuevas metodologías de diseño, las cuales emplean a la computadora no solo como el instrumento tradicional para la representación virtual de proyectos de diseño, sino llevándolo a otro nivel en donde la experimentación formal-estructural se da a partir de la aplicación de lógicas computacionales.

Parte de la labor de la siguiente investigación es la de presentar un escenario de posible intervención enfocado a la actividad diseñística, el cual incorpore en su estructura, los lenguajes, así como el pensamiento computacional sin dejar de lado los aspectos

fundamentales del quehacer de la profesión (Ilustración 1.) Así mismo se pretende establecer el marco referencial que permita reorientar el uso de la computadora.

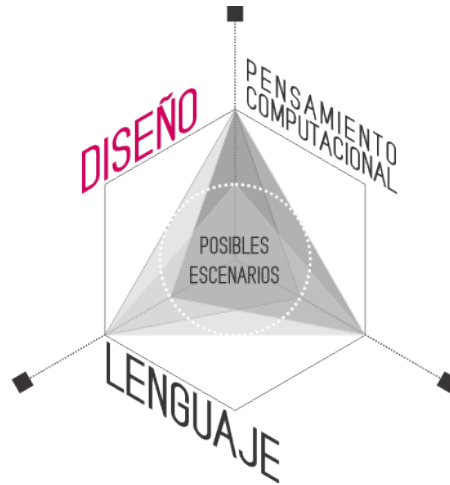


Ilustración 1. Posibles escenarios de aplicación (elaboración propia).

## 1.2 Planteamiento del Problema.

Como diseñador es importante adaptarse a las necesidades cambiantes y exigentes del mundo contemporáneo siendo necesario incorporar conocimientos de disciplinas ajenas al diseño, las cuales por su carácter de exógenas permiten crear propuestas con un alto contenido formal, funcional, sustentable y que promueven una interdisciplinariedad de la práctica profesional.

Históricamente podemos darnos cuenta del patrón que ha dejado ver la tecnología y su participación dentro de una sociedad dada, pues es el dominio que se tenga de ésta el reflejo de su actuar y devenir en la historia. Entenderemos por tecnología y su diferenciación de técnica, en su enfoque cognitivo, como el producto de la aplicación

de la ciencia, la técnica solo comprende experticias que se logran por la actividad empírica, sin ayuda del conocimiento científico (Quintanilla, 2005).

De esta manera establecemos la importancia que tiene la incorporación de conocimientos y saberes propios de disciplinas alternas al área del diseño, los cuales permitan generar nuevos flujos de trabajo a través de la incorporación de metodologías y estrategias propias de las ciencias computacionales para dar solución a necesidades particulares de mercados específicos en el ámbito de diseño propiamente dicho.

## 1.3 Objetivo General.

Conocer e identificar la importancia de la múltiple codificación del lenguaje por medio de su aplicabilidad al campo de conocimiento del diseño, a través del uso de editores visuales de algoritmos que, por su naturaleza se basan en el pensamiento computacional y los cuales pueden ser incorporados en el proceso de concepción, exploración y construcción de productos de diseño, con el fin de establecer un marco referencial de aplicación a diversos escenarios y áreas del conocimiento.

## 1.4 Objetivos Específicos.

1. Presentar la multiplicidad de estratos que componen el proceso de resolución de problemas (abstracción de la realidad), por medio de su abordaje basado en la Teoría General de Sistemas y su indisoluble relación fenomenológica con el ser humano.
2. Mostrar al quehacer del diseño no sólo como un instrumento dedicado a la resolución de problemas concretos, sino a la vez manifestar su importancia en el campo de la comunicación no verbal por medio de los artefactos y cultura material que aporta a la sociedad.
3. Establecer un común denominador en el proceso de percepción, aprendizaje y modificación de realidades, a partir de la propuesta de que el lenguaje en sus múltiples acepciones es la constante que permite traducir y entender la complejidad existente en la resolución de proyectos de diseño.
4. A partir de la noción del funcionamiento y potencial del pensamiento computacional, conocer y aplicar los principios de uso de los editores visuales de algoritmos para la generación de forma en el área del diseño.
5. Colaborar en proyectos tecnocientíficos desde una perspectiva de diseño, por medio del uso y manejo de datos desde ambientes digitales y físicos, comprendiendo la variedad de tecnologías y técnicas para la producción de diseños componenciales.



## 1.5 Hipótesis.

*¿Es importante la incorporación de conocimientos y saberes propios de disciplinas alternas al área del diseño?*

Si se incorporan las bases del pensamiento computacional a través del uso de editores visuales de algoritmos hacia su utilización en los procesos tradicionales de diseño, permitirá potencializar la concepción, exploración y construcción de formas para el diseño, al mismo tiempo que promoverá la creación de ecosistemas colaborativos con otras disciplinas creando flujos de trabajo con una amplia utilización de las herramientas digitales, permitiendo así el abordaje de problemas complejos por medio de la facilidad en el manejo, uso y administración de la información empleada en el proceso de diseño.

## 1.6 Caracterización de la Investigación.

Será una investigación con carácter de aplicable, abarcando por nivel de conocimiento dos connotaciones: a) exploratoria, debido a que se buscará identificar las variables asociadas a la concepción, representación y administración del proceso de diseño por medio del uso de herramientas digitales (editores visuales de algoritmos), b) descriptiva, ya que se hará reseña de cómo el proceso de diseño a través del tiempo ha ido adaptándose y apropiándose de herramientas, estrategias y conocimientos que son provenientes de otras disciplinas y que han tenido un gran impacto en la manera de

configurar artefactos (Diagrama 1). Debido a la naturaleza del proyecto los métodos de obtención de información serán mixtos y cualitativos (documental-bibliografía, y experimental-ejercicios, estudio de casos) proporcionando a la investigación un carácter descriptivo para posteriores investigaciones.

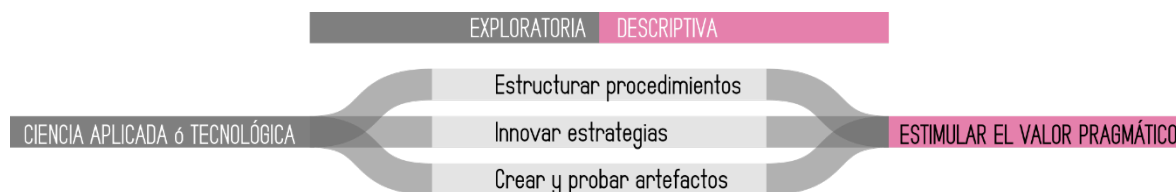


Diagrama 1. Caracterización de la investigación (elaboración propia).

Bunge presenta una de las primeras clasificaciones con respecto a los tipos y métodos de investigación presentándolos en dos grandes grupos: ciencia básica y ciencia aplicada (Bunge, 1980). Para Alvitres la investigación básica, también llamada pura o sustantiva pretende una descripción, explicación o predicción de fenómenos y la investigación aplicada o tecnológica es aquella que procura estructurar procedimientos, innova estrategias, crea y prueba artefactos y estimula su valor pragmático (Alvitres Castillo, 2000). Encontramos también los cuatro criterios establecidos por Hidalgo en (Tam Málaga, et al., 2008), los cuales clasifican las investigaciones de acuerdo con el propósito de la investigación (básica y aplicada), por los medios para la obtención de los datos (documental, de campo y experimental), por el nivel de conocimiento (exploratoria, descriptiva y explicativa) y por la aplicación de la investigación (histórica, descriptiva y experimental).

De igual forma mencionamos dos metodologías distintas: cuantitativa y cualitativa. La primera se mueve dentro de una ciencia nomotética cuyo objetivo es llegar a formular

leyes generales. La segunda se mueve en una ciencia ideográfica, cuyo énfasis está en lo particular e individual (Bisquerra Alzina, 1989).

En el Diagrama 2 se muestra la propuesta del diseño de la investigación donde se puede observar cómo a partir de la *idea* se gesta el proyecto y se da cabida a los momentos de acopio, análisis y síntesis de la información hasta llegar a la etapa de resultados, donde la información recabada en la experimentación nos permitirá contrastar datos y mostrar el panorama futuro del proyecto y temas relacionados.

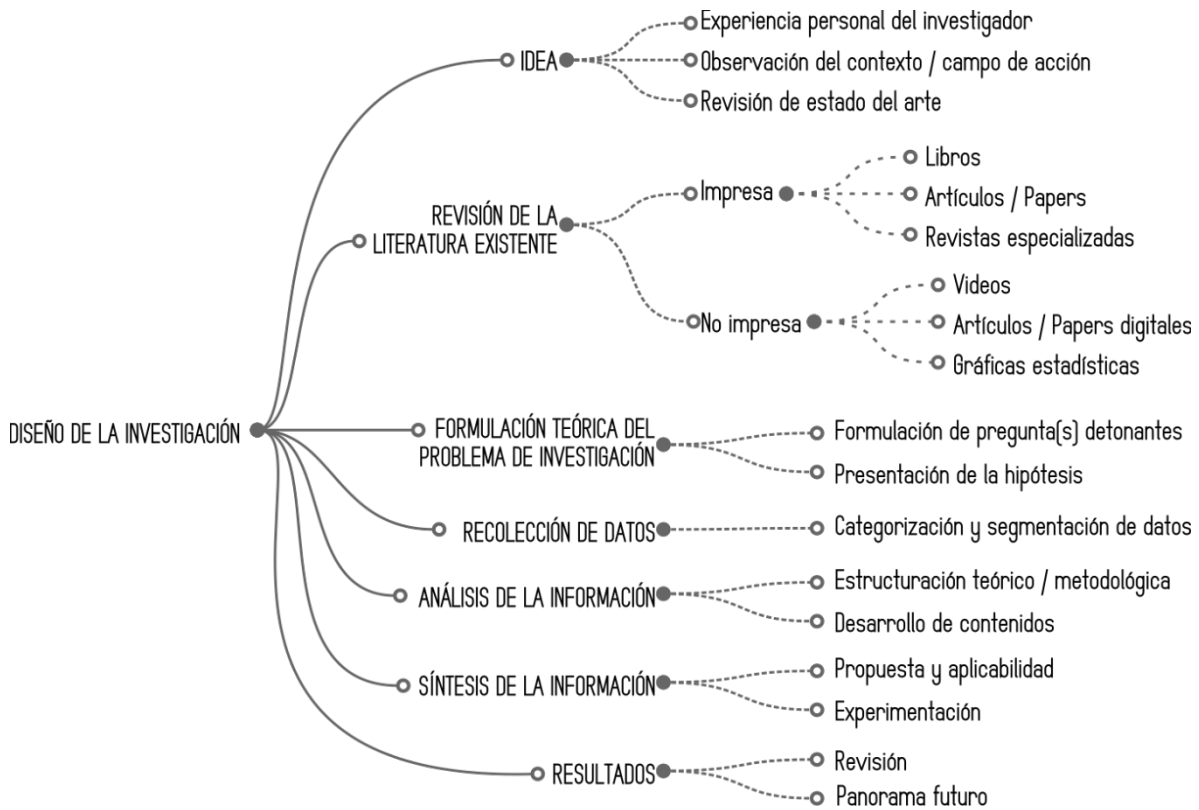


Diagrama 2. Diseño de la Investigación (elaboración propia).

Se presenta como estrategia metodológica de abordaje al proyecto, una primera instancia en la que las inquietudes particulares del investigador dan pauta a la selección y desarrollo de la investigación con base a su experiencia en el área, así como posibles campos de acción por medio de la observación del contexto.

Haciendo una amplia exploración referente al estado del arte circundante al tema, se establecen las teorías globalizantes que darán soporte al proyecto por medio de su desarrollo dentro del marco teórico. Para la presente investigación la Teoría General de Sistemas propondrá el marco referencial necesario que se requiere para la comprensión de las múltiples realidades dispuestas como número de espectadores existan (niveles de complejidad) haciendo énfasis en la propiedad fenomenológica del espectador/agente.

El lenguaje en sus múltiples manifestaciones será el axón que permita establecer de manera propositiva y con una óptica de innovación la sinapsis propuesta, en la que el diseño y pensamiento computacional son los campos de conocimiento que darán soporte a la experimentación, desarrollo de los estudios y estrategias propuestas para la resolución de proyectos de diseño. Es en este punto que los Lenguajes de Programación Visual serán necesarios como medio de traducción y abstracción entre los procesos cognitivos del profesional del diseño y los procesos algorítmicos desarrollados por los profesionales de la programación y el cómputo.

Bajo la consigna de experimentación creativa e innovativa, se expondrán una serie de experimentos que apoyen la propuesta de aplicación del presente proyecto de investigación.

## 1.7 Metodología.

Rolando García habla de los sistemas complejos como la representación de un recorte de la realidad (García, 2006) conceptualizado como una totalidad organizada (de ahí la denominación de sistema), en la cual los elementos no son “separables” y, por lo tanto, no pueden ser estudiados aisladamente. Por lo tanto García propone a la integración disciplinaria como un hecho histórico y una característica del desarrollo científico que no resulta de la voluntad de un grupo de investigación y que no puede constituir, entonces, una pretensión metodológica, a dicha idea él autor le llama interdisciplinarietàad cuya estructura, según el autor están constituidos por elementos heterogéneos en interacción y de allí su denominación de “complejos” lo cual significa que sus subsistemas pertenecen a los dominios materiales de muy diversas disciplinas; obsérvese la complejidad del contexto en el Diagrama 3, donde se muestra como inputs y outputs al agente le permiten ir dilucidando su contexto y complejidad a la vez.

Al presentar la relación epistemológica que se da en el día a día de la existencia del hombre, es importante establecer en este punto que para que el ser humano domine las cosas “domine el conocimiento”, tiene que separar el todo en sus partes ya que al dividir las cosas se pueden abarcar y al abarcarlas se diluye el manto de complejidad con el que se cobijaban, dejando a flor de piel la posibilidad del abordar el conocimiento de una manera más legible y sencilla.

Al comprender los componentes de un todo se crea la posibilidad de estudiar las partes y extraer de ellas el elixir ontológico que conforma al todo, teniendo la posibilidad de emular-representar lo real y así crear nuestra propia realidad.

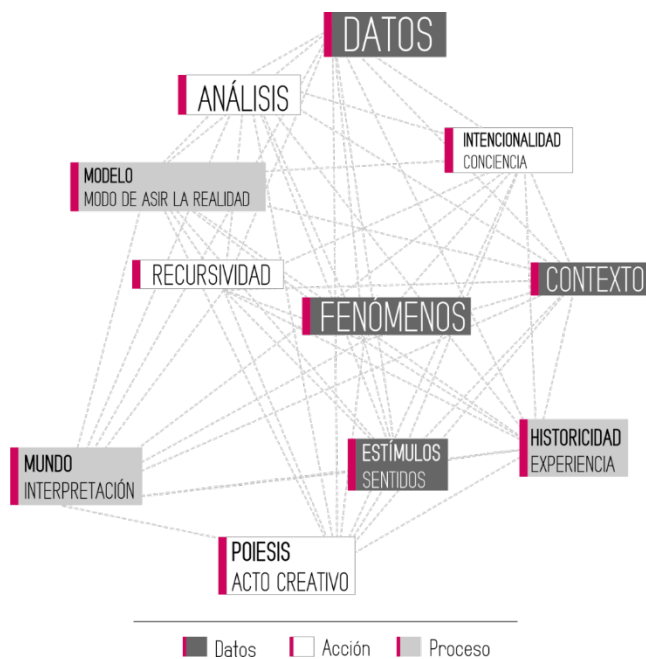


Diagrama 3. Complejidad del Contexto (elaboración propia).

## 1.8 Abordaje Epistemológico.

Podemos hallar una amplia gama de definiciones y conceptos que hablen de lo que la epistemología es y cómo ésta ha sido factor para la construcción de los saberes y conocimientos que hoy disfrutamos en la sociedad. Una razón importante por la que se decide introducirnos a este documento a partir del conocimiento de lo que es la epistemología, es porque a partir de ella surge la inquietud de modificar el statu quo

de la disciplina del diseño en su amplia gama de acepciones con respecto a los saberes y conocimientos que de ella son intrínsecos.

La pregunta fundamental es el ¿Cómo conoce el sujeto? estableciéndolo como proceso, no enfocándose así en ¿Qué es lo que conoce?

“La expresión es lo único que nos permite conocernos unos a otros. Este reconocimiento es la comunicación” (Nicol, 1957). Para Nicol el conocimiento se estructura a partir de cuatro relaciones: la relación epistemológica, relación lógica, relación histórica y la dialógica y que a partir de ellas es como se crea conocimiento, estableciendo de alguna manera que para “crear” hay que tener conocimiento, el cual se genera de determinada manera en la relación que exista entre el ser con lo real y en la manera de discernir dicha información.

Lo anterior comparte semejanza con Habermas que dice que “el mundo de la vida se encuentra relacionado con las actitudes de las personas que manifiestan estabilidad en el tiempo, porque expresan la identificación con grupos en los que el sujeto encuentra conformación, seguridad y sentido” (Habermas, 1987). Las relaciones interpersonales cotidianas constituyen el medio en que las personas desarrollan sus vidas. De lo anterior se puede entender que la epistemología tiene por objeto de estudio el conocimiento que soporta de alguna manera cualquier disciplina en su especificidad, proveyendo así su esencia, alcances y límites en su acepción interna (de dicha disciplina) y externa (su influencia en el contexto social).

Jaramillo hace referencia a autores que afirman que “la epistemología es aquella parte de la ciencia que tiene como objeto (no el único) hacer un recorrido por la historia del sujeto respecto a la construcción del conocimiento científico; es decir, la forma cómo éste ha objetivado, especializado y otorgado un estatus de cientificidad al mismo; pero

a su vez, el reconocimiento que goza este tipo de conocimiento por parte de la comunidad científica. Es aquella epistemología que estudia la génesis de las ciencias; que escudriña cómo el ser humano ha transformado o comprendido su entorno por la vía de métodos experimentales o hermenéuticos en el deseo o necesidad de explicar fenómenos en sus causas y en sus esencias” (Jaramillo Echeverri, 2003).

Hay que ver la epistemología en cierto modo como lo hace Kuhn, no como un sistema dogmático conformado por leyes inmutables e impuestas; sino que más bien, como ese trasegar por el conocimiento científico que se mueve en el imaginario de la época; las reflexiones sobre el mismo, y el quebranto o “crisis” de las normas que sustentan un paradigma en particular propio de una comunidad científica (Kuhn, 2001).

Podría decirse que la epistemología, es en cierta medida la postura y punto de vista con el cual uno se relaciona con las cosas, con los fenómenos naturales y sociales. Las corrientes y sistemas de pensamiento podemos establecerlas de igual manera como formas de ver el mundo. La epistemología no es meramente un proceso de observación, sino una participación dinámica en el hecho o fenómeno estudiado (Ricci, 1999).

Es de esta manera que uno como investigador, debe darse cuenta (pensar y reflexionar) del alcance de las observaciones propias en un mundo que se está viendo como objetivo desde una visión subjetiva, que se objetiva a su vez con nuestras verificaciones y comprensiones.

En palabras de Jaramillo, un “mirar epistemológico es poseer conciencia histórica y reflexiva de un mundo que me observa, me rodea y me absorbe por más que quiera objetivarlo desde mis propios argumentos racionales; es una epistemología donde se alberga el ser y quehacer de mi disciplina específica rodeada de otras tantas que la pueden complementar (transdisciplinarietà). De lo que se trata entonces, es de tener



presente como modifico el mundo, pero también, como soy modificado por él en el ciclo de mi espacio vital” ([Jaramillo Echeverri, 2003](#)).

Establecemos así que la epistemología es una práctica continua y móvil de un mundo dinámico donde el científico/investigador/diseñador se encarga de alterar el estado estacionario que sustenta la ciencia en su generalidad, pero en especial, aquellas de su saber disciplinar.

De esta manera, la misión del epistemólogo entonces es estar en constante movimiento crítico - reflexivo, para que así tienda a formar nuevamente leyes fijas e inmutables, las cuales, a su vez, debe volver a desenterrar y poner a consideración de los otros; para que estos movidos por una actitud constructiva y en otros casos destructiva permita nuevamente generar una crisis de los cánones establecidos para que estos nuevamente sean puestos en escena de discusión.

Aquí se manifiesta la inquietud por cuestionar lo establecido, lo canónico dentro de la disciplina del diseño, así haciendo alusión a Bauman, en el sentido de que hoy la modernidad se encuentra caracterizada como tiempos líquidos, puesto que la modernidad como la conocíamos - sólida, estable, repetitiva - ha transitado a un estado - líquido, flexible y voluble -, en donde las estructuras sociales ya no perduran el tiempo necesario para solidificarse y no sirven como marcos de referencia para la acción humana ([Bauman, 2013](#)).

No obstante, aunque se viva en un mundo constantemente cambiante y evolutivo, se debe de considerar siempre que el pensar reflexivo debe ser parte de una mirada epistemológica, de nuestros progresos científicos al tratar de comprender o explicar un fenómeno natural, cultural o social. La epistemología debe de ser capaz de reaccionar

frente a los adelantos científicos que el sujeto se niega a aceptar ciegamente y sin ningún juicio.

Para Maffesoli “lo producido como científico por el que hace ciencia, debe ser continuamente depurado en procesos subjetivos e intersubjetivos de reflexión como fuente de respiración, expiración-inspiración que lleva consigo gérmenes fecundantes de una animación capaz de resistir a largo término, la pesadez mortífera que tiende a la esclerosis....un viento así, es la metáfora por excelencia de la circulación sin freno” (Maffesoli, 1999).

Es importante aclarar que el conocimiento epistemológico tiene lugar en la interacción con el otro, dicho de otra manera, es producto de una reflexión compartida; las diferencias, concordancias y cuestionamientos del otro, promueven a la reflexión interna y colectiva, de los individuos y grupos para así llegar a acuerdos que se convierten en los estacionarios teóricos que por su naturaleza deben de encontrarse sujetos a una inmutable e inescapable crisis.

## 1.9 Marco Teórico.

### 1.9.1 Sistemas Complejos.

Etimológicamente la palabra complejo tiene como raíz la expresión “plexus” que significa entrelazamiento, que engendra complexus, es decir, enredo, conexión, conflagración, apretón y perplexus (embrollo). Le Moigne en (Tarride, 1995).

La manera en que se asimila la realidad siempre va a depender de los ojos con que se miren los fenómenos que en ella suceden. Las herramientas y estrategias con las que se cuenten para hacer una distinción, categorización y segregación de los elementos que integran el fenómeno o problema en cuestión, ayudan a crear la totalidad relativa al sujeto que realiza el estudio (Diagrama 4.).

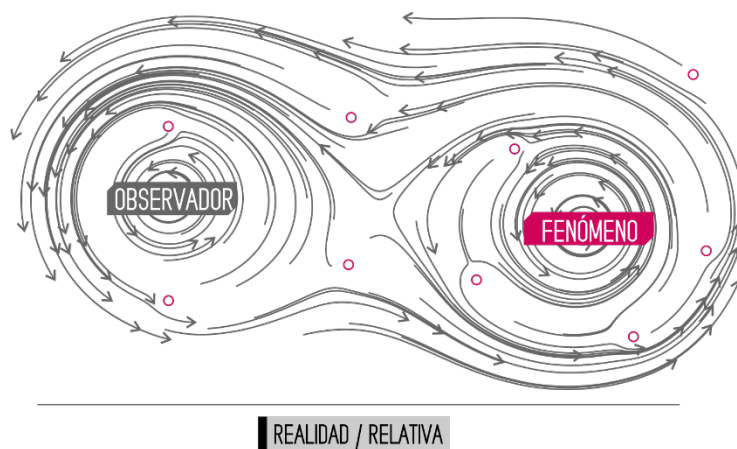


Diagrama 4. Relación Observador – Fenómeno – Realidad Relativa (elaboración propia).

Las diversas maneras de identificar y relacionar los elementos de conformación de un fenómeno se encuentran supeditadas principalmente al abanico teórico-metodológico que tenga el agente (teorías, métodos, experiencia y herramientas) para abordar los problemas. En palabras de Vallé: “la complejidad de un mismo objeto es relativa al sujeto con el cual él está en interacción, y a las capacidades de conocimiento y de acción de ese sujeto; en consecuencia, la complejidad aparece como relación” (Vallée, 1990) representación en Diagrama 5.

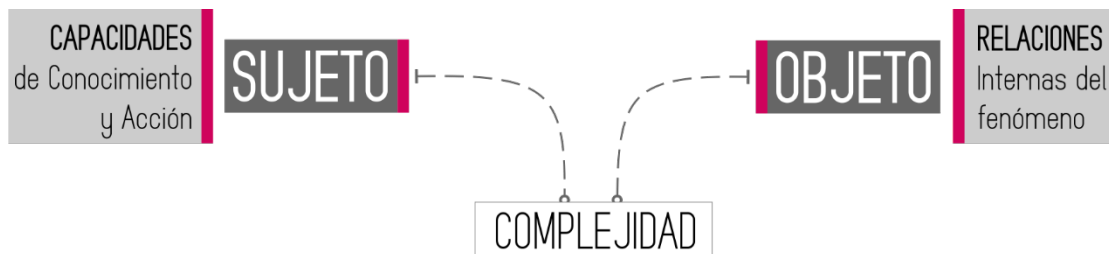


Diagrama 5. La Complejidad como objeto Emergente (elaboración propia).

De lo anterior se considera a la teoría de los sistemas complejos o teoría de la complejidad como el enfoque global en la presente investigación, para el abordaje de los fenómenos que se encuentran íntimamente relacionados con el quehacer del diseñador dentro de cualquier campo de aplicabilidad en el que desee actuar.

Coincidimos con Vallée en que la complejidad se encuentra asociada a la relación que se establece entre sujeto y objeto de interacción con él; de esta relación emerge el carácter de complejo que el sujeto resiente y que él atribuye al objeto (Vallée, 1990). Dentro de esta relación de complejidad no podemos apartar la vista de que el objeto de estudio tiene por naturaleza propia niveles de interacción locales (micro) que son los propios e intrínsecos del objeto, así como las relaciones y manifestaciones presentadas hacia el exterior (macro) mismos que se tienen que contemplar desde el enfoque de complejidad.

La noción de ciencias de la complejidad ha emergido en los últimos años en parte como una síntesis de algunas disciplinas tradicionales como la biología, la física y las matemáticas. Los sistemas complejos (por ejemplo, los seres vivos, el cerebro y los sistemas sociales) de los que se ocupan no se encuentran dentro de los confines de una sola disciplina tradicional, sino que para su estudio requieren del conocimiento y las técnicas de varias disciplinas (Ruiz, 2002).

La concepción de sistemas complejos<sup>2</sup> a partir de García pone de manifiesto la relación entre el objeto de estudio y las disciplinas a partir de las cuales realiza el estudio; se muestra el carácter multidisciplinario en el Diagrama 6. En esta relación, la complejidad está asociada con la imposibilidad de considerar aspectos particulares de un fenómeno, proceso o situación a partir de una disciplina específica (García, 2006).

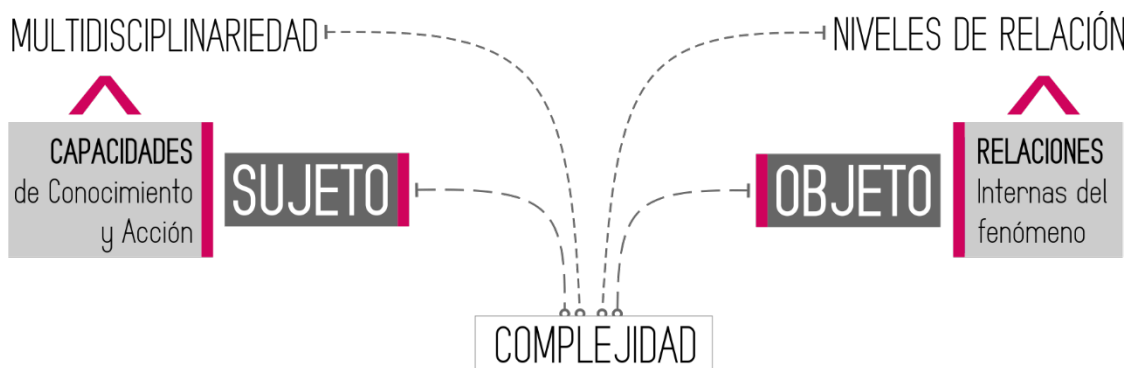


Diagrama 6. Multidisciplinariedad como estrategia Holística (elaboración propia).

Una característica importante que hay que considerar en el uso de la teoría de los sistemas complejos a partir de sus fundamentos teóricos, es el hecho de que como considera a los organismos vivos en términos de su complejidad, enfatiza desde el comienzo su autodeterminación y autoorganización, así como lo abierto y plástico de los caminos de su evolución y desarrollo, propiedad que denominaremos emergencia.

La propiedad de emergencia de un sistema complejo proporciona la posibilidad de un cambio de pensamiento en la sociedad, en el cual ya no se acepta una realidad única

<sup>2</sup> Un sistema complejo es una representación de un recorte de esa realidad, conceptualizado como una totalidad organizada (de ahí la denominación de sistema), en la cual los elementos no son "separables" y, por tanto, no pueden ser estudiados aisladamente (García, 2006).

independiente del observador, más bien se establece la existencia de tantas realidades como modos de vivir surgen en cada ser.

Así como el enfoque de complejidad nos permitirá observar el todo como más que la suma de sus partes, la Teoría General de Sistemas (TGS) será el instrumento que permita presentar de forma sistemática y científica la aproximación y representación de la realidad. La TGS por su caracterización holística e integradora permitirá de manera ordenada abordar objetos de estudio en el que el involucramiento de diversas áreas del conocimiento es necesario para la definición y caracterización de los fenómenos.

Es a partir de la complejidad que se identificarán las variables involucradas en los fenómenos de estudio, para que así la teoría general de sistemas nos permita identificar las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas emergen, puesto que su principio clave se desprende de igual forma a partir de la noción de totalidad orgánica, mientras que otros paradigmas se fundamentan en una imagen inorgánica del mundo ([Cathalifaud & Osorio, 1998](#)).

### **1.9.2 Definiciones nominales en los Sistemas Generales.**

Con base a Cathalifaud y Osorio (1998) se considerará el abordaje de los objetos de estudio a partir del conocimiento y designación de que es un Sistema. Siempre que se habla de sistemas se tiene en vista una totalidad cuyas propiedades no son atribuibles a la simple adición de las propiedades de sus partes o componentes.

En las definiciones más corrientes se identifican los sistemas como conjuntos de elementos que guardan estrechas relaciones entre sí, que mantienen al sistema directo o indirectamente unido de modo más o menos estable y cuyo comportamiento global persigue, normalmente, algún tipo de objetivo (teleología (Cathalifaud & Osorio, 1998)).

Así como lo presentan Cathalifaud y Osorio, las definiciones tradicionales de sistemas se concentran fuertemente en procesos sistémicos internos, los cuales deben de ser complementados con la concepción de sistemas abiertos, en donde queda establecida como condición para la continuidad sistémica el establecimiento de un flujo de relaciones con el ambiente. De esta manera se establecen dos grupos de estrategias para la investigación de sistemas generales:

- a) Las perspectivas de sistemas en donde las distinciones conceptuales se concentran en una relación entre el todo (sistema) y sus partes (elementos).
- b) Las perspectivas de sistemas en donde las distinciones conceptuales se concentran en los procesos de frontera (sistema/ambiente).

En el primer caso, la cualidad esencial de un sistema está dada por la interdependencia de las partes que lo integran y el orden que subyace a tal interdependencia. En el segundo, lo central son las corrientes de entradas y de salidas mediante las cuales se establece una relación entre el sistema y su ambiente. Ambos enfoques son ciertamente complementarios.

Cathalifaud y Osorio establecen que los sistemas pueden clasificarse de las siguientes maneras:

- a. Según su entitividad los sistemas pueden ser agrupados en reales, ideales y modelos. Mientras los primeros presumen una existencia independiente del observador

(quien los puede descubrir), los segundos son construcciones simbólicas, como el caso de la lógica y las matemáticas, mientras que el tercer tipo corresponde a abstracciones de la realidad, en donde se combina lo conceptual con las características de los objetos.

b. Con relación a su origen los sistemas pueden ser naturales o artificiales, distinción que apunta a destacar la dependencia o no en su estructuración por parte de otros sistemas.

c. Con relación al ambiente o grado de aislamiento los sistemas pueden ser cerrados o abiertos, según el tipo de intercambio que establecen con sus ambientes. Como se sabe, en este punto se han producido importantes innovaciones en la TGS (observación de segundo orden), tales como las nociones que se refieren a procesos que aluden a estructuras disipativas, auto referencialidad, auto observación, auto descripción, auto organización, reflexión y autopoiesis ([Arnold Cathalifaud & Rodríguez Mansilla, 1991](#)).

Bertalanffy reconoce que la teoría de sistemas comprende un conjunto de enfoques que difieren en estilo y propósito, entre las cuales se encuentra la teoría de conjuntos (Mesarovic), teoría de las redes (Rapoport), cibernética (Wiener), teoría de la información (Shannon y Weaver), teoría de los autómatas (Turing), teoría de los juegos (von Neumann), entre otras. Por eso, la práctica del análisis aplicado de sistemas tiene que aplicar diversos modelos, de acuerdo con la naturaleza del caso y con criterios operacionales, aun cuando algunos conceptos, modelos y principios de la TGS – como el orden jerárquico, la diferenciación progresiva, la retroalimentación, etc. – son aplicables a grandes rasgos a sistemas materiales, psicológicos y socioculturales ([von Bertalanffy, 1976](#)).



A continuación, se mencionarán los principales elementos que integran a la TGS y sus definiciones; mismas que servirán de brújula en su distinción, abordaje y síntesis a la hora de trabajar los objetos de estudio.

