

2. Conocimiento de constructividad

20

§ 2.1. Descripción del conocimiento de constructividad

§ 2.1.1. Características del conocimiento de constructividad

a. De naturaleza principalmente tácita

El estudio del conocimiento revela que el conocimiento experto (*expertise*) —dentro del cual se incluye el conocimiento de constructividad— puede existir en dos diferentes formas: como conocimiento tácito o como conocimiento explícito (Nonaka y Takeuchi, 1995). El conocimiento tácito existe únicamente en las mentes de los expertos y no se puede articular en forma escrita. Se asocia a experiencias, habilidades, visiones o intuiciones que pueden ser tanto técnicas (el “saber hacer” o *know-how* de alguien con mucha experiencia) como generales (valores, creencias, percepciones). El conocimiento explícito, en cambio, existe en la forma de documentos escritos, gráficos, manuales, guías o datos concretos. Es un conocimiento consistente y ordenado, reusable y de fácil transferencia (Egbu y Robinson, 2005) (Cuadro 5).

Aún cuando el conocimiento tácito es de difícil formalización y transferencia, es el más valioso y de mayor relevancia en las tareas de diseño. Nonaka y Takeuchi (1995) han señalado que, en general para cualquier área, aproximadamente un 80% del conocimiento experto existe en la forma de conocimiento tácito. En el campo de la constructividad, Hanlon y Sanvido (1995) notablemente confirmaron este porcentaje indicando que “*un 83% del conocimiento de constructividad no está escrito de ninguna forma y reside en las mentes de los expertos*” (en: Pulaski y Horman, 2005). Sin embargo, esta proporción no es constante durante el proceso de diseño: Al-Ghassani (2003) explicó que durante la primera fase de diseño conceptual alrededor de un 80% del conocimiento usado es

tácito y un 20% explícito; mientras que en la etapa de desarrollo y diseño de detalles este porcentaje se revierte a un 80% explícito y 20% tácito (en: Egbu y Robinson, 2005) (figura 6). Esta dualidad, aunque no simétrica, implica que para transferir completamente el conocimiento —por ejemplo en el contexto de educación de arquitectura— diferentes sistemas o métodos son necesario de articular y complementar conjuntamente. Ni el conocimiento explícito o el tácito son suficientes por sí solos.

CONOCIMIENTO TACITO	CONOCIMIENTO EXPLICITO
<i>Reside en las mentes de los expertos</i>	<i>Existe como documentos escritos o registros formalizados</i>
<i>Experiencias, habilidades</i>	<i>Datos concretos</i>
<i>No se puede articular, difícil transferencia</i>	<i>Es ordenado y consistente, de fácil de transferencia</i>

Cuadro 5:
Diferencias entre
conocimiento tácito y
explícito



Figura 6:
Relación entre
conocimiento tácito y
explícito durante el
proceso de diseño

b. Es principalmente procedimental e instrumental

El conocimiento de constructividad es mayoritariamente procedimental (“saber hacer algo”) e instrumental (“hacer algo para lograr obtener otra cosa”). Es mayoritariamente *procedimental* en cuanto un arquitecto con conocimiento de constructividad lo que sabe es “hacer algo” específico: diseñar con elevados grados de constructividad. Es importante aclarar que aunque usualmente el conocimiento procedimental es reducido a sólo “saber-cómo” (*know-how*) (e.g., saber cómo calcular el espaciamiento entre tabiques para una faena de montaje cómoda); en realidad, involucra además “saber-qué” (*know-what*) (e.g., saber cuáles son las herramientas que se deben utilizar para determinado procedimiento constructivo o cuáles son las condiciones de almacenamiento de cierto material) y “saber-porqué” (*know-why*) (e.g., saber porqué ocurre la retracción de fragua y porqué ciertas características de diseño pueden reducirla o aumentarla).

