

LA COGNICIÓN EN EL DISEÑO DIGITAL: TRANSFORMACIONES DE REPRESENTACIÓN EN LA IDEACIÓN ARQUITECTÓNICA

Cognition in Digital Design: Transformations in representation during architectural ideation

Recibido: 06/07/2017
Aceptado: 02/10/2017

Violeta Rangel Rodríguez. Universidad de Los Andes, Venezuela. violerangel@gmail.com

Resumen:

A los fines de conocer los efectos de las representaciones digitales estructuradas en la cognición de estudiantes de arquitectura, se presenta un estudio cualitativo sobre acciones de transformación en actividades cognitivas de ideación. Los datos provienen de verbalizaciones retrospectivas y registros de actuación obtenidos de la resolución de un problema arquitectónico. Se analizan los protocolos de diseño según los lineamientos de Ericson y Simon (1993) y el método de la comparación constante de Glaser y Strauss (1967). Los resultados revelan que la transformación caracteriza la ideación asistida digitalmente. Las acciones son del tipo transformar, organizar y corregir. Se presentan como iterativas y recursivas, las últimas dominantes para generar, componer y evaluar ideas de diseño.

Palabras clave: Cognición, representación digital, diseño arquitectónico, transformaciones, ideación, análisis de protocolos.

Abstract:

In order to know the effects of structured digital representations in the cognition of architectural students, a qualitative study on actions of transformations in cognitive ideation activities is presented. The data from retrospective verbalizations and performance records are obtained from the resolution of an architectural problem. Design protocols are analyzed according to Ericson's and Simon's guidelines (1993) and the constant comparison method of Glaser and Strauss (1967). The results reveal that transformation characterizes digitally assisted ideation. Actions are about transforming, organizing and correcting. They are presented as iterative and recursive, the latter prevails to generate, compose and evaluate design ideas.

Keywords: Cognition, digital representation, architectural design, transformations, ideation, protocol analysis.

Introducción

Desde la noción de simulación, la transformación de representación se entiende como la posibilidad para cambiar características, propiedades esenciales y atributos de desempeño de una entidad u objeto virtual. Según Prats y otros (2009), la exploración y promoción del conocimiento durante el boceteo manual sucede según ciertas reglas de transformación de la forma y estas se formulan en función de las acciones de transformación del contorno, transformación de la estructura, sustitución de elemento, adición de elemento, eliminar elemento, cortar elemento y cambio de vista.

Para la *representación estructurada* –definida aquí como la manipulación geométrica y no geométrica de información arquitectónica a través de parámetros– las transformaciones de forma únicamente no representan el universo de transformaciones posibles para un objeto arquitectónico simulado. Los cambios en la forma efectivamente son factibles por operaciones de manipulación y combinación de sub-entidades geométricas, pero un elemento o componente se reproduce en la virtualidad si se gestionan parámetros de comportamiento. En otras palabras, y para los fines cognitivos, la información geométrica y no geométrica acerca del elemento arquitectónico componen el conocimiento necesario para simularlo y ambas deben manejarse conjuntamente.

Este grado de concreción en la representación separa las posturas entre lo que es o no conveniente para la ideación. Vinod Goel (1999) afirma que las representaciones menos estructuradas, como los bocetos abstractos, median mejor en la ideación porque promueven *transformaciones laterales*, es decir, el cambio de una idea por otra. No obstante, Gürsoy y Özkar (2010) aseguran que el número de transformaciones laterales no es un indicador de la efectividad del medio para la ideación, ya que con las representaciones digitales proliferan transformaciones laterales producto de ensa-

jos aleatorios o iteraciones de diseño y no solo de reinterpretaciones.

Este comportamiento se observa en el presente estudio en episodios de ideación asociados al análisis del problema, generación, composición y evaluación durante la resolución de un problema de diseño arquitectónico mediada por herramientas de representación estructurada.

El estudio cualitativo aporta elementos acerca del comportamiento cognitivo de los diseñadores noveles, con énfasis en la influencia de los mecanismos de modificación en el procesamiento de las ideas. La investigación se apoya en la teoría cognitiva tradicional y digital y el papel de la representación en el diseño (Akin, 1986; Schön, 1992, Schön & Wiggins, 1992); especialmente el modelo de Jin y Chusilp (2006) para la ideación. Los procesos cognitivos y acciones de representación se observan indirectamente por medio de informes orales retrospectivos y registros de actuación, según los criterios de Ericsson y Simon (1993). Los datos se analizan según la comparación constante de Glaser y Strauss (1967), un método que propone combinar datos cualitativos, conceptos, categorías y propiedades para formar un sistema categorial de análisis el cual finalmente caracterizará el evento estudiado. Los resultados revelan características asociadas a la naturaleza iterativa y recursiva de la mediación gráfica digital estructurada, que se argumentan finalmente con base en teorías de razonamiento repetitivo (Morin, 2006; Searle, 2004; Corballis, 2014).

1. Metodología de investigación

Los contenidos cognitivos de diseño se extrajeron de informes orales retrospectivos y registros de actuación producidos por estudiantes de arquitectura luego de resolver un problema de diseño arquitectónico. El estudio se realizó con base en las verbalizaciones y actuaciones

Cuadro 1. Actividades cognitivas en la ideación

Fuente: Elaborado con información de Jin y Chusilp (2006).

Actividad	Descripción
Análisis del problema	Comprensión del problema, limitantes, necesidades. Establecer objetivos. Requerimientos y condicionantes. Criterios de solución.
Generar	Concepción de nuevas ideas.
Componer	Evolución de ideas iniciales en conceptos de diseño identificables.
Evaluar	Constatar decisiones en base a objetivos, requerimientos, condicionantes.

registradas en 24 protocolos de diseño analizados según los lineamientos propuestos por Ericsson y Simon (1993) y bajo el esquema comparativo constante hasta la saturación de la información de Glaser y Strauss (1967).

