

TC-8

**LAS RUTAS DE LA INNOVACIÓN SOCIOTÉCNICA
EN LA CONSTRUCCIÓN**

Lovera, Alberto

Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), Facultad de Arquitectura
y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela, Caracas
alberto.lovera@gmail.com

La industria de la construcción ha sido un objeto huido del análisis económico y de la innovación, a pesar de la importancia económico-social que se le atribuye con buenas razones (su significación en el PIB, en el empleo, en las relaciones inter-sectoriales, además de su rol en la producción de las estructuras físicas que sirven de asiento a las más diversas actividades de producción y reproducción social). Su caracterización ha sido objeto de muchas controversias, algunos la conciben como un sector rezagado anclado en formas de producción arcaicas, otros sostienen, que es la óptica que adoptamos en estas páginas, que las mutaciones de su operación productiva responden a sus características particulares que explican la diferencia de su trayectoria productiva no ausente de innovaciones. Esperamos poder mostrar que esta segunda óptica refleja mejor lo que sucede en su seno. La actividad de la construcción no es atrasada sino diferente. Entender su dinámica de producción e innovación requiere, por tanto, describir y descifrar sus peculiaridades y las rutas particulares que toman estos procesos innovativos.

El presente texto se propone realizar un análisis de las principales rutas que toma la innovación socio-técnica en la actividad de la construcción. Para ello procederemos a mostrar los elementos teórico-metodológicos básicos en los que nos basamos, a partir de los aportes de la sociología de la tecnología y la economía de la innovación. El paso siguiente será presentar sucintamente las principales características de la producción del medio ambiente construido. Basado en ello se podrá mostrar la importancia de estudiar los procesos de innovación en la construcción en el tejido más amplio del Sistema Sectorial de la Construcción, que será definido más adelante, y no sólo en la rama de construcción propiamente dicha que es un elemento de aquel. A partir de allí se identifican las principales rutas que toma la innovación socio-técnica en la actividad de la construcción, mostrando diferentes planos en los cuales dichas rutas se ponen de manifiesto y la forma abigarrada que presentan, ilustrada con la metáfora de un laberinto de múltiples

entradas y salidas. Esta presentación trata de presentar las líneas gruesas de un proceso mucho más rico en detalles y determinaciones que forma parte de una investigación más amplia (Cf. Lovera, 2010).

La innovación socio-técnica

Los estudios sobre la innovación se han enriquecido intensamente en las últimas décadas. No es este el lugar para reseñar esta trayectoria que mostró la importancia del factor tecnológico en el crecimiento económico, después seguido por otras investigaciones que destacaron también sus aristas sociales (Cf. Vence, 1995; Pirela 2003; Rosemberg, 1995, Thomas/Bush, 2008, entre muchos otros).

Entre sus múltiples aportes de estas investigaciones dos asuntos destacan para lo que aquí nos interesa: el paso de la llamada visión lineal a la concepción sistémica del cambio tecnológico y, el tránsito de las ópticas deterministas (tecnológicas vs. sociales) hacia una concepción que refleja la complejidad del cambio tecnológico, que ha sido expresado en la metáfora propuesta originalmente por Hughes del «tejido sin costuras» para significar que la tecnología es un construcción donde no es legítimo diferenciar lo social, lo económico, lo tecnológico, lo científico, dado que estos elementos interactúan permanente y simultáneamente, por lo cual lo más adecuado es hablar de cambio o innovación socio-técnica (Cf. Thomas, 2008). Es por esta razón por la cual en este texto adoptamos esa expresión, más adecuada que la de cambio técnico o cambio tecnológico, poniendo énfasis en que “Lo técnico es socialmente construido y lo social es tecnológicamente construido. Todos los ensambles estables son estructurados al mismo tiempo tanto por lo técnico como por lo social” (Bijker, citado en Thomas, 2008: 219).