Es *instrumental* en cuanto es una herramienta que ayuda y respalda el proceso de diseñar (objetivo final). Específicamente, dentro del proceso de diseño el conocimiento de constructividad tiene dos funciones básicas: (1) detección de problemas (*problem-seeking*) y (2) solución de problemas (*problem-solving*) (Vanegas *et al.*, 1988). Para la función de detección de problemas, el conocimiento de constructividad permite adelantar posibles conflictos en obra, dificultades técnicas prácticas, y en general, entender los aspectos claves del proceso constructivo que definen el problema de diseño. En cierto modo, el conocimiento de constructividad agrega una capa adicional de información al proceso de diseño, haciendo el problema más complejo pero más exacto. Para la función de solución de problemas, el conocimiento de constructividad otorga información adicional para proveer y comparar alternativas de solución, facilitando el proceso de generación, evaluación y selección del diseño (cuadro 6).

Cuadro 6:
Rol del conocimiento
de constructividad en el
proceso de diseño

PROCESO DE DISEÑO	ROL DEL CONOCIMIENTO DE CONSTRUCTIVIDAD
Análisis	Entender el problema
Generación	Proveer alternativas
Evaluación	Comparar alternativas
Decisión	Seleccionar alternativas

c. Es conocimiento relacional

Es habitualmente convenido que el conocimiento de constructividad se expresa en términos de relaciones entre (1) características de desempeño de los procedimientos constructivos y (2) características del objeto diseñado. En otras palabras, la constructividad relaciona *variables de proceso* (construcción) con *variables de producto* (edificio) (figura 7). Por ejemplo, los problemas de terminación por cortes de hormigonado en muros de hormigón arquitectónico (desempeño de proceso) se pueden simplificar si se diseñan canterías que más o menos coincidan con las alturas de llenado (característica de producto). El principal problema es que las variables no están estandarizadas, por lo que “*cada persona define los procesos y productos de construcción de una manera ligeramente diferente*” (Hanlon y Sanvido, 1995). Más aún, dado que el diseño es por esencia integrador, las relaciones producto/proceso son dependientes de múltiples factores y altamente variables, incluso dentro de un mismo proyecto. Por esto, para poder realizar un análisis correctamente, las relaciones de constructividad deben siempre examinarse *ceteris paribus*, es decir, con todo lo demás constante.

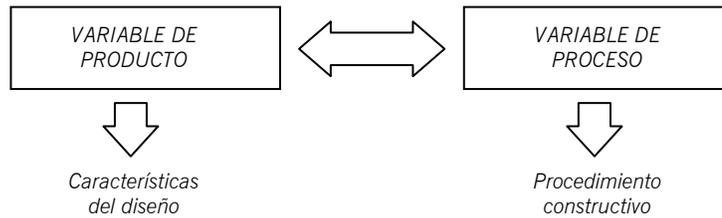


Figura 7:
Relación entre variables
de producto y proceso

d. Es dependiente de su contexto físico y temporal

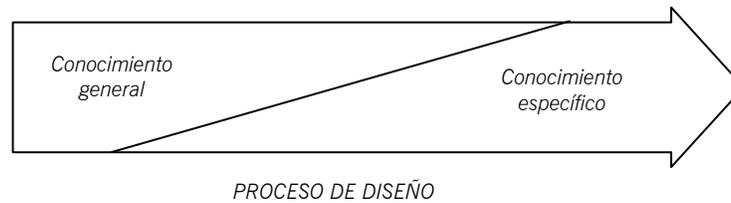
El conocimiento de constructividad no es absoluto: depende intensamente de su contexto temporal y físico. Una solución particular que otorga más constructividad a un diseño en un cierto contexto de proyecto puede restarla en otro. Varía según el lugar y sus condiciones específicas, según las restricciones materiales del proyecto, según las condiciones culturales de las personas, según las características organizacionales de las empresas, pero sobre todo, según las condiciones de avance tecnológico. El conocimiento de constructividad actualmente válido será transformado completamente durante los próximos 20 años debido a cambios en la forma y fondo de la industria de la construcción. Esta característica de conocimiento dinámico, relativo y circunstancial impide su generalización total y dificulta su transferencia. Sin embargo, esto no quiere decir que sea incoherente o fortuito. Fischer y Tatum (1997) demostraron que el conocimiento de constructividad existe como tal, que es consistente y que una parte importante de él puede ser formalizado y relacionado a variables generales de diseño, aplicable a todos o casi todos los contextos de diseño, aún cuando los valores específicos cambien de situación en situación. Son precisamente estas líneas generales inmutables las que lo convierten en un cuerpo de conocimiento identificable por sí mismo, y sobre las cuales se extiende en detalle la segunda parte de este libro.