#### AMBIENTE.

Se refiere al área de sucesos y condiciones que influyen sobre el comportamiento de un sistema. En lo que a complejidad se refiere, nunca un sistema puede igualarse con el ambiente y seguir conservando su identidad como sistema. La única posibilidad de relación entre un sistema y su ambiente implica que el primero debe absorber selectivamente aspectos de éste. Sin embargo, esta estrategia tiene la desventaja de especializar la selectividad del sistema respecto a su ambiente, lo que disminuye su capacidad de reacción frente a los cambios externos. Esto último incide directamente en la aparición o desaparición de sistemas abiertos.

#### ATRIBUTO.

Se entiende por atributo las características y propiedades estructurales o funcionales que caracterizan las partes o componentes de un sistema.

#### CIBERNETICA.

Se trata de un campo interdisciplinario que intenta abarcar el ámbito de los procesos de control y de comunicación (retroalimentación) tanto en máquinas como en seres vivos. El concepto es tomado del griego kibernetes que nos refiere a la acción de timonear una goleta ([Wiener, 1979](#)).

## CIRCULARIDAD.

Concepto cibernético que nos refiere a los procesos de auto causación. Cuando A causa B y B causa C, pero C causa A, luego A en lo esencial es auto causado (retroalimentación, morfostásis, morfogénesis).

## COMPLEJIDAD.

Por un lado, indica la cantidad de elementos de un sistema (complejidad cuantitativa) y, por el otro, sus potenciales interacciones (conectividad) y el número de estados posibles que se producen a través de éstos (variedad, variabilidad). La complejidad sistémica está en directa proporción con su variedad y variabilidad, por lo tanto, es siempre una medida comparativa. Una versión más sofisticada de la TGS se funda en las nociones de diferencia de complejidad y variedad. Estos fenómenos han sido trabajados por la cibernética y están asociados a los postulados de R. Ashby (1984) ([von Bertalanffy, 1976](#)), en donde se sugiere que el número de estados posibles que puede alcanzar el ambiente es prácticamente infinito. Según esto, no habría sistema capaz de igualar tal variedad, puesto que si así fuera la identidad de ese sistema se diluiría en el ambiente.

## CONGLOMERADO.

Cuando la suma de las partes, componentes y atributos en un conjunto es igual al todo, estamos en presencia de una totalidad desprovista de sinergia, es decir, de un conglomerado ([Johannsen Bertoglio, 2004](#)).

## ELEMENTO.

Se entiende por elemento de un sistema las partes o componentes que lo constituyen. Estas pueden referirse a objetos o procesos. Una vez identificados los elementos pueden ser organizados en un modelo.

## ENERGIA.

La energía que se incorpora a los sistemas se comporta según la ley de la conservación de la energía, lo que quiere decir que la cantidad de energía que permanece en un sistema es igual a la suma de la energía importada menos la suma de la energía exportada (entropía, negentropía).

## ENTROPIA.

El segundo principio de la termodinámica establece el crecimiento de la entropía, es decir, la máxima probabilidad de los sistemas es su progresiva desorganización y, finalmente, su homogeneización con el ambiente. Los sistemas cerrados están irremediablemente condenados a la desorganización. No obstante, hay sistemas que, al menos temporalmente, revierten esta tendencia al aumentar sus estados de organización (negentropía, información).

## EQUIFINALIDAD.

Se refiere al hecho que un sistema vivo a partir de distintas condiciones iniciales y por distintos caminos llega a un mismo estado final. El fin se refiere a la mantención de un estado de equilibrio fluyente. “Puede alcanzarse el mismo estado final, la misma meta, partiendo de diferentes condiciones iniciales y siguiendo distintos itinerarios en los procesos orgánicos” (von Bertalanffy, 1976). El proceso inverso se denomina

multifinalidad, es decir, “condiciones iniciales similares pueden llevar a estados finales diferentes” (Buckley, 1973).

### EQUILIBRIO.

Los estados de equilibrios sistémicos pueden ser alcanzados en los sistemas abiertos por diversos caminos, esto se denomina equifinalidad y multifinalidad. La mantención del equilibrio en sistemas abiertos implica necesariamente la importación de recursos provenientes del ambiente. Estos recursos pueden consistir en flujos energéticos, materiales o informativos.

### EMERGENCIA.

Este concepto se refiere a que la descomposición de sistemas en unidades menores avanza hasta el límite en el que surge un nuevo nivel de emergencia correspondiente a otro sistema cualitativamente diferente. E. Morin (Arnold Cathalifaud, 1989) señaló que la emergencia de un sistema indica la posesión de cualidades y atributos que no se sustentan en las partes aisladas y que, por otro lado, los elementos o partes de un sistema actualizan propiedades y cualidades que sólo son posibles en el contexto de un sistema dado. Esto significa que las propiedades inmanentes de los componentes sistémicos no pueden aclarar su emergencia.

### ESTRUCTURA.

Las interrelaciones más o menos estables entre las partes o componentes de un sistema, que pueden ser verificadas (identificadas) en un momento dado, constituyen la estructura del sistema. Según (Buckley, 1973) las clases particulares de interrelaciones más o menos estables de los componentes que se verifican en un momento dado constituyen la estructura particular del sistema en ese momento, alcanzando de tal

modo una suerte de “totalidad” dotada de cierto grado de continuidad y de limitación. En algunos casos es preferible distinguir entre una estructura primaria (referida a las relaciones internas) y una hiperestructura (referida a las relaciones externas).

#### FRONTERA.

Los sistemas consisten en totalidades y, por lo tanto, son indivisibles como sistemas (sinergia). Poseen partes y componentes (subsistema), pero estos son otras totalidades (emergencia). En algunos sistemas sus fronteras o límites coinciden con discontinuidades estructurales entre estos y sus ambientes, pero corrientemente la demarcación de los límites sistémicos queda en manos de un observador (modelo). En términos operacionales puede decirse que la frontera del sistema es aquella línea que separa al sistema de su entorno y que define lo que le pertenece y lo que queda fuera de él (Johansen Bertoglio, 1975).

#### FUNCIÓN.

Se denomina función al output de un sistema que está dirigido a la mantención del sistema mayor en el que se encuentra inscrito.

#### HOMEOSTASIS.

Este concepto está especialmente referido a los organismos vivos en tanto sistemas adaptables. Los procesos homeostáticos operan ante variaciones de las condiciones del ambiente, corresponden a las compensaciones internas al sistema que sustituyen, bloquean o complementan estos cambios con el objeto de mantener invariante la estructura sistémica, es decir, hacia la conservación de su forma. La mantención de formas dinámicas o trayectorias se denomina homeorrosis (sistemas cibernéticos).

## INFORMACIÓN.

La información tiene un comportamiento distinto al de la energía, pues su comunicación no elimina la información del emisor o fuente. En términos formales “la cantidad de información que permanece en el sistema (...) es igual a la información que existe más la que entra, es decir, hay una agregación neta en la entrada y la salida no elimina la información del sistema” (Johansen Bertoglio, 1975). La información es la más importante corriente negentrópica de que disponen los sistemas complejos.

## INPUT / OUTPUT (modelo de).

Los conceptos de input y output nos aproximan instrumentalmente al problema de las fronteras y límites en sistemas abiertos. Se dice que los sistemas que operan bajo esta modalidad son procesadores de entradas y elaboradores de salidas.

## INPUT.

Todo sistema abierto requiere de recursos de su ambiente. Se denomina input a la importación de los recursos (energía, materia, información) que se requieren para dar inicio al ciclo de actividades del sistema.

## OUTPUT.

Se denomina así a las corrientes de salidas de un sistema. Los outputs pueden diferenciarse según su destino en servicios, funciones y retroinputs.

## ORGANIZACIÓN.

N. Wiener planteó que la organización debía concebirse como “una interdependencia de las distintas partes organizadas, pero una interdependencia que tiene grados. Ciertas interdependencias internas deben ser más importantes que otras, lo cual equivale a

decir que la interdependencia interna no es completa” (Buckley, 1973). Por lo cual la organización sistémica se refiere al patrón de relaciones que definen los estados posibles (variabilidad) para un sistema determinado.

#### MODELO.

Los modelos son constructos diseñados por un observador que persigue identificar y mensurar relaciones sistémicas complejas. Todo sistema real tiene la posibilidad de ser representado en más de un modelo. La decisión, en este punto, depende tanto de los objetivos del modelador como de su capacidad para distinguir las relaciones relevantes con relación a tales objetivos. La esencia de la modelística sistémica es la simplificación. El metamodelo sistémico más conocido es el esquema input-output.

#### MORFOGENESIS.

Los sistemas complejos (humanos, sociales y culturales) se caracterizan por sus capacidades para elaborar o modificar sus formas con el objeto de conservarse viables (retroalimentación positiva). Se trata de procesos que apuntan al desarrollo, crecimiento o cambio en la forma, estructura y estado del sistema. Ejemplo de ello son los procesos de diferenciación, la especialización, el aprendizaje y otros. En términos cibernéticos, los procesos causales mutuos (circularidad) que aumentan la desviación son denominados morfogenéticos. Estos procesos activan y potencian la posibilidad de adaptación de los sistemas a ambientes en cambio.

#### MORFOSTASIS.

Son los procesos de intercambio con el ambiente que tienden a preservar o mantener una forma, una organización o un estado dado de un sistema (equilibrio, homeostasis, retroalimentación negativa). Procesos de este tipo son característicos de los sistemas

vivos. En una perspectiva cibernética, la morfostasis nos remite a los procesos causales mutuos que reducen o controlan las desviaciones.

#### NEGENTROPIA.

Los sistemas vivos son capaces de conservar estados de organización improbables (entropía). Este fenómeno aparentemente contradictorio se explica porque los sistemas abiertos pueden importar energía extra para mantener sus estados estables de organización e incluso desarrollar niveles más altos de improbabilidad. La negentropía, entonces, se refiere a la energía que el sistema importa del ambiente para mantener su organización y sobrevivir ([Johansen Bertoglio, 1975](#)).

#### OBSERVACIÓN (de segundo orden).

Se refiere a la nueva cibernética que incorpora como fundamento el problema de la observación de sistemas de observadores: se pasa de la observación de sistemas a la observación de sistemas de observadores.

#### RECURSIVIDAD.

Proceso que hace referencia a la introducción de los resultados de las operaciones de un sistema en él mismo (retroalimentación).

#### RELACIÓN.

Las relaciones internas y externas de los sistemas han tomado diversas denominaciones. Entre otras: efectos recíprocos, interrelaciones, organización, comunicaciones, flujos, prestaciones, asociaciones, intercambios, interdependencias, coherencias, etcétera. Las relaciones entre los elementos de un sistema y su ambiente son de vital importancia para la comprensión del comportamiento de sistemas vivos. Las relaciones pueden ser



recíprocas (circularidad) o unidireccionales. Presentadas en un momento del sistema, las relaciones pueden ser observadas como una red estructurada bajo el esquema input/output.

## RETROALIMENTACIÓN.

Son los procesos mediante los cuales un sistema abierto recoge información sobre los efectos de sus decisiones internas en el medio, información que actúa sobre las decisiones (acciones) sucesivas. La retroalimentación puede ser negativa (cuando prima el control) o positiva (cuando prima la amplificación de las desviaciones). Mediante los mecanismos de retroalimentación, los sistemas regulan sus comportamientos de acuerdo con sus efectos reales y no a programas de outputs fijos. En los sistemas complejos están combinados ambos tipos de corrientes (circularidad, homeostasis).

Retroalimentación negativa. Este concepto está asociado a los procesos de autorregulación u homeostáticos. Los sistemas con retroalimentación negativa se caracterizan por la mantención de determinados objetivos. En los sistemas mecánicos los objetivos quedan instalados por un sistema externo (el hombre u otra máquina).

Retroalimentación positiva. Indica una cadena cerrada de relaciones causales en donde la variación de uno de sus componentes se propaga en otros componentes del sistema, reforzando la variación inicial y propiciando un comportamiento sistémico caracterizado por un autorreforzamiento de las variaciones (circularidad, morfogénesis). La retroalimentación positiva está asociada a los fenómenos de crecimiento y diferenciación. Cuando se mantiene un sistema y se modifican sus metas/fines nos encontramos ante un caso de retroalimentación positiva. En estos casos se aplica la relación desviación-amplificación (Maruyama, 1963).

## RETROINPUT.

Se refiere a las salidas del sistema que van dirigidas al mismo sistema (retroalimentación). En los sistemas humanos y sociales éstos corresponden a los procesos de autorreflexión.

## SERVICIO.

Son los outputs de un sistema que van a servir de inputs a otros sistemas o subsistemas equivalentes.

## SINERGIA.

Todo sistema es sinérgico en tanto el examen de sus partes en forma aislada no puede explicar o predecir su comportamiento. La sinergia es, en consecuencia, un fenómeno que surge de las interacciones entre las partes o componentes de un sistema (conglomerado). Este concepto responde al postulado aristotélico que dice que “el todo no es igual a la suma de sus partes”. La totalidad es la conservación del todo en la acción recíproca de las partes componentes (teleología). En términos menos esencialistas, podría señalarse que la sinergia es la propiedad común a todas aquellas cosas que observamos como sistemas.

## SISTEMAS (dinámica de).

Comprende una metodología para la construcción de modelos de sistemas sociales, que establece procedimientos y técnicas para el uso de lenguajes formalizados, considerando en esta clase a sistemas socioeconómicos, sociológicos y psicológicos, pudiendo aplicarse también sus técnicas a sistemas ecológicos. Esta tiene los siguientes pasos:

a) Observación del comportamiento de un sistema real, b) identificación de los componentes y procesos fundamentales del mismo, c) identificación de las estructuras de retroalimentación que permiten explicar su comportamiento, d) construcción de un modelo formalizado sobre la base de la cuantificación de los atributos y sus relaciones, e) introducción del modelo en un computador y f) trabajo del modelo como modelo de simulación (Forrester, 1968).

### SISTEMAS ABIERTOS.

Se trata de sistemas que importan y procesan elementos (energía, materia, información) de sus ambientes y esta es una característica propia de todos los sistemas vivos. Que un sistema sea abierto significa que establece intercambios permanentes con su ambiente, intercambios que determinan su equilibrio, capacidad reproductiva o continuidad, es decir, su viabilidad (entropía negativa, teleología, morfogénesis, equifinalidad).

### SISTEMAS CERRADOS.

Un sistema es cerrado cuando ningún elemento de afuera entra y ninguno sale del sistema. Estos alcanzan su estado máximo de equilibrio al igualarse con el medio (entropía, equilibrio). En ocasiones el término sistema cerrado es también aplicado a sistemas que se comportan de una manera fija, rítmica o sin variaciones, como sería el caso de los circuitos cerrados.

### SISTEMAS CIBERNETICOS.

Son aquellos que disponen de dispositivos internos de auto comando (autorregulación) que reaccionan ante informaciones de cambios en el ambiente, elaborando respuestas

variables que contribuyen al cumplimiento de los fines instalados en el sistema (retroalimentación, homeorrosis).

#### SISTEMAS TRIVIALES.

Son sistemas con comportamientos altamente predecibles. Responden con un mismo output cuando reciben el input correspondiente, es decir, no modifican su comportamiento con la experiencia.

#### SUBSISTEMA.

Se entiende por subsistemas a conjuntos de elementos y relaciones que responden a estructuras y funciones especializadas dentro de un sistema mayor. En términos generales, los subsistemas tienen las mismas propiedades que los sistemas (sinergia) y su delimitación es relativa a la posición del observador de sistemas y al modelo que tenga de éstos. Desde este ángulo se puede hablar de subsistemas, sistemas o supersistemas, en tanto éstos posean las características sistémicas (sinergia).

#### TELEOLOGIA.

Este concepto expresa un modo de explicación basado en causas finales. Aristóteles y los Escolásticos son considerados como teleológicos en oposición a las causalistas o mecanicistas.

#### VARIABILIDAD.

Indica el máximo de relaciones (hipotéticamente) posibles ( $n!$ ).

#### VARIEDAD.

Comprende el número de elementos discretos en un sistema ( $v$  = cantidad de elementos).

## VIABILIDAD.

Indica una medida de la capacidad de sobrevivencia y adaptación (morfofostásis, morfogénesis) de un sistema a un medio en cambio.

Se establece en este punto un modelo representativo (Diagrama 7.) de los principales conceptos mostrados con anterioridad, manifestando la complejidad natural de las relaciones internas y externas de los sistemas, pretendiendo de antemano sea más un referente gráfico a un esquema metodológico.

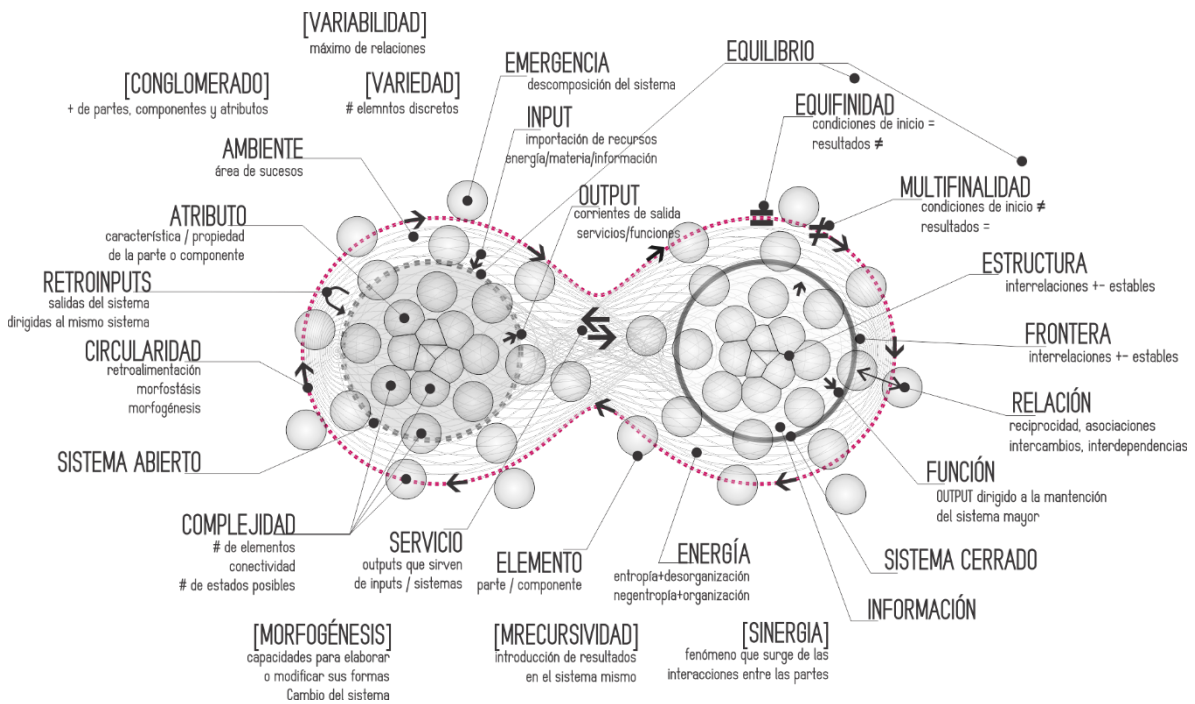


Diagrama 7. Conceptos de la TGS (elaboración propia).

### 1.9.3 Enfoque Fenomenológico.

Hablar de la presencia del ser humano, como ser que crea, transforma, expresa, construye, respira; es hablar de toda una serie de fenómenos y situaciones que tuvieron que darse y que continúan ejecutándose para que el hombre mutara y se definiera en lo que hoy todos conocemos como hombre moderno. William Stanley Jevons decía que “El progreso depende de la incorporación de nuevos conocimientos, nuevas técnicas o nuevos dispositivos, pero también de la depuración constante de errores, falsas concepciones, arcaicas supersticiones, prácticas viciosas” (Cerejido, 2009).

Una de las principales incógnitas hasta este momento, es quizás la de ¿Cómo aprende el hombre?, ¿Cómo asimila la información de su entorno? ¿Cómo a partir de los datos que obtienen del contexto puede abstraerlos y aplicarlos a las necesidades cotidianas?

Según la perspectiva de Edmund Husserl, la fenomenología o también llamada ciencia de los fenómenos, la concibe como la ciencia fundamental de la filosofía la cual se refiere a todos los tipos de fenómenos en todas las significaciones posibles: sociales, culturales, físicas, pero con una actitud distinta, “la cual modifica en determinada forma todos los sentidos del término fenómeno con que nos encontramos en las ciencias que nos son familiares. Sólo en cuanto modificado de esta suerte entra el fenómeno en la esfera fenoménica” (Husserl, 1949). En la terminología Husserliana, lo inmanente es la esfera de lo dado evidentemente, de lo dado en intuición adecuada, mientras que lo trascendente es determinado negativamente como el ámbito de lo no inmanente (Crespo Sesmero, 2011).

Morin establece que:

Los procesos cognitivos son a la vez productores y productos de la actividad hipercompleja de un aparato que computa/cogita de manera a la vez informacional/representacional/ideal, digital/analógica, cuantitativa/cualitativa, lógica/alógica, precisa/imprecisa, analítica/sintética, clasificante/desclasificante, formalista/concreta, imaginativa/verificadora, racional/mitológica, Todos estos procesos tienden a construir traducciones perceptivas, discursivas o teóricas de los eventos, fenómenos, objetos, articulaciones, estructuras, leyes del mundo exterior (Reynoso, 2009).

El hombre al enfrentarse al medio ambiente y las situaciones cotidianas que vive en él se ve inmerso en una serie de acontecimientos que para su entendimiento decide fragmentarlos, ya que le resulta más comprensible observar y analizar parte de un todo que la totalidad entera. Para Morales, una de las formas de abordar la totalidad es la parcelación de esta, la totalidad llega a percibirse como compleja y lo complejo no es conocible (Morales, 1999). Hay diversos autores que abordan la totalidad desde diversas perspectivas, de tal modo que han llegado a plantear esquemas teóricos para su entendimiento, podemos mencionar a Mandelbrot con sus estudios sobre fractales, Edward Lorenz abarca la totalidad desde los estudios del Caos, para Eisenman es el Scalling el medio de descomponer la totalidad.

## 2. Lenguaje

### 2.1 Evolución del lenguaje.

Es probable que los cambios más importantes que generará la creación del alfabeto se dieran en la transformación de las categorías mentales, en la manera en que los humanos piensan sobre ellos y sobre el mundo.

Echeverría establece que antes de la invención del alfabeto, los seres humanos vivían en lo que él llama lenguaje del devenir, donde el lenguaje y la acción se encontraban estrechamente unidos. Se identificaba que el hablar tenía el poder de hacer que sucedieran ciertas cosas. Era a través de los poetas, los encargados de la educación, que se sabía lo que era piedad, amor, maldad; esto a través de acciones realizadas por humanos, héroes y dioses. Fue de esta manera que el alfabeto separó al orador, el lenguaje y la acción, puesto que una vez que el texto estaba escrito el orador dejó de ser necesario, la reflexión suplantó el papel que previamente había tenido el relato (Echeverría, 2003).

Cuando el énfasis se pone en el ser de las cosas y no en las acciones se abandona el lenguaje del devenir y se transita a una nueva forma de lenguaje: el lenguaje del ser.



Las bases de este lenguaje desataron las fuerzas de la reflexión y el pensamiento racional. Se inventó la filosofía y posteriormente el pensamiento científico de tal suerte que el interés por el arte del pensamiento certero desarrolló la lógica la cual nos da la forma de trasladarnos de una idea a otra para alcanzar lo verdadero y esquivar lo falso.

El pensamiento se estableció como único y no podía ser comparado con otra cosa. Esta revolución histórica promovió el cambio de la comprensión sobre los humanos, sobre nosotros mismos. Se sostuvo, que el ser humano es un ente racional y la razón es la que nos hace humanos, diferentes de otras especies. En este nuevo lenguaje del ser supuso que el ser era lo no contingente, lo que eludía el devenir histórico, lo que “siempre” permanecía igual.

El éxito de este nuevo lenguaje supuso que la razón no tenía límites, que se podía empezar a conocer todo y dominar por completo el entorno natural y las relaciones con los demás a través de la razón. Se supuso que se podía explicar todo y que era la razón la clave para asir el ser de las cosas. En este esquema de pensamiento, el lenguaje se ve minimizado en la constitución del ser humano y del mundo, pues este sólo permitía describir cómo son las cosas, su ser; por lo tanto, el ser precedía al lenguaje.

El Cartesianismo, como se le conoce a la filosofía establecida por Descartes ha sido de las más influyentes de los tiempos modernos, pero al examinar los supuestos establecidos por la misma, se observa que se encuentran basados en la antigua tradición griega de comprender a los seres humanos como seres racionales. La prensa, la separación inicial entre orador, lenguaje y acción que había producido la invención del alfabeto, se profundiza y se extiende a todos los niveles de la sociedad estableciendo a la filosofía de Descartes como una expresión histórica del impulso dado al alfabetismo. En la filosofía de Descartes, el pensamiento es nuevamente la base para entender a los

seres humanos. El pensamiento siempre adquiere precedencia. El pensamiento, postula Descartes, nos convierte en el tipo de ser que somos “Yo pienso, luego existo”.

Nuevamente la sociedad se enfrenta a un cambio radical en la forma en que se comunican unos con otros. Se estableció que en la antigua Grecia surgió un nuevo modo de comunicación debido al alfabeto basado en la capacidad de leer y escribir. Hoy día se enfrenta una transformación en nuestro modo de comunicación, el cual es resultado de los avances tecnológicos y emergencia del lenguaje electrónico. Se observa como distintos medios de comunicación convergen y se integran en distintas configuraciones multimedia. Como lo mencionó Marshall MacLuhan, el mundo ha cambiado convirtiéndose este en la “aldea global”. Este nuevo lenguaje ha cambiado y seguirá cambiando la forma en que convivimos, véase síntesis del fenómeno en la ilustración 2.

Bauman concuerda con la idea de que el cambio se ha convertido en un aspecto permanente de la vida. Nada permanece igual por demasiado tiempo. De hecho, la predominancia del ser está siendo nuevamente sustituida por la del devenir.

LENGUAJE del DEVENIR	Lenguaje y acción estrechamente unidos	+Hablar tenía el poder de hacer que sucedieran ciertas cosas +Orador enseñaba conceptos +A través de acciones realizadas por humanos, héroes y dioses
LENGUAJE del SER	Énfasis en el ser de las cosas y no en acciones	+El alfabeto separó al orador, dejó de ser necesario +Promueve la reflexión, pensamiento científico +El ser precedía al lenguaje
CARTESIANISMO	Extensión a todos los niveles de la sociedad por medio de la prensa	+“Pienso, luego existo”
MACLUHAN	Aldea Global	+El lenguaje cambia conforme la forma en que vivimos +Avances tecnológicos y emergencia del lenguaje electrónico

Ilustración 2. Lenguaje, transformación y sus actores (elaboración propia).

## 2.2 Ontología del Lenguaje.

Martín Heidegger establece en su investigación la relación entre ontología y lo que él llama Dasein (el ser ahí – existencia), que de alguna manera se puede sintetizar como el modo particular de “ser como somos” los seres humanos. En este sentido, la ontología hace referencia a nuestra comprensión genérica, “nuestra interpretación” de lo que significa ser humano. Toda acción, todo decir, presupone un juicio sobre lo que, como seres humanos, nos es posible. Por lo tanto, cada vez que actuamos, cada vez que decimos algo, no sólo se manifiesta el objeto sobre el cual actuamos o aquello que a lo que nos referimos al hablar, se manifiesta también una determinada interpretación de lo que significa ser humano y, por lo tanto, una ontología, en el sentido que le conferimos al término. En otras palabras, cada planteamiento hecho por un observador nos habla del tipo de observador que ese observador considera que es. La comprensión de lo que significa ser humano es la piedra angular de todo lo que hacemos.

Retomemos en este punto lo que Echeverría considera como los tres postulados básicos de la ontología del lenguaje, los cuales nos darán soporte de por qué el lenguaje toma tanta importancia en la construcción de los nuevos paradigmas y nuevas estructuras mentales. Se establece que se interpreta a los seres humanos como seres lingüísticos, ya que el lenguaje es, por, sobre todo, lo que hace de los seres humanos el tipo particular de seres que son y son lingüísticos ya que viven en el lenguaje y este es la clave para comprender los fenómenos humanos. Cabe aclarar que los seres humanos no sólo son lingüísticos y que, por lo tanto, el lenguaje no agota la multidimensionalidad del fenómeno humano.

Así mismo la existencia humana reconoce tres dominios primarios, pudiéndose derivar cualquier otro dominio de fenómenos humanos de estos tres, ellos son: el dominio del cuerpo, el dominio de la emocionalidad y el dominio del lenguaje. Cada uno de estos dominios abarca fenómenos diferentes que no permiten su reducción a otro, sin sacrificar con ello la especificidad de los fenómenos a que cada uno da lugar. La autonomía de estos tres dominios primarios no impide estrechas relaciones de coherencia entre ellos. Estas relaciones de coherencia habilitan la posibilidad de efectuar “reconstrucciones” de los fenómenos propios de cada dominio a través de cualquiera de los otros dos.

Es a través del lenguaje que conferimos sentido a nuestra existencia y es también desde el lenguaje que nos es posible reconocer la importancia de dominios existenciales no lingüísticos. Toda forma de comprensión o de entendimiento pertenece al dominio del lenguaje. El lenguaje representa para los seres humanos, en el decir de Nietzsche, una prisión de la cual no pueden escapar; o, en el decir de Heidegger, la morada de su ser. Los seres humanos habitan en el lenguaje.

Se interpreta al lenguaje como generativo ya que este postulado reconoce que el lenguaje no sólo nos permite hablar “sobre” las cosas: el lenguaje hace que sucedan cosas; por lo tanto, no sólo nos permite describir la realidad, el lenguaje crea realidades. La realidad no siempre precede al lenguaje, éste también precede a la realidad. El lenguaje, genera ser; abandonando la noción que reduce al lenguaje a un papel pasivo o descriptivo. De la misma manera no se puede sostener que aquello de lo que no hablamos no existe.

También se establece que el lenguaje, no es una herramienta pasiva que nos permite describir cómo son las cosas. El lenguaje es activo, por medio de él participamos en el

proceso continuo del devenir y además intervenir en la creación del futuro; los seres humanos modelamos nuestra identidad y el mundo en que vivimos a través del lenguaje. Distintos mundos emergen según el tipo de distinciones lingüísticas que seamos capaces de realizar, la manera como las relacionemos entre sí y de acuerdo con el tipo de juegos de lenguaje con los que operamos en él.

El tercer postulado habla de que se interpreta que los seres humanos se crean a sí mismos en el lenguaje y a través de él. Se sostiene que la vida es, el espacio en el que los individuos se inventan a sí mismos. Como dice Nietzsche, en el ser humano la creatura y el creador se unen. Sujetos a condicionamientos biológicos y naturales, históricos y sociales, los individuos nacen dotados de la posibilidad de participar activamente en el diseño de su propia forma de ser. El ser humano no es una forma de ser determinada, ni permanente. Es un espacio de posibilidad hacia su propia creación. Y aquello que lo posibilita es precisamente la capacidad generativa del lenguaje, véase a manera de síntesis en el Diagrama 8 las múltiples funciones que cubre el lenguaje.

Ser humano es estar en un proceso permanente de devenir, de inventarnos y reinventarnos dentro de una deriva histórica. Nuestro ser es un campo abierto al diseño. Esta estructura general de posibilidades, que compartimos todos en tanto seres humanos, Heidegger llamó el Dasein, el “ser en el mundo” que somos. Ontología es la indagación en el Dasein.

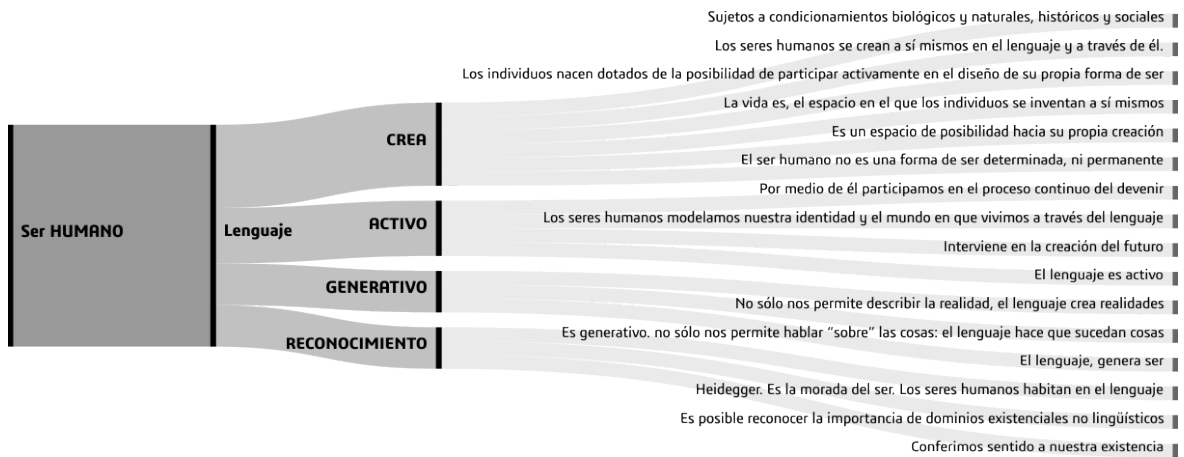


Diagrama 8. Funcionalidad del lenguaje (elaboración propia).

## 2.3 Interpretación de la Realidad.

Se considera que nunca podemos decir cómo las cosas realmente son: sólo podemos decir cómo “nosotros” las interpretamos o consideramos. Hablemos entonces de los principios de la ontología del lenguaje.