Enfoque dominante de los estudios de innovación

Los cada vez más numerosos estudios sobre economía de la innovación y sociología de la tecnología se han centrado preferentemente en las ramas de producción de bienes y servicios y los procesos de cambio socio-técnico que las acompañan en las industrias más intensivas en Investigación y Desarrollo (I+D) e innovaciones radicales. Este énfasis se explica porque son las áreas motrices de las grandes transformaciones tecno-económicas, que arrastran tras de sí a buena parte de otros sectores donde el cambio socio-técnico es antes que radical, incremental, aunque buena parte de ellos se vean compelidos también por las nuevas formas económicas e

institucionales que irrumpen con cada nuevo paradigma tecno-económico (Cf. Pérez, 2004; Freeman, 1993).

Sin embargo, no se ha dejado de señalar la importancia de los estudios sectoriales para poder reflejar las diferencias en los patrones de innovación marcadas por las especificidades de cada segmento de la producción y los servicios y, en muchos casos, la variedad de modalidades de división del trabajo en su seno que podrían ser caracterizadas como desigual y combinadas (desde las formas artesanales o semi-artesanales hasta las industriales y automatizadas, y a medio camino entre ellas diferentes configuraciones manufactureras que en muchos ámbitos siguen siendo importantes).

Este carácter híbrido de las formas de división del trabajo y de producción es un elemento fundamental para entender la operación y los caminos de innovación en cada sector. Ello es ostensible en la actividad de la construcción, pero también en muchos otros sectores.

Si esta situación se puede percibir en el panorama socio-económico internacional, no hay duda que en aquellas formaciones sociales subdesarrolladas este rasgo es mucho más pronunciado. En ellas lo que algún momento se llamó la heterogeneidad estructural, la convivencia de sectores con diferentes grados de sofisticación de la producción, es más frecuente, lo cual no deja de tener consecuencias en la forma de adoptar los sectores económicos en estas latitudes, que para nosotros son notorias en nuestra región latinoamericana, Venezuela incluida.

De las consideraciones anteriores se deriva: que las indagaciones sectoriales son importantes, de allí que la actividad de la construcción requiere de una caracterización particular; que hay diferencias entre las formaciones sociales por su ubicación en el circuito económico internacional. Ello marca la estructura socio-económica e institucional en ambos casos.

Medio Ambiente Construido y Sistema Sectorial de la Construcción

Partamos del concepto de *medio ambiente construido* entendido como el conjunto de objetos que sirven de soporte físico al proceso de producción y reproducción de una formación económico-social. Estos objetos (edificaciones y obras civiles e infraestructura) que constituyen el ambiente construido son *productos*, resultados de procesos de producción (actuales o pasados). En nuestros días resultado, en su mayoría, de la operación de una rama particular de

la economía: la industria de la construcción, ello sin desconocer que algunos de esos productos (de manera destacada la vivienda de los sectores de bajos ingresos), sobre todo en los países de la periferia capitalista, son ejecutados mediante formas de producción no dominadas totalmente por la lógica capitalista, pero con muchos vasos comunicantes con ella.

La rama o industria de la construcción es un componente, aunque central, de un conjunto más amplio que podemos llamar *Sistema Sectorial de la Construcción* (SSC) (o conceptos equivalentes: Circuito de la Construcción, Macro-Sector de la Construcción, Cadena Productiva de la Construcción, etc.). El SSC comprende todas las actividades económicas dedicadas a la producción, circulación y consumo del medio ambiente construido. El incluye una variedad de ramas de diferente tipo: las de producción de insumos, materiales y componentes constructivos; la de producción de maquinaria y equipo para la construcción; así como las actividades gerenciales, comerciales y financieras vinculadas a sus productos, la producción de tecnologías y proyectos y otros sistemas de apoyo técnico; además, por supuesto de la rama de la construcción propiamente dicha. Dentro del SSC debe incorporarse la regulación del Estado y el rol que juega el sistema financiero en sus actividades (Cf. Gráfico N° 1: Componentes del SSC).

El concepto de SSC permite analizar el conjunto de actividades que convergen en la rama de la construcción, aunque todas no lo hagan exclusivamente con ella. Es una manera de estudiar cómo se concretan las relaciones inter-sectoriales de la industria de la construcción con otras ramas y actividades, así como su influencia mutua.