e. De especificidad graduable

El conocimiento de constructividad tiene especificidad graduable, lo que quiere decir que existe conocimiento de constructividad de tipo *general*, asociado a ideas o conceptos que son aplicables a la mayoría de los proyectos, y conocimiento de constructividad de tipo *específico*, asociado a detalles y aspectos puntuales de cada proyecto o situación en particular. Sin embargo, ambos están estrechamente relacionados y se complementan mutuamente. El conocimiento general requiere del respaldo del conocimiento específico y el conocimiento específico requiere de la visión dada por el conocimiento general para mantener el foco en un problema dado (Vanegas *et al.*, 1988). Ambos tipos de conocimiento son relevantes y necesarios; no obstante su importancia relativa varía a lo largo del proceso de diseño. El conocimiento general es prioritario durante las primeras etapas del

diseño y el específico es necesario para las etapas de desarrollo (figura 8). Vanegas *et al.* (1988) explican que “*el tipo de conocimiento equivocado a un nivel dado del proceso de diseño ocasiona más problemas que beneficios. Enfocarse tempranamente en detalles puede causar frustración entre los arquitectos, quienes desean establecer una idea conceptual antes de entrar en detalles. A la inversa, proveer ideas generales cuando se necesita desarrollo de detalles no contribuye a la calidad del diseño*”.

Figura 8
Relación entre
conocimiento general y
específico durante el
proceso de diseño



f. Altamente fragmentado y disperso

Aunque existe y está disponible, el conocimiento de constructividad está fragmentado y disperso, es difícil de encontrar y más difícil aún de aplicar (Fischer y Tatum, 1997). Es *fragmentado* porque no existe conocimiento que sea integral y completo, ni siquiera sobre un punto en específico. Para cualquier tópico el conocimiento de constructividad disponible es insuficiente y discontinuo; sólo se tienen fragmentos de información. En el mejor de los casos, existe con suficiente continuidad como para poder resolver un problema específico de diseño; y en el peor, la discontinuidad es tal que es necesario generar conocimiento adicional para enfrentar el diseño. Normalmente, la situación común es justo el punto intermedio: el conocimiento existe, pero es necesario organizarlo para construir la continuidad.

Es *disperso* porque reside en las mentes de los expertos, que se encuentran circunstancialmente distribuidos espacial y temporalmente, y por tanto, aún cuando existiera conocimiento continuo, es en la práctica difícil de agrupar, compilar y utilizar.

El principal problema es, no obstante, que no hay mecanismos de sistematización, ni ordenación ni transferencia metódica específicos para conocimiento de constructividad que sean reconocidos, así como tampoco estructuras que relacionen el conocimiento de constructividad con los procesos de diseño en forma clara (Fischer y Tatum, 1997; Hanlon y Sanvido, 1995). Existen iniciativas aisladas, pero están escasamente documentadas, inarticuladas entre sí, discordantes en su forma, e incluso a veces divergentes en forma y fondo.

<i>CARACTERÍSTICAS DEL CONOCIMIENTO DE CONSTRUCTIVIDAD</i>	
<i>Naturaleza tácita</i>	<i>Reside en las mentes de los expertos, no se puede articular, es de difícil transferencia</i>
<i>Procedimental e instrumental</i>	<i>Saber-cómo, saber-qué y saber-porqué Sirve para la detección de problemas y para la solución de problemas</i>
<i>Relacional</i>	<i>Relaciona variables de proceso (obra) con variables de producto (diseño)</i>
<i>Dependiente del contexto</i>	<i>Varía según las condiciones del contexto físico y temporal</i>
<i>Especificad graduable</i>	<i>Existe conocimiento general y específico</i>
<i>Fragmentado y disperso</i>	<i>No existe conocimiento integral, completo ni continuo.</i>