El primer principio establece que: No sabemos cómo las cosas son. Sólo sabemos cómo las observamos o cómo las interpretamos. Maturana ha argumentado convincentemente sobre las dificultades que encontramos al suponer que nuestras percepciones corresponden a las entidades que pueblan nuestro mundo exterior. Nuestras percepciones, nos señala, resultan -y no pueden sino resultar- de las condiciones propias de nuestra estructura biológica y no de los rasgos de los agentes perturbadores de nuestro medio. En otras palabras, los seres humanos no disponemos de mecanismos biológicos que nos permitan tener percepciones que correspondan a cómo las cosas son. Los sentidos, por lo tanto, no nos proporcionan una fiel

representación de cómo las cosas son, independientemente del observador que las percibe.

Negar que podamos conocer cómo las cosas son, no implica negar su existencia, sean ellas lo que sean. Se trata sólo de negar el que podamos conocerlas en lo que realmente son, independientemente de quien las observa.

La verdad, se considera simplemente un juego lógico de coherencias internas dentro de un sistema dado. En este contexto, decir que algo es verdadero sólo equivale a sostener que es coherente con otras proposiciones que aceptamos como válidas. En lo anterior, se representa una de las intuiciones más geniales de la filosofía de Nietzsche. Este siempre procura establecer la conexión entre las interpretaciones y el intérprete, entre lo dicho y quien lo dice (el orador). Nietzsche siempre busca el hilo de Ariadna que permite salir del laberinto del conocimiento, donde habita el minotauro de la verdad, hacia el espacio abierto de la vida.

Los seres humanos han estado demasiado tiempo en disputa sobre la verdad de nuestras interpretaciones. Lo único que está realmente en juego es el poder que resulta de estas interpretaciones, la capacidad de acción para transformarnos a nosotros mismos y al mundo en que vivimos.

En su XI tesis sobre Feuerbach, Marx señalaba que los filósofos sólo se habían dedicado hasta entonces a interpretar el mundo, cuando lo que importa es transformarlo. La capacidad de transformación del mundo se encuentra asociada al poder de nuestras interpretaciones.

El segundo principio de la ontología establece que: No sólo actuamos de acuerdo a cómo somos, (y lo hacemos), también somos de acuerdo a cómo actuamos. La acción genera ser. Uno deviene de acuerdo con lo que hace. El ser sólo es un momento en el

proceso del devenir, y sólo una cara de este mismo proceso. La otra cara es ese polo de tensión que enfrenta al ser con su disolución y con las posibilidades de transformación. Es lo que llamaremos la nada.

Nuestras acciones no sólo revelan cómo somos, también nos permiten transformarnos, ser diferentes, devenir. La acción, por lo tanto, no es sólo la manifestación de un determinado ser que se despliega en el mundo, es también la posibilidad de que ese mismo ser se trascienda a sí mismo y devenga un ser diferente.

## 2.4 Lenguaje como Fenómeno Social.

Los individuos -no como miembros particulares de una especie, sino tal como se ha identificado a los individuos humanos, esto es, como personas- se constituyen asimismo en el lenguaje. Esto implica que le otorgamos precedencia al lenguaje con respecto al individuo.

Maturana establece que, sólo podemos hacer lo que nuestra biología nos permite; no podemos traspasar los límites de nuestras capacidades biológicas. Sin la estructura particular del sistema nervioso humano, y sin los desarrollados sentidos con los que están equipados los seres humanos, no tendríamos la capacidad de oír y hablar en la forma en que lo hacemos. Pero hay que aclarar, que el lenguaje no es generado por nuestras capacidades biológicas humanas y no es desarrollado por un ser humano aislado. El lenguaje nace de la interacción social entre los seres humanos. En consecuencia, el lenguaje es un fenómeno social, no biológico.



Hablamos de consensualidad dondequiera que los participantes de una interacción social comparten el mismo sistema de signos (gestos, sonidos, entre otros) para designar objetos, acciones o acontecimientos en orden a coordinar sus acciones comunes. Sin un dominio consensual no hay lenguaje.

El dominio consensual se constituye en la interacción con otros en un espacio social. Los signos, los objetos, los eventos y las acciones son constituidos como tales en el lenguaje. En cuanto tales, no existen por sí mismos. Un objeto es siempre una relación lingüística que establecemos con nuestro mundo. Los objetos son constituidos en el lenguaje.

Un dominio consensual, importante factor en numerosas formas de comunicación, aún no es suficiente para producir el fenómeno del lenguaje. Hablamos de lenguaje sólo cuando observamos un tipo particular de comunicación. Muchas especies se comunican. Siempre que vemos a miembros de una especie coordinando acciones comunes, hablamos de comunicación. Sin embargo, decimos que hay lenguaje sólo cuando ocurre un tipo particular de coordinación de acciones: cuando observamos a los miembros de una especie en la coordinación de la coordinación del comportamiento. El lenguaje, en cuanto fenómeno, es lo que un observador ve cuando ve una coordinación consensual de la coordinación de acciones cuando los miembros participantes de una acción coordinan la forma en que coordinan juntos la acción. El lenguaje, sostenemos, es coordinación recursiva del comportamiento.

Un factor importante de diferenciación entre el lenguaje humano y el que observamos en otras especies. Le llamamos la capacidad recursiva del lenguaje humano. Esta capacidad recursiva del lenguaje humano es la base de lo que llamamos reflexión y es la base de la razón humana. Así pues, el lenguaje no es una capacidad individual, sino

un rasgo evolutivo que, basándose en condiciones biológicas específicas, surge de la interacción social.

La identidad del ser humano está directamente asociada a la capacidad de generar sentido a través de sus relatos. Al modificar el relato de quiénes somos, modificamos nuestra identidad. En este sentido, el individuo, no sólo es construcción lingüística, es también una construcción social. Nosotros, en tanto individuos, nos constituimos siempre dentro y a partir del trasfondo de esos meta-relatos que llamamos discursos históricos. Si queremos comprender mejor a un individuo, debemos conocer los discursos históricos a partir de los cuales éste se constituye. Es dentro de los principios de coherencia de estos discursos históricos donde podemos asir la coherencia que hace de un ser humano el individuo que es.

Se establece entonces que toda la multiplicidad de individuos y sociedades son todos diferentes porque pertenecen a diferentes sistemas de lenguaje. Pertenecen a diferentes discursos históricos y prácticas sociales que nacen bajo condiciones peculiares y, en consecuencia, de diferentes -culturas-, para la emergencia de distintos tipos de individuos. Diferentes culturas lingüísticas producen diferentes individuos. El Diagrama 9 sintetiza el fenómeno de desarrollo del lenguaje.

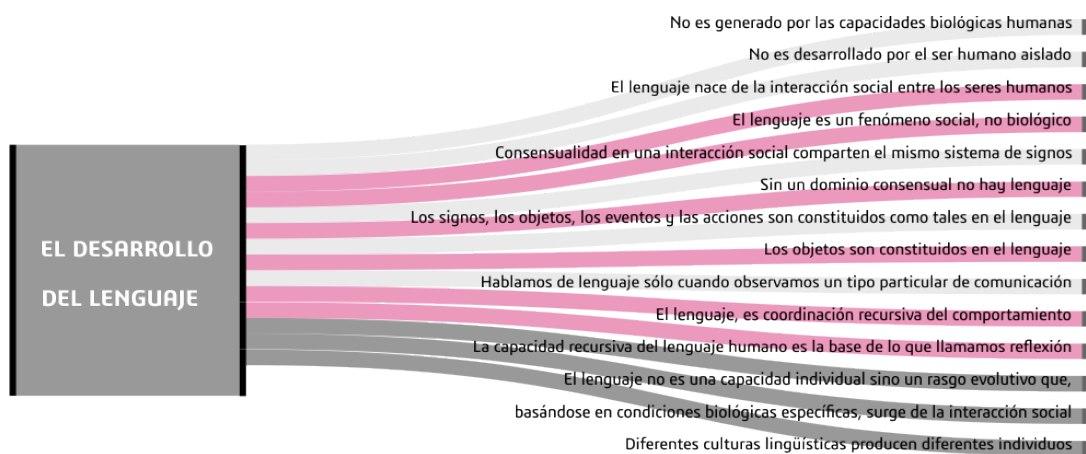


Diagrama 9. El desarrollo del lenguaje (elaboración propia).

### 3. Pensamiento Computacional

El pensamiento computacional representa una actitud y habilidad universalmente aplicable no sólo por científicos de la computación, este se basa en el poder y los límites de los procesos informáticos, ya sean realizadas por un humano o por una máquina. Métodos y modelos computacionales nos dan el ánimo para resolver problemas y diseñar sistemas que ninguno de nosotros sería capaz de hacer frente por sí solo. El pensamiento computacional fundamentalmente se ocupa de la cuestión: ¿Qué es computable?

El pensamiento computacional es una habilidad fundamental para todos, no sólo para los científicos de la computación. Para la lectura, escritura y aritmética, al incorporar el pensamiento computacional en los niños se incorpora la capacidad de análisis.

Así como la imprenta facilitó la propagación de las tres R, lo que es apropiada incestuosa de esta visión es que la computación y las computadoras facilitan la propagación del pensamiento computacional.

El pensamiento computacional implica la resolución de problemas, diseño de sistemas, y la comprensión de la conducta humana, haciendo uso de los conceptos fundamentales de las ciencias de la computación. El pensamiento computacional incluye una serie de

herramientas mentales que reflejan la amplitud del campo de las ciencias de la computación.

Al tener que resolver un problema en particular, podríamos preguntarnos: ¿Qué tan difícil es de resolver? y ¿Cuál es la mejor manera de resolverlo? La ciencia de la computación se basa en fundamentos teóricos sólidos para responder a estas preguntas con precisión. Establecer la dificultad de un problema representa el poder subyacente de la -máquina- el dispositivo de computación que ejecutará la solución. Hay que pensar en el conjunto de instrucciones de la máquina, sus limitantes de recursos, y de su entorno operativo. En la solución de un problema de forma eficaz, podríamos preguntarnos además si una solución aproximada a lo suficientemente bueno, si podemos utilizar la aleatorización a nuestro favor, y si los falsos positivos o falsos negativos son permitidos. El pensamiento computacional está reformulando un problema aparentemente difícil en uno que sabemos cómo resolver, tal vez por reducción, incorporación, transformación o simulación.

El pensamiento computacional, así como el lenguaje y el diseño está pensando de forma recursiva. Es el procesamiento en paralelo. Se interpreta el código como datos y los datos como código. Es el tipo de comprobación como la generalización del análisis dimensional. Es reconocer las virtudes y los peligros de aliasing, o darle a alguien o algo más de un nombre. Es reconocer tanto el costo y el poder de direccionamiento indirecto y la llamada del procedimiento. Se está juzgando a un programa no sólo para la corrección y la eficiencia, sino por la estética y el diseño de un sistema para la simplicidad y la elegancia.

El lenguaje permite los procesos síntesis y análisis de las actividades complejas y al igual que en la actividad de diseñar, el pensamiento computacional usa la abstracción

y descomposición cuando ataca una tarea compleja y grande o en el diseño de un sistema complejo de gran tamaño. Es la separación de las preocupaciones. Es elegir una representación apropiada para un problema o el modelado de los aspectos relevantes de un problema para que sea manejable. Está utilizando invariantes para describir el comportamiento de un sistema de manera sucinta y declarativa. Se trata de tener la confianza que se puede utilizar con seguridad, modificar e influir en un sistema complejo grande sin entender cada uno de sus detalles.

Es la modulación de algo, en anticipación de múltiples usuarios, o la captura previa y almacenamiento en anticipación de un futuro usuario. El pensamiento computacional está pensando en términos de prevención, protección y recuperación de los peores escenarios a través de la redundancia, el daño de contención y corrección de errores. Se llama bloqueo-estancamiento de contratos de interfaces. Es aprender a evitar las condiciones de carrera al sincronizar las reuniones con los otros.

Pensar como un científico de la computación significa más que ser capaz de programar una computadora. Requiere pensar en múltiples niveles de abstracción.

## 3.1 ¿Qué es el Pensamiento Computacional?

Wing presenta el término Computational Thinking, el cual, en palabras del autor, se basa en la potencia y límites de los procesos computacionales, los cuales pueden ser ejecutados por el hombre no siendo exclusivos de las computadoras; de tal forma que se muestra como una actitud y habilidad de aplicación universal y no sólo un conocimiento propio de los científicos computacionales ([Wing, 2006](#)).

Así mismo se establece que el pensamiento computacional permite crear métodos y modelos computacionales, los cuales nos den la posibilidad de resolver problemas y diseñar sistemas que ninguna persona sería capaz de hacer frente por sí solo.

El pensamiento computacional para Wing, involucra la resolución de problemas, el diseño de sistemas y la comprensión del comportamiento humano, a partir de los conceptos fundamentales de las ciencias computacionales; de esta forma se establecen una serie de herramientas mentales que reflejan la amplitud del campo informático.

Alfred Aho lo define como el proceso de pensamiento implicado en la formulación de problemas, de forma que sus soluciones puedan ser representadas como secuencias de instrucciones y algoritmos (lenguaje computacional); de los cuales las ciencias computacionales tienen gran conocimiento y aplicación de estas técnicas para la resolución de problemas comunes concebidos desde la computación ([Aho, 2012](#)).

Así mismo, Aho se da cuenta que el desarrollo de modelos informáticos que se crean, no siempre son los apropiados para idear soluciones en los nuevos dominios

disciplinarios, de tal manera que el pensamiento computacional se convierte en una actividad de investigación que incluye inventar nuevos y apropiados modelos de cálculo para los diversos tipos de disciplinas.

La Royal Society menciona que es a partir de la ciencia computacional que se ha avanzado e introducido nuevas formas importantes de ver y entender el mundo en que vivimos. El pensamiento computacional ofrece maneras profundas para de ver cómo funciona la información en diversos sistemas naturales y artificiales; definiéndolo como el proceso de reconocimiento de los aspectos de la computación en el mundo que nos rodea, así como la aplicación de herramientas y técnicas propias de la ciencia de la computación para comprender y razonar sobre los sistemas y procesos naturales y artificiales (Society, 2012).

La Sociedad Internacional para la Tecnología en Educación (por sus siglas en inglés, ISTE - International Society for Technology in Education) y la Asociación de Docentes en Ciencias de la Computación (CSTA, Computer Science Teachers Association) colaboraron en el 2011 con líderes de educación superior, de la industria y de educación escolar (K-12) para desarrollar una definición operativa del Pensamiento Computacional, la cual se define como un proceso de solución de problemas que incluye (pero no se limita a) las siguientes características:

- 1] Formular problemas de manera que permitan usar computadores y otras herramientas para solucionarlos,
- 2] Organizar datos de manera lógica y analizarlos,
- 3] Representar datos mediante abstracciones, como modelos y simulaciones,

- 4] Automatizar soluciones mediante pensamiento algorítmico (una serie de pasos ordenados),
- 5] Identificar, analizar e implementar posibles soluciones con el objeto de encontrar la combinación de pasos y recursos más eficiente y efectiva,
- 6] Generalizar y transferir ese proceso de solución de problemas a una gran diversidad de estos (Computer Science Teachers Association (CSTA) and the International Society for Technology in Education (ISTE), 2011).

Observando las definiciones anteriormente presentadas podemos presentar en el Diagrama 10. las características generales que identifican y distinguen al pensamiento computacional:

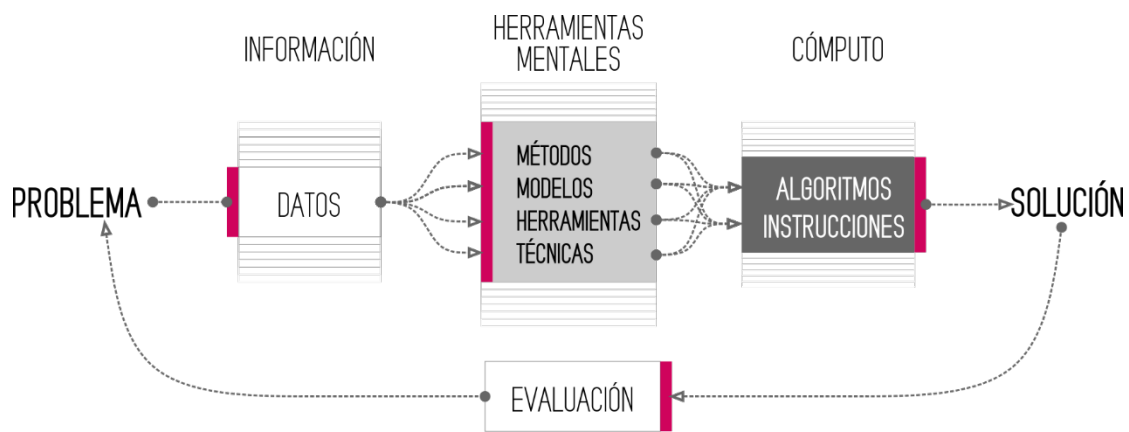


Diagrama 10. Fases resolución de un problema con enfoque computacional (elaboración propia).



## 3.2 Proceso de abstracción por medio del cómputo.

La importancia de hacer uso del pensamiento computacional en la resolución de problemas con origen artificial o natural es en gran medida la capacidad que tiene la computadora para almacenar, procesar, representar y manejar una gran cantidad de datos, los cuales el ser humano por sus limitaciones biológicas le serían imposibles de asimilar y procesar.

Es en este punto que, a través de abstracciones matemáticas, el hombre tiene la posibilidad de crear escenarios hipotéticos a partir de modelos, los cuales con el ingreso coherente de datos puede generar un sin número de alternativas de solución, las cuales son acotadas a partir de parámetros propuestos por el criterio humano.

El pensamiento computacional permite a las personas comprender de una manera más profunda el poder de la computación, generando así un pensador disciplinado y creativo con un amplio abanico de técnicas y herramientas disponibles a la hora de abordar y dar solución a los problemas suscitados.

En el ámbito científico Bundy establece que el pensamiento computacional está influyendo en casi todas las disciplinas, tanto en las ciencias como en las humanidades, de manera que la informática ha permitido a los investigadores plantear nuevas clases de preguntas y aceptar nuevos tipos de respuestas, por ejemplo, preguntas que requieren el procesamiento de grandes cantidades de datos (Bundy, 2007).

De esta manera, el pensamiento computacional está cambiando la manera de pensar de los investigadores, ya que los conceptos computacionales proveen un nuevo lenguaje para describir hipótesis y teorías a muchas preguntas científicas que sólo pueden abordarse mediante la recopilación y el análisis de grandes cantidades de datos.

### 3.3 Lenguaje y representación del pensamiento computacional.

Como se presentó anteriormente, el pensamiento computacional es concebido primordialmente como una actitud/habilidad que le permite al sujeto estructurar un problema para que tenga solución a través de la aplicación de herramientas y técnicas propias de las ciencias computacionales.

De esta manera se manifiesta la importancia de los programas de las computadoras, ya que sin una lista de instrucciones a seguir la computadora es virtualmente inútil.

Los lenguajes de programación (representación en Diagrama 11.) permiten escribir esos programas y por consiguiente comunicarse con la computadora (Joyanes Aguilar & Zahonero Martinez, 2006).



Diagrama 11. Proceso de información en la computadora (elaboración propia).

A continuación, se presentarán los conceptos clave propios de la computación, los cuales permitirán comprender e identificar el papel de cada uno de ellos en la construcción de programas computacionales a partir de los cuales se posibilita el funcionamiento de las computadoras, así mismo se representa el proceso por medio del Diagrama 12.

#### COMPUTADORA.

Dispositivo electrónico utilizado para procesar información y obtener resultados. Se puede considerar como una unidad en la que se ponen ciertos datos (datos de entrada) y la computadora procesa estos datos y produce unos datos de salida. Los datos de entrada y de salida puede ser realmente cualquier cosa: texto, dibujos, sonido.

#### PROGRAMA.

Conjunto de instrucciones que hacen funcionar a la computadora.

#### SOFTWARE.

Conjunto de programas escritos para una computadora.

#### ALGORITMOS.

Conjunto de instrucciones programadas para resolver una tarea específica.

## DATOS.

Una colección de datos que se proporcionan a los algoritmos que se han de ejecutar para encontrar una solución: los datos se organizan en estructuras de datos.

## DISPOSITIVOS DE ENTRADA Y SALIDA.

Son aquellos que permiten la comunicación entre la computadora y el usuario. Los de entrada convierten la información en señales eléctricas y los de salida permiten representar los resultados.

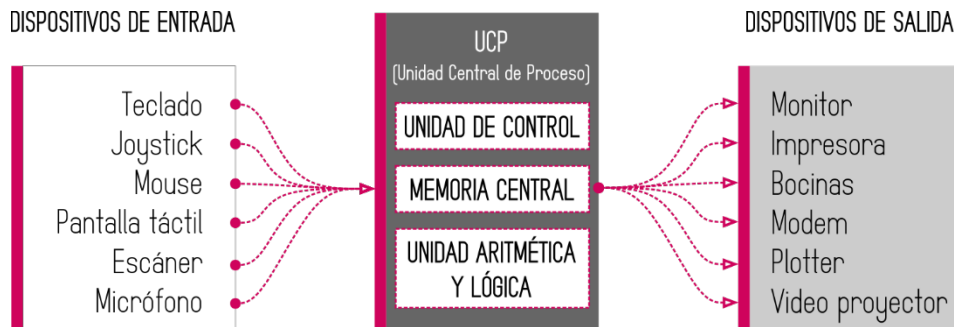


Diagrama 12. Dispositivos de entrada y salida (elaboración propia).

## 3.4 Lenguaje algorítmico.

Tedeschi hace referencia al concepto de algoritmo establecido en el siglo nueve por el matemático persa Mohammed Al-Khwarizmi, el cual dice que es un procedimiento que se utiliza para devolver una solución a una pregunta - o para realizar una tarea en particular - a través de una lista finita de instrucciones básicas y bien definidas. Los

algoritmos siguen la aptitud humana para dividir un problema en una serie de pasos sencillos que se pueden calcular fácilmente y a pesar de que están fuertemente asociados con la computadora, los algoritmos podrían definirse independientemente de los lenguajes de programación; por ejemplo, una receta de cocina puede considerarse algo similar a un algoritmo (Tedeschi, 2014).

### 3.4.1 Propiedades de los algoritmos.

A) Un algoritmo es un conjunto inequívoco de instrucciones correctamente definidas (Preciso). Los algoritmos dependen de instrucciones introducidas, por lo tanto, el resultado será incorrecto si el algoritmo no está definido correctamente.

B) Un algoritmo espera un conjunto definido de datos de entrada (Definido). Los datos pueden ser diferentes en tipo y cantidad. Cada entrada tiene una condición previa, un requisito que debe ser cumplido.

C) Un algoritmo genera una salida/ solución bien definida (Finito).

D) Un algoritmo puede producir mensajes de error y advertencias en el editor específico. La entrada es específica. Si no se cumplen las condiciones previas, los números se introducen en lugar de texto y el algoritmo devolverá un error.

### 3.4.2 Pasos para la resolución de un problema.

Para poder dar solución a algún problema en particular, lo primero que se necesita es analizar la naturaleza de este para así identificar el tipo de variantes que contiene y para posteriormente tener la claridad para poder desarrollar un algoritmo que responda con precisión a dicho problema.

Podemos englobar en tres momentos generales los pasos para la resolución de un problema:

- 1) Análisis del problema
- 2) Diseño del algoritmo
- 3) Ejecución y validación ([Joyanes Aguilar & Zahonero Martinez, 2006](#))

Hay que recordar en este apartado el interés por al abordaje de los algoritmos a partir de su aplicación a través de la computadora, debido a esto el algoritmo debe de ser expresado a través de un programa en un lenguaje de programación adecuado; a esto se le llama fase de codificación, véase referencia gráfica en el Diagrama 13.

De esta manera se enfatiza que un algoritmo es independiente tanto del lenguaje de programación en que se expresa, así como de la computadora que ejecute dicho algoritmo.

Recordando el ejemplo de la receta, ésta puede estar expresada en inglés, español, francés y cualquiera que sea el lenguaje, los pasos en la elaboración del platillo serán los mismos sin importar el idioma de quien lo ejecute, considerándose así global.

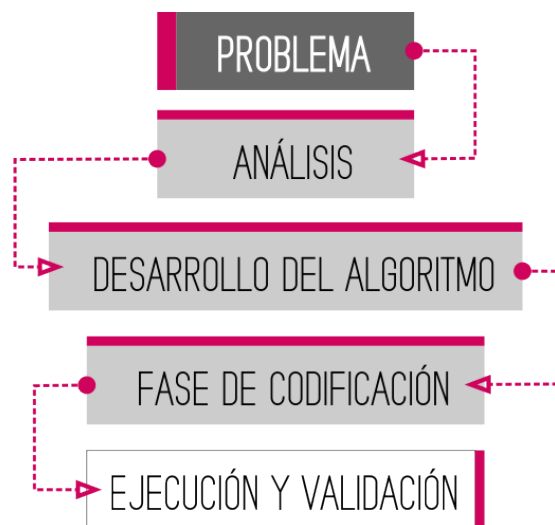


Diagrama 13. Fases para la resolución de un problema por medio de algoritmo (elaboración propia).

Joyanes recalca que en la ciencia de la computación y en la programación, los algoritmos son más importantes que los lenguajes de programación o las computadoras. El lenguaje de programación es tan sólo un medio para expresar un algoritmo y la computadora sólo un procesador para ejecutarlo (Joyanes Aguilar & Zahonero Martinez, 2006).

### 3.4.3 Clases de Algoritmos.

Una clase de algoritmo que conduce a un número se le llama de procedimiento de cálculo, mientras que un algoritmo que genera un sí o no se conoce como algoritmo de procedimiento de decisión.

Sin embargo, un algoritmo también puede conducir a geometrías. Por ejemplo, si un editor integrado se utiliza dentro de CAD u otro software de modelado, una geometría 3D se crea mediante la manipulación del conjunto estándar de primitivas proporcionadas por el software o por el procedimiento definido por una secuencia de instrucciones.

Ejemplo de lo anterior puede ser el caso de una línea definida por dos puntos, uno de inicio y uno final; estos a su vez pueden ser definidos por sus coordenadas  $\{x, y, z\}$ .

### **3.4.4 Medios de representación de un algoritmo.**

A partir del conocimiento previo de que el algoritmo es un procedimiento utilizado para dar solución a un problema a partir de una lista finita de instrucciones, este tiene la posibilidad de ser expresado y representado a partir de diversas estrategias. Entre las más recurridas tenemos el uso del pseudocódigo, diagramas de flujo, fórmulas, así como los lenguajes de programación. También se puede encontrar el uso del lenguaje natural, pero estas descripciones tienden a ser más ambiguas y extensas.

#### ***3.4.4.1 Diagrama de Flujo.***

Los diagramas de flujo (flowchart) son descripciones gráficas de algoritmos; usan símbolos conectados con flechas para indicar la secuencia de instrucciones.

La simbología utilizada en los diagramas de flujo se encuentra regulada por la Organización Internacional de Normalización (ISO) véase Ilustración 3.



La aplicación práctica de dichos diagramas suele verse reflejada en la representación de algoritmos pequeños, debido a que abarcan mucho espacio y son de construcción laboriosa. Son vistos más en la introducción a los algoritmos, descripción de un lenguaje y descripción de procesos a personas ajenas a la computación; se observa un ejemplo por medio del Diagrama 14.

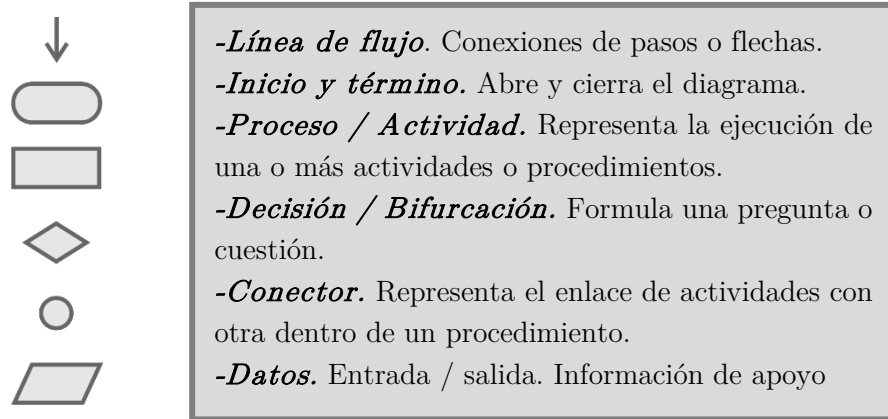


Ilustración 3. Simbología para diagrama de flujo (elaboración propia).

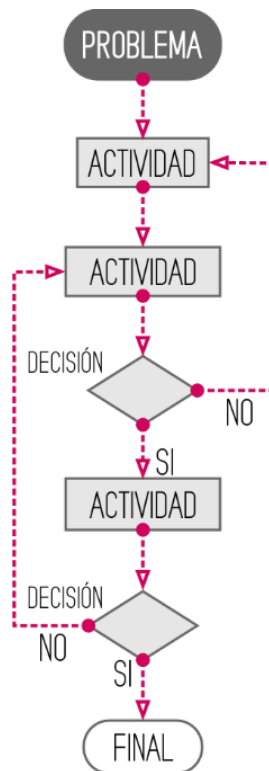


Diagrama 14. Diagrama de flujo (elaboración propia).

### **3.4.4.2 Pseudocódigo.**

Los programas computacionales suelen escribirse en un lenguaje que la computadora sea capaz de entender, de ahí que existan cientos de lenguajes diferentes de programación, cada uno con su lógica y sintaxis propia. El primer paso que suelen tomar los programadores es escribir el programa en pseudocódigo, lo cual los libera de preocuparse demasiado por los detalles específicos del lenguaje de programación que se utilizará para la escritura del programa.

El pseudocódigo puede considerarse una versión detallada de un programa informático, el cual puede ser leído y entendido por los no programadores. Sin embargo, el pseudocódigo no es un lenguaje de programación, aunque contiene estructuras bien definidas que se asemejan a los lenguajes de programación y los cuales no son exclusivos de un idioma en particular (Perry, 2015).

También puede considerarse como una herramienta de programación en la que las instrucciones se escriben en palabras similares al inglés o español, que facilitan la escritura como la lectura de programas. En esencia, el pseudocódigo se puede definir como un lenguaje de especificaciones de algoritmos (Joyanes Aguilar & Zahonero Martinez, 2006).

Pensemos que se busca calcular el perímetro de un rectángulo, aquí se presenta el ejemplo en pseudocódigo:

```
ingresa la base, b  
ingresa la altura, a  
computar los datos,  $2*b+2*a$   
despliega resultado, perímetro
```

Se busca el área de un rectángulo

```
ingresa la base, b  
ingresa la altura, a  
computar los datos,  $b*a$   
despliega resultado, área
```

Para usar pseudocódigo, lo que se hace es escribir lo que uno quiere que el programa haga, esto en el idioma que guste. El pseudocódigo permite traducir las declaraciones establecidas a cualquier lenguaje -de programación-, ya que no hay comandos especiales y no está estandarizado. Al escribir los programas antes de codificarlos, nos permite organizar mejor las declaraciones y ver dónde pueden haber quedado fuera piezas necesarias en el programa, todo lo que se tiene que hacer es escribir en propias palabras breves declaraciones.

Una vez que el pseudocódigo está listo, es necesario considerar las reglas sintácticas del lenguaje de programación a utilizar. La sintaxis es un conjunto de reglas sobre cómo utilizar y organizar declaraciones en un lenguaje de programación. Al adherirse a una sintaxis específica, todos en un proyecto pueden leer y entender el flujo de un programa. Esto se convierte en rentabilidad; es menos tiempo para encontrar y corregir errores.

## 4. El Diseño.

Encontramos innumerables acepciones, conceptos y definiciones de lo que la palabra diseño puede significar, dichos abordajes se relacionan principalmente al área de conocimiento y experiencia que tengan los autores que las proponen. El proveer de un mejor entendimiento de lo que el diseño es y de las implicaciones que el término involucra, proporciona un marco sólido del tipo de conocimientos que tendrán que incluirse para su enseñanza, investigación y desarrollo futuro, ayudando a la organización, intercambio y reutilización del conocimiento construido.

Para fines de la presente investigación se considera pertinente establecer una definición que homologue o bien, que permita identificar en ella, términos que se encuentren en estrecha relación con lo que posteriormente será abordado como proceso de diseño y que dentro del cual podrá identificarse el papel de la tecnología a través de una implicación computacional en una o diversas fases de este.

Basado en la aproximación de una definición formal de diseño propuesta por Ralph & Wand la cual incorpora siete elementos denominados: agente, objeto, entorno, objetivos, primitivas, requisitos y restricciones, se dará el abordaje conceptual que se retomará como definición de diseño. El modelo conceptual del proyecto de diseño

presentado por los autores se basa en la opinión de que los proyectos son trayectorias temporales de sistemas de trabajo que incluyen agentes humanos que trabajan para diseñar sistemas para las partes interesadas, y el uso de recursos y herramientas para llevar a cabo esta tarea (Ralph & Wand, 2007).

A partir de la literatura abordada por Ralph y Wand en la cual identificaron 33 diversas definiciones de diseño se centran principalmente en los significados que implican planes para un objeto y la planificación o concepción como proceso. Estas definiciones conllevan las siguientes acepciones: El diseño como proceso, como creación, como planeación, como actividad física (o que incluye su implementación), el diseño como sistema (como objeto del diseño), diseño deliberado o que tenga un propósito, meta u objetivo, diseño como actividad o colección de actividades, diseño como algo que ocurre en un entorno (o dominio / situación / contexto), como artefacto, como requerimientos o necesidades, diseño como fenómeno humano, diseño como organización, como partes, componentes o elementos, como restricciones o limitaciones, como proceso (como objeto de diseño), diseño como creatividad, optimización, como actividad mental o el diseño como recursos. La propuesta de definición establecida por los autores surge a partir de la contrastación y análisis de los conceptos mostrados, así como su operatividad en diversas áreas del conocimiento. En primer lugar, se diferencia entre los sujetos y objetos de diseño. El sujeto del diseño es el agente (a menudo humano) que manifiesta el diseño. El objeto de diseño es la cosa que está diseñando. Los resultados del diseño se consideran como un artefacto, sistema o proceso que aparecen en algunas definiciones existentes y se engloban aquí por el término más general como, objeto de diseño.