Cada verbalización es transcrita, segmentada y codificada. A los fines del análisis, los informes orales transcritos fueron segmentados en dos niveles. El primer nivel, contextualiza las actividades cognitivas en la ideación según el modelo de Jin y Chusilp (2006) y como se describe en el Cuadro 1.

El segundo nivel, examina cada actividad del nivel anterior según acciones de representación digital. A fin de identificar lo emergente del análisis, el primer informe oral del primer estudiante se segmenta según datos provenientes de la teoría. Las categorías iniciales utilizadas para esto son las definidas por Chen (2001), quien adapta lo obtenido de Suwa y Tversky (1997) a la operatividad de los medios informáticos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Acciones cognitivas en la mediación digital del diseño

Fuente: Chen (2001)

Orden	Acción	Descripción
Conceptual	Establecer	Establecer un conjunto de objetivos y definir el diseño
	Conocer	Recordar el conocimiento de diseño
Operativa	Dibujar	Crear formas, tamaños, relaciones espaciales
	Mirar	Mirar dibujos previos
	Digital	Características de operación del computador
Perceptual	Visual	Atender características visuales de los elementos
	Espacial	Relaciones espaciales entre los elementos
Evaluativa	Funcional	Relación entre personas, espacio y diseño
	Estética	Evaluar valores estéticos

Los contenidos cognitivos se analizaron por comparación constante según Glaser y Strauss (1967), es decir, el resultado del primer análisis se tomó para el segundo y así sucesivamente, el producto de cada comparación se emplea en las comparaciones sucesivas hasta saturar la información obtenida; identificando e integrando características y propiedades emergentes a los referentes teóricos.

El grupo de estudio resulta de una selección intencional e idónea, (Ruíz, 2003, p. 64), de estudiantes universitarios del último año de la carrera de Arquitectura de la Universidad de Los Andes (Venezuela). Los participantes, tres mujeres (una de 21 años y dos de 22) y un hombre (24 años), demostraron poseer habilidades en la resolución de problemas de diseño, comunicación verbal y dominio de programas paramétricos de arquitectura como *Revit Architecture*. El total de participantes no se pudo conocer *a priori*, el número se consolidó por saturación teórica, es decir, cuando no hubo variación en los contenidos de las categorías cognitivas observadas.

A los participantes se les pide resolver un problema de diseño arquitectónico con el uso del computador y el programa *Revit Architecture* de *Autodesk*. La tarea se llevó a cabo en un espacio acondicionado para favorecer su desarrollo y posterior verbalización. En sesiones de entrenamiento, los estudiantes fueron familiarizados con la situación de la investigación, grabación de sus discursos y presencia del investigador. Las acciones de representación del proceso de solución se registraron con un software de captura de pantalla y la verbalización con un grabador.

Entre los temas a desarrollar se consideraron los de cierta familiaridad para los estudiantes como vivienda, educación, esparcimiento. La alternabilidad temática adoptada en este estudio obedece a la necesidad de reducir la aparición de mecanismos de razonamiento no deseados durante la retrospección, como por

ejemplo la repetición de información en eventos similares y consecutivos, así como el reporte de información pertinente al caso, pero no relacionada con el punto específico que se está tratando en un momento determinado (Ericsson y Simon, 1993, p. 19).

Por otra parte, con el fin de limitar las posibilidades dentro de las variaciones personales, estilos de diseño y tipos de problema, en un mismo diseñador y entre diseñadores, se realizaron dos tipos de comparaciones: una interna, con las diferentes respuestas cognitivas de un mismo participante, y otra externa, en la que se comparan las respuestas entre participantes distintos.

Es conveniente aclarar que la forma de verbalización retrospectiva, adoptada aquí, es indicada para estudios enfocados en el contenido de la información cognitiva en el diseño (Dorst & Dijkhuis, 1995). Sin embargo, este tipo de verbalización tiene algunas desventajas, entre ellas, la capacidad limitada de la memoria de trabajo del participante y la recuperación selectiva de la información. En este estudio las debilidades señaladas se compensaron utilizando un registro de actuación por captura de pantalla, en formato de video, para acompañar la retrospección y favorecer el recuerdo.

2. Resultados y análisis

La coocurrencia entre transformaciones y procesos en actividades cognitivas es identificada en episodios de ideación. Los resultados revelan que las categorías iniciales, provenientes de la teoría, son redefinidas en concepto, dimensión y rango y las transformaciones se constituyen como la acción dominante en actividades cognitivas de ideación.

2.1 Transformaciones y procesos

Las acciones de dibujo, transformación y procesos cognitivos observados en episodios de ideación se resumen en el Cuadro 3. Lo emergente en acciones de dibujo (AD) se relaciona con la representación primaria de entidades geométricas, palabras, símbolos y componentes arquitectónicos. Las transformaciones (AT), son aquellas donde por acumulación de cambios sucesivos permitieron explorar nuevas ideas modificando propiedades esenciales en un mismo objeto. Las acciones vinculadas con procesos perceptivos son de atención (AP) y visualización (AV) de características viso-espaciales de los elementos representados. Los

procesos evaluativos (AE) resultan al constatar la pertinencia o utilidad de un concepto o procedimiento en la búsqueda de la solución.

Y por último, la concepción de funciones (AF) reúne acciones de pensamiento de asociación y concepción de ideas en cuanto a relaciones funcionales.

Las transformaciones asociadas a los procesos cognitivos señalados se presentan como iterativas y recursivas. Las primeras (AD-Tmre) las utiliza el estudiante cuando necesita definir la posición, orientación o escala de una entidad en el espacio de diseño.