*Cuadro 7:
Características del
conocimiento de
constructividad*

§ 2.1.2. Producción y transferencia del conocimiento de constructividad

26

El conocimiento de constructividad es de naturaleza experiencial, lo que significa que se crea en las mentes de los individuos fundamentalmente a través de la propia experiencia personal. Específicamente, se crea a través de la propia la experiencia en el diseño y luego evaluación en la etapa de construcción; una suerte de proceso continuo de ensayo-error y posterior teorización o reflexión sobre ese proceso (Schon, 1983; Kululanga y McCaffer, 2001). Por lo tanto, el principal método para la creación de conocimiento de constructividad es una mezcla entre experiencia (en la propia acción), reflexión (sobre los resultados de los propios diseños) y crítica (de pares o de retroalimentación desde obra). Considerando que este proceso es por definición personal e interno, el conocimiento creado es mayoritariamente de naturaleza tácita (*vid. §§ 2.1.1.a.y 2.1.1.f.*); lo que tiene por consecuencia que los mecanismos de transferencia resulten particularmente complejos.

Para entender los mecanismos de producción y transferencia de conocimiento de constructividad, es necesario revisar primero el esquema general de 4 tipos de transferencia de conocimiento experto (en cualquier aérea) propuesto por Nonaka y Takeuchi (1995): (1) tacito/tácito, (2) tácito/explicito, (3) explícito/tácito y (4) explícito/explicito (figura 9). Más tarde, Kuluganga y McCaffer (2001) y Egbu y Robinson (2005) confirmaron como estos mismos 4 tipos se aplican en un contexto de transferencia de conocimiento de constructividad.

- (1) Tácito → tácito: La interacción entre conocimiento tácito/tácito se da a través del proceso de *socialización* entre individuos. Las explicaciones que un arquitecto hace sobre sus diseños a un cliente, la enseñanza oral de un maestro a un aprendiz en obra, o la educación que reciben los estudiantes durante la práctica profesional, son ejemplos de transferencia por socialización.
- (2) Tácito → explícito: El proceso por el cual el conocimiento tácito se formaliza y se hace explícito se denomina *externalización*. Un arquitecto que resuelve un problema en obra a través de una modificación de proyecto que incluye instrucciones escritas para el constructor, o un profesor que utiliza su conocimiento tácito para escribir un manual de diseño y construcción con un material específico representan ejemplos de externalización.
- (3) Explícito → tácito: El proceso inverso a la externalización, mediante el cual el conocimiento explícito se vuelve tácito se denomina *internalización*. Un estudiante estudiando un libro de construcción o un arquitecto estudiando la documentación de un proyecto para crearse un modelo mental propio representan ejemplos de internalización.
- (4) Explícito → explícito: La interacción entre conocimiento explícito/explicito se denomina *combinación*, y se da cuando diferente conocimiento explícito previo es combinado para crear una nueva unidad. Un constructor que sintetiza diferentes presupuestos de contratistas para crear un presupuesto general o el intercambio de documentación técnica y especificaciones que se da entre arquitectos y especialistas son ejemplos de combinación.

	TÁCITO	EXPLÍCITO
TÁCITO	Socialización	Externalización
EXPLÍCITO	Internalización	Combinación

Figura 9:
Interacción conocimiento
tácito y explícito
(Nonaka y Takeuchi,
1995)

Dentro de este esquema, los dos mecanismos más relevantes para transferir conocimiento de constructividad son (1) la socialización y (2) la externalización.

a. Socialización

La operatoria básica de la socialización de conocimiento involucra observación, imitación y práctica (Egbu y Robinson, 2005). La socialización se da cuando hay contacto directo entre individuos en un contexto productivo y se intercambian experiencias significativas que pueden ser replicadas en escenarios similares. Por lo mismo, la socialización parece ser el mecanismo más usado y el de más valor para transferir conocimiento de constructividad dentro de una comunidad profesional (Johnson *et al.*, 2002; Nonaka y Toyama, 2003; Woo *et al.*, 2005), y particularmente dentro de las comunidades de arquitectos (Schon, 1983; Cross y Cross, 1995).

