

1. El concepto de constructividad

§ 1.1. Origen del concepto de constructividad

§ 1.1.1. Panorama histórico de la relación diseño-construcción

La manera en que se diseñan y construyen edificios ha tenido una significativa evolución desde la integración implícita entre diseño y construcción que existía en la antigüedad, hasta la separación explícita basada en el ideal de conocimiento profesional experto que rige en la actualidad.

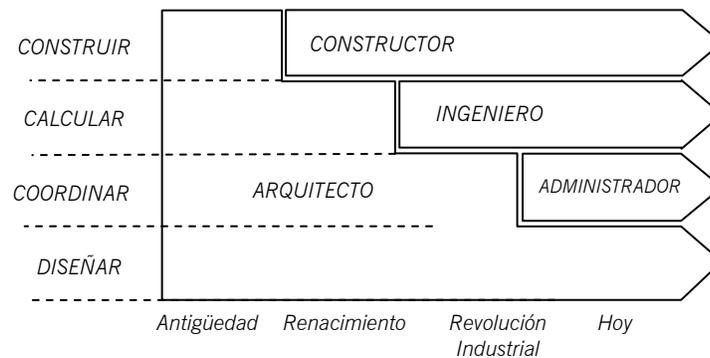
En la antigüedad, las tareas de diseñar y construir edificios se fundían en una misma persona. El “arquitecto” era quien estaba a cargo de todas las obras necesarias para erigir un edificio, desde la elección de las formas, tamaños y materiales, hasta la dirección de los hombres en las faenas de construcción. Etimológicamente, “arquitecto” proviene del griego $\alpha\rho\chi\iota\tau\epsilon\kappa\tau\omega\nu$, compuesto por $\alpha\rho\chi\iota$ (*archi*) “jefe, guía, principal” y $\tau\epsilon\kappa\tau\omega\nu$ (*tecton*) “construcción, obras”: arquitecto, jefe de las obras.

En la construcción greco-romana, diseñar y construir no eran entendidos como actividades independientes, sino como componentes integrados, indivisibles y esenciales del ejercicio de la arquitectura. Vitruvio (I a.C.) señaló que el conocimiento del arquitecto “*nace de la práctica y la teoría, (...) la práctica es el ejercicio continuo y regular de la obra, donde el trabajo manual y el trabajo de materiales son realizados de acuerdo a los dibujos (...) y la teoría es la habilidad intelectual para interpretar y explicar las proporciones y formas de las obras construidas*”. Vitruvio fue además enfático en señalar que el arquitecto debe ser educado y equipado en ambas dimensiones, pues “[aquellos arquitectos] *que confían exclusivamente en sus propios razonamientos y teorías (...) y no son hábiles en el trabajo manual de obra, (...) persiguen más una sombra que la realidad*” (Vitruvius Pollio, 1999).

En el Medioevo, los “arquitectos” eran aquellos maestros albañiles con más experiencia, versados en el arte de la geometría y composición, que podían dibujar planos y diseñar detalles que podían ser ejecutados por otros. Tampoco existía separación entre la tarea de dibujar la obra y la actividad manual de labrar la piedra; un maestro masón (del francés “*maçon*”, albañil) debía ser preparado en ambas artes para ser reconocido como tal (Moore, 1996).

La primera gran revolución en la relación diseño-construcción ocurrió en el Renacimiento, cuando por primera vez en la historia surgió la figura del arquitecto dissociada de la construcción y ligada exclusivamente a la etapa de diseño. El arquitecto se auto-reconocía socialmente diferente al constructor, quien quedaba asociado únicamente al trabajo manual, tal como observarse en las palabras del arquitecto italiano Leon Battista Alberti (1404-72) señaló que “*un arquitecto no es un carpintero o ebanista (...); el trabajo manual no es más que un instrumento para el arquitecto que, por medio de una habilidad segura y maravillosa y de un método, es capaz de completar su obra*” (Lücke, 1975). La enseñanza del arte de la arquitectura comenzó a formalizarse en *academias* centradas en las artes liberales de dibujo, gramática, filosofía y ciencias exactas, y abandonó el tradicional sistema de ensayo-error transmitido oralmente a través de aprendices y gremios de oficios que fue ocupado por siglos. La visión albertiana del arquitecto como “*un artista e intelectual cuya actividad no tenía conexión con la de un obrero o artesano*” (Moore, 1996) marcó el primer quiebre de la constructividad implícita en la práctica de la arquitectura.

Figura 1:
Evolución de la
separación de las
actividades en la
industria de la
construcción



La segunda gran revolución ocurrió casi 400 años después, cuando en plena Revolución Industrial surgió una serie de nuevos materiales (*i.e.* hierro fundido, hormigón armado, acero) que demandaron un conocimiento más exacto de sus propiedades físico-mecánicas, de métodos de cálculo de su comportamiento, y de paso, detonaron el nacimiento de la ingeniería moderna. Con la aparición de la figura del ingeniero, se terminaron de separar las labores de diseñar, calcular y construir (Uhlík y

Lores, 1998). La profesionalización y consecuente separación de las actividades —basadas en el ideal de la especialización y conocimiento experto— marcaron el segundo y definitivo quiebre de la constructividad implícita en la práctica de la arquitectura (figura 1).