Fuente: Lovera, 1989

Gráfico N° 1

Las características de la rama de la construcción

Aunque merecería mayor espacio y detalles, no podemos sino mostrar brevemente las características de la rama de la construcción propiamente dicha sobre las cuales nos hemos explayado en otros textos (Cf. Lovera, 1985; 1989; 2010).

Estas son las peculiaridades más destacadas:

- Actividad ancestral: asociada a una tradición técnica ininterrumpida de larga data.
- Manufactura predominantemente heterogénea: entrelazamiento de procesos relativamente independientes, a diferencia de la manufactura orgánica que se caracteriza por una secuencia de procesos y manipulaciones interrelacionadas.
- Convivencia de variadas formas de producción (más intensa en el subdesarrollo);
- Vinculación de los productos a la tierra de manera permanente

- Largo ciclo de producción y productos discretos (que requieren muchas jornadas laborales para dar lugar a un producto terminado)
- Durabilidad de los productos.
- Producción por proyectos y prototipos
- Separación de proyecto y construcción
- Enorme variedad de productos
- Breve existencia de la unidad de producción (taller-obra)
- Diferenciación entre empresa constructora y obras de construcción
- Bajas barreras de entrada (sobre todo en edificaciones)
- Productos y componentes de gran volumen y peso y limitaciones de transporte
- Significación de la fuerza de trabajo y diferentes modalidades de contratación
- Trabajo a la intemperie
- Condiciones inseguras de trabajo
- Importancia del conocimiento tácito, aunque no esté ausente el codificado
- Limitaciones a la conservación del conocimiento en la rama por estructura empresarial de breve duración (con diferencias entre edificaciones y obras civiles)
- Diferenciación entre constructores (control técnico) y promotores (control económico)
- Impacto severo sobre el medio ambiente
- Mercado de demanda segmentado (público/privado)
- Importancia macro, meso y microeconómica de la construcción y sectores anexos.

Las características de otros componentes del Sistema Sectorial de la Construcción

En la producción de materiales y componentes constructivos conviven formas de producción diversas (desde la artesanía hasta la automatización), así como una variabilidad intensa en los productos que ofrecen.

En la producción de maquinaria y equipo para la construcción es el ámbito en el cual se presentan los mayores niveles de industrialización y automatización.

En los campos de la gerencia, la comercialización y de servicios técnicos y de proyectos también es muy variado el panorama. Conviven sistemas tradicionales con modalidades que ponen el acento y se apoyan en las innovaciones en el campo de las nuevas tecnologías de información, comunicación, así como en herramientas de diseño de construcciones y gestión de proyectos

articuladas a estas nuevas ópticas y instrumentos. Sin embargo, la variedad de opciones en amplia, según la complejidad y dimensión de las obras a emprender.

Las rutas de la innovación en la construcción

Para analizar las rutas de la innovación en la construcción es útil moverse en varios planos debido a su carácter variado y, como se verá, a que sus fuentes provienen tanto de la rama de la construcción propiamente dicha, como de otros componentes del SSC, e incluso también de otras ramas de la producción.

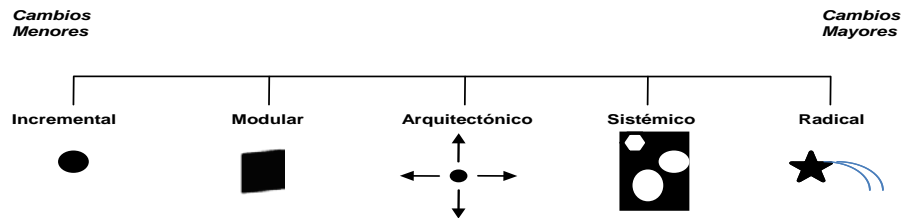
Es conocida que la innovación en casi cualquier sector está alimentada por desarrollos provenientes de otros, sólo que en construcción este proceso es más intensamente exógeno, en unos casos porque muchas de las modificaciones en la producción se originan, sobre todo en lo que se refiere a las innovaciones radicales, a partir de los sectores conexos (los otros integrantes del SSC) e, incluso, desde fuera del SSC, como es el caso de muchas innovaciones provenientes de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), de nuevas modalidades de producción y de desarrollos que, originados pensando en las necesidades y retos de otros sectores, se muestran útiles para la construcción (innovaciones de nuevos materiales y de maquinaria y equipo sirven de ejemplo).