Cuadro 3. Acciones y procesos cognitivos asociados a la representación digital en la ideación

Fuente: Cuadro elaborado con datos de Rangel y León (2017)

Acciones (AD)	Código	Descripción
Dibujar	De	Dibujar entidades: líneas, puntos, elementos.
	Ds	Insertar un símbolo.
	Dnec	Definir ejes y niveles constructivos.
	Dppt	Insertar puntos y planos de trabajo.
Escribir	Ep	Escribir palabras para describir pensamientos u objetos.
Transformar	Tb	Borrar.
	Tmre	Mover, rotar, escalar.
Acciones (AT)	Código	Descripción
Transformar	Tpe	Posición espacial de objetos (mover, rotar, escalar, vincular).
	TDp	Definir/cambiar propiedades.
	TStip	Definir/cambiar entidad por selector de tipos.
	TDacc	Deshacer/rehacer acción.
	TMsc	Cambiar sub-componentes de geometrías 3D
Organizar	Oce	Organizar/cambiar por simetría, patrón, copia, calca, equidistancia.
	Omob	Insertar/organizar/sustituir mobiliario, manipulación de tipos.
	Ocom	Insertar/organizar/sustituir componente, manipulación de tipos.
	OAg	Unir/agrupar entidades en configuraciones.
Corregir	Cdim	Editar dimensiones.
	Cp	Editar propiedades.
	Cre	Editar por recorte y extensión.

Cuadro 3 (continuación). Acciones y procesos cognitivos asociados a la representación digital en la ideación

Fuente: Cuadro elaborado con datos de Rangel y León (2017)

Procesos	Código	Acciones Perceptivas (AP, AV)
Atención	Ace	Atender características de representación existente.
	Acn	Atender características de nueva representación.
	Are	Atender relaciones espaciales entre dos componentes espaciales o áreas.
	Abus	Atender características durante búsqueda de componentes predefinidos.
	Apac	Atender por cómputo de área el tamaño de los espacios.
	Ad	Descubrir relaciones organizacionales entre objetos o espacios.
Inferencia	Irf	Deducir una función potencial a partir de cambios al dibujo.
Significación	Ssn	Sentimiento acerca del espacio.
	Sec	Enunciar características acerca del espacio.
	Ss	Imponer significado antes de describir la relación espacial
Visualización	Inacc	Inferir acciones para aclarar decisiones o procedimientos
	Vref	Vislumbrar referencias externas: imágenes, recuerdos, conocimiento.
	Vcon	Vislumbrar formas, técnicas constructivas o materiales.
Visibilización	V2D	Usar visualización en dos dimensiones.
	V3D	Usar visualización en tres dimensiones.
	Vaa	Usar modo de acercar/alejar.
	Vs	Usar modo de sombreado.
	Vsom	Activar sombras para percepción espacial.
Procesos	Código	Acciones Semánticas (AE, AF)
Evaluar	Eval	Hacer juicios de valor sobre una función o forma.
	Ecrc	Contrastar decisiones según requerimientos, condicionantes y criterios.
	Econ	Evaluar viabilidad de un concepto de diseño (útil y relevante).
	Edig	Valorar la influencia de una característica del entorno digital en la construcción de la solución.
Asociar	Asfr	Reconocer una función creando una nueva representación.
	Asc	Asociar una característica o relación con funciones que fueron pensadas con anterioridad o descubiertas.
Concebir	Cef	Concebir esquemas funcionales sin representar.
	Crj	Concebir por recuerdo de función.
	Cdf	Concebir por descripción de función.

Tabla 1. Aporte de las acciones de dibujo en la ideación de los participantes

Fuente: elaboración propia

Acciones de dibujo (porcentaje/17%)						
Dibujar (D)				Escribir (E)		Transformar (T)
De	Ds	Dnec	Dppt	Ep	Tb	Tmre
70%	1%	2%	2%	4%	16%	5%
75%				4%		21%

En el proceso de representación la forma iterativa de las acciones de dibujo (AD-D), escritura (AD-E) y transformación (AD-T) se manifiesta cuando el estudiante dibuja y corrige una acción de representación descartando la anterior; la acción no implica el cambio de una idea por otra. El aporte de las acciones de dibujo (AD) a los procesos de ideación se indican en la Tabla 1.

Las segundas (AT) son transformaciones dinámicas, las cuales se aplican repetidamente a una misma unidad de dibujo o conjunto de ellas para cambiar una idea por otra. Estas ocurren por transformaciones sucesivas aplicadas a sub-componentes, componentes o configuraciones de diseño y generalmente están vinculadas a nuevas ideas.

De las 2.001 acciones cognitivas que se registraron en los 24 protocolos de los participantes, 572 son transformaciones recursivas, lo que equivale a un 28%. La Tabla 2 muestra los porcentajes de participación de transformación recursiva, siendo el 45% de estas utilizadas para explorar posiciones u orientaciones de elementos en el espacio, explorar diferentes tipos o reformar atributos esenciales. Otro 27%, se invirtió en procesos de organización de enti-

dades y configuraciones espaciales, y un 27% en operaciones de edición de dimensiones, propiedades esenciales y composición espacial.

El porcentaje restante del total de acciones llevadas a cabo durante la ideación se reparte entre percepción, 17%, concepción de funciones, 6%, y evaluación, 22%.

Las acciones de transformación (AT) separan visiblemente la ideación analógica de la digital, ya que la representación en términos de transformación y no de redibujo desafía a lo tradicionalmente descrito. En este sentido se piensa que volver a dibujar podría separar al diseñador de la acción creativa y como consecuencia modificaría sus patrones de atención e inferencia, así como de exploración y evaluación.

A continuación, se presenta una mirada macroscópica de este comportamiento cognitivo basado en transformaciones para cada actividad de ideación. Se reporta el resultado particular en los segmentos de análisis del problema, generación, composición y evaluación; parcelas del protocolo consideradas aquí como *espacios cognitivos de registro definido*, ya que representan una unidad caracterizable desde las acciones cognitivas asociadas a la representación digital, en este caso.