La socialización puede ser interna o externa. La *socialización interna* es aquella que se da al interior de un mismo equipo de trabajo, como el aprendizaje que existe en las prácticas profesionales o entre los diferentes profesionales que participan de un mismo proyecto. La *socialización externa* es aquella que se da entre individuos de diferentes equipos productivos que conforman una *comunidad de práctica* (CoP) —grupo de personas que comparten un interés o actividad y que se reúnen con el fin de compartir reflexiones sobre experiencias prácticas (Wenger, 1998)—, tales como las asociaciones gremiales y profesionales, grupos industriales, o grupos empresariales (cuadro 8).

Socialización interna	Ocurre en el contexto de un mismo equipo de trabajo
Socialización externa	Ocurre en el contexto de una Comunidad de Práctica (CoP)

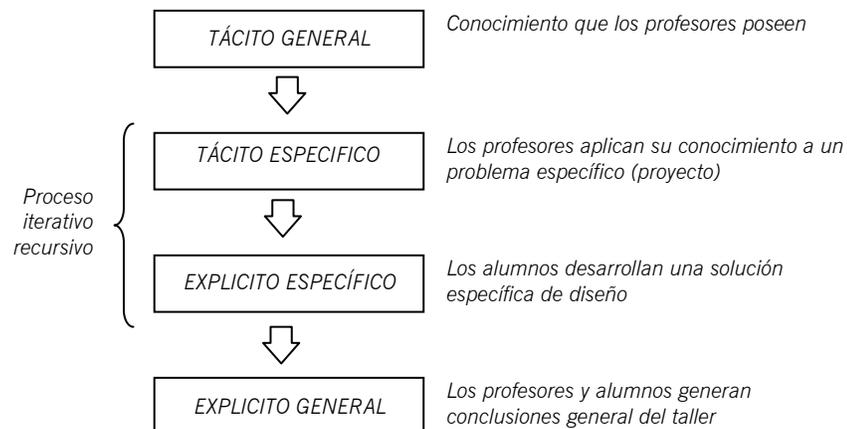
Cuadro 8:
Diferencias entre
socialización interna y
externa

b. Externalización

La externalización es un proceso de transferencia de conocimiento cuyo mecanismo elemental es la formalización del conocimiento tácito en un soporte explícito que permita ser distribuido en forma independiente. Formalizar conocimiento tácito es un proceso lento y complejo, pero una vez que está hecho, es mucho más fácil y eficiente de transferir. Por ende, el principal potencial de la externalización está en el área de la educación (Schon, 1983; Johnson *et al.*, 2002; Woo *et al.*, 2005). Sin embargo, la externalización sólo debe realizarse “*hasta un cierto límite*”, pues rara vez un cuerpo de conocimiento puede ser completamente formalizado sin perder algunas de sus características originales (Johnson *et al.*, 2002).

De acuerdo con Woo (2005) el proceso de externalización del conocimiento de diseño arquitectónico —dentro del cual se incluye la externalización de conocimiento de constructividad— es gradual con 4 etapas principales: (1) conocimiento tácito-general → (2) conocimiento tácito-específico → (3) conocimiento explícito-específico → (4) conocimiento explícito-general. En el contexto educacional, la transferencia de conocimiento comienza cuando los profesores conversan con los alumnos y convierten su conocimiento tácito-general en conocimiento tácito-específico al considerar las condiciones específicas del problema del diseño. Los estudiantes luego convierten ese conocimiento tácito-específico en explícito-específico al realizar dibujos, modelos, planimetría [y memorias de proyecto] para sus soluciones particulares. Aunque esas expresiones de conocimiento explícito son usualmente insatisfactorias en articular completamente el conocimiento tácito de diseño del profesor, progresivamente se van mejorando en un proceso recursivo e iterativo de práctica reflexiva. Luego, los estudiantes y profesores generalizan el trabajo de todos en conocimiento general-explícito en la forma de trabajos compartidos, recursos de información codificados [e.g., publicaciones] o reflexiones finales (figura 10).