Los estudios sobre innovación han establecido la diferenciación entre los sectores intensivos en investigación (la industria química, petroquímica o farmacéutica por ejemplo), de aquellos donde la actividad de investigación (e I+D) es menos determinante en su patrón productivo. Ello sin desconocer que aún en los sectores llamados de baja intensidad tecnológica (la construcción entre ellos) llevan en el seno de sus procesos productivos y de gestión muchos de los aportes de los nuevos paradigmas tecno-económicos, sólo que bajo el cobijo de una organización socio-productiva marcada por su especificidad sectorial.

Un primer plano de la innovación en la construcción, *la innovación como una escala de complejidad creciente de los cambios menores a los mayores* se puede observar y analizar siguiendo el esquema propuesto por Slaughter (1998). Según esta autora, se pueden identificar cinco tipos o modelos de innovación en la construcción, a partir de dos principios: la magnitud de los cambios del estado del arte asociado con la innovación, y los acoplamientos esperados de la innovación a otros componentes y sistemas. Todo ello pensado como una escala que va de

las innovaciones más modestas (incrementales) hasta las más revolucionarias (radicales), con una serie de modalidades intermedias (modular, arquitectónica y sistémica). (Cf. Gráfico N°2).

Modelos de innovación en la construcción



Fuente: Slaughter, 1998

Gráfico N° 2

Estas modalidades de innovación se pueden presentar simultáneamente para diferentes aspectos o momentos de la producción, de igual manera en ciertos casos sus límites no son tajantes. De igual manera Slaughter destaca la variedad de fuentes de innovación en la construcción: organizaciones de I+D (universidades, centros de investigación, laboratorios de ensayos), fabricantes y proveedores de materiales, componentes y equipos, diseñadores, contratistas, trabajadores, propietarios de las obras y sus usuarios. Fuentes que pueden estar dentro o afuera de las industrias relacionadas con la construcción.

Una síntesis apretada de los modelos de innovación propuestos por Slaughter amplía lo sustancial de cada modelo. *Innovación incremental*: pequeños cambios, basados en el conocimiento corriente y la experiencia, que introducen mejoras menores; *innovación modular*: un cambio significativo dentro de un componente, dejando inalteradas las articulaciones con otros componentes y sistemas, a veces proveniente de la industria de materiales o de maquinarias; *innovación arquitectónica*: pequeño cambio dentro de un componente, pero con un cambio principal en los eslabones a otros componentes o sistemas; *innovación sistémica*:

integración de múltiples innovaciones independientes que deben trabajar juntas para realizar nuevas funciones o mejorar el funcionamiento de una obra; innovación radical: una brecha en ciencia y/o tecnología que cambia el carácter y la naturaleza de la rama (Cf. Slaughter, 1998).

A partir de estos modelos de innovación de la construcción se pueden identificar las actividades necesarias para la implementación de cada tipo de innovación: el momento en el desarrollo del proyecto, la modalidad de coordinación que requiere del equipo del proyecto, el tipo de recursos necesarios, el nivel de supervisión organizacional que implica, el tipo de supervisión y las competencias de supervisión necesarias para cada una de estas modalidades de innovación (Cf. Slaughter, 1998).

Un segundo plano de la innovación de la construcción, la consideración de los *elementos constituyentes del sistema de construcción y edificación*, busca enriquecer el anterior enfoque mediante la identificación de los componentes principales y los factores claves que influyen en la innovación de la construcción. Para ello nos basamos en los planteamientos de Gann y Salter (2000) y Bayse y Manley (2004), quienes enfatizan la necesidad de considerar la innovación en la construcción no sólo en las empresas constructoras propiamente dichas sino en lo que hemos llamado el Sistema Sectorial de la Construcción (SSC) en su conjunto, teniendo presente la modalidad de organización de la producción en la construcción donde predominan empresas que trabajan por proyectos.