Hoy, la industria de la construcción se desarrolla indiscutidamente bajo este paradigma de creciente separación de actividades y especialización de conocimiento. En cierta forma, es incluso posible argumentar que actualmente estamos viviendo la tercera gran revolución en la relación diseño-construcción: con plena Revolución Informática en curso, ha aparecido la figura del *project manager* o administrador de proyecto como el especialista en el manejo de la información del proyecto, separándose las actividades de diseñar, calcular, construir y coordinar. Un escenario radicalmente distinto al que existía sólo 600 años atrás cuando un hombre era capaz de construir un edificio sólo haciendo el dibujo de una planta y una maqueta (Sainz, 2005).

En resumen, a lo largo de la historia la relación entre diseño y construcción se ha hecho cada vez más distante y disociada, con una progresiva separación de las actividades involucradas en la producción de edificios. Hoy, las tareas de diseñar, calcular y construir conforman tres campos disciplinares diferentes, y la tendencia aparente es una progresiva, creciente y mayor especialización.

§ 1.1.2. Características de la actual industria de la construcción que impulsan el estudio de la constructividad

a. Especialización de actividades

La industria de la construcción contemporánea es mediamente especializada, lo que, en general, es beneficioso y productivo. Sin embargo, el actual nivel de especialización ocasiona problemas de constructividad por dos razones principales: (1) porque los objetivos de las distintas especialidades son esencialmente diferentes y semicompetitivos entre sí (Ferguson, 1989; Nicholson, 1992); y (2) porque los límites de acción y alcance de las distintas especialidades no están completamente definidos o se traslapan entre ellas.

La primera amenaza a la constructividad de un proyecto se explica por la propia naturaleza de los participantes. En general, el trabajo de los diseñadores (arquitectos e ingenieros) consiste en definir las características del producto final, con la optimización del desempeño del edificio construido como objetivo principal. Los constructores, en cambio, privilegian la optimización de los procesos de construcción (Glavinich, 1995). Cuando estas diferencias de objetivos se agudizan y no se integran o articulan fluidamente, se produce una competencia tácita al interior de los equipos que acaba en diseños que desconocen excesivamente las particularidades de la etapa de construcción que ocasionan errores en obra, o en cambios no programados en obra que amenazan la correcta

materialización del diseño. Al respecto, Del Río (2005) detalla que el interés de la empresa constructora es tener un proyecto “*fácil, rápido, económico y eficiente*”; *el del arquitecto, un proyecto “[con la] calidad [como] lo más importante, importa menos el costo, que perdure*”; y el mandante, por su parte, mantiene una “*posición intermedia, con dudas para decidir*”.

La segunda amenaza a la constructividad de un proyecto se explica por la falta de una definición precisa (directa e indirecta) de los límites de acción de los distintos actores. Formalmente, la definición de los métodos y procesos de construcción le corresponden al constructor, pero en la práctica están implícitos en el diseño (Glavinich, 1995). Esto implica que, aunque una parte de los problemas de obra tienen su origen en el diseño, el constructor es siempre responsable por ellos y por lo mismo se le exige que los resuelva. Los diseñadores, y en especial los arquitectos, no sufren las consecuencias de un proyecto con baja constructividad y por tanto, no tienen mayores incentivos para mejorarla.

b. Métodos contractuales de construcción

Las condiciones contractuales pueden también jugar un rol decisivo en el grado de constructividad de los diseños. Representan amenazas aquellos proyectos organizados con equipos extremadamente independientes o fragmentados, con poca articulación entre sus participantes, sin intervención de los diseñadores en la construcción o con restricciones fuertes de tiempo dedicado al diseño.

En un sistema contractual integrado (o *D/B Design-Build, Diseño-Construcción*), el mandante solicita a un solo equipo profesional la realización total del proyecto. Al ser naturalmente integrado, los diseñadores (arquitectos e ingenieros) trabajan de la mano con los constructores. Desde las más tempranas etapas del proyecto se incorporan las particularidades y características específicas de los procesos de construcción en el diseño. En cambio, en un sistema contractual no integrado (o *D/B/B Design-Bid-Build, Diseño-Oferta-Construcción*) el mandante contrata a un equipo específico para el diseño y luego elige a otro equipo exclusivo para la construcción; por ejemplo, a través de una licitación pública o privada. Esto supone que el equipo constructor (y sus características particulares y específicas de trabajo) no aparece en el proyecto sino hasta cuando el diseño ya está en un nivel avanzado de desarrollo; justo cuando las modificaciones para mejorar la constructividad son complicadas y costosas. En una parte importante de los casos, sólo los cambios críticos son realizados, y por lo tanto, el diseño sufre una pérdida importante de constructividad potencial. La excesiva subcontratación de especialidades acrecienta los problemas: aun conociendo a la empresa y al constructor, no se puede saber cuáles son las características y procedimientos particulares (maquinarias, herramientas, mano de obra, etc.) de quienes realmente realizarán el trabajo, pues serán posteriormente subcontratados a proveedores que no participan de los procesos de diseño o licitación.

Un ejemplo del impacto negativo que puede tener esta modalidad de contractual ocurre en aquellos proyectos en los cuales la Inspección Técnica de Obra (ITO) es también subcontratada por el mandante a un equipo profesional externo. Esto desliga de obra a los diseñadores del proyecto, especialmente a los arquitectos —responsables históricos de esta labor—, impidiéndoles aprender de los errores que sólo aparecen en terreno. Un sistema perverso que aumenta las probabilidades que los mismos problemas de constructividad se repitan en diseños futuros.