Figura 10:
Proceso de
externalización del
conocimiento de diseño
y su relación con el
contexto del taller



§ 2.2. Formalización del conocimiento de constructividad

§ 2.2.1. Aproximaciones a la formalización del conocimiento de constructividad

29

Diversos autores han propuesto diferentes mecanismos y modelos para formalizar el conocimiento de constructividad, sin existir todavía un resultado satisfactorio para todos. Aún así, la inmensa mayoría de estas propuestas proviene de investigadores del área de ingeniería, con un nivel medio o bajo de transferencia al diseño arquitectónico, de manera que el problema está todavía lejos de ser resuelto. En general, los formatos han seguido una línea de evolución que comprende (1) conjuntos de recomendaciones generales y/o reglas específicas aisladas, (2) síntesis de factores y/o principios generales transversales, (3) clasificaciones de factores y (4) modelos integradores.

Las primeras aproximaciones fueron compilaciones de reglas generales (*guidelines*), buenas prácticas (*rules-of-thumb*, “reglas de cajón”) y/o reglas específicas para situaciones precisas. CIRIA (1983), CII (1986; 1987), Adams (1990) y CIIA (1992) desarrollaron cada uno conjuntos de guías o recomendaciones derivadas de estructuras de principios o conceptos generales. La misma estructura fue seguida posteriormente por Wright (1994) y Crowther (2002). Tatum *et al.* (1986) y Touran (1988), por su parte, utilizaron conjuntos de guías generales, recomendaciones y buenas prácticas. Más específicos, Boeke (1990) y Fischer y Tatum (1997) desarrollaron reglas específicas de diseño; y Skibniewski *et al.* (1997) definieron una estructura a base de reglas específicas en formato de “Si → Entonces”. Vanegas *et al.* (1988) propusieron un sistema combinado a base de principios generales para las etapas iniciales de diseño y luego reglas específicas para las etapas más avanzadas. Más tarde, Fox *et al.* (2002) discutieron las condiciones formales que deben las reglas tener para ser efectivas.

Consecutivamente, diversos métodos para clasificar y ordenar estas reglas o recomendaciones generales han sido propuestos. Ferguson (1989) propuso una clasificación general de acuerdo al nivel de detalle de la solución de diseño y O'Connor *et al.* (1987) propusieron ordenar principios y reglas específicas en grupos de información que contenían como componentes principales: (1) concepto, (2) análisis y (3) aplicaciones específicas. Fischer y Tatum (1997) propusieron 5 categorías generales para clasificar las reglas/conocimiento de constructividad/constructabilidad: (1) heurísticas de aplicación, (2) conocimiento de *layout*, (3) conocimiento de dimensionamiento, (4) conocimiento de detalles y (5) conocimiento exógeno. Por su parte, Hanlon y Sanvido (1995) propusieron distinguir entre (1) reglas de diseño, (2) lecciones aprendidas, (3) restricciones externas, (4) restricciones de recursos e (5) información de desempeño.

Más tarde, Wong *et al.* (2006b) propusieron una estructura integral de tres niveles de jerarquización de conocimiento: dos grandes áreas (conocimiento de constructividad sobre “*proceso de diseño*” y

conocimiento de constructividad sobre “*producto de diseño*”), 16 categorías de aplicación y 63 “*atributos*” o reglas de diseño. Lam *et al.*, (2007) mantuvieron esta estructura y se concentraron en los factores del terreno y del edificio.

Otras clasificaciones sobre conocimiento de constructividad para áreas específicas fueron realizadas por: Fischer (Fischer 1991; Fischer y Tatum, 1997), para el diseño inicial de armaduras de acero; Boeke (1990), para el diseño de hormigón armado para muros, columnas y fundaciones; Touran (1988), para el diseño de moldajes para hormigón; O'Connor *et al.* (1987), para el diseño de instalaciones; Tatum *et al.* (1986), para el diseño prefabricado y modulado; Hanna (1989) para el diseño de sistemas de moldajes verticales y horizontales (en Hanlon y Sanvido, 1995) y por Hassan (2005) para el diseño de carreteras.