Tabla 2. Aporte de las acciones de transformación recursiva en la ideación de los participantes

Fuente: elaboración propia

Acciones de Transformación AT (porcentaje/28%)												
Transformación (T)						Organización (O)				Corrección (C)		
Tpe	TDp	TStip	TDacc	TMsc	TM/C	Oce	Omob	Ocom	OAg	Cdim	Cp	Cre
37%	1%	4%	1%	1%	1%	9%	12%	4%	2%	13%	4%	11%
45%						27%				28%		

2.2 Espacio cognitivo de análisis del problema

En los episodios de análisis del problema las acciones cognitivas que se llevan a cabo están mayormente asociadas a la actividad mental y menos a la representación. A fin de alcanzar la comprensión del problema de diseño, los diseñadores noveles efectúan exploración de limitantes, revisión de necesidades, definición de objetivos, estudio de requerimientos y condicionantes, revisión o reelaboración del problema, fijan nuevos requerimientos y condicionantes, y criterios de solución.

En este espacio las acciones cognitivas dominantes fueron de exploración de imágenes mentales, AV-Vim, como se puede apreciar en el gráfico de totalización de la Figura 1. Según la gráfica, la comprensión del problema implica sobre todo la construcción de imágenes mentales a partir de información relevante acerca de la solución.

Para ilustrar lo anterior se cita un segmento de la verbalización de un estudiante en el cual se aprecia un ejercicio de comprensión del problema:

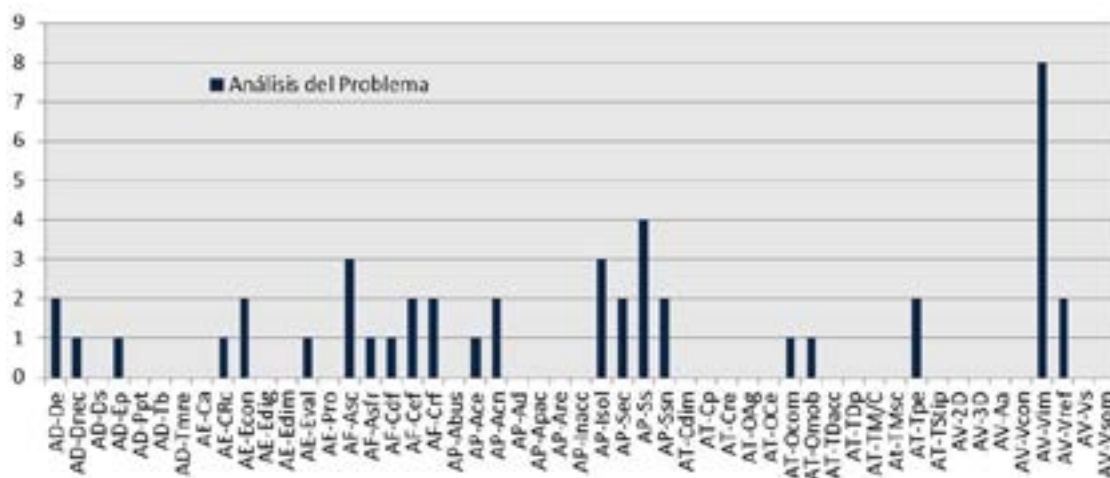
Entonces, originalmente pensé que un salón preescolar, pues debería tener un espacio integral, donde pudiera tener una visualización de lo que estaban haciendo todos los niños. A pesar de que fuera algo libre, pues, se tuviese cierto control y, entonces, bueno, esa fue mi intención: poder siempre visualizar a los niños a la hora de que estén haciendo cualquier actividad. También pensé que, este, yo creo, no sé, en mi casa no hay niños, siempre he considerado que es mucho más fácil aprender jugando.

Aquí, las operaciones mentales están en concordancia con los objetivos del problema, premisas y referencias personales (AV-Vref) las cuales permiten vincular criterios de diseño a la sensación libertad, con control.

De la misma Figura 1 se desprende que durante el análisis del problema realizan escasas acciones de dibujo (AD). Normalmente, el dibujo comprende líneas (AD-De), líneas de referencia (AD-Dnec) y escritura de palabras (AD-Esp), esto a fin de organizar y jerarquizar información o conceptos de diseño.

Figura 1. Cantidad promedio de acciones cognitivas vinculadas al análisis del problema realizadas por los participantes.

Fuente: elaboración propia



Los procesos perceptivos de sentimiento (AP-Ss), significación (AP-Sn) e inferencia (AP-Isol) tienen mayor actividad que la representación. Los mecanismos de descomposición y contraste (AE-Crc, Eval, Econ) permitieron llevar a cabo distinciones valorativas más allá del espacio del problema con el objeto de establecer relaciones coherentes y articulaciones lógicas.

Asimismo, de la verbalización de otro estudiante se desprende:

...Básicamente eso fue lo que traté de hacer. Los tres espacios bien definidos que es: el área de trabajo, lo que es el área de juego y, hacía falta un elemento, lo que es el área de descanso, porque los niños de preescolar, la mayoría, si es un maternal necesitan dormir, necesitan estar comiendo. A lo mejor en el espacio del maternal, en los baños, debería estar ubicada un área de cambiador para que los profesores hagan un cambio de pañales, porque se trata de un cuidado muy distinto de lo que es un salón de clases tradicional.

Aquí el estudiante plantea el curso de la solución bajo una estrategia general de funciones, visualizada como un esquema de áreas a partir del dibujo de líneas (AD-De). Al inicio de este episodio el estudiante indica que elabora un esquema general de los espacios trabajo y juegos, y reflexiona sobre la falta del área de descanso. El resultado de esto fue el punto de partida para escoger la secuencia de movimientos de representación en la búsqueda de la solución y cada una de las actuaciones realizadas desde allí estuvieron en torno a este esquema funcional.

Los estudiantes en general no se limitaron a las características puntuales del problema, sino que encontraron y formularon sub-problemas apoyados por la representación (AP-Acn).