Algunas definiciones mencionan partes, componentes o elementos de los que el objeto de diseño es, o va a estar compuesto. Se asevera que todas las cosas físicas artificiales

se hacen de otras cosas. Se le llama al nivel más bajo de los componentes: primitivas. Del mismo modo, pero tal vez menos evidente, si se asume que las cosas conceptuales atómicas, como pensamientos o ideas, no están diseñados (pero son descubiertos o simplemente están disponibles), entonces todas las cosas conceptuales que están diseñadas se hacen de otras cosas conceptuales. Por lo tanto, todo el diseño implica primitivas, que son, o pueden ser, ensamblados o transformados para crear un objeto de diseño. Los materiales y fuentes de poder se incluirán en el conjunto de las primitivas<sup>3</sup>.

El resultado de un esfuerzo de diseño no es necesariamente el objeto mismo de diseño, pero puede ser un plan para su construcción, de acuerdo con las definiciones que caracterizan el diseño como la planificación en vez de la construcción. El factor común es que el agente especifica las propiedades del objeto de diseño: a veces como una representación simbólica, como en un plano arquitectónico, a veces como una representación mental, como en una imagen en la mente del pintor, y a veces como el propio artefacto. Llamamos a las propiedades especificadas del objeto de diseño una especificación. Más precisamente, una especificación es una descripción detallada de las propiedades estructurales de un objeto de diseño, es decir, que primitivas se ensamblan o son modificados y si se utilizan más de uno, y la forma en que están vinculados. La especificación puede ser puramente mental, proporcionada en una representación simbólica, presentado como un modelo físico, o incluso que se manifiesta como el propio objeto.

---

<sup>3</sup> El conjunto de primitivas disponibles puede ser una cuestión relativa. Un diseñador podría proporcionar un conjunto de componentes o tipos de componentes, donde cada uno podría estar a su vez compuesto a partir de componentes de nivel inferior. Consideramos primitivas el conjunto de componentes de tipo disponibles para el diseñador, independientemente de si son naturales o el resultado del diseño anterior. Además, incluso si los componentes no están disponibles todavía, un diseñador podría proceder asumiendo que estarán disponibles. Las hipótesis formuladas sobre estos componentes serán requisitos para su diseño.

Un documento de especificaciones podría incluir especificaciones deseadas, así como propiedades estructurales. Para Ralph y Wand estos comportamientos deseados son los requerimientos - que no son estrictamente parte de las especificaciones. El comportamiento del objeto emerge del comportamiento de los componentes individuales y sus interacciones. (Por comportamiento se entiende la forma en que el objeto responde a un determinado conjunto de estímulos de su entorno, incluyendo agentes que interactúan con el objeto).

Muchas de las definiciones analizadas por Ralph y Wand, incluyen conceptos como “meta”, “propósito” u “objetivo”. Si bien el objetivo no puede ser explícito o bien definido, el diseño es siempre intencional, no accidental.

Otras definiciones caracterizan el proceso de diseño como algo que ocurre dentro de un entorno, dominio, situación o contexto. Diseñar implica dos entornos diferentes: el entorno del objeto de diseño, y el entorno del agente del diseño. Como señala Alexander (1964), “todos los problemas de diseño comienzan con un esfuerzo para lograr la aptitud entre dos entidades: la forma de que se trate y su contexto”. Claramente, el proceso o la actividad de diseño también se produce dentro de algún entorno, incluso si ese entorno es difícil de caracterizar ([Alexander, 1964](#)).

La definición aportada tiene dos connotaciones: como sustantivo y verbo. La definición propuesta como sustantivo (Diagrama 15.) establece que el diseño es una especificación de un objeto, manifestada por un agente, destinado a cumplir con un objetivo en un entorno particular usando un conjunto de componentes primitivas, satisfaciendo una serie de requerimientos sujetos a restricciones.



Diagrama 15. Modelo conceptual de diseño como sustantivo (elaboración propia).

Teniendo en cuenta el diseño como un proceso (verbo, Diagrama 16.), el resultado es la especificación del objeto de diseño. Los objetivos, entorno, primitivas, requerimientos y restricciones son, en principio, las entradas al proceso de diseño; Sin embargo, a menudo el conocimiento de estos puede emerger o cambiar durante el proceso. Sin embargo, el proceso de diseño debe comenzar con alguna noción de entorno previsto del objeto, el tipo de objeto para el diseño y la intencionalidad - esto simplemente significa que el diseño no puede ser accidental.



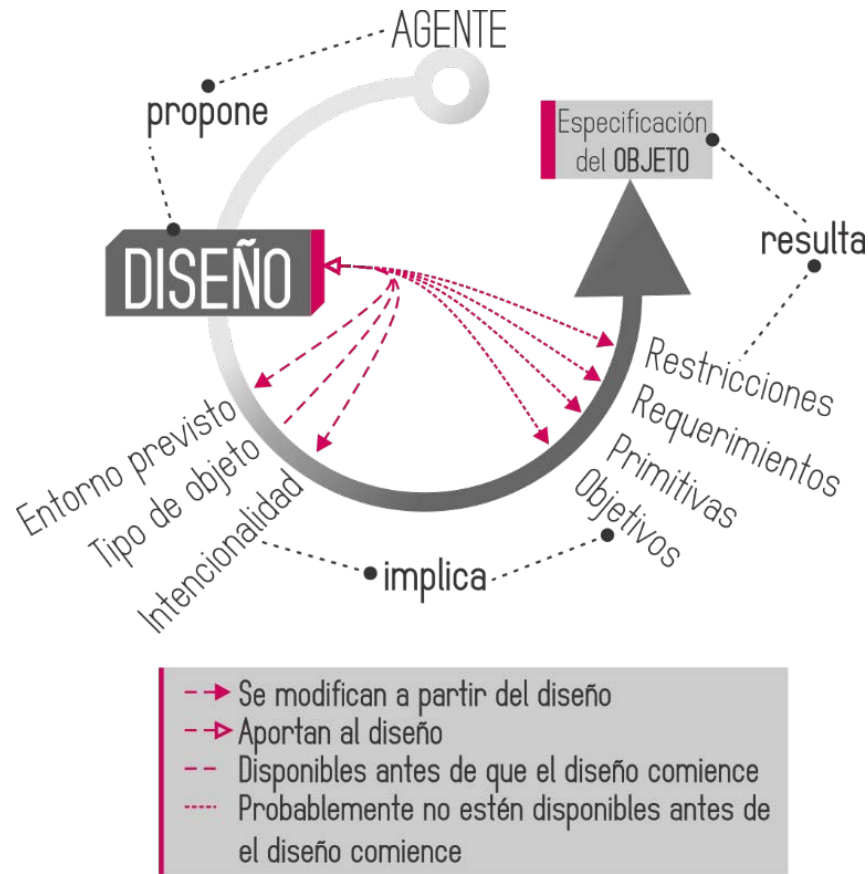


Diagrama 16. Modelo conceptual de diseño como verbo (elaboración propia).

## 4.1 Complejidad y Diseño.

Para Ch. Jones los métodos de diseño se enfrentan a diversos niveles de complejidad los cuales son derivados de los siguientes factores:

- a) De la búsqueda de tecnologías, invenciones o desarrollos que son aplicados a un problema particular de diseño, b) Del control de los efectos colaterales que pueda tener un diseño, c) De la dificultad de aplicar nueva información que invalida soluciones de diseño existentes, d) De la imposibilidad de evitar grandes incompatibilidades entre

productos, a menos que se organicen total y lógicamente, e) La extrema dificultad de descubrir secuencias racionales que ayuden a la toma de decisiones (Jones, 1974).

Donal Schön sintetiza los cambios tecnológicos que influyen en el diseño de la siguiente manera:

a) El reconocimiento de la continua innovación de productos como central de las empresas, b) Un cambio de formas fundamentales de organización a sistemas más flexibles, c) Un cambio de concepto en lo que se refiere a objetivos de las empresas, d) El cambio del énfasis en los productos a los procesos (Schön, 1974).

Olea y González establecen que a medida que se incrementa el grado de colaboración humana requerida en la elaboración de un proyecto, aumenta proporcionalmente la necesidad de formular métodos de trabajo que faciliten al máximo esa colaboración y ayuden a traducir a un lenguaje único los miles de datos y propuestas que provienen de los diversos campos del diseño por una propuesta aparentemente aislada (Olea & González Lobo, 1978).

## 4.2 Complejidad del fenómeno

### Diseñístico.

Es probable que la diferencia entre los problemas a los que se enfrentan los profesionales de las disciplinas proyectuales como lo es el diseño de productos, la arquitectura, el diseño gráfico, industrial, por mencionar algunos, en comparación con cualquier otra

profesión; es el hecho de que en el diseño se busca proveer de una solución no solamente eficaz, sino con un alto grado estético, dejando en segundo término los factores de eficiencia con respecto al uso de recursos disponibles para la resolución de dicha problemática.

Ponemos como ejemplo el diseño y construcción de una casa, la cual está supeditada a los gustos y presupuesto del cliente, dejando en segundo término el mejor aprovechamiento de las condiciones climáticas de la zona, el sistema constructivo ideal para el contexto del inmueble, tecnologías alternativas para el aprovechamiento de recursos energéticos, el análisis estructural para proveer de la mejor eficiencia a la construcción y así evitar el desperdicio o sobre utilización de materiales para la obra, entre otros, otorgando de esta manera mayor importancia al producto final que al proceso de resolución del problema. Lo que busca el diseñador es simplemente el balance entre todos los factores del diseño sin que estos afecten el desempeño del artefacto u objeto construido.

Por lo anterior podemos establecer que la principal diferencia entre los problemas que aborda un diseñador se encuentra en la cantidad de información y datos que se obtengan y la creatividad con que se utilicen para la resolución de la necesidad. Dicho esto, establecemos que el grado de complejidad de los problemas de diseño radica en como el diseñador considere, obtenga, administre y use la información para dar solución a la necesidad en puerta, tomando así gran importancia las técnicas, estrategias y herramientas conocidas por el profesional para el uso y manejo de los datos.

Rolando García habla de los sistemas complejos como la representación de un recorte de la realidad (García, 2006) conceptualizado como una totalidad organizada (de ahí la denominación de sistema), en la cual los elementos no son “separables” y, por lo tanto,

no pueden ser estudiados aisladamente. Por lo tanto García propone a la integración disciplinaria como un hecho histórico y una característica del desarrollo científico que no resulta de la voluntad de un grupo de investigación y que no puede constituir, entonces, una pretensión metodológica, a dicha idea él autor le llama interdisciplinaria cuya estructura, según el autor están constituidos por elementos heterogéneos en interacción y de allí su denominación de complejos lo cual significa que sus subsistemas pertenecen a los dominios materiales de muy diversas disciplinas.

Si bien hemos hablado de la relación epistemológica que se da en el día a día de la existencia del hombre, es importante establecer en este punto que para que el ser humano domine las cosas “domine el conocimiento”, tiene que comprender el todo y sus partes ya que al identificar los elementos se pueden abarcar y al abarcarlas se diluye el manto de complejidad con el que se cobijaban, dejando a flor de piel la posibilidad del abordar el conocimiento de una manera más legible y sencilla.

Al comprender los componentes de un todo se crea la posibilidad de estudiar las partes y extraer de ellas el elixir ontológico que conforma al todo, teniendo la posibilidad de emular-representar lo real y así crear nuestra propia realidad. De esta forma establecemos a la complejidad como el enfoque epistemológico que envolverá a la presente investigación.

## 4.3 El Diseño como Lenguaje.

Diseñar significa aprender a conocer; el proceso de conocer en el diseño se inicia necesariamente con la contemplación, con el asombro y regocijo de descubrir que el mundo es representable, medible y tal vez cuantificable. Conociéndonos a nosotros mismos es como también diseñamos, disponemos con solvencia de nosotros mismos como herramienta y, asimismo, en relación con nuestros instrumentos de trabajo ya sean del mundo material o del pensamiento (Irigoyen, 1998).

Un diseñador, conociéndose, conoce el diseño y conoce potencial y relativamente su cultura, con todo lo contextual que esto implica, para actuar de manera determinada en ella. Conocer el objeto de diseño implica hacerlo en dos niveles. Por un lado, reconocer el objeto: identificarlo; y por otro, el proceso de hacerlo: la identificación. Ambos niveles nos llevan a un determinado producto: la forma y su función. “El diseño es puente entre el mundo subjetivo y el mundo objetivo. La conciencia y el conocimiento conforman el territorio donde se da la unidad necesaria de ambos mundos”. El mundo, y por extensión sus objetos, se refieren a la experiencia y son fundamentalmente representación.

Mencionemos ahora a Efland con sus reflexiones acerca de la representación, en las cuales nos mencionan que el concepto de representación puede conducir a ilusiones peligrosas ya que se puede significar dominio, y los hombres no pueden dominar el conocimiento. Es decir que los hombres crean conocimiento, y que este cambia continuamente de forma y significado. Cuando alguien representa sugiere que existe una relación isomórfica entre aquello que es representado y la representación misma.

Sin embargo, esa relación es arbitraria porque por su lógica interna el acto de representación borra o agrega algo a lo representado (Efland D., et al., 2003).

Sainz nos comenta que; en el paso de un siglo se ha pasado del dibujo como lenguaje al dibujo como pensamiento, también de esa forma se define al diseño; de la representación a la expresión, a la imagen presente de la realidad futura. El dibujo no es un simple instrumento o una forma de expresión; es el principio generador, el motor del diseño y forma parte de su propio ser (Sainz, 2005).

Por otra parte, Cerejido nos viene a mostrar el lado desconocido en el proceso de diseñar, al cual él le llama Serendipia. En el siglo XVII, el escritor británico Horace Walpole acuñó la palabra serendipia inspirándose en un cuento persa (Los tres príncipes de Serend), en el que los personajes a veces descubrían cosas por casualidad. Hoy los científicos hablan de serendipia cuando al realizar un experimento, por alguna razón ajena, descubren lo que en realidad estaban buscando (Cerejido, 2009).

En el contexto de lo que se viene explicando, la serendipia es una muestra más de que a veces el inconsciente dirige las investigaciones que llevamos a cabo con mayor eficacia que el consciente. Es común que un experimento o una solución se nos ocurran mientras estamos entretenidos en otras cosas, o que las soñemos.

Las cosas que de pronto se nos ocurren, surgen de procesos metafóricos y metonímicos con los que el inconsciente “nos” ofrece novedades condensando varios contenidos hasta entonces disociados, o deslizándose de un contenido a otros que ya estaban previamente. Es probable que el principio de Prägnanz opere en la cabeza de un científico que, a partir de cuatro o cinco observaciones desperdigadas, detecta un mecanismo completo o un patrón de la naturaleza.

J. Ricardo Morales advierte que la teoría debe de ser previa o anticipada al hacer, al que sirve y completa. La teoría nunca ha dejado de implicar praxis; ésta debe de ser consecuente y observable, en la concepción platónica se estima que la teoría debe de desembocar en la acción. Aquí es donde aparecen los términos de Arché y Techné. No se conoce techné alguna que carezca de fundamentos, el arché libra a la técnica a reducirse ser mera instrumentalidad (Morales, 1999).

Sainz hace referencia a la operación de Alberti que consiste en diferenciar didácticamente el diseño y la construcción, el conjunto de líneas trazadas en un pedazo de papel y un conjunto de operaciones establecidas por la mente humana, así pues la parte gráfica del diseño es el reflejo de las ideas que se generan en la mente, los dibujos constituyen el único signo observable y transmisible de tales ideas y son por tanto el medio idóneo para su posterior realización física; lo anterior se encuentra estrechamente relacionado con el concepto de diseño arquitectónico, que concebía el diseño como algo constituido por dos componentes: diseño interno, es decir, la idea que el artista tiene en su mente y que trata de comunicar al mundo; y el diseño externo, el dibujo o representación gráfica, que es la forma concreta en la que se reflejan las ideas anteriores.

El arte del dibujo puede denominarse con razón la paciente madre de todas las artes y las ciencias, pues todo lo que se hace a través del dibujo proporciona buen aspecto y bienestar; el arte del dibujo es el principio y el fin, o la conclusión de todas las cosas imaginables, por lo que pueden llamársele sentido de la poesía, segunda naturaleza, libro viviente de todas las cosas.

El diseño es una disciplina que no sólo engendra realidades materiales, sino que también cumple una función comunicativa. Como diseñadores se debe, por un lado, entender este lenguaje y por otro tener la capacidad de hacer hablar a los objetos por sí mismos

pues en el orden de las formas este lenguaje resalta los valores intuitivos que apenas son reproducibles figurativamente ([Barthes, 1993](#)).

La semiótica –la teoría de los signos- se ocupa en primer lugar del proceso de la comunicación. Los tres fundamentos de esta ciencia son un emisor, una señal y un receptor. La tarea del diseñador es la de traducir las distintas funciones de un producto en signos de manera que puedan ser comprensibles por el usuario potencial. Todo objeto es signo o portador de significado en sus distintas funciones. Los objetos llevan consigo informaciones, reflejan determinados usos, son signos de una determinada posición social y de un nivel cultural determinado. Scholz citado en ([Bürdeck, 1994](#)).

Rodríguez nos habla de la importancia de los medios de visualización en el diseño, y nos dice que en muchas ocasiones las técnicas de representación (bi y tridimensional) son consideradas tan sólo como un medio para comunicar los resultados del proceso de diseño; sin embargo, es necesario resaltar su importancia tanto en técnicas que permiten sintetizar las diversas ideas que conforman el proceso de la actividad proyectual ([Rodríguez Morales, 2004](#)).

Para los diseñadores las líneas y los colores son signos que forman un lenguaje que alimenta las ideas que unas tras otra fluyen en el proceso de diseño. Esto es evidente si recordamos que diseñar es configurar una forma y que, por lo tanto, se requiere de un lenguaje apropiado para el manejo de ésta. Por consiguiente, el boceto y las maquetas forman parte constante de cualquier método de diseño.

Los trabajos de Howard Gardner y Rudolph Arnheim apuntan hacia la necesidad de profundizar en los estudios sobre la importancia que estos medios de visualización tienen en la conformación de las ideas o, más específicamente, en la formación de un modo de pensar propio de las disciplinas proyectuales. Por lo pronto estos estudios



parecen establecer un hecho: las actividades de visualización son fundamentales para el desarrollo y la generación de nuevas ideas.

Rodríguez muestra las causas exógenas y endógenas en el proceso de diseño. Las causas exógenas son aquellas que se derivan del contexto, tanto social como productivo, de la actividad proyectual: Las causas de -orden económico-. Como es fácil de ver, existe una fuerte liga entre las presiones económicas -por el alto riesgo de inversión en la producción de un objeto- y el surgimiento de métodos y técnicas que aseguren en lo posible el éxito de un proyecto; las causas de -orden tecnológico-. La sociedad contemporánea está sometida a una aceleración constante de innovación tecnológica.

Otro de los efectos del aumento en cantidad y complejidad de los factores de producción es la destrucción del mito del diseñador solitario, que podía manejar la totalidad de un proceso proyectual con la sola ayuda de su ingenio. La interdisciplinariedad y el trabajo de equipo son inherentes al proceso actual de diseño, y una razón más para poseer un método adecuado.

Las causas de tipo endógenas guardan una cercana relación con lo anterior, pues no sólo la tecnología es más compleja, sino que también lo son las necesidades que se pretenden resolver. No es posible seguir diseñando, por ejemplo, mobiliario con los mismos criterios de hace 30 o 40 años, pues las necesidades y los estilos de vida han variado enormemente, dando como consecuencia un nuevo grupo de requerimientos que, además, parece estar combinado continuamente, por lo que apoyarse en experiencias anteriores no siempre es suficiente.

Hay causas exógenas de acuerdo con la complejidad del problema. Cuando el contexto en que se da un diseño exige cambios radicales se genera una gran cantidad de

información y, si no se poseen instrumentos operativos, esta misma información genera desorden y, por lo tanto, una fuerte tendencia hacia la entropía.

El acelerado desarrollo de la industria en el mundo ha ido creando una demanda creciente de profesionales que solucionen los problemas de diseño. “Los métodos de diseño son procedimientos enseñables-aprehensibles, repetibles y comunicables que ayudan al diseñador en el proceso de diseñar”.

Los métodos ofrecen una guía racional que permite estructurar los factores que influyen en un producto. Las tecnologías que se han desarrollado vertiginosamente, sobre todo a partir del decenio de 1970, han modificado profundamente nuestro modo de vida y, por supuesto, nuestra manera de relacionarnos entre nosotros y nuestro medio ambiente. Estas tecnologías tienen diversos impactos en el diseño. Por un lado, se puede mencionar la necesidad de actualización constante ante las tecnologías para la producción que hoy nos ofrecen posibilidades formales nunca soñadas.

Otro aspecto lo encontramos en el ejercicio mismo de la profesión, pues el desarrollo que la computación pone en nuestras manos nos obliga no sólo a una actualización constante, sino hasta cuestionarnos cuál es la necesidad de seguir aprendiendo técnicas tan antiguas como el dibujo a mano alzada. Incluso hay nuevos campos de desarrollo profesional para el diseñador que hace pocos años ni siquiera se soñaban, como el diseño de páginas Web o el manejo de medios electrónicos digitales.

La expresividad es parte intrínseca de la forma y no es renunciable, pues siempre estará presente, por lo menos en el resultado o síntesis final. Lo “perceptual” se refiere al análisis de los elementos clásicos de la composición formal como son proporción, ritmo, color, peso visual, leyes de gestalt.

Citamos a Chiapponi Medardo y su libro *Cultura social del producto* en el que comenta que, para observar más de cerca el sistema de comunicación referente a los productos, se realiza una clasificación binaria distinguiendo entre comunicación “sobre” productos y comunicación “de los” productos, a pesar de saber que una clasificación semejante es mucho más útil que rigurosa (Medardo, 1999).

En la primera categoría se incluyen las formas de comunicación “instrumental” que acompañan el ciclo entero de vida de los productos: bocetos; diseños técnicos; modelos; disposiciones para la fabricación, el montaje y desmontaje; manuales de instrucciones para el uso; manuales para el mantenimiento y la reparación; imágenes para la representación y la publicidad, etcétera. Es decir, la comunicación entre todos los actores sociales que participan en la ideación, en la proyectación, en la ingenierización, en la construcción, en la distribución y en el uso de un producto.

La segunda categoría comprende, en la hipótesis, todos los aspectos comunicativos de cada producto o, para decirlo en términos más directamente referidos a lo físico de los productos, esos componentes (diversos elementos de codificación, marcas, etiquetas, esquemas gráficos y tipográficos, indicadores, escalas, display) que constituyen la interface comunicativa de un producto o de un sistema de productos y hacen comprensible su composición, su estructura, sus prestaciones, su modalidad de trabajo y ulteriores características.

Un primer y profundo cambio de perspectiva está constituido por el hecho de que la misma tecnología microelectrónica actúa directamente tanto sobre la configuración de los productos como sobre los procedimientos y las técnicas empleadas para proyectarlos y realizarlos.

La combinación de técnicas de proyección CAD/CAM, de potentes instrumentos de modelación digital y de sofisticadas máquinas herramienta y operadoras de control numérico puede eliminar muchos pasos intermedios del proceso de decisión y de realización de los productos. Por otra parte, la relativa facilidad con la que los modelos digitales pueden ser compartidos y transmitidos en tiempo real, hacen finalmente posibles de verdad, operaciones de co-proyección tantas veces deseadas y relaciones mucho más estrechas y duales entre el diseñador industrial y otros actores, por ejemplo, los responsables de la ingenierización de los productos. De modo que, gracias a un altísimo nivel de sofisticación tecnológica, parecen volver a ser propuestas algunas de las condiciones que caracterizaban la producción preindustrial, especialmente la unidad entre la invención y fabricación.

En el estado actual, la información del ciclo total de proyectación, desarrollo y producción, está limitada a algunos sectores, en los cuales es indispensable efectuar verificaciones y controles preventivos muy cuidadosos y comparar diferentes soluciones alternativas hasta llegar a un grado de detalle muy elevado; son por lo tanto tecnologías ideales de representación y modelación flexibles y veloces como las digitales, que permiten avanzar con procedimientos del tipo “prueba y error” y que, al final, pueden transferir los resultados a la línea productiva sin ulteriores intermediaciones. Las tecnologías de la información están produciendo notables novedades no sólo en el modo de proyectar y realizar los productos, sino también en los productos mismos y, por lo tanto, sobre sus aspectos comunicativos.

## 4.4 Representación geométrica parte del lenguaje de Diseño.

En palabras de Ivorra: “Si por un momento restringimos el término (geometría) para referirnos a lo que los antiguos griegos entendían como tal, podemos decir que su objeto de estudio está íntimamente arraigado a nuestra forma de concebir la realidad. Toda la información que recibimos del mundo que nos rodea, todo lo que vemos, oímos y tocamos, lo procesamos en primera instancia en términos geométricos. (Ivorra Castillo, 2012).

La geometría a través del tiempo ha sido el lenguaje que ha permitido al ser humano representar y comunicar sus ideas acerca de la constitución espacial que se tiene de la realidad y de los objetos que en ella habitan. La geometría aporta a la idea el soporte gráfico y técnico para que esta deje de habitar en un mundo imaginario y poder transitar al mundo como una realidad construida. La idea se ha plasmado en un dibujo, a través de los diferentes sistemas de representación gráfica, pero a su vez se ha valido del conocimiento de la Geometría y de la Matemática para alcanzar el estrato de la realidad (Vallejo Lobete, et al., 2007).

A la geometría se le ha visto también como la respuesta racional a los postulados estéticos de cada una de las épocas, así como de los elementos físicos estructurales y de la funcionalidad requerida por el objeto. Se ha constituido a lo largo de los años como un gran aliado en la fase de diseño, solucionando problemas posteriores durante

la ejecución y la vida útil del objeto de diseño. Tal y como afirmaba Le Corbusier “la Geometría solucionará los problemas de la Arquitectura” (Sanchis Sampedro, 2011 y 2012).

Para Sanchis Sampedro la forma de un edificio no puede ser arbitraria ni superflua. La forma es el resultado de un estudio de las necesidades, de las propiedades del material, de los requisitos resistentes del edificio... y de la geometría más adecuada para satisfacer todos estos aspectos (Diagrama 17.).



Diagrama 17. Utilización de la geometría en proyectos (elaboración propia).

Si concordamos en que el objeto de estudio de la geometría es lo que se conoce como espacio, necesitamos en primera instancia definir al espacio en términos matemáticos y dicha caracterización se encuentra expresada en la teoría de conjuntos, por tal motivo se considerará al espacio como un conjunto  $E$  y a cuyos elementos se le denominan puntos. Por punto se considera como una posición en el espacio. Para Leborg el punto se encuentra dentro de la categoría de objetos abstractos, puesto que son formas ideales que no pueden reproducirse físicamente (Leborg, 2013). Como ejemplo, cuando tras dibujar un punto, el resultado no es un punto sino una superficie.

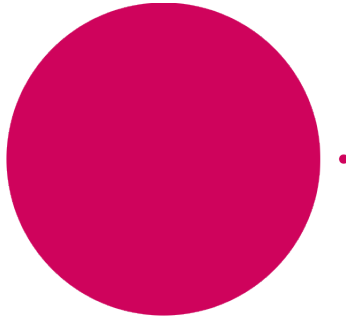


Ilustración 4. El punto como elemento abstracto  
(elaboración propia basada en (Leborg, 2013).

La Ilustración 4 en la parte superior puede parecer un punto, pero no es más que la representación de un punto. En realidad, es un punto con una superficie. Su tamaño es un 2% de la ilustración de la izquierda. El punto no puede verse ni sentirse; es un lugar sin área y su posición puede definirse mediante coordenadas (cifras en uno, dos o tres ejes). Otros dos elementos que se encuentran al mismo nivel elemental son la recta y el plano (Ilustración 5.).

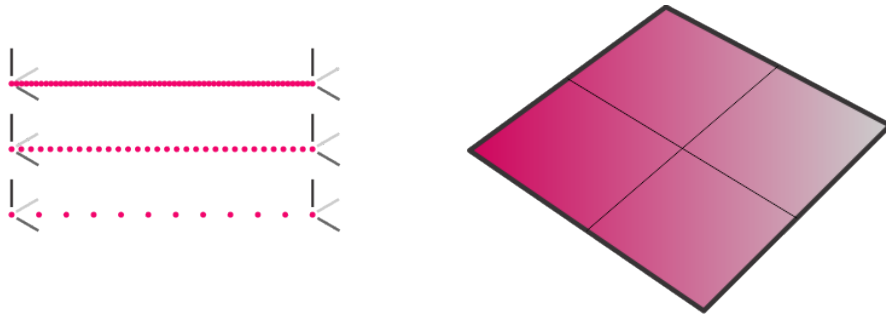


Ilustración 5. Recta y Plano elementos abstractos (elaboración propia).

Consideremos que, al inicio del proceso creativo, la FORMA es considerada como la expresión primigenia de la creatividad surgiendo como un hecho intuitivo natural. No existe en ese momento un proceso racional definido hasta la siguiente etapa en la que se busca un soporte geométrico que indiscutiblemente se encuentra relacionado a un

fundamento matemático. Esta idea pone de manifiesto que la geometría no sólo se considera como un adjunto para el cálculo, sino como herramienta que permite ajustar la forma imaginada (a mano alzada) a un referente geométrico conocido; es así como la geometría se incorpora al diseño.

En la actualidad los constantes y graduales avances tecnológicos en materia de técnicas de fabricación, nuevos materiales y procesos de exploración formal han sido fundamentales para logra cierta libertad y cercanía a lo que el proceso creativo a mano alzada supondría. Estos avances permiten hoy día realizar objetos que hasta hace algunos años sólo existían en la imaginación de sus creadores, permitiéndoles extraerlos del tintero para materializarlos en nuestra realidad.

Consideremos entonces que entre el bosquejo y la materialización de una forma se encuentra intrínsecamente un proceso que muchas veces no es observable y por lo mismo valorado. Para que un dibujo / boceto sea materializable tiene que existir un fundamento técnico que lo permita, descansando esa metodología en diversos pilares entre los que se encuentra la concepción geométrica matemática de su forma. Es así como un fundamento geométrico funciona como un soporte técnico promoviendo la unión entre la geometría y las matemáticas permitiendo su traducción por medio de ecuaciones de cálculo.



## 5. Herramientas digitales en el proceso de diseño.

Desde la incorporación de la computadora en el proceso de diseño se han desarrollado una gran cantidad de productos informáticos, los cuales permiten diseñar a través de la computadora (Vroom, et al., 2002). Las herramientas de Diseño Asistido por Computadora (CAD - Computer Aided Design) son las aplicaciones informáticas más utilizadas en el diseño (Şule Taşlı & Feyzan, 2006). A través del tiempo la práctica del diseño ha experimentado un mayor número de modificaciones en el uso de las herramientas que utiliza durante cada etapa del proceso de diseño en comparación de cómo estas han permeado y modificado el pensamiento proporcionando una manera diferente de concebir los artefactos.

La exigencia por artefactos que respondan a las demandas constantes y crecientes de una sociedad contemporánea, que a su vez se encuentra inmersa en la dinámica del consumismo, es en parte uno de los factores que provoca el constante crecimiento e innovación en un sector tan diverso como lo es el industrial. Durante los últimos años los avances tecnológicos generados en áreas como lo son las ciencias computacionales, así como las mejoras e innovaciones en los procesos de producción y diseño de

materiales, han permitido en conjunto crear una nueva gama de posibilidades de producción de objetos (Guzik, 2009).

De igual manera la necesidad de comunicar de forma efectiva ideas creativas constituye uno de los aspectos centrales de la disciplina del diseño (Dunn, 2012). El desarrollo de una gama variada de herramientas de diseño asistido por computadora CAD (Computer Aided Design) ha permitido explorar nuevas formas de concepción y generación de formas, así como su combinación con las técnicas de manufactura CAM por sus siglas en inglés (Computer Aided Manufacture) permiten la fabricación de las mismas, creando así un sistema de comunicación iterativo en el cual se consideran aspectos técnico-productivos y formal-estructural en la concepción de los productos desde el ordenador. El Diagrama 18 muestra el uso de las diversas herramientas tecnológicas en el transcurso del proceso de diseño.

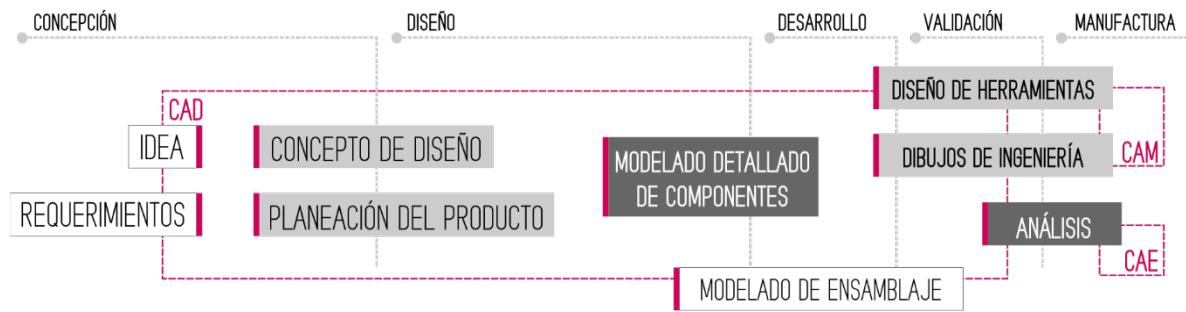


Diagrama 18. CAD-CAM-CAE en el proceso de diseño (elaboración propia).