Otra amenaza está dada por aquellos contratos que ejercen excesiva presión por lograr que los proyectos se completen en el menor tiempo posible. Aunque esto tiene razonables ventajas económicas, usualmente también implica que: (1) que los tiempos destinados al estudio y desarrollo del diseño se ven reducidos al mínimo posible; y (2) que las obras de construcción comienzan antes que el diseño esté completamente terminado (Del Río, 2005; Fox *et al.*, 2002; Sabbagh, 2005). Respecto a lo primero, es evidente que un diseño sin el tiempo de estudio y desarrollo necesario tendrá deficiencias que afectarán la eficiencia y calidad de los procesos de construcción (Lam *et al.*, 2006). Respecto a lo segundo, cuando el proyecto comienza a construirse se aplica una restricción de cambios al diseño que es cada vez mayor a medida que la obra avanza, poniendo un obstáculo técnico y económico a las modificaciones de proyecto. Consecuencia de estas dos situaciones son proyectos con sucesivas modificaciones y adaptaciones parciales de diseño durante el transcurso de obra, necesarias dado que el diseño está por definición incompleto, pero que no son lo idealmente óptimas ni cerca del potencial que podrían tener. Representan una amenaza fuerte a la calidad y desempeño del producto final, y una pérdida general de eficiencia en el proceso.

c. Complejidad técnica de las tecnologías de construcción

Cada día los proyectos de construcción son más complejos y requieren mayor conocimiento técnico experto. La oferta de materiales, sistemas constructivos, procedimientos de obra, herramientas, equipos, tecnologías de gestión, y en general, de soluciones técnicas para los proyectos de construcción es interminable. Como consecuencia, entre más opciones disponibles, menos conocimiento común. Los diseñadores, y especialmente los arquitectos, ya no conocen ni pueden conocer todos los detalles involucrados en la construcción de un edificio. El ideal vitruviano del arquitecto como “*una persona culta, que conozca la literatura, (...) domine el arte del dibujo y la geometría, (...) entienda la óptica y la aritmética, (...) conozca a fondo la historia, (...) sea estudioso de la filosofía, sepa música, (...) tenga conocimientos de medicina y de los diversos climas, (...) domine las leyes, (...) comprenda los cursos de agua y sepa de astrología*” (Vitruvius Pollio, 1999) es hoy imposible. El desarrollo obliga a los arquitectos a ser más eficientes y concentrar su conocimiento técnico en aquellos puntos que efectivamente son relevantes para el diseño.

Sin embargo, esta incapacidad no es una realidad asumida en la arquitectura. Está profusamente documentado que muchos de los problemas en obra se explican principalmente por la falta de conocimiento técnico sobre los procesos de obra por parte del arquitecto (Adams, 1990; Del Río, 2005; Fischer y Tatum, 1997; Fox *et al.*, 2002; Glavinich, 1995; Lam *et al.*, 2006; Oyedele y Tham, 2007; Uhlik y Lores, 1998), quien, sin embargo, o bien desarrolla el diseño a pesar de esta insuficiencia, o bien omite de plano las decisiones. En otras palabras, el arquitecto toma decisiones para las cuales carece del conocimiento suficiente, o sencillamente no las toma y deja el proyecto con información incompleta, afectando irresponsablemente el grado de constructividad de los diseños.

d. Competencia por productividad

La industria de la construcción contemporánea es altamente competitiva. Factores como la globalización económica, liberación de mercados, una mayor y abierta transferencia tecnológica, mercado de capitales con créditos de más fácil acceso y una mayor cantidad de empresas proveedoras de servicios han acentuado la competencia a un punto en el que mantener elevados niveles de productividad es esencial para la sobrevivencia empresarial. El mercado exige que los diseños arquitectónicos no sólo sean de alta calidad en cuanto al producto final (edificio construido), sino también sean eficientes, rápidos, fáciles, económicos y seguros en su construcción. El grado de constructividad de los diseños representa un indicador de calidad. A mayor grado de constructividad, más eficiente su construcción y más eficiente el proyecto en general. Al respecto, Arditi *et al.* (2002) señalan que un “*programa formal y explícito de [gestión y mejoramiento de la] constructividad al interior de toda empresa de diseño se ha vuelto imprescindible para sobrevivir en el altamente competitivo mercado de hoy*”.

Figura 2:
Características de la actual industria de la construcción que impulsan el estudio de la constructividad



§ 1.1.3. Surgimiento del concepto de constructividad

El interés formal por el estudio de lo que hoy llamamos “constructividad” surgió en la década del sesenta, producto de una preocupación global por una tendencia decreciente en eficiencia y calidad de la industria en la construcción (Uhlík y Loes, 1998). Durante los años sesenta y setenta, los estudios sobre este problema se intensificaron (Emmerson, 1962; Banwell, 1964; NEDO, 1975). A principios de los ochenta aparecieron simultáneamente en Inglaterra y Estados Unidos reportes que señalaron a la fragmentación de la industria y a las ineficiencias de los diseños producidas por una falta de conocimiento constructivo de los arquitectos como causas del problema, marcando el momento fundacional del estudio de la constructividad.

En 1983, la Asociación para la Investigación e Información de la Industria de la Construcción de Inglaterra (CIRIA, *Construction Industry Research and Information Association*) acuñó el término *buildability* o “constructividad” para referirse a “*la manera en la cual el diseño de un edificio facilita su construcción, sujeto a todos los requisitos generales del edificio terminado*” (CIRIA, 1983). El informe de CIRIA se enfocaba en las etapas iniciales del proyecto y en el impacto en la obra de los diseños y equipos diseñadores, señalando que “*las buenas condiciones de constructividad dependen que los proyectistas y constructores sean capaces de contemplar la totalidad del proceso de construcción a través de los ojos del otro*” (Adams, 1990).