2.3 Espacio cognitivo de generación

Para Jin y Chusilp (2006) generar implica la concepción de ideas iniciales y nuevas ideas de diseño e involucra la memoria y el conocimiento arquitectónico.

Los informes revelaron la presencia de un total de 83 segmentos de generación de ideas para un total de 509 episodios de ideación; valor que representa el 16% de esta actividad cognitiva.

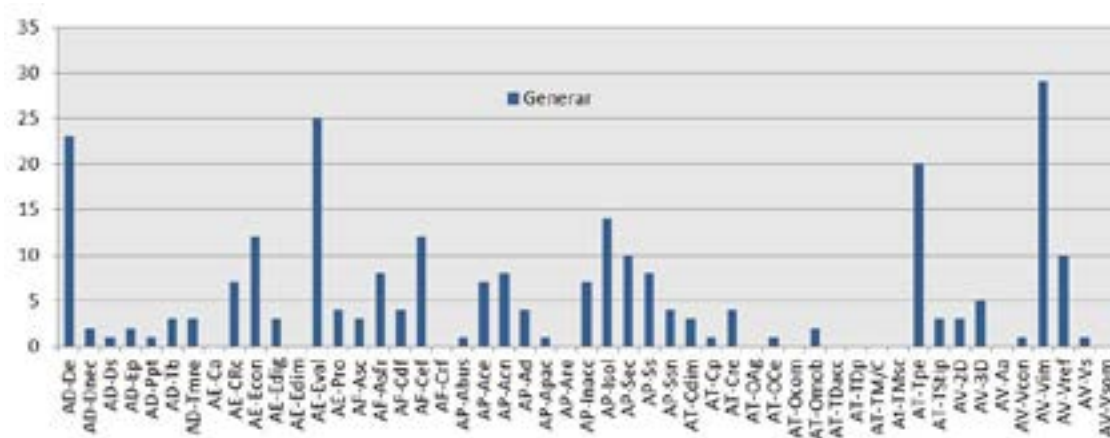
En la Figura 2 se presenta el panorama global de las acciones cognitivas involucradas en actividades de generación. Allí, destacan como acciones dominantes la exploración de imágenes mentales acerca del concepto de diseño (AV-Vim), acciones de dibujo de entidades (AD-De), transformación recursiva (AT-Tpe) y juicios generales sobre función o forma (AE-Eval).

Se comienza a apreciar que los procesos cognitivos se tejen como una red de procesamiento donde unos suceden secuencialmente, otros se superponen y otros van paralelamente, tal como lo ilustra la co-ocurrencia de acciones de visualización, inferencia, dibujo, transformación, descubrimiento y evaluación en segmentos de la generación de una propuesta de diseño, refrendados en las verbalizaciones citadas anteriormente y en la que se transcribe a continuación:

...en el cuarto hubiese la posibilidad de hacer unos mosaicos, que a la hora que los chamos estén allá abajo puedan decir estoy durmiendo bajo las estrellas, o estamos en un área de colores, que se yo, que pudiese eso, darme una posibilidad de un poco más de apertura, de un poco más de libertad a pesar de estar encerrado en un espacio.

Figura 2. Cantidad promedio de acciones cognitivas y generación de ideas de los participantes.

Fuente: elaboración propia



...Tratar de explotar un poquito más esa imagen visual, en base eso, pues, también trabajé la cubierta, hice el esquema de la cubierta con una rejilla, pero cuando lo estaba dibujando me di cuenta de que la cubierta no queda a la altura...

Cuando al generar propuestas de diseño se utiliza la representación como apoyo a la imagen mental, el estudiante, más que realizar acciones de posicionamiento y reposicionamiento de entidades (AD-Tmre), realiza acciones de transformación recursiva (AD-Tpe) casi en la misma proporción que las acciones de dibujo de entidades (AD-De). Si las acciones de di-

bujo de entidades corresponden al 65% de las acciones totales de dibujo en esta actividad, las acciones de transformación recursiva representan el 59%, proporción que puede apreciarse en la Figura 3. Esto demuestra que el estudiante dibuja y transforma recursivamente para acompañar la generación de ideas. Lo anterior es uno de los aportes más significativos de este estudio que busca caracterizar el comportamiento cognitivo del diseño asistido por representaciones digitales estructuradas.

Figura 3. Cantidad promedio de acciones de dibujo y transformación empleadas durante la generación de propuestas de diseño por los participantes.

Fuente: elaboración propia

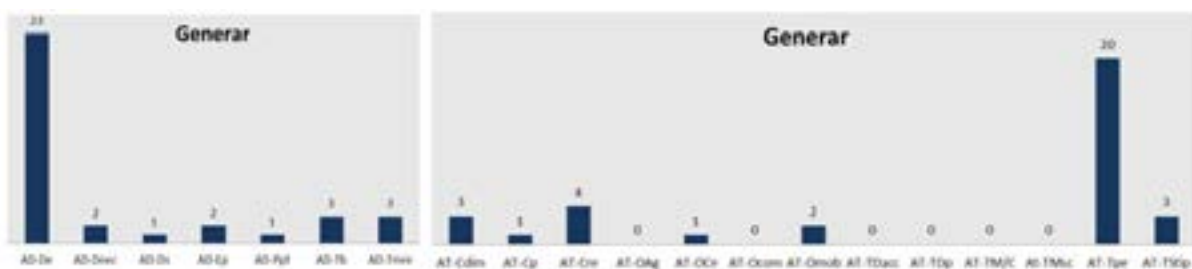
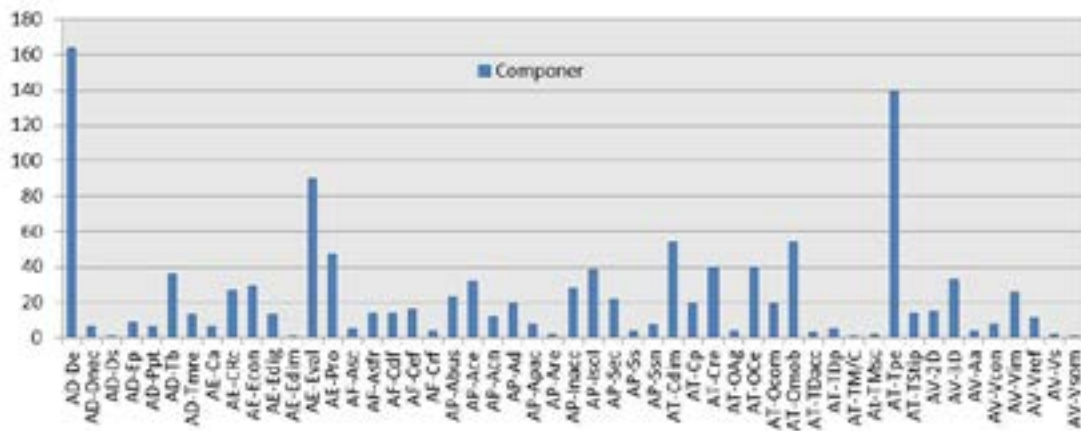