A partir de la información clasificada, modelos integrales de información y conocimiento de constructividad/constructabilidad han sido propuestos. Hanlon y Sanvido (1995) desarrollaron un “*Modelo de Información de Constructabilidad*” (*CIM, Constructability Information Model*) para todas las fases de proyecto, y posteriormente sobre esta base, Pulaski y Horman (2005) propusieron el “*Modelo de Matriz Conceptual Producto/Proceso*” (*CPPMM, Conceptual Product/Process Matrix Model*). Este modelo organiza la información de constructividad (reglas generales) de acuerdo a su aplicación según nivel de detalle y etapa de desarrollo de proyecto.

En una línea similar, pero incluyendo a los diferentes actores en el proceso, Chen y McGeorge (1994) desarrollaron un modelo de integración tridimensional que interrelaciona principios generales (de constructividad), etapa de diseño, y participantes involucrados; Woon (2006) propuso un modelo general de constructividad para el diseño de edificios que describe participantes en el proceso de diseño y respectivos flujos de información; y Formoso *et al.* (1998) propusieron un modelo que describe los actores involucrados, las relaciones entre ellos, sus responsabilidades particulares y flujos de información.

Otros modelos que utilizan técnicas y avances de otras disciplinas han sido propuestos por Zin (Zin 2004; Zin *et al.*, 2004), modelo basado la técnica de redes neuronales artificiales; por Yang *et al.* (2003), modelo basado en la técnica de despliegue de funciones de calidad (*QFD, Quality Function Deployment*) y por Reymen (2001), modelo basado en la técnica de reflexión estructurada.

Modelos de formalización que salen del ámbito académico y son aplicados en la industria son el BDAS (*Building Design Appraisal System*) propuesto por BCA (2005) y el BAM (*Buildable Assessment Model*), (Lam *et al.*, 2006; Wong *et al.*, 2006a). El BDAS es un sistema creado por la Autoridad de la Edificación y Construcción de Singapur (*BCA, Building & Construction Authority*) para medir objetivamente la constructividad de los proyectos. El sistema organiza el conocimiento a base de tres principios de diseño (estandarización, simplicidad y uso de elementos unitarios) que son

aplicados a tres niveles de proyecto (estructura, cerramientos y otros), con la particular característica que es de índole cuantitativo. El BDAS fue desarrollado a comienzos de los noventa por el BCA con la asistencia y directa participación de universidades, empresas constructoras, empresas manufactureras, organismos gremiales y organismos de gobierno, y en 2001 el gobierno aprobó la legislación que obliga a los diseños a cumplir con un mínimo de constructividad. El BAM es un sistema similar, creado a partir del BDAS por la Universidad de Hong Kong, con la intención de ajustarse más correctamente con la realidad de la industria de ese país.

Algunos autores han explorado las posibilidades que entregan las tecnologías digitales para integrar conocimiento de construcción al proceso de diseño. De Vries y Harink (2005) propusieron un modelo para integrar conocimiento de construcción en sistemas CAD; Thabet (1999) propuso un modelo para mejorar la constructabilidad a través de simulación VDC (*Virtual Design and Construction*) y Fischer (2006) propuso un modelo para integrar conocimiento de construcción usando tecnologías BIM y simulación VDC.

Otros modelos no exactamente referidos a conocimiento de constructividad, pero que se relacionan y son ocasionalmente referenciados en la literatura son modelos de productos y modelos de procesos. Modelos de productos han sido propuestos por: Tatum (1988), un sistema de clasificación para tecnologías de construcción; Ioannou y Liu (1993), sistema de clasificación de tecnologías avanzadas de construcción (*Advanced Construction Technology System, ACTS*); Khayyal (1990) modelo de sistemas, subsistemas y componentes de un edificio (*Product Model Architecture, PMA*). Modelos de procesos han sido propuestos por Sanvido *et al.* (1990), modelo de procesos en el desarrollo de diseño y construcción de edificios (*Integrated Building Process Model, IBPM*); Russell (Radtke y Russell 1993; Russell *et al.*, 1994; Gugel y Russell 1994), modelo de procesos en la administración de construcción y rol de los distintos participantes, incluido el mandante.