La presentación del sistema de construcción y edificación propuesto por Gann y Salter (2000) y retomado por Bayse y Manley (2004), según los tipos de actores, actividades y flujos de conocimientos contempla seis dimensiones analíticas principales: empresas basadas en proyecto; redes de suministro; proyectos; infraestructura de apoyo a la tecnología; marco regulatorio e institucional; y flujos de conocimiento (Gann/Salter, 2000), cuyo esquema general presentamos a continuación (Cf. Gráfico N°3).

Conocimiento, flujo de información y actores en procesos en base a proyectos

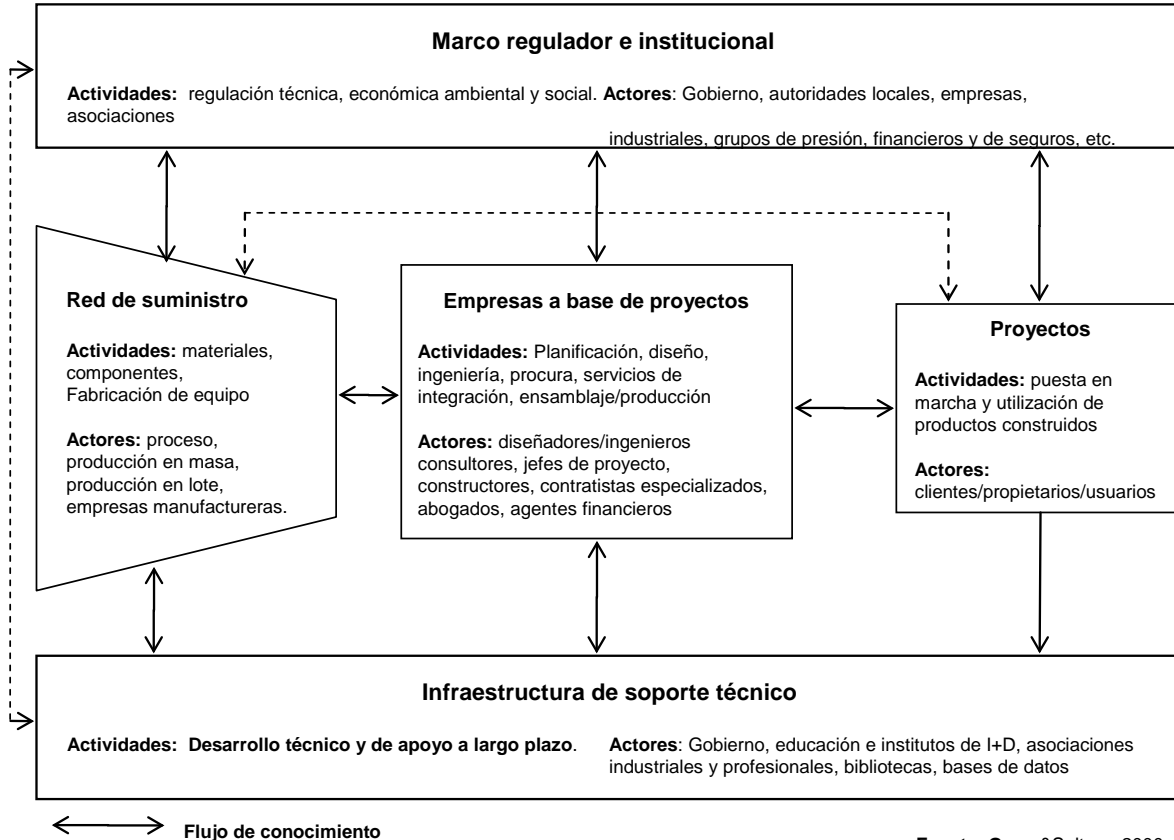


Gráfico N° 3

Bajo esta misma óptica, los factores principales que influyen en la innovación en la construcción tienen como puntos focales los siguientes: clientes y empresas manufactureras, estructura de la producción, relaciones entre individuos y firmas dentro de la industria y entre la industria e integrantes externos, sistemas de aprovisionamiento, regulaciones/normas; y la naturaleza de los recursos de la organización, incluidos entre ellos la cultura de la innovación dentro de la empresa. En cada uno de estos componentes se pueden identificar los elementos que estimulan, modulan o inhiben la innovación en la construcción (Cf. Bayse/Manley, 2004).