Figura 4. Cantidad promedio de acciones cognitivas en actividades de composición realizadas por los participantes.

Fuente: elaboración propia



Durante la producción de ideas iniciales las acciones evaluativas (AE) ocupan un 20% y perceptivas un 25%. En el ir y venir entre estos procesos de pensamiento, se encontró que prevalece para un diseñador novel la necesidad de dibujar, sobre todo lo que va pensando. Es sabido que las imágenes mentales no son copia exacta de lo percibido visualmente, es por ello que el estudiante realiza evaluaciones constantes entre lo que piensa y lo que dibuja. Las evaluaciones aquí consisten, básicamente, en valorar ideas representadas acerca de la solución tomando como referencia conceptos y criterios de diseño.

Con la representación estructurada esta dinámica es menos abstracta y las nuevas concepciones son dirigidas desde la especificidad de lo arquitectónico. El proceso generativo se puede expresar bajo el esquema cognitivo de visualizar-dibujar/transformar-evaluar.

2.4 Espacio cognitivo de composición

Componer implica la evolución de las ideas iniciales de diseño en conceptos arquitectónicos (Jin & Chusilp, 2006). En los protocolos, la gran cantidad de acciones de dibujo (AD) y transfor-

mación (AT) en tareas compositivas, resultan en conceptos de diseño más evolucionados en términos específicos y una solución más detallada, funcional y constructivamente.

En la Figura 4 se muestran las acciones cognitivas presentes en la composición. De acuerdo con esto la actividad esta definida por acciones de dibujo AD-De, transformación AD-Tpe y evaluación AE-Eval. La proporción de estas acciones en el balance de los totales es mucho mayor que para las otras actividades cognitivas de generación o evaluación.

Del mismo modo que en actividades de generación, las acciones de transformación acompañaron a las de dibujo en un 80%, porcentaje un poco mayor al observado durante la actividad de generación de ideas. Podría inferirse que en esta actividad los estudiantes concretan pensamientos de diseño abstractos a través de entidades de dibujo bien definidas y para la exploración de alternativas de solución utilizan transformadores (AT), tal como se ilustra en el siguiente segmento

La división. Lo primero que hice fue colocar, por similar, tocar los muros y después lo que hice fue seleccionar las que

habían puesto y las cambié directo del selector de tipos. Aunque aquí, en la parte de tabiquería, pensé fue en la distribución, probé varias formas de cómo debía ponerse, pero lo que hice fue mover los tabiques en varias posiciones para tratar de diseñar un espacio dónde se permita el acceso y no bloquearlo, pero que igual, como se pueden mover se puede cambiar, el espacio. Lo hice por eso, pero moví varias veces los tabiques, muchas, para ver cuál era la mejor opción, aun así, se puede mover de cualquier manera.

El estudiante en un momento compositivo selecciona el tipo de pared usando herramientas esencialmente recursivas como el selector y editor de tipos (AT-Stip). Seguido a esto irrumpe con un pensamiento de generación (... aunque aquí, en la parte de tabiquería, pensé fue en la distribución...) y comienza un proceso de acumular cambios sobre decisiones de posición (AT-Tpe) hasta encontrar la solución. A cada cambio le sigue una evaluación (AE-Eval), hasta que concluye el lazo recursivo por satisfacción.

Este es un hallazgo importante que demuestra que con representaciones estructuradas pueden coexistir cognitivamente transformaciones laterales y verticales durante los procesos compositivos. Lo revelado no se corresponde con lo planteado en la teoría de la representación analógica de Goel (1995), donde se afirma que este tipo de representaciones obstaculiza

la exploración y el desarrollo de alternativas. Por otro lado, lo que si se comparte es que para las fases tempranas la representación estructurada induce a una cristalización también temprana del diseño, pero lo que aquí se señala es que en cuanto a transformaciones laterales o cambio de una idea por otra la representación estructurada no entorpece las tareas que involucran el cambio de ideas.

Si se observan de cerca las acciones de transformación asociadas a la composición, los protocolos demuestran la concurrencia de acciones recursivas de distinto tipo y además el hecho de que estas desencadenan otras acciones de distinta categoría.

De acuerdo con esto, se puede pensar, que subyace en el estudiante una buena adaptación mental al recurso de transformación o una buena correspondencia entre el procesamiento visual y la operatividad del sistema de modificación de entidades propuesto en el diseño del software.

En la Figura 5 se detalla nuevamente la correspondencia entre las acciones de dibujo y las de transformación en acompañamiento para la composición. Los valores en número de coocurrencias entre AD-De y AT-Tpe, indican la conexión entre ambas acciones, siendo el 76% de sus totales para la primera y el 80% para la segunda.