§ 2.2.2. Formatos para la formalización del conocimiento de constructividad

La formalización de conocimiento de constructividad se ha hecho, sin excepción, por medio de afirmaciones declarativas directas, precisas y breves que buscan “encapsular” un aspecto puntual de una buena práctica de diseño/construcción (Fox *et al.*, 2002). En general, se pueden reconocer cuatro niveles de especificidad, aplicabilidad y detalle en estas declaraciones; sin embargo, las denominaciones particulares que reciben por parte de los autores son muy variables, al punto que se superponen, intercambian y fácilmente se confunden. Como una manera de organización, el cuadro 9 resume los principales términos usados en la literatura, sus equivalencias más comunes, y el término que se utiliza en este documento.

Cuadro 9:
Principales
denominaciones de los
formatos y sus
equivalencias

EQUIVALENCIAS DE DENOMINACION	
FACTOR	Componente, Consideración, Concepto
PRINCIPIOS	Concepto, Criterios, Bases, Estrategias
PAUTAS	Guías, Estrategias, Guidelines, Recomendaciones
REGLAS	Normas, Guías

Las principales características distintivas de cada formato son (figura 11):

- (1) Factor: Es un indicador general que alerta sobre *lo que debe ser considerado en las decisiones de diseño*. No es prescriptivo. Es propia del (buen) diseño en general, siendo aplicable en la amplia mayoría de las situaciones, aunque con diferencias de intensidad (en cierto diseño un factor puede ser más importante que otro)
- (2) Principio: Es un criterio básico que orienta las decisiones de diseño, señalando *la tendencia generalmente adecuada*. En cierto modo, si el factor indica qué aspectos hay que considerar en una decisión de diseño, el principio señala la orientación hacia la cual se debe tomar la decisión. Es prescriptivo en su nivel más general, a modo de estrategia. Es aplicable a la mayoría de los problemas de diseño en contextos tradicionales.
- (3) Pauta: Es una guía de carácter práctico que *recomienda una decisión de diseño en un contexto específico* y que deriva de la aplicación práctica de un principio en un contexto definido. Es ejecutable, observable y medible. Es prescriptiva directa, a modo de táctica. Es aplicable sólo a los problemas de diseño que comparten el contexto específico en el fue definida.
- (4) Regla: Es una indicación concreta que *restringe directa y explícitamente una decisión de diseño*, incluso en términos cuantitativos. Es prescriptiva en el nivel más específico posible. Sólo es aplicable a los problemas de diseño que comparten las mismas características específicas del contexto en que fue definida. Varía intensamente según los detalles de cada proyecto.

Figura 11:
Formatos para
formalización de
conocimiento

FACTOR	ALERTA sobre lo que debe ser considerado
PRINCIPIO	SEÑALA la tendencia generalmente recomendable
PAUTA	RECOMIENDA una decisión de diseño en un contexto específico
REGLA	RESTRINGE directamente una decisión de diseño

El ordenamiento de estos 4 formatos de formalización según nivel de especificidad, dimensión de conocimiento y orientación de diseño se resume en la figura 12.

Esta estructura general de ordenamiento de conocimiento es semidinámica, con una base común estable y unidades de información que se modifican según las variables situacionales-contextuales específicas de cada proyecto. Los factores y principios de constructividad, en cuanto criterios generales para las decisiones de diseño, se mantienen siempre, pero las pautas y especialmente los valores específicos de las reglas son dependientes del contexto (tecnológico, físico, temporal, humano) en que fueron definidas y sólo son aplicables cuando se repiten las mismas condiciones contextuales. Sin embargo, los 4 distintos formatos están vinculados, de manera que una misma línea de conocimiento puede ser descrita en cada uno de los diversos niveles, con distintas características de especificidad, contextos de aplicación y objetivo de uso según necesidades de conocimiento de constructividad a lo largo del proceso de diseño (*vid. § 2.1.1.e.*).



Figura 12:
Ordenamiento de los
diferentes formatos