Un par de años más tarde en Estados Unidos, investigadores del Instituto de la Industria de la Construcción (CII, *Construction Industry Institute*) —ligada a la Universidad de Texas, Austin— desarrollaron el término *constructability* o “constructabilidad” para referirse a la “*integración óptima del conocimiento y experiencia en construcción en la planificación, diseño, logística y operaciones de obra para alcanzar todos los objetivos del proyecto*” (CII, 1986). Aunque muy similar a la definición de CIRIA, el concepto de constructabilidad tenía una diferencia en alcance, pues abarcaba todas las etapas de proyecto, incluyendo consideraciones de diseño como de gestión. Sin embargo, en un comienzo esta diferencia no fue explícitamente reconocida, y fueron las sucesivas investigaciones que se realizaron durante los años siguientes las que progresivamente definieron las dos diferentes vertientes conceptuales que es posible distinguir hoy (Wong *et al.*, 2007).

Por una parte, el concepto de constructividad fue utilizado por Gray (1983), Ferguson (1989) y Adams (1990), quienes, a pesar de incluir modificaciones personales a la definición de CIRIA, compartieron las ideas principales de facilidad de construcción, rol central del diseño y restricciones dadas por las condiciones de calidad del edificio terminado. Posteriormente, Chen y McGeorge (1994) y Griffith y Sidwell (1997) reforzaron explícitamente la idea que la constructividad está relacionada con la influencia que el diseñador tiene en el nivel de facilidad de construcción. Entre los estudios más recientes destacan los realizados por los investigadores de la Universidad Politécnica de Hong Kong (HKPU, *Hong Kong Polytechnic University*) (Lam *et al.*, 2006; 2007a; 2007b; Lam y

Wong, 2008; Low, 2001; Low y Abeyegoonasekera, 2001; Low *et al.*, 2008a; Wong *et al.*, 2006b; 2007) y el esfuerzo institucional llevado a cabo por la Autoridad de la Edificación y Construcción de Singapur (*BCA, Building & Construction Authority*) por instaurar el concepto en la industria de ese país (BCA, 2005).

Por otra parte, el concepto de constructabilidad fue fundamentalmente desarrollado por investigadores de la Universidad de Texas, CII (1987; 1993) y más tarde por el Instituto de la Industria de la Construcción Australia (*CIIA, Construction Industry Institute Australia*) (CIIA, 1992; 1996), símil del organismo norteamericano. Estas instituciones publicaron una exhaustiva serie de manuales y guías de carácter pragmático, con recomendaciones de gestión de constructabilidad, guías para los equipos profesionales y manuales de implementación de mejora de constructabilidad, especialmente orientadas a la gestión y administración de construcción. Investigadores importantes fueron O'Connor (1985; O'Connor y Tucker, 1986, O'Connor *et al.*, 1987; O'Connor y Davis, 1988), Tatum (1987; Fischer y Tatum, 1997) y Uhlik y Loes (1998). Entre los estudios más actuales destacan investigaciones en países con industrias en desarrollo, especialmente Malasia (Nima *et al.*, 2001a; 2001b; 2004) e Indonesia (Trigunaryah, 2004a; 2004b; 2004c).

Durante todo este período, el concepto de constructividad se ha visto opacado por el concepto de constructabilidad. En un comienzo, los conceptos fueron con frecuencia confundidos e intercambiados (ver, por ejemplo, O'Connor *et al.*, 1987), y posteriormente, el concepto de constructabilidad se hizo favorito entre los autores. Dos razones explican esta preferencia: primero, la mayor amplitud conceptual, que de algún modo envuelve al concepto de constructividad; y segundo, que la mayoría de las investigaciones estuvo radicada en escuelas de ingeniería y de administración de construcción.

El comienzo de la separación explícita de ambos conceptos, y de puesta en valor de la constructividad por sí sola ocurrió a principios del siglo XXI con los trabajos del equipo de investigadores de la Universidad de Hong Kong (Lam *et al.*; 2006; Wong *et al.*, 2006b; 2007) y con la publicación de normas de constructividad para los diseños por parte del gobierno de Singapur. Aún así, el estudio actual sigue estando bajo del dominio de la ingeniería, incluso en lo referido al diseño. Las investigaciones ahondan en la constructividad de los diseños de ingeniería civil estructural e ingeniería mecánica. Un campo importante es el estudio de constructividad de los diseños de instalaciones, especialmente lo referido a detección de colisiones y manipulación de ductos en pequeños espacios de trabajo. El diseño arquitectónico se ha encontrado notoriamente ausente en esta discusión.

§ 1.2. Definición del concepto de constructividad

§ 1.2.1. Constructividad como atributo del diseño

11

Desde la primera definición de constructividad dada por CIRIA en 1983 varias versiones posteriores han sido propuestas, con ligeros matices que complementan y precisan los alcances del concepto. En general, la mayoría de las definiciones comparte los mismos descriptores conceptuales básicos (Wong *et al.*, 2007), pero ninguna reúne todos las precisiones y refinamientos que se han hecho en forma separada por los autores (cuadro 1). A partir de este escenario, este documento propone una definición basada en los acuerdos logrados, que recoge las más importantes precisiones realizadas y que las complementa haciendo énfasis en su condición de atributo del diseño, y recalcando su carácter observable, graduable y medible.