Figura 5. Cantidad promedio de acciones de dibujo (izquierda) y transformación (derecha) en la composición de propuestas de diseño de los participantes.

Fuente: elaboración propia

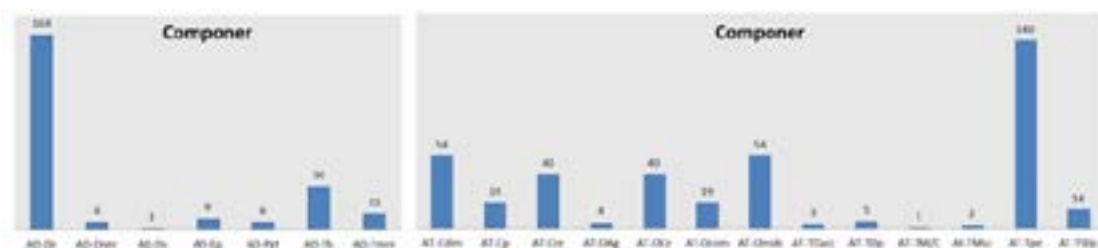


Tabla 3. Aporte de las acciones evaluativas de los participantes durante la ideación.

Fuente: elaboración propia

Acciones de Evaluación AE (porcentajes/22%)						
Evaluación (E)				Cómputo (C)		Procedimiento (P)
Eval	Ecrc	Econ	Edig	Ca	Pro	
42%	15%	15%	5%	5%	18%	
77%				5%	18%	

Las acciones perceptivas se presentan muy equilibradamente, como se aprecia en la Figura 4. A través de la interacción con la representación los estudiantes demostraron ocupar gran cantidad de tiempo en atender características existentes (AP-Ace) y construir inferencias (AP-Isol).

Al atender la representación durante la composición el descubrimiento (AP-Ad), la atención (AP-Isol) y las acciones evaluativas (AE-Eval) producen un concierto de procesos bajo el esquema perceptivo-evaluativo-perceptivo, no obstante, la composición, tal y como se presenta, queda definida por procesos vinculados al dibujo-transformación-evaluación.

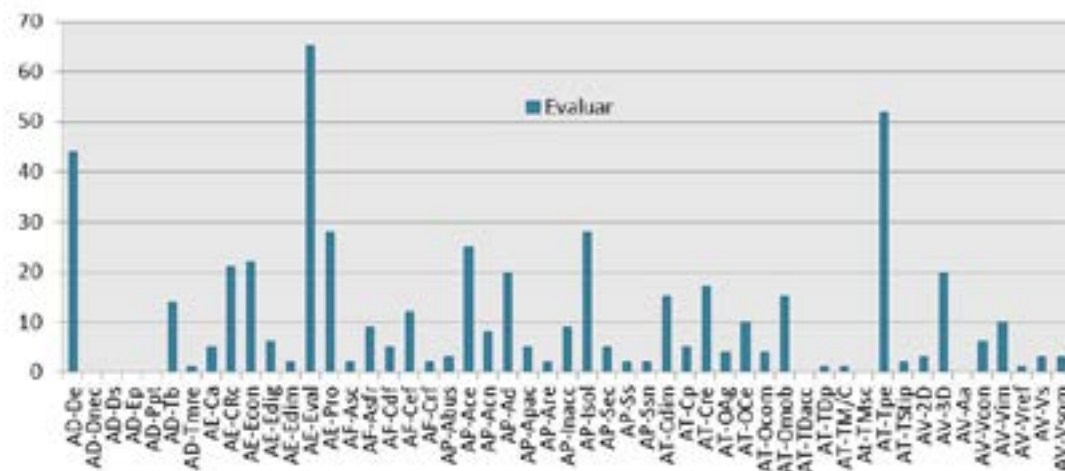
2.5 Espacio cognitivo de evaluación

La actividad de evaluar se ubica en el segundo lugar en importancia dentro de las actividades cognitivas desarrolladas por los estudiantes. La evaluación se manifestó como un proceso cognitivo exploratorio con el fin de asegurar que los conceptos o criterios adoptados son relevantes, útiles y buenos.

Las acciones evaluativas conforman un 22% respecto al total y sus porcentajes se distribuyen como se muestra en la Tabla 3. Es decir, de 2001 acciones cognitivas 433 orientan el proceso evaluativo. Las llamadas evaluativas ocurren un 77% de las veces mientras que valoraciones por cómputo un 5% y de procedimientos un 18%.

Figura 6. Cantidad promedio de acciones cognitivas de evaluación de los participantes.

Fuente: elaboración propia



asociados a las acciones perceptuales de atención (AP-Ace) e inferencias (AP-Isol), como se muestra en la Figura 6.

La acción local, lazo repetitivo interno, tiene repercusiones en la exploración y desarrollo ideas, llevándolas hasta el punto donde se continúa con la siguiente actividad cognitiva (Jin & Chusilp, 2006). Resumidamente, el proceso evaluativo quedaría definido por el esquema de procesos cognitivos dibujar-percibir-transformar-evaluar.

Conclusiones y discusión

La representación estructurada digital media al igual que el boceto tradicional entre la información descriptiva de diseño y la representación visual del pensamiento. En este medio el procesamiento de las ideas se apoya en mecanismos de modificación, los cuales conceden una manera particular de ver el proceso de ideación en el diseño.

Importantes estudios han abordado el papel de la representación digital en la cognición del diseño arquitectónico con protocolos y han precisado que el formato digital apoya la comprensión de la forma arquitectónica constituyéndose en un buen andamio para el razonamiento visual (Bilda & Demirkan, 2003; Bilda & Gero, 2006; Chen, 2000). Asimismo, se ha afirmado que la visualización inmediata e intensiva producto de la interacción con el medio digital produce un aumento en la frecuencia de imágenes mentales, aquellas que influyen en la velocidad de percepción y en los procesos internos de "hacer y ver" al dibujar (Marx, 2000; Won, 2001).