Estos estudios ratifican la que la comprensión cabal de la innovación en la construcción debe hacerse teniendo presente *la interfase de los distintos componentes del SSC*, así como la consideración particular de cada uno de ellos, que es el tercer plano de análisis que abordamos enseguida, que tiene la utilidad de poder dilucidar los factores y modalidades que actúan en

estas piezas del mecanismo general de producción, cuyas particularidades iluminan las posibilidades y obstáculos para su articulación.

Las empresas productoras de materiales y componentes constructivos. Estos integrantes del SSC presentan una gran variedad tanto en los diferentes grados de transformación de los insumos (materia bruta, materiales simples, semi-componentes y componentes) (Cf. LUZ/UCV/ULA/UNET (Sosa/Lovera, Coord.), 1999; Lovera (Coord.), 2005), como en su división del trabajo (artesanales, semi-artesanales, manufactureras e industriales). Estas empresas son fuente clave para la innovación en la construcción toda vez que con frecuencia proporcionan materiales y componentes innovadores por sí mismos o porque suponen una innovación en su articulación en las obras (Cf. Cilento, 1998, 2005; Slaughter, 1998; Blayse/Manley, 2004). De igual manera, en los segmentos más sofisticados de producción de insumos, las muchas empresas toman las características típicamente industriales: producen en serie, cuentan con unidades de I+D, pueden acumular aprendizaje tecnológico y tienden a reproducir las sinergias de innovación. Las principales líneas de innovación en este ámbito son: en materiales conocidos, mejoras de su proceso de fabricación, buscando reducir costos o lograr estándares de calidad o seguridad; o bien tratando de mejorar sus cualidades buscando obtener ventajas competitivas; en nuevos materiales orientados a ampliar la oferta y nuevas prestaciones (Cf. COTEC, 1997, 2000).

Las empresas productoras de maquinaria y equipo para la construcción. Aún cuando los índices de mecanización en la rama de construcción son sensiblemente menores que otros sectores productivos, en las últimas décadas se han producido cambios notables en este campo, mecanizando procesos antes ejecutados manualmente o por herramientas simples. Muchas innovaciones en materiales y componentes han requerido innovaciones en el campo de la maquinaria y equipo o han producido sinergias entre ambos. Los cambios en este ámbito han buscado multifuncionalidad de la maquinaria, han modificado el propio proceso de fabricación de las maquinarias o el uso de nuevos materiales en su elaboración, incorporado nuevas tecnologías o criterios de eco-diseño y eco-eficiencia en las maquinarias de construcción (Cf. ANMOPYC de España, citado en: Lovera, 2010). La frontera en este campo lo marca la incorporación de la robótica en la construcción, aunque ella tiende a concentrarse en unos pocos países desarrollados, apunta a modificaciones sustanciales en los procesos constructivos (Cf. Cilento, 1998; COTEC, 1997, 2000, 2006; Elattar, 2008). Las líneas de innovación en el

campo de la innovación de maquinaria y equipo para la construcción se orientan a: mejorar el proceso de fabricación de maquinaria y equipo; lograr maquinarias con mayores prestaciones dentro de la línea de las existentes; diseñar maquinaria nueva con la cual se podrán realizar trabajos que antes no eran posibles, o que podrá sustituir con ventaja a otras con la que se hacían hasta el momento algunos trabajos (Cf. COTEC, 2000). Parece evidente que el grado de impacto de las innovaciones en maquinaria y equipo sobre las propias obras de construcción dependerá de la escala de las mismas, de su tipo, de los países (y regiones), de las organizaciones productivas que ejecuten las obras de construcción. En cualquier caso, es innegable la significación como estímulo a la innovación en la construcción.