CONSTRUCTIVIDAD
<i>“la manera en la cual el diseño de un edificio facilita su construcción, sujeto a todos los requisitos generales del edificio terminado” (CIRIA, 1983)</i>
<i>“la manera en la cual un diseño facilita el uso eficiente de los recursos de construcción y aumenta la facilidad y seguridad de construcción en obra, al tiempo que los requerimientos del cliente son cumplidos” (Lam et al., 2006)</i>
<i>[la constructividad de un diseño se refiere] “a la facilidad con la cual las materias primas de todo proceso constructivo (mano de obra, maquinarias y herramientas, materiales) pueden ser combinados por el constructor para completar el proyecto en una manera económica y a tiempo.(...) Intuitivamente, a mayor nivel de constructividad, más eficiencia en el proceso constructivo” (Glavinich, 1995)</i>
<i>[la constructividad] “requiere un compromiso entre hacer un diseño más construible y dar cumplimiento a los distintos factores que influyen el diseño, incluyendo calidad, estética, tiempo y costo” (Griffith, 1987; Citado en Lam et al., 2006)</i>
<i>“la manera en la cual un diseño facilita su construcción” (BCA, 2005)</i>
<i>“la manera en la cual un diseño facilita su construcción, sujeto a todas las restricciones de los métodos y procesos constructivos” (Fischer y Tatum, 1997)</i>
<i>“es un enfoque de diseño que busca eliminar el trabajo no productivo en obra, hacer el proceso de producción más simple, y permitir tener una administración de obra más eficiente” (Emmit, 2002)</i>

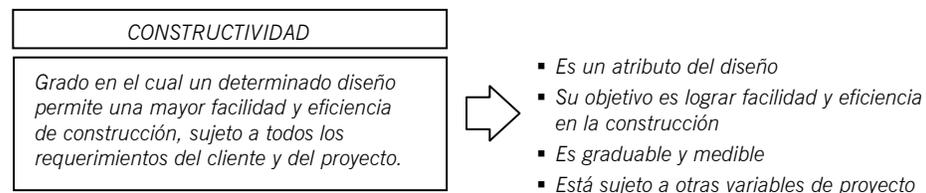
Cuadro 1:
Principales definiciones
de constructividad en la
literatura

A partir de estas definiciones generales, las siguientes precisiones resultan necesarias de enfatizar:

- (1) La constructividad es un atributo del diseño: La constructividad describe la manera en que “un diseño” facilita su posterior construcción; no la manera en que “un proyecto”, “un tipo de administración” o incluso “un equipo profesional” facilita su construcción. La constructividad es un atributo del diseño en sí.
- (2) La constructividad es graduable: La constructividad no es absoluta, sino graduable, lo que implica que todo proyecto tiene un cierto grado de constructividad que va, teóricamente, desde cero hasta infinito. Un diseño tiene un alto grado de constructividad si “*considera atentamente el modo en que se ha de construir el edificio y los condicionantes prácticos que actúan en este proceso*”, mientras que un diseño tendrá un bajo grado de constructividad si “*no tiene en cuenta las realidades prácticas del proceso constructivo o [contiene características de diseño que] están reñidas con ellas*” (Adams, 1990)
- (3) La constructividad es medible: La constructividad es un atributo que, teóricamente, se puede graduar, medir y comparar; lo que, sin embargo, no implica que sea posible hacerlo fácilmente hoy (Glavinich, 1995). Todavía no existen sistemas universales para medir la constructividad de un diseño bajo criterios objetivos (Low, 2001).
- (4) La constructividad está sujeta a otras variables de proyecto: La constructividad está condicionada a ciertos requerimientos generales del cliente o del mismo proyecto, los que en ocasiones pueden entrar en conflicto y obligar a aceptar un diseño con un grado menor de constructividad. Esto quiere decir que es posible, probable y aceptable que en ciertas situaciones las exigencias de constructividad deban ser postergadas por otras consideraciones más importantes según los objetivos y requerimientos específicos del cliente y del proyecto, obligando a los diseñadores a mantener siempre la capacidad de tomar decisiones en forma sistémica.

Considerando lo anterior, en este documento la constructividad se define como: “el grado en el cual un determinado diseño permite una mayor facilidad y eficiencia de construcción, sujeto a todos los requerimientos del cliente y del proyecto” (figura 3).

Figura 3:
Definición de
constructividad



§ 1.2.2. Diferencia entre constructividad y constructabilidad

Constructividad y constructabilidad son dos términos frecuentemente confundidos o asumidos como equivalentes. No obstante su aparente semejanza, existe una importante y significativa diferencia en sus alcances (Wong *et al.*, 2006b), y es crucial establecerla claramente, a fin de erradicar esta confusión generalizada. La constructividad se refiere al grado en el cual un determinado diseño permite una mayor facilidad y eficiencia de construcción. La constructabilidad, en cambio, se refiere a la gestión eficiente del conocimiento y experiencia en construcción para optimizar todas las etapas de desarrollo del proyecto y lograr cumplir los objetivos de proyecto con los menores recursos posibles (cuadro 2). Por lo tanto, la diferencia fundamental radica en que mientras la constructividad es un atributo del diseño, la constructabilidad es un enfoque en la administración de proyectos (cuadro 3).

Ambos conceptos comparten el propósito final de lograr facilidad de construcción a fin de optimizar los recursos productivos y cumplir con los objetivos de proyecto de la forma más eficiente posible. Sin embargo, la constructividad se relaciona exclusivamente con la etapa de diseño, mientras que la constructabilidad se relaciona con la gestión de todas las etapas del desarrollo de proyecto (CII, 1986; Lam *et al.*, 2006; Wong *et al.*, 2006b; Wong *et al.*, 2007; Gimenez y Suarez, 2008).