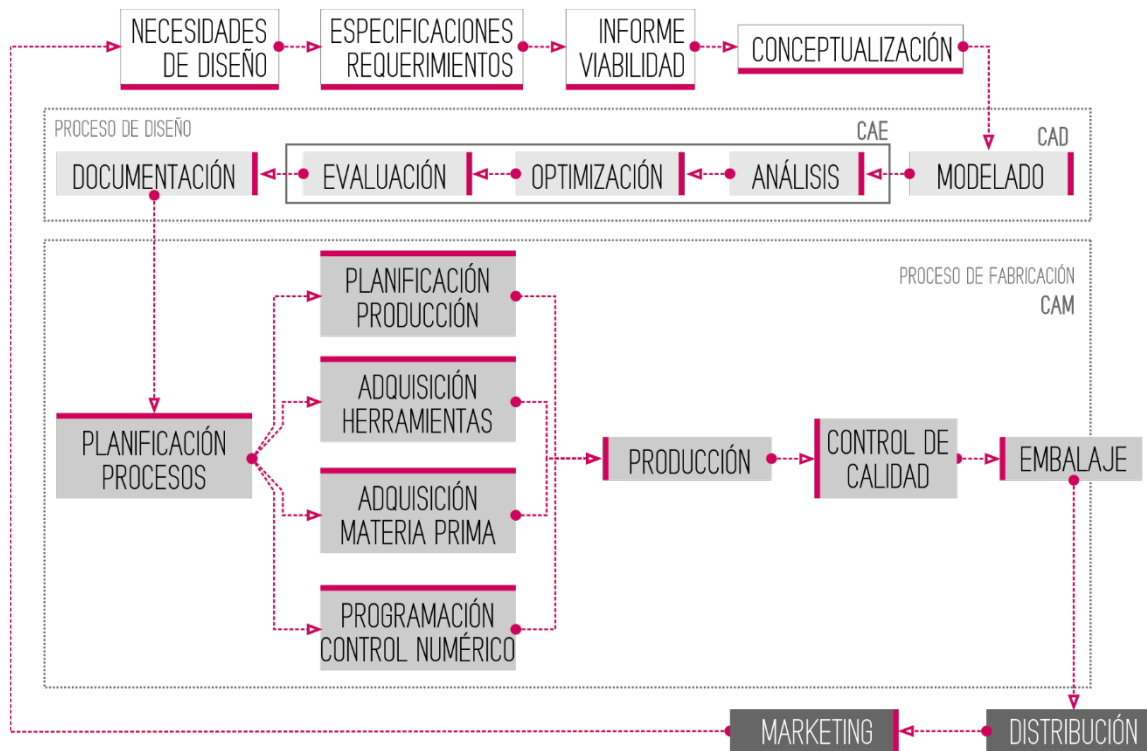


Diagrama 19. CAD-CAM-CAE en el proceso de diseño y fabricación (elaboración propia).

Un aspecto importante que considerar dentro de este nuevo esquema productivo es la posibilidad de combinar técnicas y procesos analógicos con los digitales para la producción de artefactos (véase su representación en el Diagrama 19.) permitiendo crear objetos a diversas escalas productivas y dimensionales, así como especificaciones particulares de un diseño al igual que el control holístico del mismo. Es de esta manera que el diseño computacional, así como la fabricación digital han tenido una enorme influencia en la forma en que se piensa, se diseña y se produce diseño (Gutiérrez de Rueda Gracia, et al., 2012).

Para Oxman el diseño digital implica el surgimiento de nuevos campos de investigación del diseño abarcando: teoría del diseño digital, metodologías y técnicas; así como el dominio específico del conocimiento teórico disciplinar, diseño digital de medios y tecnología (Oxman, 2006).

## 5.1 Bases Tecnológicas.

Irving Wladawsky gurú de la tecnología de IBM citado en [\(Standage & Booth, 2008\)](#) dice: “La industria ha entrado en su periodo “posttecnológico”. Su argumento no es que la tecnología ya no tiene importancia, sino que el cómo se la aplica es más importante ahora que la tecnología misma”.

El aumento del uso de las computadoras en la mayoría de las profesiones incluyendo al diseño, así como en una gran cantidad de actividades de la vida cotidiana, ha tenido que ver quizá en primera instancia por la predicción más famosa que se hiciera allá por el año de 1965, cuando Gordon Moore, cofundador de Intel, el mayor fabricante de chips del mundo dijera que: la cantidad de transistores que pueden ponerse en un sólo chip informático se duplicaría cada 18 meses.

Observemos que la dicha ley fue ampliamente acertada ya que entre 1971 y 2001, la densidad del transistor se duplicó cada 1,96 años. Es de esta manera que se menciona que, en la alta tecnología, según el mantra, todo crece exponencialmente. La importancia de la miniaturización en los microprocesadores de las computadoras ha permitido realizar tareas y cálculos que sin su ayuda sería casi imposible realizar; de esta manera es como la computadora permite potencializar las capacidades del usuario.

El inminente avance en el uso de la computadora ha sido en parte por la considerable reducción de los costos de producción de sus componentes, de esta manera es que a partir de los años 90's aproximadamente algunos despachos de arquitectura empezaron a usar la computadora para eficientar su trabajo, y es a partir de este campo donde se desprende la creciente preocupación e interés por el uso y la aplicación de las

tecnologías, que en su momento han sido creadas desde áreas ajenas a la industria de la construcción y que se le atribuyen a la industria automotriz y de consumo.

Anteriormente el proceso de diseño se generaba en su totalidad por medios análogos como el bocetaje a mano alzada, modelos y maquetas a través de técnicas tradicionales de materialización, esquemas y diagramas hechos a mano, así como representaciones generadas por técnicas artísticas. En la actualidad se ha vuelto casi inconcebible que en el proceso de diseño no exista una cierta implicación de la tecnología digital.

De forma general mencionaremos que las bases tecnológicas para el desarrollo de la era digital tienen que ver directamente con el periodo conocido como segunda revolución industrial (finales del siglo XIX y principios del XX) puesto que se ponía de manifiesto la necesidad de gestionar de forma eficiente una gran cantidad de información generada de manera paralela a los modelos de producción en serie y de distribución de bienes. Este fenómeno da pauta para la creación de las tabuladoras eléctricas las que evolucionan dando nacimiento a las primeras computadoras que trabajaban gracias a la lógica matemática, concretamente operaciones binarias.

De la misma manera en el sector militar en 1950 fue que se desarrolló la primera red informática SAGE (Semi-Automated Ground Environment) para coordinar operaciones a través de radar, junto con los cuales las pantallas de video, las memorias artificiales y los procesos de información/traducción que posteriormente se integraron en sistemas comerciales asequibles.

Es así como desde el diseño conceptual hasta la fabricación y montaje in situ, los ordenadores y las tecnologías digitales han transformado no sólo la forma en que representamos nuestras ideas, sino también los medios a través de los cuales las generamos (Dunn, 2012).

## 5.2 El diseño en la era digital.

El amplio abanico de posibilidades que provee hoy en día el uso de herramientas digitales permite disponer de ellas para su uso e incorporación dentro de las diversas fases del diseño, como lo pueden ser la de carácter exploratorio que permiten al diseñador investigar conceptos emergentes a través de nuevos métodos computacionales y generativos para crear formas; las descriptivas que en su caso serían la visualización digital y fabricación de maquetas tridimensionales, permiten entender un diseño y su desarrollo; las predictivas y evaluativas permiten evaluar las implicaciones y funcionalidad de las ideas de diseño. Algunas herramientas incluso toman parte de la producción final de componentes y en la coordinación con la construcción (Ilustración 6.) (Dunn, 2012).

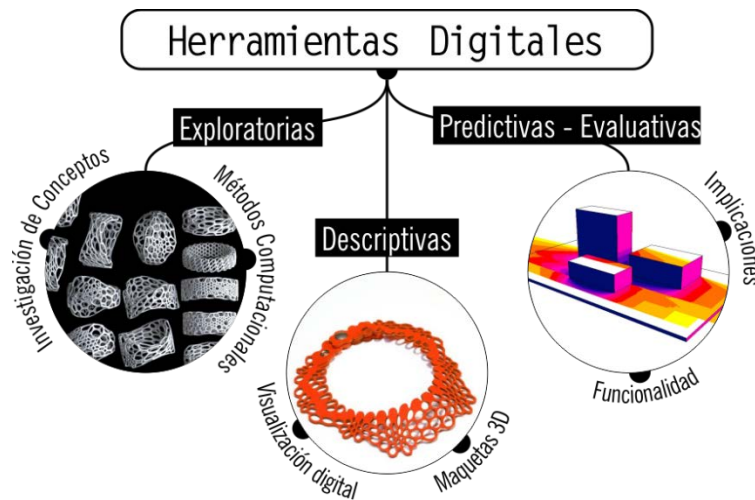


Ilustración 6. Aplicación de las herramientas digitales (elaboración propia).

De acuerdo con Mitchell (citado en Celani & Vaz) hay tres métodos de representación y modelado arquitectónico: Icónico, analógico y simbólico (Ilustración 7.). Dentro de esta clasificación los modelos icónicos son los más literales puesto que los usos típicos de los mismos son planos, elevaciones y modelos físicos. La producción de estos modelos involucra escalas (amplificaciones y reducciones) y proyecciones (bidimensional y tridimensional) y transformaciones. Es a través de modelos icónicos es posible prever cómo el edificio se verá cuando esté listo (Celani & Vaz, 2014).

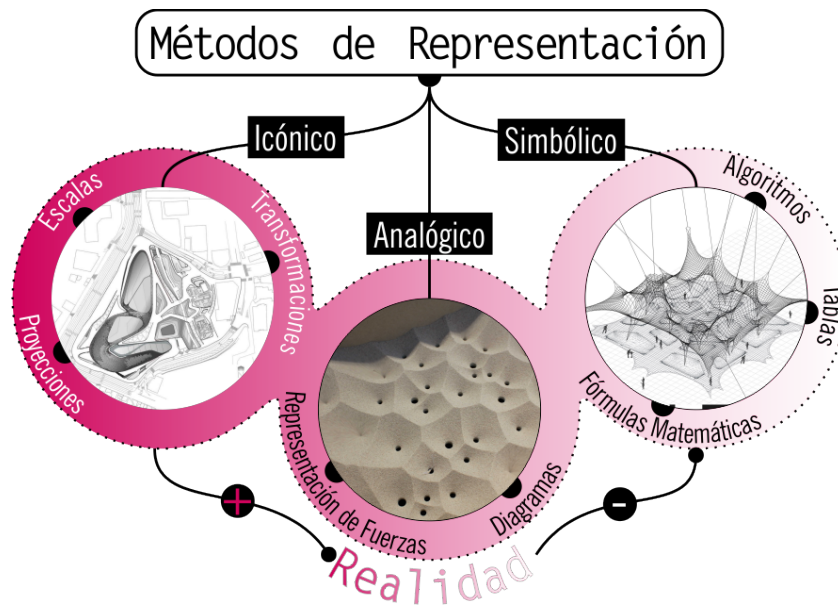


Ilustración 7. Métodos de representación (elaboración propia).

Como ejemplo de los modelos análogos, se encuentra la representación de la “Sagrada Familia” producida por Gaudí a partir de cables y bolsas de arena. Los cables simbolizan la tensión de los vectores que representan, por lo tanto, las fuerzas análogas de la estructura a construir. Los diagramas también están considerados dentro de esta categoría puesto que son de fácil manipulación y se encuentran entre las representaciones concretas y abstractas.

Las palabras, los números, las operaciones matemáticas, etc. representan los modelos simbólicos. En el diseño los modelos simbólicos son muchas veces usados para la simulación y evaluación de estructuras, de la acústica, iluminación y desempeño térmico. Los símbolos son comúnmente presentados como fórmulas matemáticas, tablas, matrices y algoritmos.

Los tres métodos de representación establecidos por Mitchell presentan diferentes niveles de abstracción: Los icónicos tienen mejor aproximación a la realidad, mientras que los simbólicos son mucho más abstractos. Los modelos analógicos se encuentran en medio de estos dos; esta idea véase representada en la Ilustración 8.



Ilustración 8. Herramientas digitales en los métodos de representación (elaboración propia).



Es con base en la comparativa de las Herramientas Digitales establecidas por Dunn y los Métodos de Representación propuestos por Mitchell que se construye una relación entre ambos grupos de conceptos.

A partir de la categorización de las herramientas computacionales -empleadas a través de la historia en que la computadora se ha inmerso en las diversas etapas de los procesos de diseño- y los niveles de abstracción que abarcan los métodos de representación; se pone de manifiesto la actuación de dichos agentes dentro de una realidad que está sujeta a interpretación de cada diseñador basada en su historicidad y conocimientos. Se observa la equivalencia entre los medios icónicos utilizados en los entornos de modelado geométrico que los categorizamos con un nivel de abstracción bajo puesto que son los más cercanos y literales con respecto a la realidad. Por ejemplo, no nos importa la ecuación, fórmula matemática o algoritmo que utiliza el icono que produce la inserción de un cuadrado al ambiente de modelado geométrico, sólo nos importa el resultado -el cuadrado-.

Por el contrario, es en el campo de los lenguajes de programación visual donde la mayoría de recursos empleados están expresados por medio de algoritmos, fórmulas y ecuaciones (símbolos), las cuales por su naturaleza se encuentran inmersos en un nivel de abstracción alto, pero que sí se obtiene el dominio sobre los mismos, se puede llegar a desarrollar herramientas e instrumentos los cuales representarían los comportamientos e implicaciones de sistemas complejos a partir de modelos y simulaciones basadas en las características y propiedades de sus actores en una realidad concreta pero con posibilidad de emularlos en escenarios hipotéticos.

Se establece así que, los recursos empleados por las herramientas digitales (descriptivas, explorativas y predictivas-evaluativas) en comparación con los contenidos establecidos dentro de los métodos de representación (icónicos, analógicos, simbólicos) comprenden conocimientos y saberes propios, que utilizan estrategias análogas para el uso y obtención de datos que tienen como fin primario su manifestación en la conformación de conceptos expresados a través de la representación geométrica-formal de los artefactos de diseño.

Si bien no basta sólo con la construcción de una red homologadora de conceptos, es importante establecer cuál ha sido el papel de dichas herramientas así como su uso en el proceso de diseño a través del tiempo, el cual en la medida que involucra saberes de disciplinas no ajenas, pero sí alejadas a primera vista del quehacer diseñístico, ha permitido crear un nuevo catálogo de posibilidades basadas en teorías, principios y estrategias en las que se veía lejano su uso como instrumento de configuración teórico-formal en el proceso de diseño.

A través del tiempo el uso de las herramientas computacionales en el proceso de diseño ha ido mutando, de manera que en sus comienzos sólo se utilizaron como instrumentos para describir una realidad a partir del entorno de modelado geométrico, teniendo como resultado un nivel de abstracción bajo, basado en los métodos de representación icónicos y analógicos, como son las maquetas, bocetos, planos, representaciones digitales, entre otros. En la siguiente Ilustración 9 se ve representado el uso tradicional de las herramientas digitales en el proceso convencional de diseño



Ilustración 9. Uso tradicional de las herramientas digitales (elaboración propia).

Sin embargo en la actualidad no se ha visto reflejado el uso de nuevas herramientas y estrategias propias de una era digital, la cual no tiene la menor intención de permanecer estática e inmutable ante los revolucionarios avances tecnológicos desarrollados en las diversas áreas de conocimiento; al contrario, se percibe una atrofia mostrada en escepticismo y un uso iterativamente erróneo de los instrumentos digitales dando cabida a un panorama desértico en el campo de la innovación formal, estructural así como social.

Es a partir de contados espacios y actores donde la incorporación de conocimientos propios de las ciencias computacionales a la disciplina del diseño ha venido dándose en

las últimas dos décadas de una manera más visible y recurrente a partir de profesionales involucrados desde sus Universidades, tales como Zaha Hadid y Patrik Schumacher desde el AA de Londres, Gerg Lynn en la UCLA, Neri Oxman en el MIT o Achim Menges desde la Universidad de Stuttgart.

De alguna manera el panorama evolutivo y cambiante en el uso de las herramientas digitales aplicadas a la disciplina del diseño llega a percibirse incierto, sin embargo se incorporan los principios conceptuales en los cuales se encuentran fundamentados los desarrollos de dichas herramientas y se promueve su incorporación dentro de los procesos de diseño, se proveerá al profesional de habilidades y conocimientos universales que le permitan, no sólo abordar retos de diseño relacionados a la concepción de la forma, sino que también se tendrá la capacidad de análisis y síntesis de los problemas a partir de la abstracción de los datos obtenidos del contexto para su traducción e implementación en la resolución de los proyectos en cuestión.

La propuesta concreta es ampliar el abanico de herramientas digitales haciendo uso no sólo de las descriptivas, sino incorporando también las exploratorias y las predictivas - evaluativas a partir de la hibridación y transición entre los entornos de modelado geométrico y los de programación visual de modelado paramétrico, obteniendo de esta manera la posibilidad de transitar entre los niveles de abstracción medio-alto donde los métodos de representación icónicos, analógicos y simbólicos se abordarían a partir de los diversos campos de aplicación del lenguaje matemático, obsérvese su configuración en la Ilustración 10.

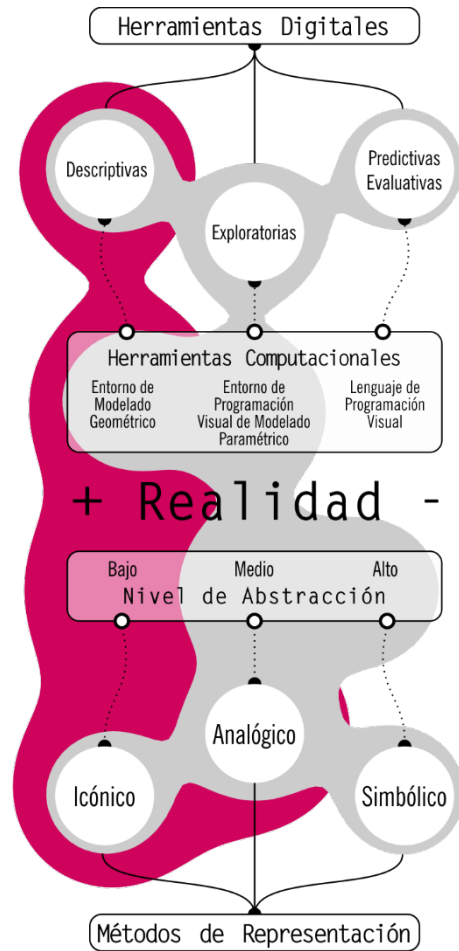


Ilustración 10. Estrategia de hibridación de los recursos computacionales (elaboración propia).

## 5.3 Pensamiento, lenguaje – diseño.

Se ha presentado con anterioridad la importancia que tienen las herramientas digitales en el proceso de diseño, mismo que indica que los diseñadores de hoy en día ya no pueden ser entrenados para seguir una serie de procedimientos, puesto que la tasa de cambio del mundo en el que tienen que trabajar pronto los dejará atrás. Ya no podemos darnos el lujo de sumergir al estudiante de arquitectura o diseño de producto en pocos oficios tradicionales. Más bien deben aprender a apreciar y aprovechar las nuevas tecnologías, ya que estas se desarrollan constantemente (Lawson, 2005).

Podemos recalcar que toman mayor importancia las estrategias y procedimientos por medio de las cuales los diseñadores se enfrentan a los problemas, que las herramientas digitales que emplean dentro del proceso. Las soluciones de diseño no varían sólo porque los problemas son diferentes, sino también porque los diseñadores adoptan habitualmente diferentes enfoques.

Lawson lo ejemplifica de la siguiente manera, un ingeniero estructural puede referirse al diseño como el proceso de calcular las dimensiones de una viga en el diseño de un edificio. En verdad tal proceso es casi enteramente mecánico; aplicar una o más fórmulas e insertar los valores para varias cargas conocidas para actuar en la viga y los resultados de tamaño requeridos.

El ingeniero puede utilizar la palabra “diseño” aquí ya que este proceso es muy diferente del "análisis" por el cual las cargas se determinan adecuadamente.

El proceso del ingeniero parece relativamente preciso, sistemático e incluso mecánico mientras que el de un diseñador parece más imaginativo, impredecible y espontáneo. La anterior idea se mostrará representada en la Ilustración 11.

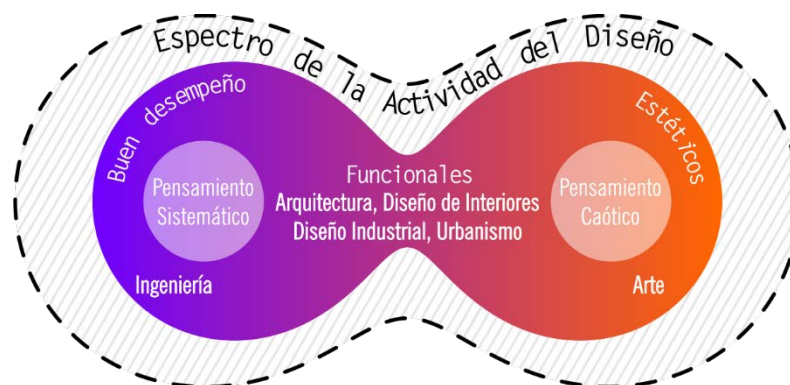


Ilustración 11. Espectro de la actividad del diseño (elaboración propia).

Mencionado lo anterior es probable que la principal característica que distingue a los diseñadores, de los profesionales que se encuentran inmersos en disciplinas más cercanas a las ciencias, es que estos no sólo hacen específicos sus resultados, sino también sus procedimientos. Su trabajo puede ser replicado y criticado, así como sus métodos. Se puede considerar un proceso limpio, abierto y público; en contraste al del diseñador que no es un proceso transparente (véase Ilustración 12.), puesto que lo que el diseñador dibuja o representa no es en su totalidad lo que piensa, así como no son observables a primera vista las relaciones que construye entre los diversos factores que considera para la conformación de un objeto.

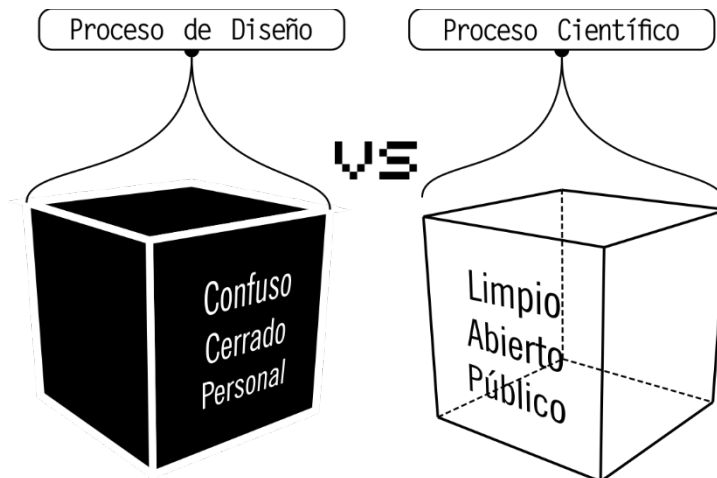


Ilustración 12. Comparativa entre proceso de diseño y proceso científico (elaboración propia).

Con base a lo anterior se propone que sea a partir de la incorporación de los fundamentos de las matemáticas y diversas de sus ramas, que se le proporcione al diseñador una serie de estrategias las cuales le den la capacidad de conceptualizar, visualizar, administrar, modificar y esclarecer no sólo al público su proceso de diseño y de toma de decisiones; sino permitiéndose a el mismo compartir sus procedimientos y métodos; a partir principalmente del uso de herramientas digitales caso particular de

los entornos de Programación Visual de Modelado Paramétrico, siendo estos los idóneos en los que el diseñador puede desenvolverse entre los diversos niveles de abstracción así como de los métodos de representación, creando un ecosistema de trabajo híbrido, propio de la disciplina diseñística.

## 5.4 Áreas matemáticas orientadas al diseño.

A partir del Interactive Mind Map elaborado por GoGeometry y basado en la Wikipedia Mathematics ([GoGeometry, 2014](#)), se estructuró el presente diagrama (Diagrama 20.) donde se muestran las Áreas de las Matemáticas y sus sub-áreas. Se observa una clasificación en la cual se incluyen las cuatro ramas generales de las matemáticas, mismas que son denominadas de la siguiente manera: 1) Estudio sobre las cantidades también llamada aritmética, 2) Estudio del espacio denominada geometría, 3) Estudios sobre el cambio conocida como cálculo, 4) Estudios de las estructuras conocida como álgebra. El diagrama considera de igual forma tres ramas más debido a que está concebido bajo el término de matemáticas modernas; estas áreas son los 5) Fundamentos y Filosofía, 6) Matemáticas discretas y 7) Matemáticas Aplicadas.

La representación de las sub-áreas de las matemáticas permite distinguir los contenidos relacionados directamente con la formación y práctica profesional del diseñador como lo son la aritmética, la geometría, la trigonometría, el cálculo y la estadística. Así mismo se resaltan conocimientos tangenciales que comúnmente no son integrados en los programas educativos relacionados con la arquitectura, el urbanismo y el diseño



pero que llegan a ser temas abordados por el profesional a partir de iniciativa propia o por exigencias de proyectos específicos; mostrando así áreas como la geometría fractal, el cálculo vectorial, teoría del caos, lógica matemática, matemáticas financieras, optimización y dinámica de fluidos. Por último, quedan todas aquellas sub-áreas que por su contenido y complejidad son conocimientos no abordados por los diseñadores.

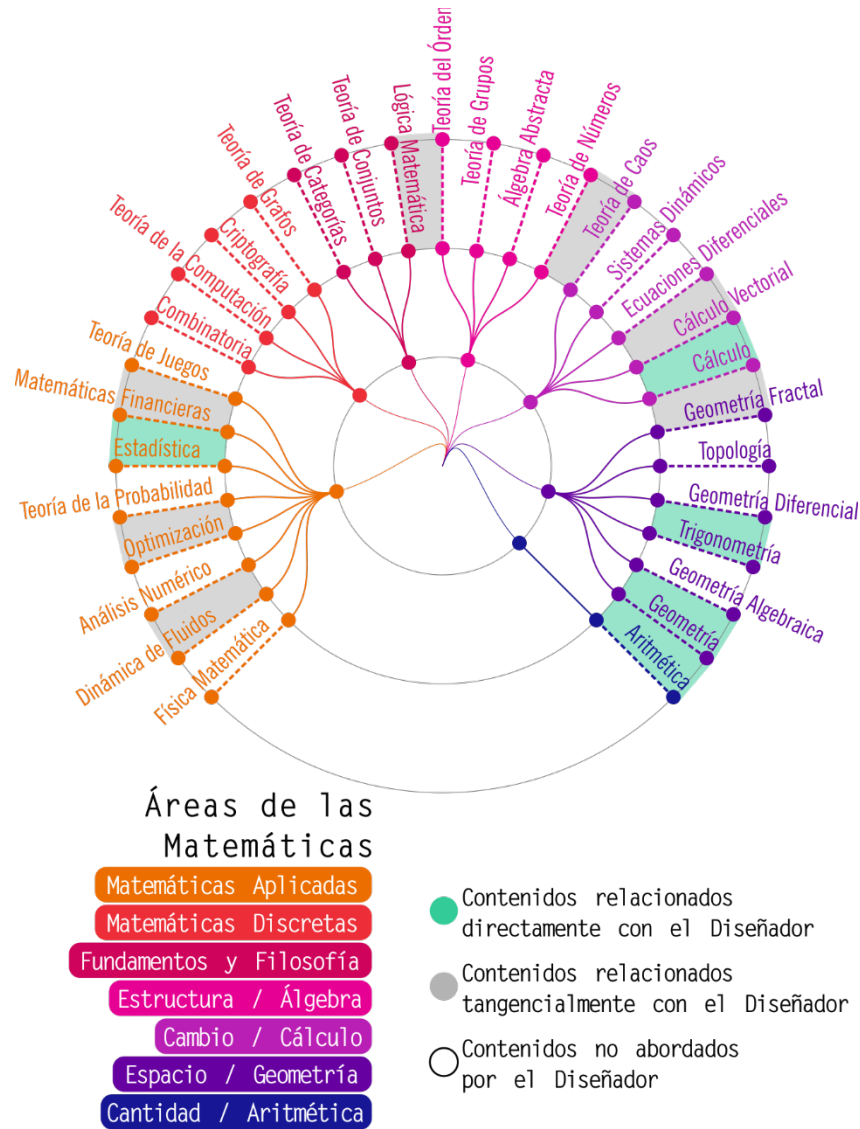


Diagrama 20. Áreas de las matemáticas (elaboración propia).

El diagrama previamente mostrado permitirá relacionar contenidos específicos de ciertas sub-áreas de las matemáticas modernas aplicados a proyectos, ejercicios y experimentos elaborados durante el periodo de duración de la presente investigación; dichos contenidos se encuentran expresados a partir de scripts contenidos en “componentes” utilizados en entornos de programación visual de modelado paramétrico y su representación virtual desde entornos de modelado geométrico.

Cabe resaltar la importancia que tiene para la presente investigación la demostración del uso de conceptos y conocimientos ajenos a la disciplina del diseño, muchos de los cuales son propios de las matemáticas, las ciencias computacionales, la electrónica, la lógica y las tecnologías de fabricación digital. Estos conocimientos han permitido el funcionamiento, estructuración, control, desarrollo y puesta en marcha de proyectos fundamentados desde la disciplina del diseño y que tienen proyección de uso a partir de interfaces y dispositivos que permitirán al profesional del diseño crear artefactos a partir de un modelo de manejo de la información holístico que promoverá transparentar el proceso creativo haciéndolo comunicable, criticable y por ende susceptible de ser perfectible.

El siguiente capítulo se encontrará dedicado a presentar la importancia de cómo los conceptos matemáticos fueron aplicados a los experimentos y desarrollos teórico-funcionales es estos, mostrando así la relevancia del uso de lógicas matemáticas a través de las herramientas computacionales.

# 6. Propuesta metodológica e instrumentación.

## 6.1 Medios de visualización en el diseño.

El confinamiento que han tenido las técnicas de representación bidimensionales y tridimensionales como sólo medios para la comunicación de los resultados en el proceso de diseño no ha permitido resaltar que éstas técnicas permiten sintetizar las ideas que conforman el proceso de la actividad proyectual. Rodríguez afirma que “para los diseñadores las líneas y los colores son signos que forman un lenguaje que alimenta las ideas que unas tras otra fluyen en el proceso de diseño... diseñar es configurar una forma y, por lo tanto, se requiere de un lenguaje apropiado para el manejo de ésta” (Rodríguez Morales, 2004).

El trabajo de Rudolph Arnheim se dirige hacia la necesidad de profundizar en los estudios sobre la importancia que los medios de visualización tienen en la conformación de las ideas, específicamente, en la formación de un modo de pensar propio de las disciplinas proyectuales ([Anheim, 1993](#)).

Por lo anterior se asume que, en el campo del conocimiento del diseño con su connotación de disciplina proyectual, la geometría toma un rol de suma importancia para la configuración de discursos diseñísticos ya que se convierte en el lenguaje a través del cual el diseñador manifiesta la configuración de los diversos componentes formales que conforman la propuesta de solución a la necesidad en cuestión.

## 6.2 Software de representación.

Las diversas investigaciones realizadas al rededor del campo del diseño y la arquitectura asistida por computadora han puesto de manifiesto un sentir común entre los implicados en el desarrollo de dicha área, el cual hace referencia a que sólo se ha empleado la computadora como una mesa de dibujo digital, refiriéndose particularmente a los programas CAD ([Richardson, 2013](#)). Estos paquetes (software) han permitido a los diseñadores representar sus ideas, al igual que mejorar la eficiencia en la producción de dibujos debido a su naturaleza repetitiva en el uso de comandos, confinándolos así a ser una mera herramienta en el proceso de diseño anulando la posibilidad de contribuir al desarrollo de un pensamiento creativo que involucra una mayor comprensión de los conocimientos, estrategias y metodologías propuestas desde campos como la ciencia computacional, la lógica y las matemáticas.

También existe el malentendido que entre mayor sean los avances logrados en el campo del diseño asistido por computadora menor es la aportación del diseñador en el proceso de diseño, dando por entendido que el instrumento tecnológico es quién en este caso hace ya la labor de diseño. Christopher Alexander en (Richardson, 2013) enuncia: "Una computadora digital es, en esencia, lo mismo que un enorme ejército de empleados, equipada con libros de reglas, lápiz y papel, todos estúpidos y enteramente sin iniciativa, pero capaces de seguir exactamente millones de operaciones definidas con precisión..."

Flemming en (Richardson, 2013) establece que el objetivo de diseño asistido por computadora debe ser "crear programas que funcionan de manera muy diferente de la gente, porque si funcionan exactamente igual que las personas en una capacidad específica, no van a ser capaces de hacerlo mejor que la gente en esta capacidad".

Los entusiastas del campo de investigación del diseño asistido por computadora en el afán por rechazar las influencias conservadoras establecidas por los modeladores CAD y con el fin de estar libre de las herramientas predefinidas y tener un mayor nivel de discusión en la construcción de la forma, ha llevado a una discusión de la geometría y las matemáticas.

El intercambio de herramientas computacionales entre las disciplinas ha permitido a los diseñadores diseñar conceptualmente y crear sus propios "objetos" personalizados en lugar de utilizar los objetos especificados proporcionados por algún software CAD (Peters & Peters, 2013).