La investigación que se presenta examinó aún más las acciones y mecanismos que dieron origen a estas de estas observaciones, todas ellas influyentes para cualquier estudio posterior. Lo observado aquí, en episodios de ideación, revela una coocurrencia de dos formas de

transformación asociadas a la representación en actividades cognitivas y ambas de naturaleza distinta. Una, iterativa, vinculada al dibujo de entidades geométricas y su colocación en espacio cartesiano, y otra, recursiva, a la transformación de información geométrica y no geométrica con fines de cambiar una idea por otra.

Las acciones de transformación recursiva generalmente originaron nuevas ideas o las estimularon, por acumulación de transformaciones sucesivas aplicadas ya sea al parámetro más pequeño de un componente o a una configuración arquitectónica en su totalidad.

De acuerdo con los criterios de Morin (2006) y Corballis (2014), un proceso puede ser recursivo si los productos son recursivos y los efectos también lo son. Entonces, si el pensamiento es estimulado por transformaciones de representación recursiva el producto de esa transformación desencadena efectos recursivos en la cognición.

Definitivamente los ciclos de recursividad observados aquí diferencian la fase de ideación modelada por Jin y Chusilp (2006), en la que plantean una dinámica esencialmente iterativa. El aporte de este estudio al modelo cognitivo de Jin y Chusilp (2006) es el "comportamiento" recursivo de los procesos cognitivos que caracterizan a cada actividad lo que también puede convertirla en recursiva.

Las acciones de transformación recursiva permitieron al estudiante explorar una idea por descomposición recursiva (Searle, 2004, p. 72). Es decir, la idea general la descompuso en ideas más simples y a cada una de estas aplicó transformaciones sucesivas acumulándolas hasta alcanzar la correspondencia de la representación externa y la imagen mental.

Por otra parte, las transformaciones hacen que el redibujo, como se conoce tradicionalmente, desaparezca y el redibujar se considere una interrupción. Gero y otros (2015, p. 130) pien-

san que la interrupción es perjudicial para el desempeño de la tarea primaria. Las interrupciones obligan a efectuar cambios estratégicos para aumentar la eficiencia y compensar las posibles influencias negativas sobre la continuidad de procesamiento y memoria de trabajo. A este respecto los estudiantes que participaron en este estudio indicaron que las acciones de transformación los mantienen conectados con la secuencia de razonamientos en un episodio de diseño y les proporcionan mayor velocidad de respuesta.

Finalmente, los hallazgos revelan que aún cuando el proceso de razonamiento en estudiantes, cuando trabajan con herramientas digitales, tiene fuertes raíces en la manipulación geométrica, la cognición del diseño digital esta estrechamente vinculada a operaciones viso-mentales de tipo perceptiva, funcional y evaluativa conducidas por acciones de dibujo y transformación paramétricas.

Referencias bibliográficas

- Akin, Ö. (1986). *Psychology of architectural design*. London: Pion.
- Bilda, Z., & Demirkan, H. (2003). An insight on designers' sketching activities in traditional versus digital media. *Design Studies*, Vol.24, N° 1, pp. 27–50.
- Bilda, Z., & Gero, J. (2006). The impact of working memory limitatios on the design process during conceptualization. En J. Gero, *Design Computing and Cognition '06*, pp. 256- 284, Sydney: Springer.
- Chen, S.C. (2001). Analysis of the use of computer media by expert and novice designers, *Proceedings of the Sixth Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia*, pp. 71-80, Sydney: CAADRIA 2001.
- Corballis, M. (2014). *La mente recursiva*. Barcelona: Biblioteca Buridán.
- Dorst, K, K., & Dijkhuis, J. (1995). Comparing paradigms for describing design activity. *Design Studies*, Vol. 16, N° 2, pp. 261–274.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1993). *Protocol Analysis: Verbal report as data*. Cambridge: MIT Press.
- Gero, J., Jiang, H., Dobolyi, K., & Brooke, B. (2015). How Do Interruptions During Designing Affect Design Cognition?, pp. 119- 133. En J. Gero, & S. Hanna (Ed.), *Design Computing and Cognition '14*. Cham: Springer.
- Glaser, B., & Strauss, A. (1967). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Chicago: Aldine Publishing Company.
- Goel, V. (1995). *Sketches of thought*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gursoy, B., & Ozkar, M. (2010). Is Model-making Sketching in Design? *DRS 2010 Conference Proceedings*, pp. 604-615. Montreal.
- Jin, Y., & Chusilp, P. (2006). Study of mental iteration in different design situations. *Design Studies*, Vol. 27, N° 1, pp.25-55.
- Morin, E. (2006). *El método 3. El conocimiento del conocimiento*. Madrid: Ediciones Cîtedra.
- Prats, M., Lim, S., Jowers, I., Garner, S., & Chase, S. (2009). Transforming shape in design: observations from studies of sketching. *Design Studies*, Vol. 30, N° 5, pp.503-520.
- Rangel, V., León, A. (2017), (En imprenta). Procesos cognitivos asociados a la representación digital en estudiantes de arquitectura, N° 69, EDUCERE: Universidad de Los Andes.
- Ruíz, J. (2003). *Técnicas de triangulación y control de calidad en la investigación socioeducativa*. Bilbao: Ediciones Mensajero.
- Schön, D. (1992). *La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. Barcelona: Edición Paidós.
- Schön, D., & Wiggins, G. (1992). Kinds of seeing and their functions in designing. *Design Studies*, Vol.13, N° 2, pp.136-156.
- Searle, J. (2004). *Mind, a brief introduction*. New York: Oxford University Press.
- Suwa, M., & Tversky, B. (1997). What do Architects and Students perceive in their Design Sketches. A Protocol Analysis *Design Studies*, Vol.18, N° 4, pp. 385-403.