Como se ha expuesto en § 1.1.3., dado que el concepto de constructabilidad es más amplio, y de alguna forma envuelve en su alcance a la constructividad, es habitual encontrar que los investigadores —especialmente en el área de gestión de la construcción— lo han preferido, sugiriendo incluso descartar el uso del segundo (Wong *et al.*, 2007; Griffith y Sidwell, 1997). Sin embargo, en este estudio, así como aquellos centrados en la etapa de diseño, la especificidad y precisión del término constructividad es la más adecuada.

CONSTRUCTABILIDAD
<i>“es la integración óptima del conocimiento y experiencia en construcción en la planificación, diseño, logística y operaciones de obra para alcanzar todos los objetivos del proyecto” (CII, 1986)</i>
<i>“es la integración del conocimiento de construcción en el proceso de gestación del proyecto equilibrando las varias condicionantes ambientales [externas] y del proyecto [internas] para cumplir los objetivos y obtener un rendimiento de edificio de óptimo nivel” (CIIA, 1996)</i>
<i>“se refiere a la habilidad para planificar, diseñar y construir un edificio cumpliendo los niveles de calidad efectiva y económica, sujeto a los objetivos generales del proyecto” (Low, 2001)</i>

Cuadro 2:
Algunas definiciones de constructabilidad en la literatura

Cuadro 3:
Diferencias entre
constructividad y
constructabilidad

<i>CONSTRUCTIVIDAD</i>	<i>CONSTRUCTABILIDAD</i>
<i>Atributo del diseño</i>	<i>Enfoque de administración</i>
<i>Se define en la etapa de diseño</i>	<i>Involucra a todas las etapas de proyecto</i>
<i>Depende principalmente de los arquitectos, ingenieros y otros diseñadores</i>	<i>Depende principalmente de los administradores de proyecto y de los constructores.</i>
<i>Ambas tienen como propósito lograr la facilidad de construcción a fin de optimizar los recursos productivos y cumplir con los objetivos de proyectos de la forma más eficiente posible.</i>	

§ 1.2.3. Diferencia entre constructividad y otros conceptos

a. Diferencia entre constructividad y factibilidad de construcción

Tanto la constructividad como la factibilidad de construcción describen, en cierta forma, el nivel potencial de concreción física de cierto diseño en un escenario dado. Su diferencia radica en su naturaleza: mientras la factibilidad es un concepto binario (sí-no, un proyecto es factible o no), la constructividad es un concepto gradual, que va desde cero hasta el infinito (un proyecto tiene constructividad alta, media, baja...). Un diseño que exija faenas imposibles de realizar (e.g. estucar manualmente un ducto estrecho por dentro) no es factible de realizar, por lo que tiene constructividad nula (a menos que se realicen cambios en el diseño) Un diseño que incorpore faenas difíciles de realizar pero posibles (e.g. estucar manualmente pilar curvo) es factible, pero tiene baja constructividad. Por último un diseño con faenas fáciles de realizar, sigue siendo factible, pero su constructividad aumenta (cuadro 4).

Cuadro 4:
Diferencias entre
constructividad y
factibilidad de
construcción

<i>FACTIBILIDAD</i>	<i>CONSTRUCTIVIDAD</i>	<i>INTERPRETACIÓN</i>
<i>No es factible</i>	<i>Constructividad nula</i>	<i>No se puede construir</i>
<i>Es factible</i>	<i>Constructividad baja</i>	<i>Es difícil de construir</i>
	<i>Constructividad alta</i>	<i>Es fácil de construir</i>

b. Diferencia entre constructividad e integración diseño-construcción

Otra confusión usual es la creencia que mayor constructividad se da únicamente por mayor integración de las fases y equipos de diseño y construcción. Efectivamente, cuando el equipo diseñador trabaja de la mano con el equipo constructor desde las más tempranas etapas de proyecto, existe una mayor probabilidad que una mayor cantidad de consideraciones sobre las particularidades de las operaciones de construcción sean tomadas por el diseño. Sin embargo, tal como se describió en § 1.1.2., dadas las condiciones de la industria actual, esto no es siempre posible. En un escenario de fragmentación disciplinar, muchas veces los diseñadores deben contar únicamente con su propia preparación para visualizar las implicancias constructivas en obra que tendrán sus diseños; es justamente cuando el conocimiento específico de constructividad se hace relevante. Por lo tanto, el conocimiento de constructividad es diferente: involucra la habilidad que tienen los diseñadores de situarse en la posición del constructor y anticipar los problemas en obra, sin tener necesariamente a un profesional de terreno integrado al equipo de diseño.

c. Diferencia entre constructividad y Gestión de Calidad Total

La *Gestión de Calidad Total* (GCT o TQM, *Total Quality Management*) es una estrategia de gestión industrial que tiene como objetivo el mejoramiento continuo de todos los procesos organizativos y productivos a fin de lograr total satisfacción del cliente. Por lo tanto, la diferencia entre constructividad y GTC, es que este último es un concepto mayor que se aplica a todo el alcance del proyecto, dentro del cual el mejoramiento de la constructividad juega un papel específico puntualmente dentro la etapa de diseño.