Se aboga entonces por la exploración de la intención del diseño y cómo esto se inscribe en las herramientas de diseño y el entorno de diseño. Se trata de diseñar un sistema, en lugar de trabajar sólo en un modelo 3d más detallado. Se enuncia que sí el proceso

de la configuración de la solución (forma) se guarda en una secuencia (en programación escrita o visual) puede ser útil a otros diseñadores, porque se está utilizando la misma plataforma de trabajo que usó el autor original ([Herrera Polo, 2013](#)).

## 6.3 Lenguajes de programación visual.

Es a partir de Mitchell (1978) y Loukissas y Sass (2004) donde en ambos planteamientos se propone usar un lenguaje de programación escrita para codificar la teoría del diseño, es decir, escribir una probable solución a un problema en un lenguaje natural (pseudocódigo) con el fin de traducirlo al lenguaje de un software (script) para explorar alternativas cuando se cambien las líneas que corresponden a variables que controlan el problema, modificando línea por línea, sin ver un objeto hasta no tener terminado el código.

Hoy los lenguajes de programación visual han despertado curiosidad por saber que un proceso puede ahora ser utilizado por otros, para crear nuevas soluciones o para combinar posibilidades de acuerdo con situaciones nuevas. Los bloques de CAD han sido reemplazados por los componentes de un proceso ([Herrera Polo, 2013](#)).

Cuando un diseñador escribe una secuencia de comandos (script) para resolver un problema, el algoritmo se convierte en parte del diseño y puede entonces ser explorado de una manera creativa. Pero, como Fabian Scheurer explica en su capítulo, los algoritmos son a la vez una descripción del problema y la solución.

A menudo, el uso de las herramientas existentes conduce a las soluciones existentes. A través de la creación de nuevas herramientas y nuevas formas de pensar, nuevas soluciones se pueden encontrar. Pensamiento algorítmico significa asumir un rol interpretativo para comprender los resultados del código que se genera, y entender cómo a continuación modificar el código para explorar nuevas opciones, y especular sobre otras posibilidades de diseño.

Aish en (Richardson, 2013) divide el acto de la creación de una herramienta y el trabajo de diseño cuando señala: "Los desarrolladores de software no diseñan edificios. Su papel es el de diseñar las herramientas que otros diseñadores creativos, arquitectos e ingenieros utilizan para diseñar edificios".

La programación visual (visual programming) se refiere al desarrollo de software donde las notaciones gráficas y los componentes de software manipulables interactivamente son usados principalmente para definir y componer programas.

La programación visual se define comúnmente como el uso de expresiones visuales (tales como gráficos, animación o iconos) en el proceso de la programación, pueden ser utilizadas para formar la sintaxis de los nuevos lenguajes de programación visuales que conducen a los nuevos paradigmas tales como programación por la demostración; o pueden ser utilizadas en las presentaciones gráficas del comportamiento o de la estructura de un programa.

La programación visual se basa en el uso de lenguajes visuales (LPV). Un lenguaje de programación visual puede definirse como:

a) Un lenguaje de programación que usa una representación visual (tal como gráficos, dibujos, animaciones o iconos, parcial o completamente). b) Un lenguaje visual manipula información visual o soporta interacción visual, o permite programar con

expresiones visuales. c) Un lenguaje visual es un conjunto de arreglos espaciales de símbolos de texto y gráficos con una interpretación semántica que es usada para comunicar acciones en un ambiente. d) Los LPV son lenguajes de programación donde se usan técnicas visuales para expresar relaciones o transformaciones en la información.

Por ejemplo, un objeto visual que representa un proceso de adición (suma) toma dos entradas y produce una salida. En un LVP típico de flujo de datos, el usuario simplemente selecciona un valor de entrada y selecciona un puerto de entrada al objeto para establecer una relación entre los datos y el proceso (Hernández & Uribe León, 2002).

## 6.4 Experimentación y análisis.

La gama de proyectos, ejercicios y experimentos que a continuación se presentan están basados principalmente bajo dos primicias. La primera responde a la posibilidad de hacer visible el trabajo de investigación, desarrollo y puesta en marcha de modelos de interfaces fundamentadas y conceptualizadas a partir de un pensamiento de diseño; la segunda primicia se enfoca en mayor parte a poder mostrar el uso de las matemáticas en sus diversas sub-áreas como son la lógica computacional y los algoritmos desde una estrategia de procesamiento y manejo de la información top-down. La electrónica como instrumento de obtención y traducción de datos desde el ambiente para su posterior reinterpretación a través de la representación geométrica-visual; el uso de vectores como principales agentes de control en un espacio euclidiano, así como la importancia que toma el manejo y administración de diversos tipos de datos dentro de un espacio



geométrico como lo son el punto, la recta, las aristas, las caras y demás componentes de un conjunto geométrico.

También se hace uso de dispositivos de entrada de datos en la computadora como lo son las cámaras web, sensores infra-rojos, microcontroladores, dispositivos midi; entre otros.

### **6.4.1 Instrumentos y herramientas.**

Durante la presente investigación se ha propuesto que es indispensable la necesidad de incorporar nuevos conocimientos a la práctica del diseño, propios de áreas como las matemáticas, las ciencias computacionales, la electrónica, la fabricación digital, entre otros; mismos que le permitirán al profesional responder a las necesidades exigentes y cambiantes de la sociedad actual manteniendo su vigencia en los escenarios futuros.

También se ha establecido que es a partir de los entornos de programación visual de modelado paramétrico, que el diseñador hace uso de conceptos básicos de la disciplina a la vez que se involucra con el manejo de principios matemáticos, lógica computacional, algoritmos y otros conocimientos de los cuales se encuentra alejado en la práctica profesional, pero que por medio de los métodos de representación icónicos-analógicos le permiten una asimilación, ordenamiento y síntesis de la información acercándolo cada día más a un campo donde los métodos simbólicos le ofrecen un nivel de abstracción alto proporcionándole otro abanico de herramientas para la resolución de problemas o necesidades.

Los instrumentos y herramientas seleccionados para la experimentación responden al principio de inter-conexión (Ilustración 13.), seleccionando aquellas que no sólo permitieran la comunicación en un entorno virtual, sino que sus protocolos de comunicación promovieran la obtención de datos del entorno físico permitiendo un flujo de información entre el mundo digital y el físico.

Se seleccionó el software Rhinoceros como plataforma de entorno tradicional de modelado geométrico mismo que por su estructura de código permite la incorporación de un plugin con entorno de programación visual paramétrico denominado grasshopper. A su vez grasshopper con su estructura de programación a partir de addons proporciona herramientas de intercomunicación con software de código abierto creando así un ecosistema abierto en el que los desarrolladores pueden generar sus propias herramientas basadas en necesidades y conocimientos específicos dando pauta así a la evolución y crecimiento de herramientas digitales aplicadas al diseño.

Se hace uso del addon Firefly el cual es un conjunto de herramientas de software y hardware integrales dedicada a cerrar la brecha entre Grasshopper – Arduino (microcontrolador) y otros dispositivos de entrada / salida, como cámaras web, teléfonos móviles, dispositivos de juego entre otros. Firefly en combinación con Arduino proveerán la capacidad de obtención de datos del medio ambiente físico e introducirlos al ambiente digital pudiendo de igual manera traducirlos y reflejarlos nuevamente en el espacio físico por medio de actuadores (motores, leds, zumbadores).

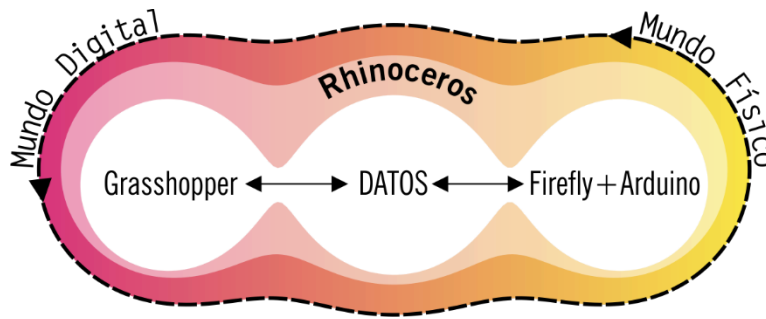


Ilustración 13. Flujo de datos en herramientas digitales (elaboración propia).

### 6.4.2 Propuesta metodológica.

El siguiente Diagrama (21) muestra la propuesta metodológica o marco referencial para el abordaje de los proyectos de diseño a partir del uso de lenguajes de programación visual de entorno paramétrico. Se comienza por que el diseñador (agente), configure una representación simbólica del sistema a abordar a partir de las primitivas del cual se compondrá, mismas que proporcionarán especificaciones de inter dependencia, dependencia o independencia entre los componentes y sus parámetros, así como restricciones a considerar. El proceso de resolución se caracteriza por ser un proceso de búsqueda entre los estados alternativos de la representación, configurando al proyecto de diseño como un flujo de trayectorias temporales que experimenta el sistema. El comportamiento emergente del sistema esta principalmente relacionado a los criterios y especificaciones establecidos a partir de los requerimientos del objeto de diseño. La naturaleza recursiva de los sistemas paramétricos, permiten que con cada iteración del proceso se llegue a un estado satisfactor planteado como el objetivo o especificación del diseño. Se toma en cuenta que los objetos de diseño y agentes se encuentran dentro de un entorno que proporciona restricciones y posibilidades de incidencia sobre el diseño.

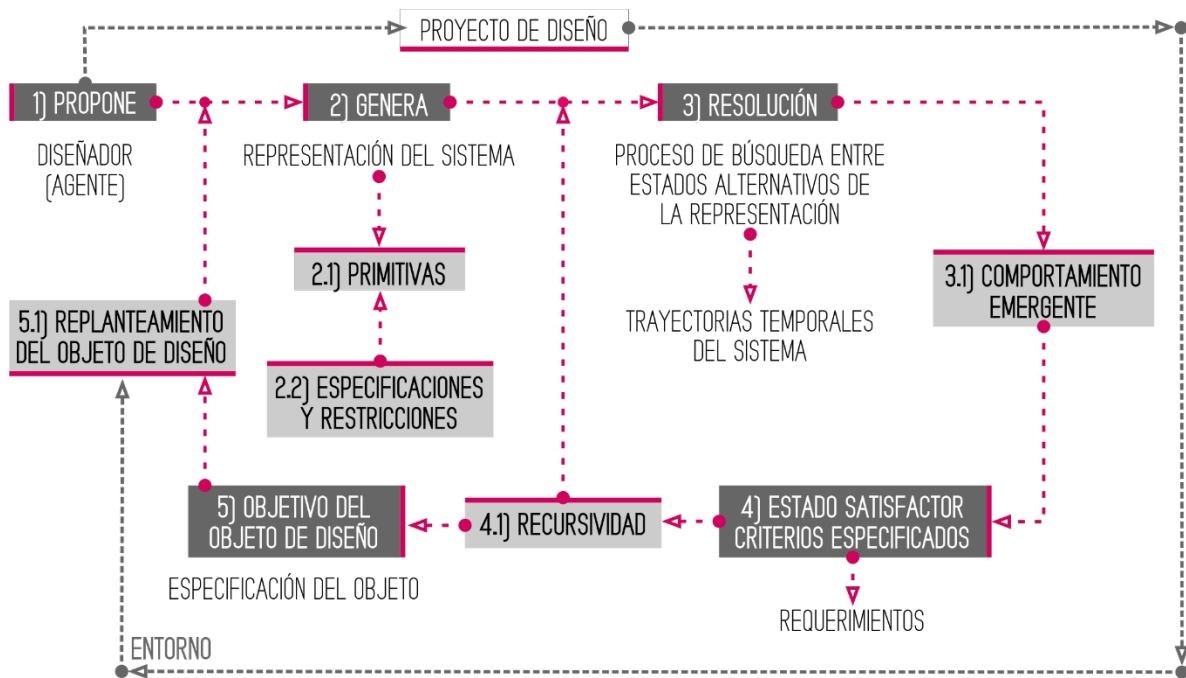


Diagrama 21. Propuesta metodológica para el abordaje de proyectos de diseño a partir de los LPV (elaboración propia).

Consideramos así que el concepto de patrón se muestra a partir de que el modelo presentado con anterioridad pretende ser una descripción para la resolución de problemas a partir de que describe un problema que no necesariamente ocurre una y otra vez, sino que la solución puede ser utilizada N cantidad de veces en contextos de diversa índole. Se sostiene que, si se almacena un proceso de manera escrita o visual dentro de un entorno de programación visual, se infiere que, dada su flexibilidad para modificarlos, otro usuario lo utilizaría para explorar otras posibilidades.

El proceso es un patrón, una solución genérica a un problema compartido. Estos patrones en códigos son mecanismos de información y conocimiento de soluciones a problemáticas de diseño.

Los entornos de programación visual algorítmica, por su propia naturaleza matemática permiten convertirse en instrumentos con la capacidad de organizar datos y así poder explicar fenómenos a través de la regularidad o de patrones lógicos.

La propiedad intrínseca de recursividad del sistema nos permite vislumbrar un problema con mayor simplicidad, debido a la disminución de sus múltiples posibilidades.

La posibilidad de poder abordar conocimientos de otras disciplinas como el de las ciencias computacionales por medio de los ambientes de programación visual, permite entender que el lenguaje utilizado contiene una estructura típica de los condicionales (if-then-else) y bucles (for-each, for-next, do-while, select-case, go-to) presentes en cualquier otro lenguaje de programación. Las rutinas pueden agruparse en funciones o subrutinas. La sintaxis es similar al de los otros lenguajes orientados a objetos, también conocido como la sintaxis con punto, en el que un punto después del nombre del objeto se utiliza para acceder a sus propiedades (por ejemplo, `line.color = rojo`) y engancha sus métodos seguidos de sus parámetros (por ejemplo: `fromPoint line.move, topoint`).

Para este tipo de sintaxis es importante conocer la de los medios de modelación CAD, ya que es una estructura jerárquica que muestra cómo los grupos y clases de objetos interactúan. Por ejemplo, el concepto Espacio Modelo se considera un grupo en el que se pueden encontrar ciertos tipos de objetos, tales como líneas, poli líneas, sólidos 3d etc.

Al igual que en el diseño, en la programación se recomienda que se inicie una rutina con la definición de variables, incluyendo su tipo especificación (como números, palabras o entidades 3d) y la definición de su modo de accesibilidad (público o privado). En los lenguajes de programación es común que se utilicen arrays (matrices) para

almacenar datos, tales como coordenadas x de un punto, y, z. o de igual manera bases de datos.

## 6.5 Instalación interactiva.

El proyecto de Instalación interactiva surge de la idea de construir un mapa del patrimonio sonoro de las ciudades de Toluca y Metepec. El proyecto fue concebido como un producto informacional de tal manera que los archivos sonoros digitalizados fueran reutilizados de formas creativas bajo el concepto que se le denominó “Manipulación estética del patrimonio sonoro”. Los productos que resultaron de este proceso se describen a continuación y son parte de un proyecto continuo en el cual se busca construir el ciclo informacional que involucran desde el rescate del patrimonio inmaterial hasta su efecto en los procesos de identidad entre los miembros de una comunidad. Para ello se basó en las posibilidades de manipulación estética con tecnologías digitales: software open source y hardware hacking encaminados a la producción de sentido web y un espectáculo audiovisual performático ([Rossano Rivero, et al., 2015](#)).

Cabe resaltar que la presente instalación interactiva en un primer momento se presentó y se puso a prueba dentro de las instalaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática de la Universidad Politécnica de Valencia (ETSIInf - UPV). En una segunda etapa, la instalación se modificó, sustituyendo uno de los módulos (de 3 con los que cuenta) por otro que permite el seguimiento de marcadores denominados “amebas” por medio de webcam. La instalación en su segundo desarrollo se mostró en

el marco del II Congreso Internacional de Investigación en Artes Visuales ANIAV <Real Virtual> 2015 dentro de las instalaciones de la Facultad de Bellas Artes de San Carlos de la Universidad Politécnica de Valencia (BBAA); estas dos instalaciones se realizaron durante el año 2015.

Video ANIAV 2015. <https://youtu.be/9GBJkNFCV5I?t=143>

### **6.5.1 Fundamento de la instalación.**

El proyecto consiste en la construcción de una instalación interactiva donde los visitantes puedan manipular sonidos, videos y representaciones 3D usando las manos, pero sin tocar superficies. Consideramos que la Interacción Humano computadora permite un proceso de producción de sentido participativo en el cual el público explora los mecanismos de interacción y juega con ellos para manipular los datos a partir de una curva de aprendizaje y un interés. De esta manera se abre la posibilidad a investigaciones sobre la construcción de una narrativa espacial donde no se tocan superficies ¿Qué procesos cognitivos, estéticos y morales pueden derivar de este proyecto? Mientras que en el sitio web la producción de sentido se producía por una interacción hipertexto entre el usuario y la interfaz o, en el segundo, a partir de la experiencia unidireccional, del escenario al receptor. Creemos que este enfoque abre un campo totalmente diferente en la exploración del patrimonio sonoro y posibilita otros mecanismos de producción de sentido a partir de la interacción entre una “interfaz invisible” con un “usuario receptor” que puede ser fructífero para la producción de conocimiento, la configuración de experiencias estéticas o de procesos de valorización de la cultura y las identidades urbanas.

## 6.5.2 Idea detrás de la instalación.

La instalación propone explorar el patrimonio sonoro de Toluca y Metepec denominado Audiofocus, en tres dimensiones (Imagen 1 y 2.). La dimensión geoespacial, la dimensión musical y la dimensión visual del sonido. Consiste en el uso de los movimientos de las manos sobre sensores infra-rojos (leapmotion) que permiten controlar las interfaces para la manipulación de los datos del patrimonio sonoro. También se ha hecho Hardware hacking (de un teclado de computadora) construyendo un controlador de “sampleo” para disparar extractos de sonidos y remezclarlos a la manera de la música electrónica. Se hace uso de reconocimiento vía webcam de marcadores de referencia asignados a objetos tridimensionales.



Imagen 1. Concepto de instalación interactiva (vista 1, elaboración propia).





Imagen 2. Concepto de instalación interactiva (vista 2, elaboración propia).

### 6.5.3 Componentes de la instalación.

Se desarrollaron tres módulos: uno fue producido a través de las técnicas del Hardware Hacking y Circuit Bending para programarlo como controlador MIDI al que llamamos “Trastoller” (Imagen 3.) que surge de las palabras trastero y controller dado que el Hardware Hacking se hizo a un trastero y “controller” por el término en inglés que designa controladores de comportamientos digitales. Con él se disparan muestras de audio de los sonidos del catálogo del patrimonio sonoro Audiofocus (AbletonLive, Geco MIDI/OSC).

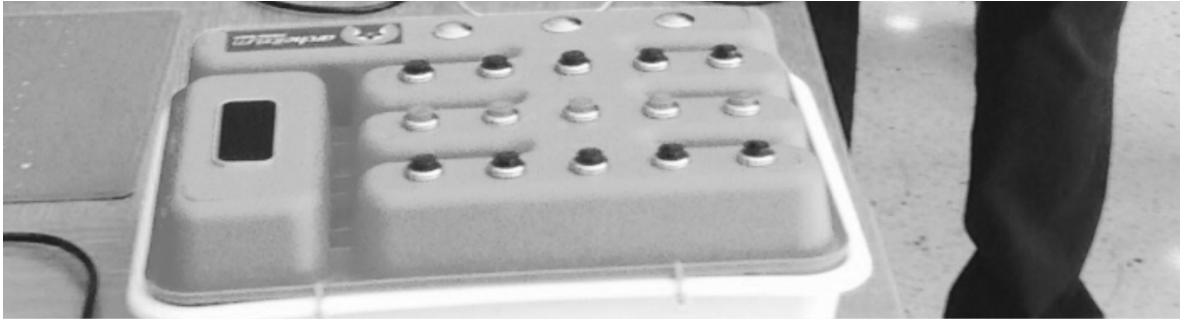


Imagen 3. "Trastoller"

Para el segundo módulo (Imagen 4.) se usaron técnicas de comunicación entre dispositivos electrónicos y la paquetería de modelado 3D Rhino. Para explorar una cartografía del valle de Toluca y escuchar los archivos de audio que fueron geolocalizados en los puntos de grabación original, esta se hizo a través de tecnología open hardware (firefly, arduino, leapmotion y open software Grasshopper, VVVV).

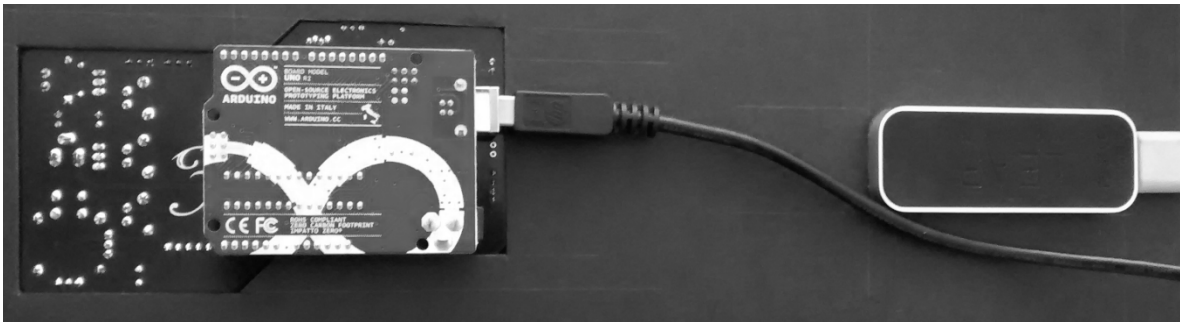


Imagen 4. Firefly – Arduino - Leapmotion. Modulo Mapa.

El tercero (Imagen 5.) corresponde a técnicas de mezcla creativa de video para producir imágenes digitalizadas que acompañen a los sonidos producidos por el Trastoller a través de un controlador MIDI con midi mapping conectado a Modul8.



Imagen 5. Módulo audiovisual.

## 6.5.4 Proceso de materialización y programación.

### 6.5.4.1 *Trastoller.*

Es a partir de la técnica de Hardware Hacking que se construye el dispositivo denominado Trastoller. 1) Reutilizando una placa de control extraída de un teclado de computadora se hace una 2) exploración de las combinaciones posibles que se crean al conjuntar un par de terminales propias de la placa del teclado. Una vez identificadas las combinatorias se procede a 3) soldar las terminales para asegurar la integridad del armado físico. Esta combinatoria será utilizada para asignar valores y estados dentro del software seleccionado para la realización de la instalación (AbletonLive, Geco

MIDI/OSC). 4) Se coloca toda la electrónica dentro del chasis seleccionado (trastero) y se procede al armado (véase proceso en Diagrama 22.).



Diagrama 22. Trastoller materialización

#### **6.5.4.2 Trastoller - programación.**

AbletonLive (Imagen 6.) está pensado tanto para la composición musical como para la música en directo. Su interfaz de usuario consiste en una sola ventana con diferentes secciones. La sección principal se divide en dos tipos de vistas. La primera (vista session) sirve para disparar en cada pista fragmentos audio o MIDI llamados clips. Su objetivo es realizar sesiones en directo o grabaciones improvisadas. La segunda vista (arrangement) muestra una secuencia en una regla de tiempo al estilo de un secuenciador tradicional. Su enfoque está más orientado a la composición y edición en condiciones de estudio ([Wikipedia, 2017](#)).



Imagen 6. AbletonLive Interfase.

Se construyó el controlador con el fin de que por medio de la acción de los múltiples botones permitiera al usuario activar diversas pistas que le permitieran crear una construcción sonora basada en la biblioteca de archivos sonoros denominada Audiofocus y Audiolocus, diagramación mostrada en Imagen 7 y Diagrama 23.



Imagen 7. Asignación de clips a los botones.



Diagrama 23. Conectividad y proceso lógico de asignación de estados (elaboración propia).



Imagen 8. Trastoller uso.

#### 6.5.4.3 Trastoller - Visualización de datos.

A medida en que la materialización de la interface se resolvió y la programación entre la conectividad del dispositivo junto con la reproducción de pistas se concretó quedó parte del camino resultado, ahora sólo faltaba entregar un feedback al usuario por medio de una representación visual.

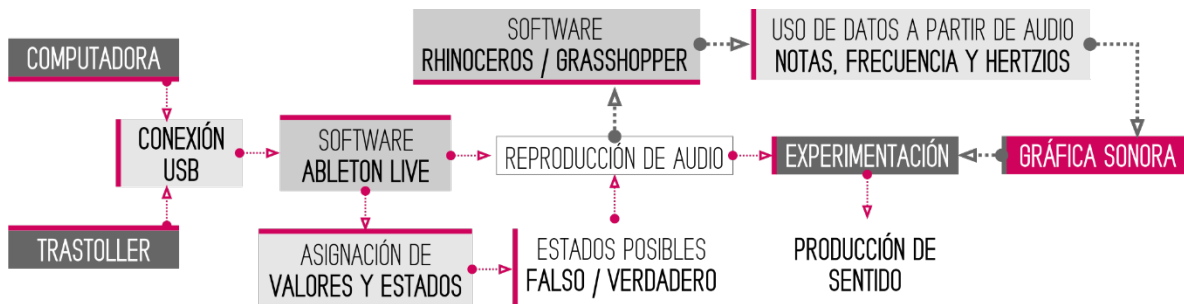


Diagrama 24. Conectividad AbletonLive - Rhinoceros - Grasshopper.

Se trabajó bajo un concepto de “gráfica sonora” la cual estaba constituida con la primicia de que debería de generarse y configurarse a partir de las pistas sonoras que se fueran ejecutando en tiempo real, la lógica de su estructura está plasmada en el Diagrama 24.

El algoritmo desarrollado para producir la gráfica sonora se muestra y describe a continuación (Imagen 9.), mismo que fue construido por medio de un Lenguaje de Programación Visual (LPV) denominado grasshopper el cual tiene funcionamiento dentro de un software de modelado tridimensional (Rhinoceros) permitiendo hacer uso de recursos geométricos desde el manejo del espacio 3D, líneas, puntos, transformaciones euclidianas, color, entre otros.

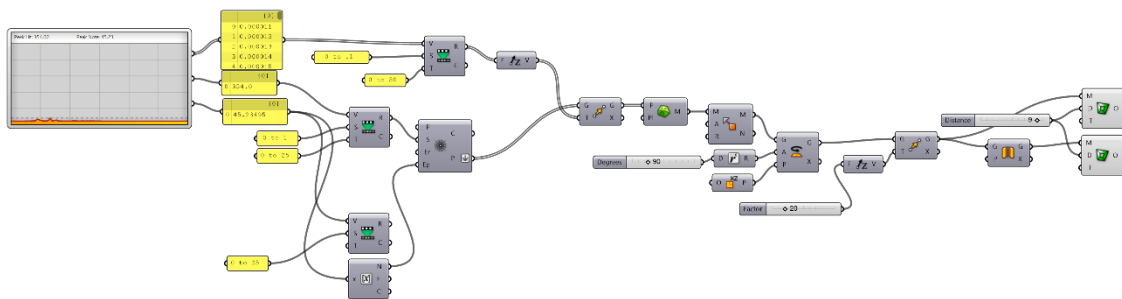
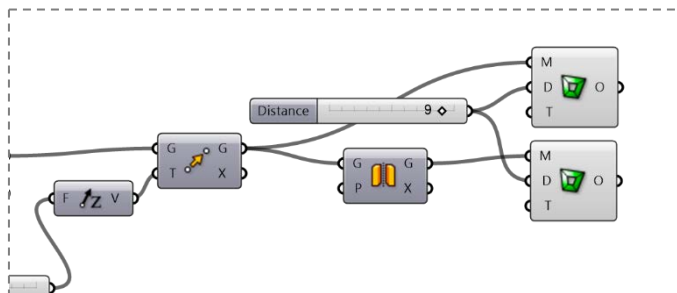
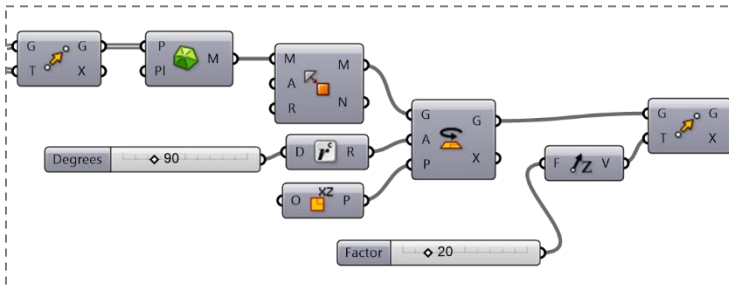
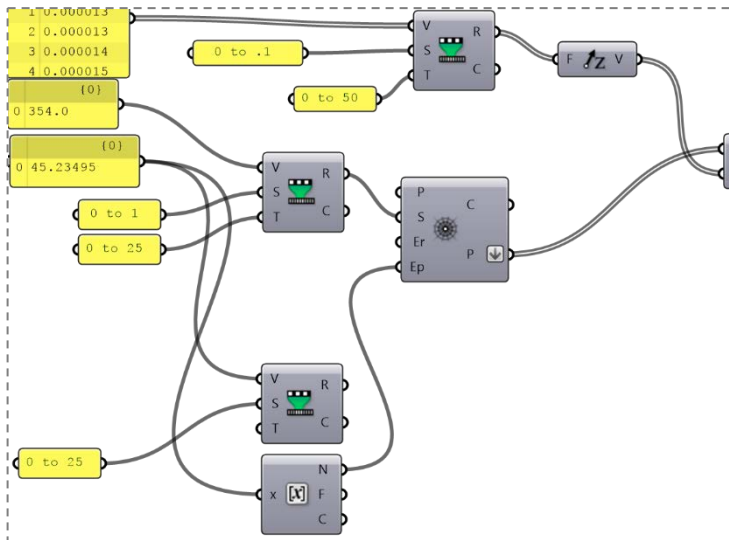
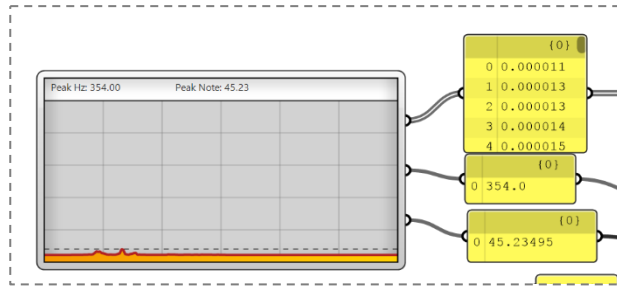


Imagen 9. Algoritmo para la creación de gráfica sonora.



### 1) Obtención de datos.

En primera instancia para poder utilizar la información de una pista de audio se utilizó un visualizador de frecuencias, el cual entregaba en sus outputs listas finitas de hertzios y notas.

### 2) Selección y manejo de datos.

Al momento de obtener una lista finita de datos mostrados en formato de notas y hertzios, se procede a hacer la operación de **Remapeo**, la cual consiste en “escalar” la lista de datos entregada a una lista de valores refinados. Esta nueva lista de valores se asigna a los inputs de un elemento abstracto denominado “retícula circular”. Los inputs solicitados por la retícula son la distancia concéntrica entre los anillos, número de celdas en dirección radial y número de celdas en dirección polar.

### 3) Asignación de datos.

Se usan de las frecuencias las notas graves para que la gráfica crezca en sentido del plano sagital, las notas agudas se asignan al comportamiento del plano frontal.

### 4) Visualización del dato sonoro.

Como la conexión entre los datos de audio y la asignación geométrica se de en tiempo real, la geometría se convierte en un objeto emergente que comunica un estado del sistema (Imagen 10, 11 y 12).



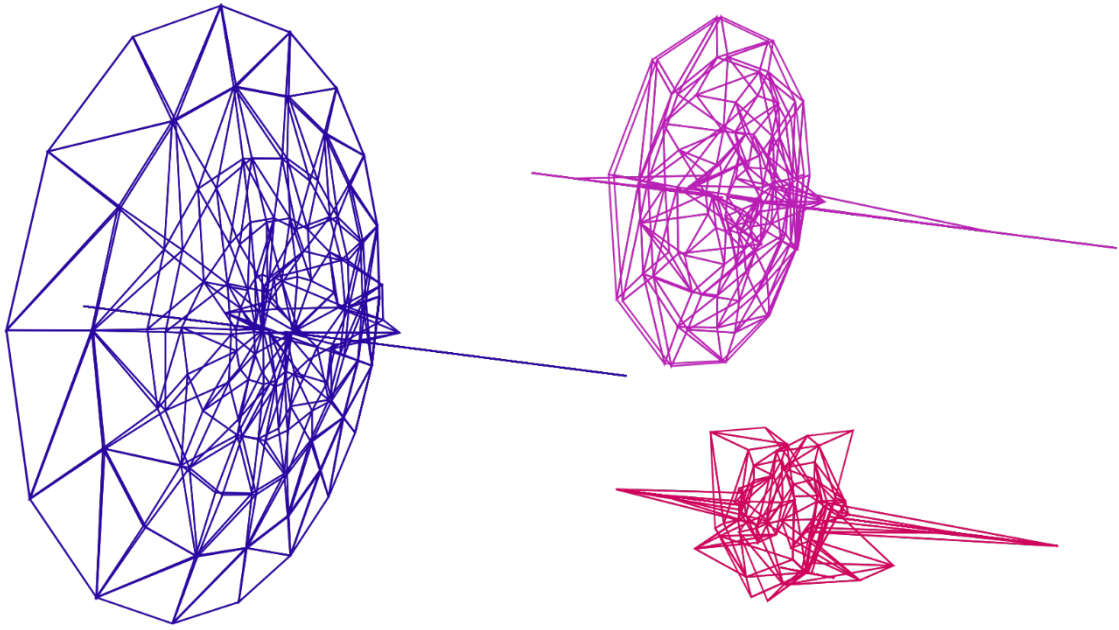


Imagen 10. Visualización vectorial de gráfica sonora.



Imagen 11. Gráfica sonora representación 1.