Según la filosofía de la GCT, cada una de las partes involucrada en un proyecto —incluido el mandante, constructor, ingenieros y arquitectos— juega el papel de “proveedor” y “cliente” al mismo tiempo en una cadena continua de relaciones. Por ejemplo, el constructor se entiende como un “cliente” del arquitecto en cuanto espera un “producto” de él (planos, especificaciones). Dentro de esta cadena, la GCT pretende que el producto elaborado por el arquitecto sea de entera satisfacción de sus clientes, incluyendo al cliente-constructor. Un mejoramiento en el grado de constructividad del diseño representa una mejora en la satisfacción del cliente-constructor (el proyecto se puede construir más fácilmente) y por tanto, un mejoramiento en el nivel de calidad total. En otras palabras, dentro del marco conceptual de la GCT, el grado de constructividad es un indicador directo del nivel de calidad del diseño (Arditi *et al.*, 2002), y por tanto, del nivel de calidad del proyecto en general. De hecho, Low y Abeyegoonasekera (2001) han demostrado que los principios de la constructividad son integrables y coincidentes con los conceptos y elementos de las normas internacionales de gestión de calidad ISO 9000 e ISO 9001.

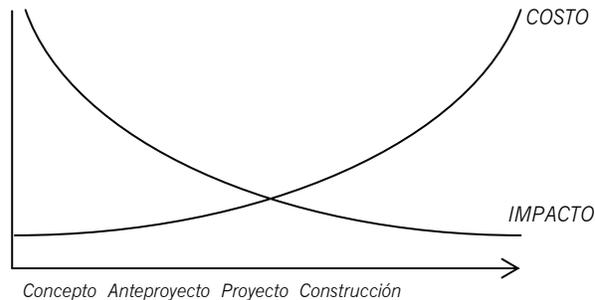
§ 1.3. Importancia de la constructividad como atributo del diseño

16

a. Desde el punto de vista del proyecto

Los efectos del mejoramiento de la constructividad del diseño en el nivel de eficiencia del proyecto son “intuitivos” (Glavinich, 1995), “ampliamente conocidos” (Low, 2001) o incluso “obvios” (Lam *et al.*, 2006). En general, la gran ventaja de incorporar conocimiento de los procesos de construcción en el diseño se explica porque entre más tarde se toma una decisión de diseño más costo implica y menor impacto tiene (figura 4)

Figura 4:
Curva de costo e
impacto de las
decisiones de diseño



Está profusamente documentado en la literatura técnica que los principales beneficios de proyectos con mejores grados de constructividad están en la obtención de faenas en obra (1) de mejor calidad, (2) más rápidas, (3) más económicas, y (4) más seguras (Gray, 1983; Russell *et al.*, 1994; Glavinich, 1995; Fischer y Tatum, 1997; Griffith y Sidwell, 1997; Jergeas and Van der Put, 2001; Low S., 2001; Low y Abeyegoonasekera, 2001; Arditi *et al.*, 2002; Fox *et al.*, 2002; Pulaski y Horman, 2005; Trigunarsyah, 2004c; Lam, 2007; Wong *et al.*, 2006b) (figura 5)

- (1) **Calidad:** Diseños con mejores grados de constructividad permiten tener faenas más sencillas y fluidas, acelerar la curva de aprendizaje de la mano de obra, disminuir la tasa de errores y/o no-conformidades, reducir el riesgo técnico, controlar la cantidad de cambios de diseño en obra e, indirectamente, reducir la cantidad de problemas de ocurrencia posterior a la construcción.
- (2) **Tiempo:** Diseños con mejores grados de constructividad permiten tener faenas más rápidas, reducir el tiempo utilizado en reparaciones y/o repetición de tareas por no-conformidades, disminuir la necesidad de capacitación, acortar los desplazamientos de mano de obra y maquinarias, y en general, disminuir el tiempo total de construcción. Indirectamente, afecta favorablemente en tiempo de trabajo del arquitecto y equipo proyectista, al reducir la cantidad de consultas que se le hacen desde obra y reducir la atención de reclamaciones posteriores por trabajos defectuosos.

- (3) Costo: Inicialmente, mayor grado de constructividad parece tener un mayor costo pues se requieren equipos diseñadores con mayor pericia, materiales adecuados y sistemas constructivos más simples y eficientes, los que son más caros. Sin embargo, al analizar el ciclo de vida del proyecto, los costos totales caen drásticamente (CIRIA, 1983; Gray, 1983; CII, 1987; CII, 1993; Adams, 1990; Pulaski y Horman, 2005; Wong *et al.*, 2006b). Soluciones de diseño más simples implican ahorro por repetición de tareas mal ejecutadas o no-conformidades, optimización de materiales, menor necesidad de supervisión y menor cantidad de desperdicios. A largo plazo, los costos de mantenimiento y/o reparación del edificio también decrecen, lo que representa ahorro para el usuario y para el constructor (post-venta).
- (4) Seguridad: Tareas más sencillas implican menor riesgo para los trabajadores y maquinarias, lo que aumenta el nivel de seguridad de obra.

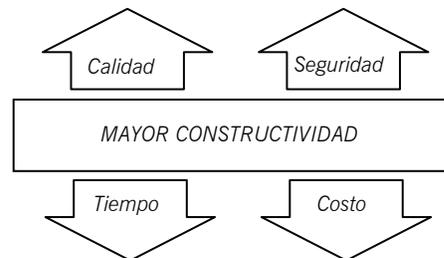


Figura 5:
Beneficios de mayor
constructividad en los
diseños

Contradiendo el temor intuitivo de los arquitectos, mejoras en constructividad no implican necesariamente sacrificios en otros aspectos del diseño. Low y otros han demostrado que cambios en los diseños para optimizar el grado de constructividad tienen nulo impacto en la calidad espacial, acústica, lumínica y del aire interior de los recintos (Low *et al.*, 2008a; 2008b). Por el contrario, tienen asociada una leve mejora en la calidad estructural del proyecto (Low, 2001) y en el desempeño durante su ocupación (Low *et al.*, 2007). Recientemente Pulaski *et al.* (2006) demostraron que los principios básicos de la constructividad son compatibles y mutuamente beneficiosos con el diseño sustentable (o “sostenible”).

Desde el punto de vista del cliente, el ahorro global producto de la disminución de costos de construcción producto de la mayor eficiencia, presenta una oportunidad para que el equipo diseñador pueda mejorar el diseño, elevar los estándares de cumplimiento y desarrollar otras características no inicialmente contempladas en la definición de objetivos. Mejorar la constructividad permite al cliente tener un mejor proyecto al mismo costo inicial.

b. Desde el punto de vista de la industria

Diseños con mejores grados de constructividad permiten alcanzar mejor calidad en el producto final, menores costos, menor tiempo de construcción y mayor seguridad para cada proyecto y obra en particular, lo que en definitiva significa mayor productividad y rentabilidad para la empresa. La relación positiva entre constructividad y productividad ha sido estadísticamente demostrada (Low, 2001), y diferentes autores han intentado cuantificar los beneficios económicos de implementar programas de mejora de constructividad (como parte de programas más amplios de mejora de constructabilidad). El *Business Roundtable (EEUU)* (1982; en Pulaski y Horman, 2005) señaló que los beneficios varían entre 10 a 20 veces el costo de implementación y el CII (1993) lo estimó en 10 veces. Gray (1983) afirmó que los ahorros totales fluctúan entre un 1 y un 14% del costo de capital total, CII (1993) concluyó que varían entre 6 y 23% del costo total, y Russell y Gugel (1993) constataron un ahorro de un 7.2% en el costo total para un caso específico de estudio.

Los ahorros no sólo están explicados por faenas de construcción más rápidas y eficientes. Por ejemplo, diseños con mayores grados de constructividad implican faenas en obra más simples y más seguras, lo que reduce los accidentes laborales y los costos humanos y económicos asociados. A corto plazo, se generan ahorros directos para el proyecto, pero a largo plazo, la empresa puede reducir costos de primas de seguros y convenios médicos o mejorar su posicionamiento en el mercado.

Mayor productividad en el proceso implica mayor competitividad para la empresa, lo que a la larga impacta positivamente en el crecimiento y desarrollo de la industria de la construcción en general. En términos de competitividad-país, una industria más productiva es capaz de participar en mercados internacionales más agresivos y de mayor nivel de desarrollo. Por ejemplo, en el contexto industrial mundial, con tratados de libre comercio cada vez más amplios y tecnologías de comunicación que prácticamente eliminan las barreras geográficas, es perfectamente posible pensar en un mercado proveedor de servicios de diseño con alta constructividad a escala global.

Los beneficios no sólo representan mejoras de productividad y rentabilidad para la empresa, sino que a la larga son traspasados al cliente y el consumidor final. La historia económica enseña que en casos de mejora de eficiencia sobre un producto, luego de una primera etapa de beneficio interno (los ahorros de obra producto de mejor diseño los disfruta el mandante y las empresas), los beneficios son externalizados al consumidor como una herramienta de competitividad.

Lam *et al.* (2007) señalan que además de los beneficios tradicionales directos (calidad, tiempo, costo, seguridad), mejoras de constructividad en los diseños desencadenan progresos en las relaciones industriales, promueven el trabajo en equipo y la satisfacción de los empleados, facilitando el trabajo y creando un mejor ambiente gremial.

c. Desde el punto de vista del arquitecto

La mejora de la constructividad de los diseños no sólo beneficia al cliente y a las empresas, sino que también impacta positivamente en el propio trabajo del equipo diseñador.

19

En primer lugar, el arquitecto y equipo diseñador reciben beneficios económicos directos, dado que los diseños con mayor grado de constructividad representan productos con mayor valor agregado, y por ende, de mayor costo. En general la industria está altamente dispuesta a pagar equipos diseñadores que entreguen proyectos con mayor constructividad, pues dentro del presupuesto total de un proyecto, el mayor costo de diseño es infinitamente inferior al beneficio producido por los ahorros en la construcción.

Consecuentemente, los diseños con mejor constructividad son más valorados por la industria y por tanto otorgan reconocimiento profesional (Arditi *et al.*, 2002), constituyéndose en verdaderas herramientas de diferenciación y desarrollo profesional, lo que igualmente genera beneficio económico.

En segundo lugar, el arquitecto y equipo diseñador reciben beneficios económicos indirectos dados por un ahorro de costos debido a la menor necesidad de coordinación posterior, resolución de dificultades y problemas de obra o necesidad de rehacer diseños. Se evitan los costos de los problemas de diseño tales como visitas a obra, re-estudio de soluciones o incluso problemas por litigios legales.

En tercer lugar, diseños con mejor nivel de calidad tiene un beneficio personal no económico en términos de satisfacción profesional. Adams (1990) señala que diseñar con buenos grados de constructividad “*incrementa el orgullo profesional del proyectista [al] ver que su experiencia, habilidad e ingenios dan resultados*”.

Por último, diseñar con buenos grados de constructividad es una obligación ética profesional. Muchos de los problemas en la industria se deben a una fragmentación irresponsable del trabajo y en el traspaso negligente al constructor de toda la responsabilidad de lo que ocurre en obra, a pesar que gran parte de los errores están implícitos en el diseño. Pensar en la constructividad de los diseños implica asumir la responsabilidad que el diseño tiene sobre la construcción y sobre la eficiencia del proceso.