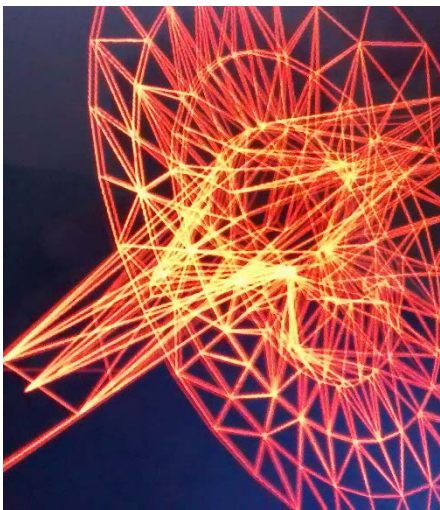
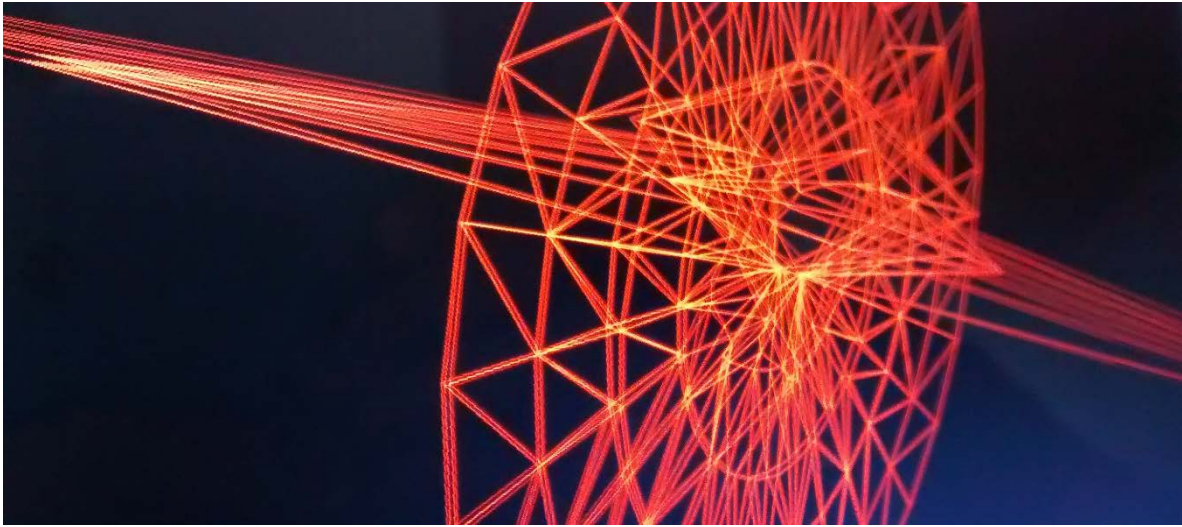


Imagen 12. Gráfica sonora representación 2,3,4.

#### **6.5.4.4 Módulo de exploración cartográfica interactivo.**

El módulo de exploración cartográfica se construyó a partir de los proyectos previos denominados Audiofocus ([Audiofocus, s.f.](#)) y Audiolocus ([Audiolocus, s.f.](#)). A partir del mapeo de paisajes sonoros de una zona urbana en México (Toluca y Metepec) se realizaron dos catálogos, el primero bajo categorías de ciencias sociales que fue publicado en la plataforma Tumblr en la Web para que se pueda consultar libremente. En el segundo los archivos sonoros fueron concebidos como “samples” digitales de sonido para experimentar con ellos en la construcción de un discurso audiovisual. Los dos proyectos derivados de este mapeo se denominan “Audiofocus” y “Audiolocus” respectivamente. El primero es una exploración geoespacial de paisajes sonoros, que son considerados como patrimonio sonoro de esa zona. Mientras que el segundo es un proyecto audiovisual de ejecución a tiempo real donde se exploran diferentes semánticas al reconstruir los paisajes durante la ejecución ([Rossano Rivero, et al., 2015](#)).

Para este módulo el reto consistió en crear una interface en la que los usuarios pudieran desplazarse dentro de un ambiente digital tridimensional el cual visualizara una representación cartográfica (Imagen 14.) de los municipios de Toluca y Metepec, lugares (Imagen 13.) de donde ya se contaba con la biblioteca digital sonora. Al resolver la cuestión de la visualización geoespacial, el siguiente reto fue abordar el ¿Cómo? los usuarios iban a poder desplazarse dentro del ambiente digital para ir explorando la biblioteca sonora geolocalizada y al mismo tiempo obtener un feedback por medio de etiquetas que desplegaran la información del audio en cuestión.



## Entrevista Alfeñiquera

Lugar:  
**Toluca, Centro**

tags:  
**#entrevista**  
**#ciudad trabajando**  
**#ciudad en venta**  
**#espacio estético**

Imagen 13. Etiqueta de grabación (alfeñique).



Imagen 14. Mapa obtenido por medio de OSM (Open Street Map).

#### 6.5.4.5 Módulo de exploración cartográfica interactivo – programación.

Para dar solución a los requerimientos se optó por hacer uso del software Rhinoceros y Grasshopper como plataforma de interacción y construcción de la interface. El software Rhinoceros permitió en primera instancia representar un espacio tridimensional en el que el usuario pudiera desplazarse a modo de una perspectiva a vuelo de pájaro (véase Diagrama 25.). Grasshopper se utilizó para crear el algoritmo que permitiera una conectividad externa con microcontroladores, que para este caso en particular se utilizó un Arduino UNO acoplado a la tarjeta Firefly (Imagen 15.). Esta combinatoria logró asignar por medio de botones, barras de desplazamiento y sensores los posibles estados del sistema.

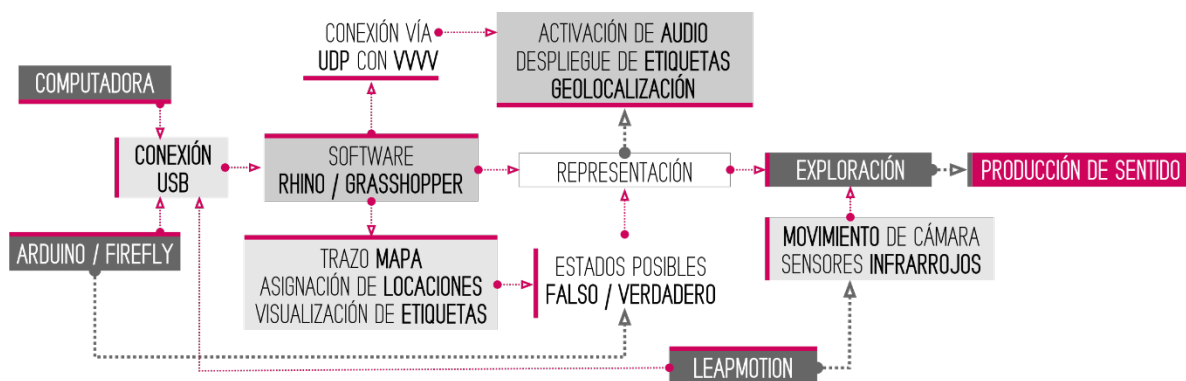


Diagrama 25. Conceptuación de interoperabilidad entre sistemas físicos y digitales (elaboración propia).

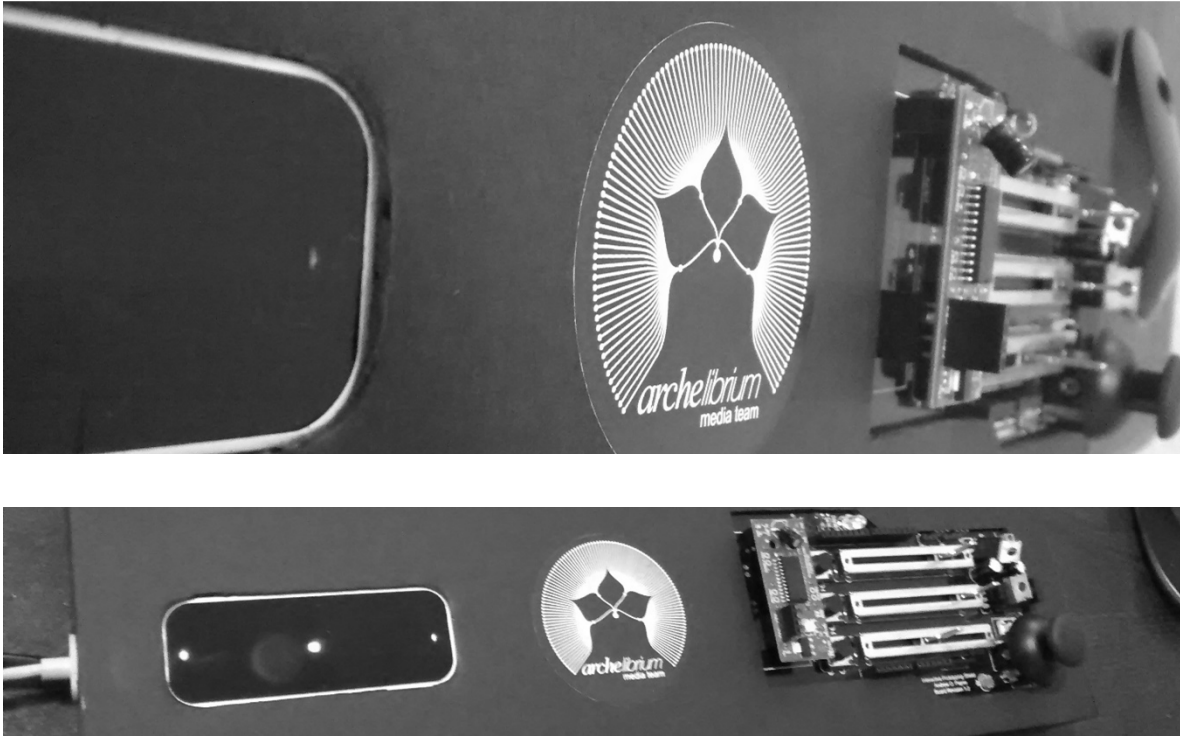


Imagen 15. LeapMotion / Firefly / Arduino montaje.

La incorporación del dispositivo LeapMotion que es un sensor infrarrojo, permitió que el usuario a partir de la colocación de su mano sobre la interface (Imagen 16.) pudiera este desplazarse por el espacio tridimensional a modo de una cámara, la cual se programó bajo la lógica de que, si la mano se encontraba más cercana a la interface, aumentara el lente durante la exploración del mapa teniendo así mayor posibilidad de observar detalles dentro del proceso exploratorio.



Imagen 16. Interacción interface mapa.

El siguiente diagrama (26) permite explicar de una manera más clara como es que se crearon las diversas relaciones de operabilidad entre software y hardware. Por interface física (hardware) consideramos a los microcontroladores (Arduino, Firefly y LeapMotion) y por interface digital se menciona al software (Rhinceros, grasshopper y VVVV).

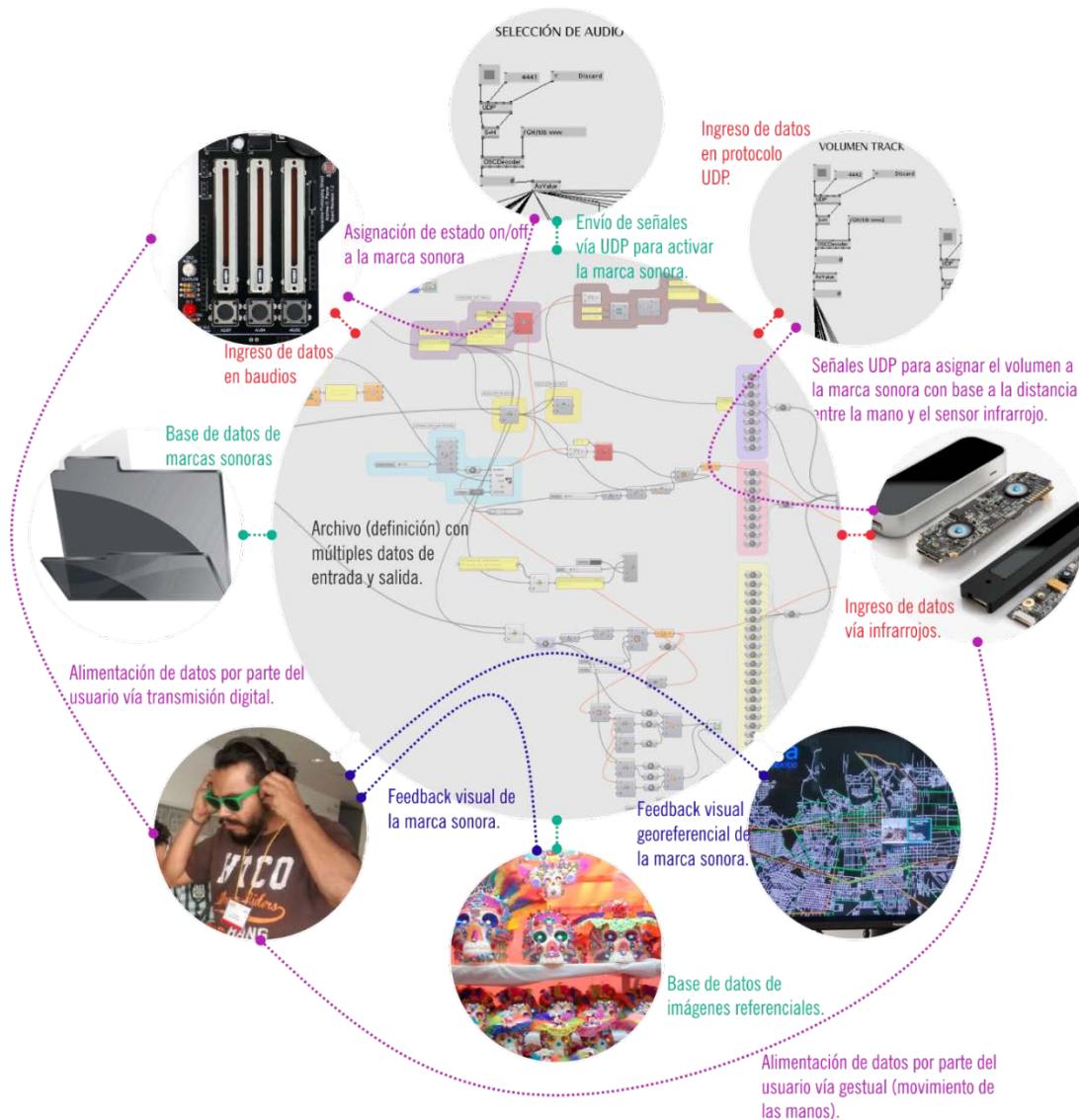


Diagrama 26. Flujo informacional e interoperabilidad (elaboración propia).



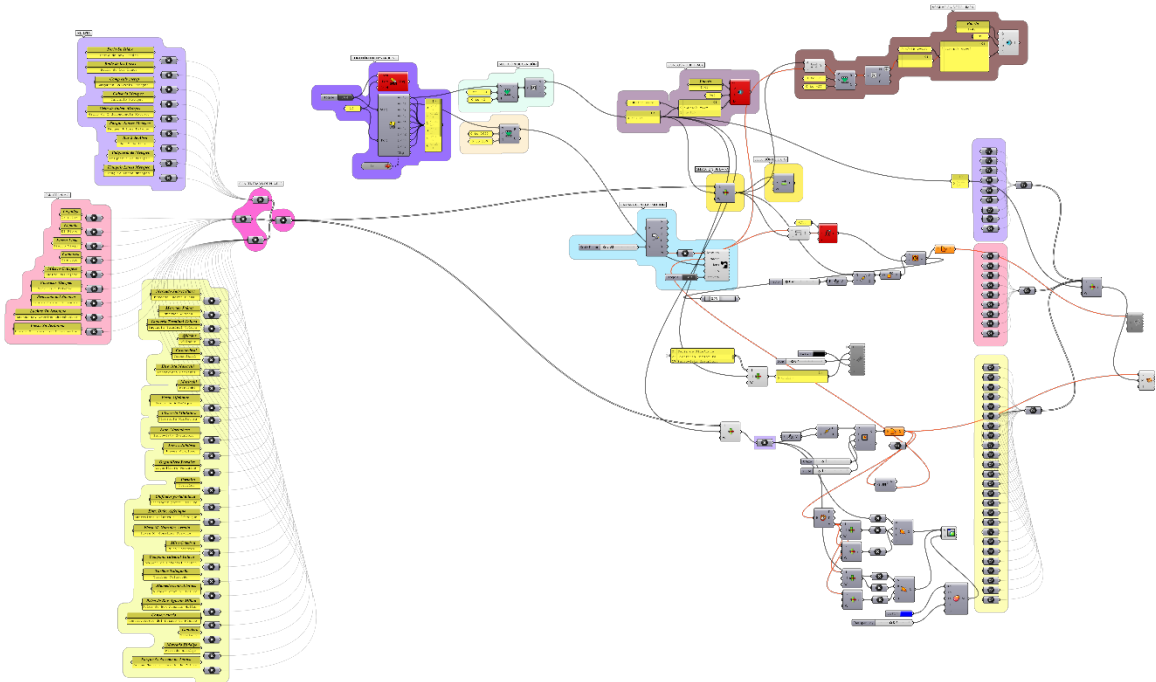


Imagen 17. Algoritmo de funcionamiento módulo de exploración cartográfica interactivo (elaboración propia).

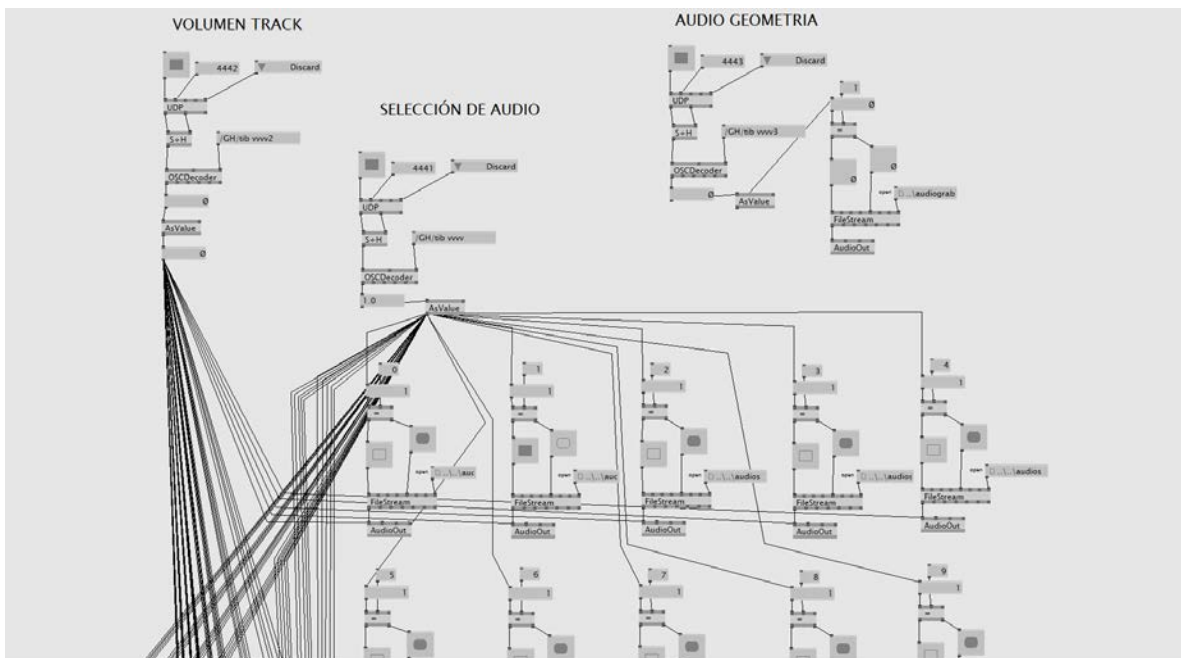


Imagen 18. Algoritmo de comunicación vía UDP entre grasshopper y vvvv (elaboración propia).

#### 6.5.4.6 Polar Box - Conceptuación.

Este módulo de la instalación interactiva estuvo desarrollado bajo el principio de interactividad – reciprocidad cognitiva. Se pensó en un estado en que el usuario se viera reflejado en un espejo digital, su presencia dentro de un espacio tridimensional el cual se notara afectado en medida que se modificaran los estados iniciales del sistema para así producir en él un cambio de estado cognitivo (véase su referente en el Diagrama 27.).

El diseño y desarrollo de la interface se pensó a partir del uso de dispositivos periféricos de una computadora como lo es la cámara web y uso de sistemas multiplataforma de seguimiento de marcadores.

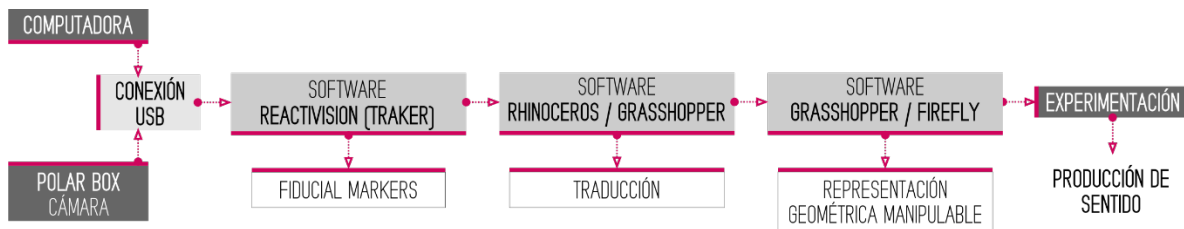


Diagrama 27. Diagrama de operatividad Polar box (elaboración propia).

#### 6.5.4.7 Polar Box - Programación

Bajo el referente de funcionamiento y estructura del dispositivo denominado Reactable (Imagen 19.) se concibió el desarrollo del presente módulo. La Reactable consta de un tablero semi translúcido, iluminado directamente, con dos cámaras situadas al otro lado del tablero que analiza de vez en cuando la superficie y sigue los movimientos, la naturaleza, la posición y la orientación de los diferentes objetos físicos y lógicos que están situados sobre el tablero por medio de visión artificial (Wikipedia, 2017).

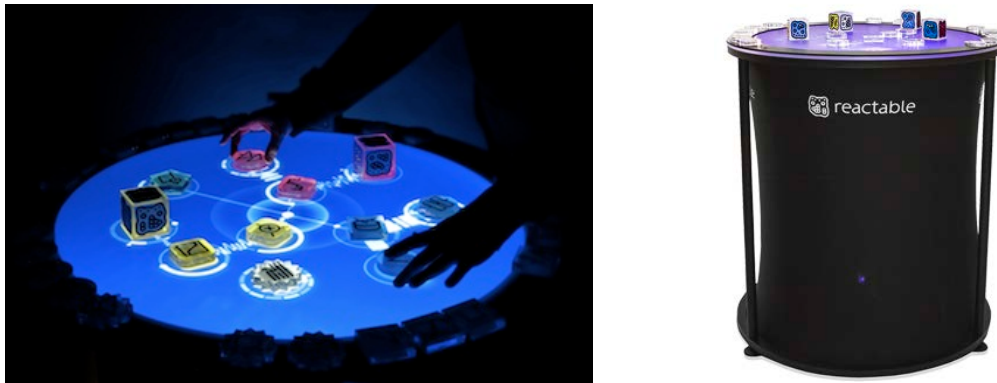


Imagen 19. Reactable (<https://es.wikipedia.org/wiki/Reactable>).

Fue así como se decidió instalar dentro de una hilera convencional (en el fondo, Imagen 20.) una webcam, la cual estuviera dirigida hacia la tapa de esta, permitiendo registrar la posición, movimientos y orientación de los marcadores a utilizar. La tapa de la hielera se sustituyó con un cristal sobre el cual se colocaron los marcadores de seguimiento fungiendo de tal suerte a manera de superficie interactiva.

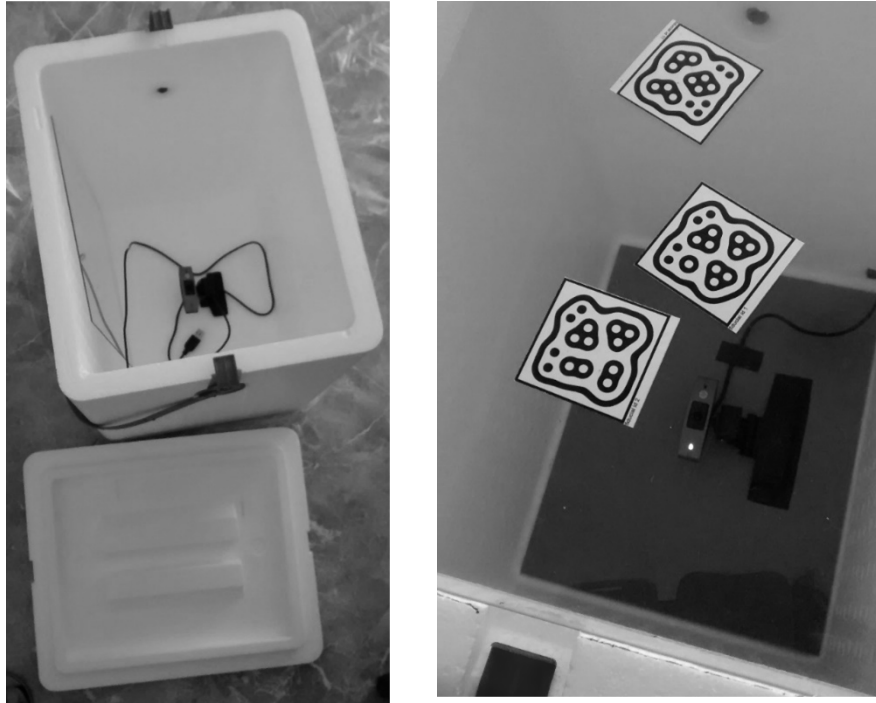


Imagen 20. Webcam y marcadores.

Los marcadores de seguimiento a los cuales se le denominan Fiducials (dice del punto fijo, línea u objeto, real o imaginario, desde el cual se mide o que sirve para determinar la posición de otros objetos) trabajan bajo un protocolo de comunicación TUIO que es un sistema abierto que define un protocolo común y una API (Application Programming Interface) para superficies multitáctiles tangibles (Ilustración 14.).

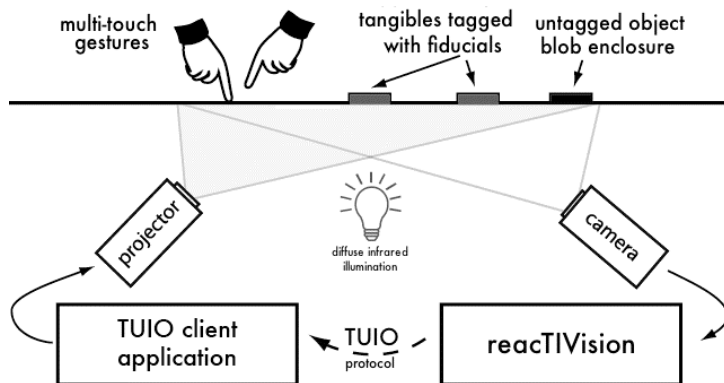


Ilustración 14. Esquema referencial para uso de protocolo TUIO (<https://www.tuio.org/>).

El protocolo TUIO permite la transmisión de una descripción abstracta de superficies interactivas, incluidos eventos táctiles y estados de objetos tangibles. Este protocolo codifica los datos de control de una aplicación de seguimiento (por ejemplo, basada en la visión por computadora) y los envía a cualquier aplicación cliente que sea capaz de decodificar el protocolo (TUIO.org, 2017).

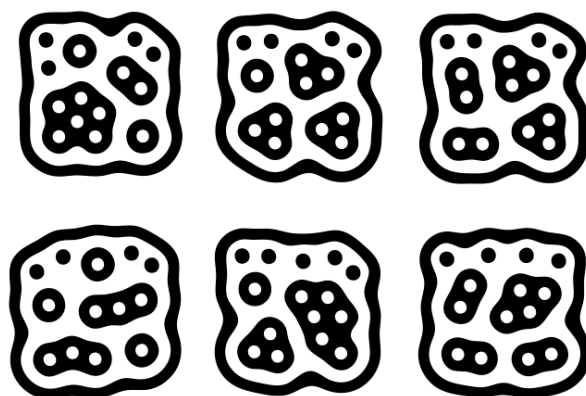


Imagen 21. Fiducials (<http://reactivision.sourceforge.net/images/reactivision02.png>).

Una vez configurado el Hardware de la interface, así como la selección del protocolo de comunicación, se empezó a trabajar en el diseño de la Interface Gráfica de Usuario (GUI - Graphical User Interface). Se pensó en una serie de elementos gráficos que facilitarían al usuario la interacción con el producto generando a la par una constante retroalimentación por medio del uso de elementos gráficos como lo son las formas geométricas y asignación de diversos colores. La GUI se desarrolló a partir de Grasshopper y Firefly dentro de un ambiente de modelado tridimensional, esto en el estricto sentido de conocimiento limitado de recursos informáticos, así como el deseo de mantener todo el desarrollo dentro de un mismo ecosistema informático. Se programaron 4 Fiducials (Imagen 21.) que a partir de un movimiento giratorio (0 a 360°) modificarían los estados de una captura de video (suavidad de imagen, tamaño

de rejilla representada, contraste y profundidad en el espacio 3d) donde el actor principal fuera el mismo usuario de la interface (Imagen 26.).



Imagen 22. Conectividad Polar Box – Computadora.



Imagen 23. Fiducials - Asignación de color para retroalimentación.

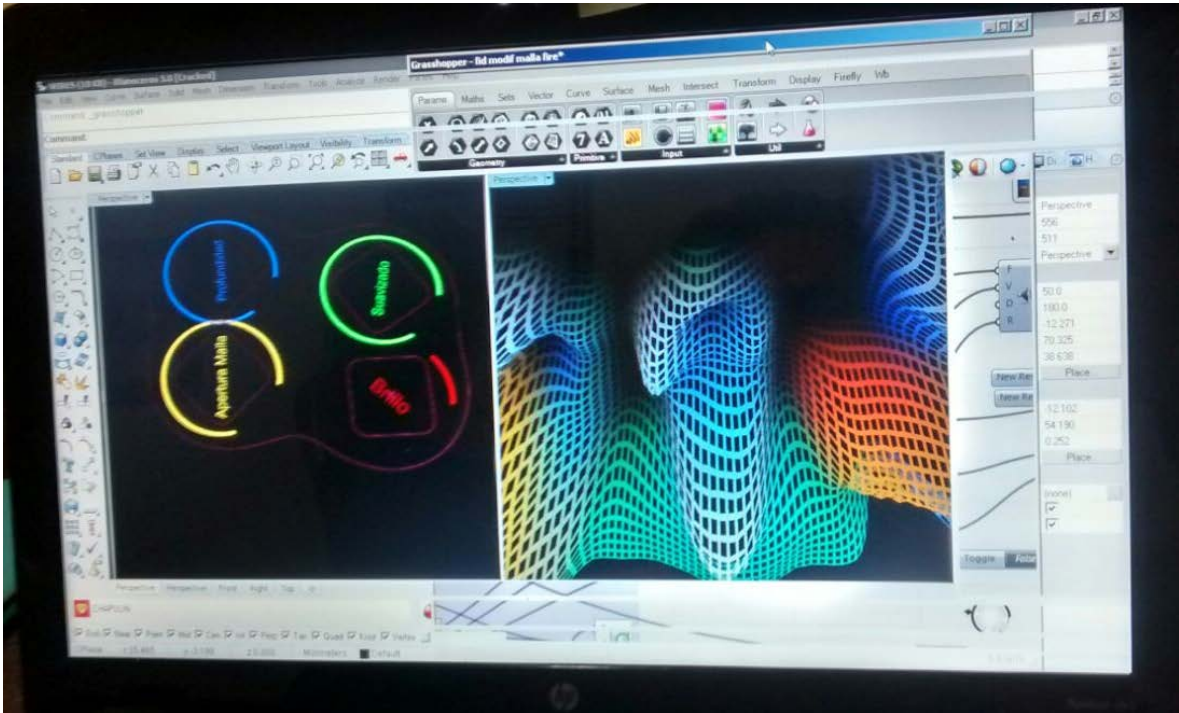


Imagen 24. Interface Gráfica de Usuario - visualización de usuario.

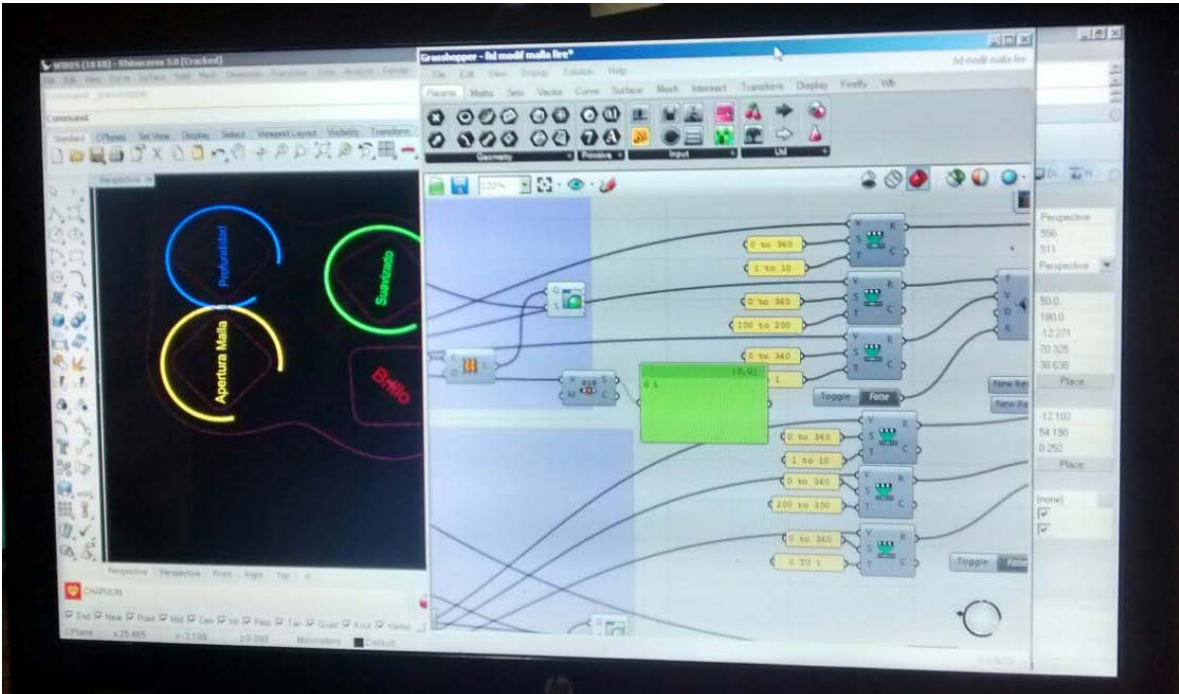


Imagen 25. Programación de GUI en grasshopper.

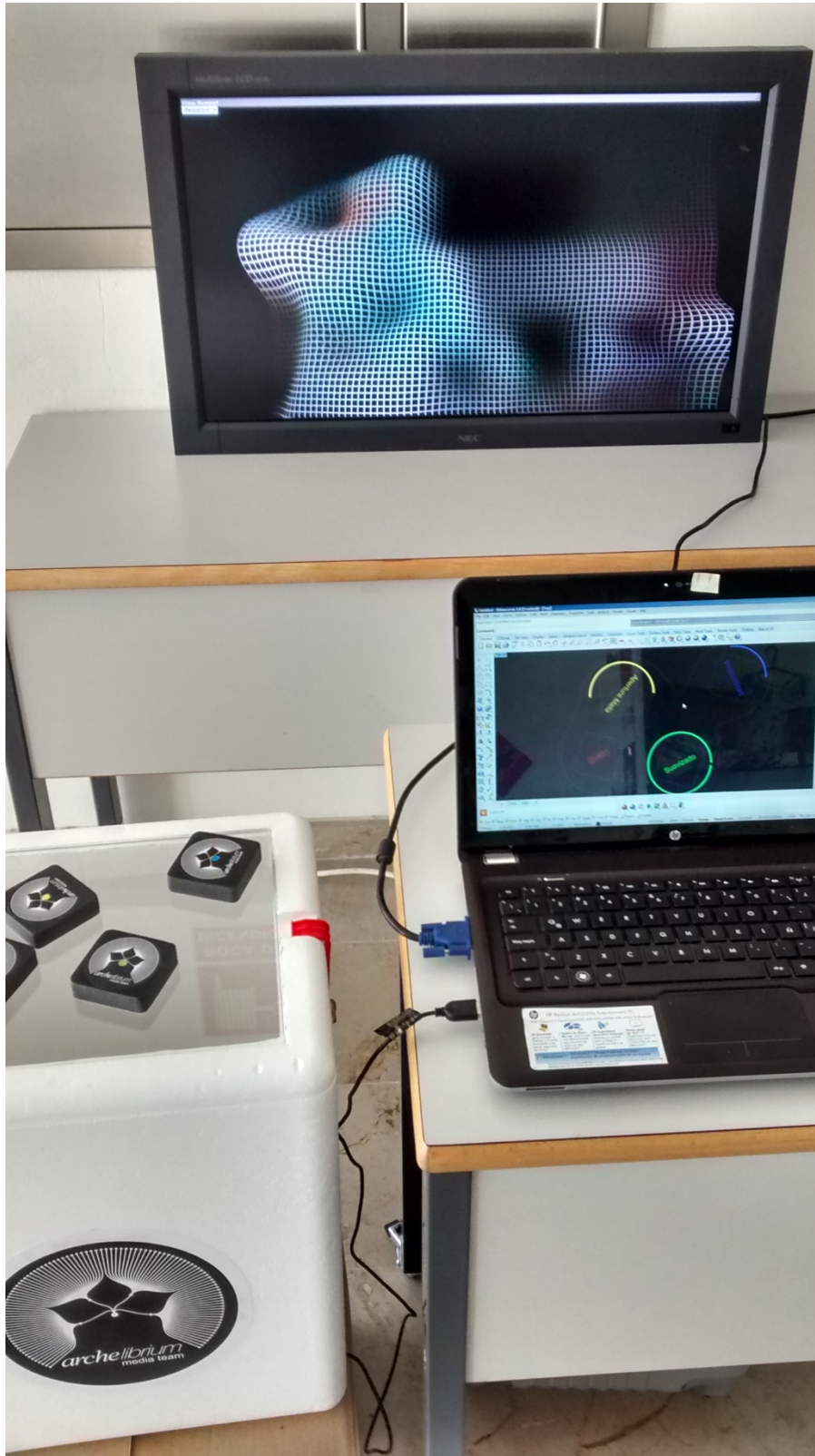


Imagen 26. Módulo 3 de instalación - Polar Box.





Imagen 27. Módulo 1 – Trastoller / Módulo 2 – Mapa de exploración / Módulo 3 – Polar Box.



Imagen 288. Instalación ANIAV 2015.

## 7. Conclusiones y recomendaciones

El recorrido realizado por medio del presente trabajo de investigación ha permitido establecer con mayor claridad las múltiples relaciones existentes entre la cognición y las situaciones particulares que denominamos necesidades o problemáticas, mismas que nos damos a la tarea de dar respuesta por medio de la ayuda de instrumentos y herramientas pensadas y desarrolladas a modo de interfaces prostéticas, promoviendo la emergencia de crónicas y conocimientos interconectados debido a una actividad social y circunstancial del ambiente o contexto en el que nos encontremos. Pensemos en un bebé que, sin el estímulo del mundo, no podría aprender a escuchar o ver, y pues consideramos que el cerebro se desarrolla y configura en respuesta a su entorno a lo largo de su vida.

Así mismo se expone que cualquier ser humano que usa el lenguaje para pensar ya ha incorporado un dispositivo externo en su yo más íntimo. El ser humano tiene la capacidad para incorporar accesorios y herramientas al pensamiento, y usarlos para gestar ideas que de otro modo no se podrían tener. El lenguaje al igual que cualquier otro objeto de la realidad es creado y desarrollado en el ambiente social con una

finalidad específica, permitiendo al igual que el papel, lápiz o la computadora desarrollar funciones de la mente como lo serían recordar algún suceso o bien calcular alguna operación que sería de suma complejidad para el ser humano, mismo que está sujeto y condicionado al conjunto de sus capacidades biológicas intrínsecas. Hagamos referencia al viejo ejemplo de que si le preguntas a alguien si sabe la hora, ella dirá que sí, y luego mirará su reloj.

Al hacer uso de objetos de diseño, se debe considerar y percibir que ese artefacto en particular incorpora el pensamiento de quién lo ideó y produjo, permitiendo percatarnos de un sistema cognitivo mayor compuesto por más variables de las que sólo percibimos en primera instancia, comprendiendo de esta manera la complejidad e interconectividad de múltiples elementos en la realidad. El pensamiento computacional considerado a modo de *dispositivo* incorporado al proceso de diseño permite identificar y abordar paralelamente múltiples caminos para la solución de problemas específicos por medio del desarrollo de algoritmos que promueven la documentación y transparencia del proceso subjetivo del que la creatividad e ideación son sujetos.

El desarrollo de la presente investigación permite re-pensar el rol de los instrumentos tecnológicos y su aplicabilidad dentro de los procesos creativos enfocados a la resolución de retos de diseño; mismos que en un principio pueden percibirse particulares de las áreas creativas, pero que al final son susceptibles de enmarcarse bajo el lenguaje y conocimientos propios de diversas disciplinas, mismo argumento que se aplicaría al ser humano como individuo, el cual a consideración del presente proyecto de investigación nunca está completo (el individuo) y se extiende al mundo por medio de la amplia gama de dispositivos creados y desarrollados en nombre de la exploración y discernimiento del conocimiento.

En el siguiente Diagrama (28.) se ponen de manifiesto las relaciones e interconexiones entre los elementos internos y externos de los que el lenguaje, el diseño y el pensamiento computacional son partícipes, mismos que en mutuo vaivén de información permiten la creación y configuración de flujos informacionales y métodos de trabajo propios de la propuesta metodológica manifestada en la presente investigación.

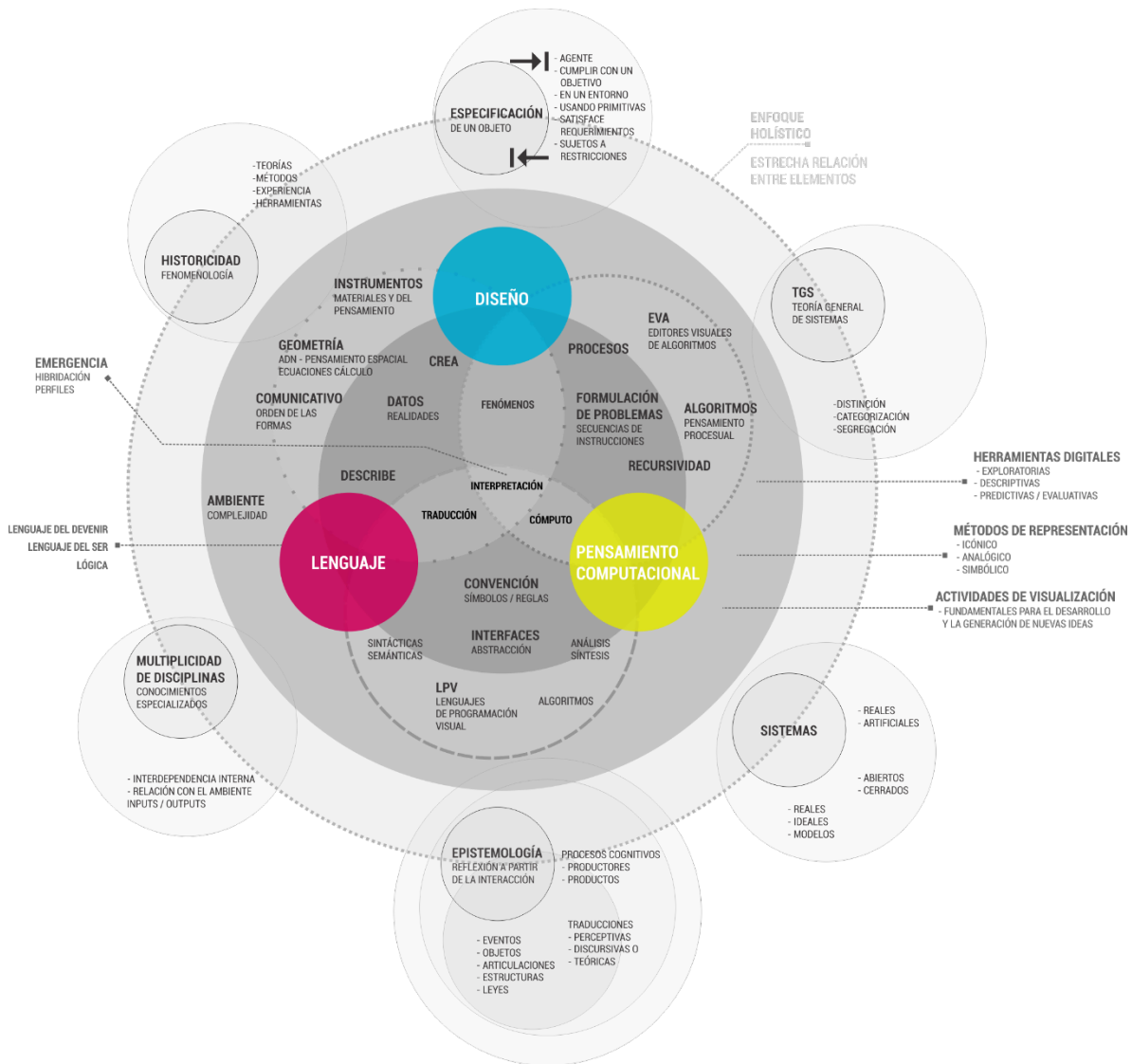


Diagrama 28. Enfoque holístico lenguaje/pensamiento computación/diseño (elaboración propia).

Durante el proceso de desarrollo del presente proyecto se tuvo la oportunidad de poner a prueba las preguntas iniciales que dan origen a esta investigación, estos cuestionamientos a partir de un antecedente e historicidad personal del redactor permitieron, tener en buena medida los límites y alcances de lo que se pretendía con el desarrollo del texto, el cual se busca sea de aplicabilidad directa al área de diseño debido a su connotación de ser un trabajo explorativo.

En este trayecto se identificó, cómo los medios tecnológicos digitales permean en gran medida la manera en que se gesta un proceso de resolución de problemas por medio del pensamiento computacional, el cual tiene pertinencia y aplicabilidad debido al alto grado de complejidad de los retos de diseño devenidos de los fenómenos y dinámicas flexibles que caracterizan a la sociedad actual.

## **¿Cuál ha sido y es en la actualidad el papel de las computadoras en el diseño?**

Si bien el presente trabajo se ha caracterizado por su alto grado de contenido técnico con respecto a cómo el proceso de diseño se encuentra en la actualidad asediado por el imparable uso de tecnologías digitales, es pertinente decir que estas tecnologías han sido empleadas de manera superficial dentro del proceso tradicional de resolución de proyectos de diseño, debido a que su uso se ha limitado a ser sólo una herramienta más dentro del proceso, confinándolas meramente a etapas de representación (planos, montañas, renders entre otros).

Así como Turing concibió la idea de crear una máquina que tuviera la posibilidad de resolver cualquier problema matemático, de este modo tenemos que observar el papel

de las computadoras en la actualidad. Se debe de comprender que el lenguaje de la computadora es dado por medio del uso de números computables, así como el uso de problemas de decisión que son pilar de lo que conocemos como código binario. Al tener noción de cómo se da la traducción de este proceso por medio de un pensamiento computacional, se tiene la capacidad de recolectar y organizar la información de entrada que componen al fenómeno y posteriormente convertirlas a datos legibles para su posterior cómputo dentro del sistema digital que se pretenda utilizar. De esta forma se tiene la posibilidad de hacer frente a innumerables y variados problemas de diseño.

## **¿Cómo ha afectado la tecnología en la amplia gama de sus acepciones en el desarrollo de nuevas propuestas de diseño y flujos de trabajo?**

El dominio que se tenga de la tecnología es reflejo del actuar y devenir de la sociedad en cuestión y si bien esta es el producto de la aplicación de la ciencia, mencionaremos que su utilización en los procesos tradicionales de diseño se ha quedado en un nivel de baja de aplicación, a lo que Morales denomina Techné donde se reduce a una mera instrumentalidad la aplicación de esta.

Como se expuso en líneas anteriores, al comprender el fundamento de cómo la información en un ordenador debe de ser suministrada, se crea la posibilidad de hacer uso de diversos medios de traducción de esta. Pongamos como ejemplo el diseño de un espacio comercial desde una óptica tradicional en el uso de los recursos tecnológicos; en donde el arquitecto funge como intérprete de las necesidades del cliente y donde su función primordial es la configuración de una propuesta en la que se satisfagan los

diversos vectores (tecnológico, funcional, expresivo y comercial) involucrados en la construcción del proyecto. La propuesta que se llega a implementar responde en gran medida a alguno o un par de estos vectores, donde el cliente en la mayoría de los casos tiene una extensa influencia sobre la decisión, dejando un margen muy pequeño de acción al arquitecto el cual se enfoca más a equilibrar la balanza entre factores estéticos, funcionales, económicos, técnico-constructivos, entre tantos.

En un escenario contrario, donde el empleo de las herramientas tecnológicas vaya más allá de su aplicación tradicional al momento de representar la idea y donde entendemos que el diseño y control holístico sobre el proyecto se puede dar por medio de los datos recolectados, tendríamos a bien un diseño donde el uso de la estimación de tránsito peatonal, la orografía del terreno, los ciclos de asoleamiento, necesidades espaciales específicas, vialidades, flujo aerodinámico, población de la región, sistema constructivo, presupuesto con que se cuenta, acústica, entre otros y que con la correcta traducción de la información, se convierten en datos manipulables y explotables por los sistemas informáticos.

Esta forma de empleo de la tecnología da paso al fenómeno de morfogénesis, donde los datos son los que conducen en gran medida la configuración formal del espacio, dejando de lado la concepción de la caja negra en el proceso de diseño, mostrando en gran medida cómo se llega a determinados resultados y los procedimientos utilizados para la obtención de estos, permitiendo que el proceso y métodos puedan ser replicados y criticados llevándolo a convertirse en un proceso limpio, abierto y público. El uso del pensamiento computacional es crítico puesto que el diseñador/arquitecto es el principal responsable en la estrategia de cómo serán utilizados los datos y en qué medida se suministran durante el proceso de diseño.

## **¿Cuál es la postura y el papel del diseñador frente al evolutivo panorama tecnológico que afecta la forma y manera en que vive la sociedad actual?**

El cambio de paradigma en la forma de gestar el planteamiento del problema viene siendo la parte medular en la presente propuesta metodológica debido a que los instrumentos tradicionales (bocetaje, investigación documental, maquetación, diagramas, cuadros de inspiración, requerimientos, etc.) empleados en las diversas etapas de diseño (prefiguración, configuración y materialización, por mencionar una propuesta metodológica) siguen teniendo su lugar y aplicabilidad inmediata durante el proceso, lo que cambia es la manera en que se observa el fenómeno y se modeliza por medio de la tecnología, ya que es a partir de la capacidad de cómputo de los sistemas digitales que se tiene la oportunidad de acrecentar nuestros sentidos a manera de prótesis permitiéndonos agudizarlos y dirigirlos hacia aspectos clave del fenómeno sin perder la capacidad de una observación panóptica y holística.

A partir de la hibridación entre los recursos análogos y digitales de la sociedad actual, así como su imparable inmersión de las dinámicas sociales en sistemas artificiales, se declara la importancia de que los profesionistas de las nuevas generaciones gestionen ecosistemas donde la colaboración y conectividad sean las principales propiedades del modelo funcional de investigación y resolución de problemas. No es sino por medio del desarrollo e implementación de las herramientas de traducción que se permitirá el mutuo compartimiento de datos, lo que acrecentará una participación inmersiva de las diversas disciplinas involucradas, propiciando así un ambiente donde las principales características de este sean la creatividad, la experimentación e innovación.



## **¿Es necesario promover un cambio de pensamiento en la disciplina del diseño?**

Sin duda en las escuelas de diseño: urbano, arquitectónico, industrial, gráfico, modas, etc., la forma en que se puede observar un fenómeno para su análisis y obligada resolución es una característica propia de la enseñanza de la profesión y es a partir de esta misma propiedad que existen tan diversas formas y variedades de dar resolución a un problema, como el número de cabezas que están involucradas en su resolución.

La creatividad en la forma en que se aborda y se da resolución a una problemática particular es un elemento diferenciador dentro de esta enseñanza, pues es por medio de la experiencia y el uso de herramientas que se tiene la capacidad de abordar problemas con mayor o menor complejidad.

Se ha planteado en el presente trabajo que una forma en la que se puede hacer frente a problemas de mayor complejidad y contemporáneos desde la óptica del diseño es por medio de las herramientas digitales y en particular desde la óptica del uso del pensamiento computacional como punto de abordaje para su implementación en el análisis de proyectos de diseño. El cambio de paradigma en la manera de abordar dichos proyectos es a partir del uso de lógicas computacionales por medio de los lenguajes de programación visual, mismos que por su naturaleza tienen una estructura componencial que permite la observación y registro del fenómeno de manera global; pero es por medio de una implementación algorítmica que esta propuesta da la posibilidad de abordar el problema por fragmentos e ir observando el grado de interconectividad y dependencia de sus componentes.

El uso de algoritmos en lenguajes de programación visual tiene la propiedad de hacer transparente el proceso de abordaje para la resolución de tal o cual problema, permitiendo su evaluación, así como su replicabilidad hacia escenarios diversos que con anterioridad no se hubiera pensado que pudiera haber una posible conexión en la manera y estrategias de dar solución a fenómenos de distinta naturaleza.

# Trabajos citados

Aho, A. V., 2012. Computation and Computational Thinking. *The Computer Journal*, 55(7), pp. 832-835.

Alexander, C., 1964. *Notes on the Synthesis of Form*. s.l.:Harvard University Press.

Alvitres Castillo, V., 2000. *Método científico. Planificación de la investigación*. 1a ed. Chiclayo: Ciencia.

Anheim, R., 1993. Sketching and the psychology of design. *Design Issues, Cambridge, MIT Press Journals*, IX(2).

Arnold Cathalifaud, M., 1989. Teoría de Sistemas, Nuevos Paradigmas: Enfoque de Niklas Luhmann. *Revista Paraguaya de Sociología*, Issue 75, pp. 51-72.

Arnold Cathalifaud, M. & Rodríguez Mansilla, D., 1991. *Sociedad y Teoría de Sistemas*. Santiago, Chile: Editorial Universitaria.

Audiofocus, s.f. *Audiofocus*. [En línea]  
Available at: <http://audiofocus.tumblr.com/>

Audiolocus, s.f. *Audiolocus*. [En línea]  
Available at: <https://soundcloud.com/audiolocus>

- Barthes, R., 1993. *La aventura semiológica*. 2a ed. Barcelona: Paidós.
- Bauman, Z., 2007. *Arte, ¿Líquido?*. 1a ed. Madrid: Sequitur.
- Bauman, Z., 2013. *Tiempos líquidos*. 3a ed. México: Tusquets.
- Bisquerra Alzina, R., 1989. *Métodos de investigación educativa: Guía práctica*. 1a ed. Barcelona: CEAC.
- Buckley, W., 1973. *La Sociología y la Teoría Moderna de los Sistemas*. Buenos Aires: Editorial Amorrortu.
- Bundy, A., 2007. Computational Thinking is Pervasive. *Journal of Scientific and Practical Computing*, 1(2), pp. 67-69.
- Bunge, M., 1980. *La ciencia, su método y su filosofía*. 1a ed. Argentina: Siglo Veinte.
- Bürdeck, B., 1994. *Diseño. Historia, teoría y práctica del Diseño Industrial*. 1a ed. Barcelona: Gustavo Gili.
- Cathalifaud, M. A. & Osorio, F., 1998. Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. *Cinta de Moebio*, Issue 3.
- Ceberio, M. & Watzlawick, P., 1998. *La Construcción del Universo*. Barcelona: Herder.
- Celani, M. G. & Vaz, E., 2014. CAD scripting and visual parametric modeling environments: a comparison from a pedagogical point of view. *CADERNOS PROARQ18*, pp. 178-194.
- Cerejido, M., 2009. *Elogio del Desequilibrio*. 1a ed. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.
- Cerejido, M., 2009. *ELOGIO DEL DESEQUILIBRIO*. PRIMERA ed. BUENOS AIRES, ARGENTINA: SIGLO XXI EDITORES.

Computer Science Teachers Association (CSTA) and the International Society for Technology in Education (ISTE), 2011. *Pensamiento computacional. Caja de herramientas para líderes*. Primeredición ed. s.l.:National Science Foundation.

Crespo Sesmero, M., 2011. *PHILOSOPHICA*. [En línea]  
Available at: <http://www.philosophica.info/voces/husserl/Husserl.html#toc4>  
[Último acceso: 3 Octubre 2013].

DRAE, 2016. *Diccionario de la lengua española*. [En línea]  
Available at: <http://www.rae.es/>  
[Último acceso: 06 01 2016].

Dunn, N., 2012. *PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DIGITAL EN ARQUITECTURA*. 1a ed. BARCELONA: BLUME.

Echeverría, R., 2003. *Ontología del Lenguaje*. 6a ed. Santiago: Comunicaciones Noreste.

Efland D., A., Freedman, K. & Stuhr, P., 2003. *La educación en el arte posmoderno*. Barcelona: Paidós.

Facultat d'Informàtica de Barcelona, 2017. *www.fib.upc.edu*. [En línea]  
Available at: <http://www.fib.upc.edu/retro-informatica/historia/internet.html>  
[Último acceso: 15 12 2017].

Forrester, J. W., 1968. *Principles of Systems*. s.l.:Wright-Allen Press.

García, R., 2006. *Sistemas Complejos*. Barcelona: Gedisa.

GoGeometry, 2014. <http://www.gogeometry.com>. [En línea]  
Available at:

[http://www.gogeometry.com/education/mathematics\\_fields\\_mind\\_map.html](http://www.gogeometry.com/education/mathematics_fields_mind_map.html)

[Último acceso: 17 12 2017].

Gutiérrez de Rueda Gracia, M., Pérez de Lama Halcón, J., Olmo Bordallo, J. J. & Sánchez-Laulhé Sánchez de Cos, J. M., 2012. *Incorporación del diseño y fabricación digital a la arquitectura: docencia y práctica profesional*. Valencia, 4IAU 4<sup>a</sup> Jornadas Internacionales sobre Investigación en Arquitectura y Urbanismo.

Guzik, A., 2009. *Digital fabrication inspired design: Influence of fabrication parameters on a design process*, Londres: Bartlett School of Graduate Studies, University College of London.

Habermas, J., 1987. *Teoría de la Acción Comunicativa. Volumen 1: Racionalidad de la acción y racionalización social*. Madrid: Taurus.

Hernández, E. J. & Uribe León, H. M., 2002. *El paradigma de la programación visual*. Jalisco, CNCIIC del ANIEI.

Herrera Polo, P. C., 2013. Reutilizando códigos en arquitectura como mecanismos de información y conocimiento: De la Programación Escrita a la Visual. *SIGraDI*, pp. 238-256.

Hidalgo, J., 2005. *El abc de la investigación científica. Pensamiento y acción*. s.l.:s.n.

Husserl, E., 1949. *IDEAS relativas a una fenomenología pura y una filosofía fenoménica*. Primera ed. en español ed. México: Fondo de Cultura Económica.

Irigoyen, J., 1998. *El diseño como proceso lógico. Filosofía y Diseño*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.

Ivorra Castillo, C., 2012. *Geometría*. [En línea]  
Available at: <http://www.uv.es/ivorra/Libros/Libros.htm>  
[Último acceso: 07 01 2016].

Jaramillo Echeverri, L. G., 2003. ¿Qué es Epistemología?. *Cinta de Moebio Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, Issue 18, p. 0.

Johannsen Bertoglio, O., 2004. *Introducción a la Teoría General de Sistemas*. México: Limusa.

Johansen Bertoglio, O., 1975. *Introducción a la Teoría General de Sistemas*. Santiago, Chile: Facultad de Economía y Administración. Universidad de Chile.

Jones, C., 1974. The need for new methods. En: *Man-made futures*. Londres: The Open University Press, pp. 269-71.

Joyanes Aguilar, L. & Zahonero Martinez, I., 2006. *Programación en C. Metodología, algoritmos y estructura de datos*. Segunda edición ed. Salamanca: Mc Graw Hill.

Kuhn, T., 2001. *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. 10a ed. Bogotá: FCE.

Lawson, B., 2005. *How Designers Think: The Design Process Demystified*. Cuarta edición ed. UK: Routledge.

Leborg, C., 2013. *Gramática visual*. Barcelona: Gustavo Gili.

Maffesoli, M., 1999. El Nomadismo fundador. *Nómadas*, Abril(10), pp. 126-142.

Maruyama, M., 1963. The Second Cybernetics: Deviation-Amplifying Mutual Causal Processes. *American Scientist*, 5(2), pp. 164-179.

Medardo, C., 1999. *Cultura social del producto: Nuevas fronteras para el diseño industrial*. Buenos Aires: Infinito.

Morales, J. R., 1999. *Arquitectónica. Sobre la ideal y el sentido de la arquitectura*. 1a ed. Madrid: Biblioteca Nueva.

Nardi, A. M., 2007. *¿A que se debe el crecimiento exponencial del número de revistas y libros*. [En línea] Available at: <http://portal.eco.unc.edu.ar/files/Biblioteca/Enlaces%20Academicos%20Archivos%20Abiertos/archivosabiertos.pdf>

[Último acceso: 15 12 2017].

Nicol, E., 1957. *Metafísica de la Expresión*. 1a ed. México: Fondo de Cultura Económica.

Olea, O. & González Lobo, C., 1978. *Análisis y diseño lógico*. México: Trillas.

Oxman, R., 2006. Special Issue of Design Studies on Digital Design. *Design Studies The Interdisciplinary Journal of Design Research*, 27(3), pp. 225-227.

Perry, A., 2015. *Study.com*. [En línea] Available at: <https://study.com/academy/lesson/pseudocode-definition-examples-quiz.html>

[Último acceso: 17 12 2017].

Peters, B. & Peters, T., 2013. *Inside Smartgeometry. Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design*. UK: Wiley.



Piaget, J., 1968/1976. *El lenguaje y el pensamiento del niño. Estudio sobre la lógica del niño (I)*. Buenos Aires: Editorial Guadalupe.

Quintanilla, M. A., 2005. *Tecnología: un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología*. 1a ed. Madrid: Fondo de Cultura Económica.

Ralph, P. & Wand, Y., 2007. A Proposal for a Formal Definition of the Design Concept. En: U. o. B. C. Sauder School of Business, ed. *Design Requirements Engineering: A Ten-Year Perspective*. Canada: Springer Berlin Heidelberg, pp. 103-136.

Real de León, R., Vargas Rubio, J. & Flores Enríquez, A., 2014. De la Diseñística, de necesidades y satisfactores. Estudio de Arquepoética y Visualística Prospectiva.. *Academia*, p. 6.

Reynoso, C., 2009. *Modelos o Metáforas*. 1a ed. Buenos Aires: Editorial Sb.

Ricci, R. T., 1999. Acerca de una Epistemología Integradora. *Cinta de Moebio*, Issue 5, p. 1.

Richardson, A., 2013. A Genetic Algorithm based Design Aid. Applying Evolutionary Computing to the Design of Commercial Housing Layouts. *ISSUU*, p. 8.

Rodríguez Morales, L., 2004. *Los esquemas configuradores de la forma en la modernidad, Diseño: estrategias y tácticas*. México: XXI.

Rossano Rivero, S., Cid Cruz, J. A. & Tello Bragado, E. J., 2015. *Manipulación estética del Patrimonio sonoro en un Hipermedia, una performance audiovisual y una instalación interactiva*. Valencia, Congreso Internacional de Investigación en Artes Visuales. ANIAV.

Ruiz, A., 2002. *Los aportes de Humberto Maturana a la psicoterapia*. Santiago de Chile: Instituto de Terapia Cognitiva INTECO.

Sainz, J., 2005. *El dibujo de Arquitectura: Teoría e Historia de un Lenguaje Gráfico*. Barcelona: Reverte.

Sanchis Sampedro, F. J., 2011 y 2012. Metodología de análisis de la geometría métrica espacial. Estudio de las superficies arquitectónicas singulares. *Arché. Publicación del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV*, Issue 6 y 7, pp. 433-438.

Schön, D., 1974. Design in the light of year 2000. Londres. The Open University Press. 1974.. En: *Man-made futures*. Londres: The Open University Press, pp. 258-59.

Society, T. R., 2012. Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools. *The Royal Academy of Engineering*, pp. 10-29.

Standage, T. & Booth, T., 2008. *El futuro de la tecnología*. Primera edición ed. Buenos Aires: Cuatro media.

Stiny, G. & Gips, J., 1972. *Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture*. Amsterdam: NorthHolland, C V Freiman.

Şule Taşlı, P. & Feyzan, E., 2006. Attitudes of Design Students Toward Computer Usage in Design. *International Journal of Technology and Design Education*, Volumen 16, pp. 79-95.

Tam Málaga, J., Vera, G. & Oliveros Ramos, R., 2008. Tipos, métodos y estrategias de investigación científica. *Pensamiento y acción*, Volumen 5, pp. 145-154.

Tamayo, M., 2003. *El proceso de la investigación científica*. 4a ed. México: Limusa.

Tarride, M., 1995. Complejidad y sistemas complejos. *Manguinhos*, 2(1), pp. 46-66.

Tedeschi, A., 2014. *Algorithms Aided Design*. Primera edición ed. s.l.:Brienza (Potenza): Le Penseur Publisher.

TUIO.org, 2017. *tuio.org*. [En línea]  
Available at: <https://www.tuio.org/>  
[Último acceso: 21 12 2017].

Vallée, R., 1990. Sur la complexité d'un système relativement à un observateur. *Revue Internationale de Systémique*, 4(2), pp. 239-43.

Vallejo Lobete, E., Fadón Salazar, F. & Cerón Hoyos, J. E., 2007. *La geometría, soporte de la idea en el proceso de diseño*. Paraná, UFPR.

von Bertalanffy, L., 1976. *Teoría general de los sistemas*. México: Fondo de cultura económica.

Vroom, R., van Haarlem, L. & Ootes, F., 2002. Overview of the initiatives on the development of designer's toolkits. En: F. o. D. E. a. P. Delft University of Technology, ed. *DESIGN INFORMATION SYSTEMS & KNOWLEDGE MANAGEMENT*. Dubrovnik: INTERNATIONAL DESIGN CONFERENCE - DESIGN 2002, pp. 443-448.

Wiener, N., 1979. *Cibernética y Sociedad*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana.

Wikipedia, 2017. <https://es.wikipedia.org>. [En línea]  
Available at: [https://es.wikipedia.org/wiki/Ableton\\_Live](https://es.wikipedia.org/wiki/Ableton_Live)  
[Último acceso: 19 12 2017].

Wikipedia, 2017. *Wikipedia*. [En línea]  
Available at: <https://es.wikipedia.org/wiki/Reactable>  
[Último acceso: 21 12 2017].

Wing, J. M., 2006. Computational Thinking. *COMMUNICATIONS OF THE ACM*,  
49(3), pp. 33-35.