La esfera de la producción del medio ambiente construido. También en la esfera de la producción localizada, la construcción en sitio, se producen innovaciones. Por las modalidades de la construcción en la esfera de la producción se presentan dos tipos de configuraciones de procesos y agentes: separación entre diseño y producción; diferenciación de dos agentes principales: el promotor, que ejerce el control económico de la producción y de la elaboración del proyecto; y el constructor (contratista general y subcontratistas) que ejerce el control técnico de la producción, que una vez finalizada la obra la entrega al promotor (o al dueño de la obra) que la comercializa o le da uso (Cf. Lovera, 1989, 2010; Jaramillo, 2009).

En la primera fase de actividad de promoción, en elaboración del proyecto se abren posibilidades de innovación y en ciertos casos las inducen. Aunque no podemos entrar aquí en el análisis detallado de este proceso, se han identificado las condiciones que facilitan o obstruyen ese proceso (Cf. COTEC, 2000). De igual manera, debe tenerse presente que aunque no se incorporen en las obras innovaciones significativas, pueden operarse novedades en la manera como la propia elaboración del proyecto y su ejecución se lleva a cabo (Cf. Lovera, 2010). En esta fase promoción previa a la ejecución de la obras se pueden incorporar innovaciones asociadas al manejo económico-financiero de las operaciones, así en las formas de relación-supervisión entre promotores y constructores.

Cuando pasamos de esta primera fase de promoción al ámbito de la construcción propiamente dicha de las obras en su sentido técnico y material, se abren múltiples posibilidades de innovación. Es un momento en que los constructores ponen en ejecución muchas de las innovaciones que estaban prefiguradas en el proyecto y otras más asociadas a las propias

modalidades de producción que adoptan las empresas, que pueden significar innovaciones de proceso (fundamentalmente incrementales).

Para entender las modalidades y posibilidades de innovación que se presentan en la construcción en sitio es preciso tener presente que se trata de un proceso productivo que no toma la «forma taller» sino la «forma obra», también denominada taller-obra o empresa-obra (Cf. IDEC-SEU-IU, FAU, UCV. Equipo INCOVEN, 1987, 1988; Angarita, 1990; Lovera, 1989, 2010), entendiendo *obra* simultáneamente como tarea y lugar donde se trabaja. La «forma obra» se caracteriza por: a) tareas de producción no repetitivas, inducidas por la extrema variabilidad de los tipos de productos; b) carácter parcial de la estandarización de los elementos que concurren a la fabricación del producto final lo cual limita la repetitividad y la estandarización para el conjunto de la obra; c) no regularidad de las cargas de trabajo y principios de organización diferentes en cada segmento de la obra; d) cada obra debe adaptarse a un terreno diferente y un nuevo terreno para cada una de ellas, con variable ubicación y características como soporte físico de la producción; e) la variabilidad de las obras de construcción es doble: externa e interna. La primera vinculada a su valor de uso y a la heterogeneidad de los productos; la segunda a las condiciones de producción de los mismos; f) predomina una operación de ensamblaje de sub-productos parciales que dan lugar a las obras (Cf. Coriat, 1984; Campinos-Dubernet, 1984.a, 1984.b., 1984.c., 1985; Carassus, 2002, Carassus (Ed.), 2004; Vrijhoef/Kostela, 2007).

Esta caracterización nos permite entender que en la obra de construcción conviven diferentes modalidades de división del trabajo y de producción que influyen en variadas formas de innovación.

El carácter de manufactura y de manufactura predominantemente heterogénea condicionan las opciones de cambio socio-técnico e innovación de productos y procesos desde los cambios menores (incrementales) hasta los mayores (radicales) y los ubicados a medio camino entre ambos.

Siguiendo el enfoque del Proyecto INCOVEN, del que formamos parte (Cf. IDEC-SEU-IU, FAU, UCV. Equipo INCOVEN, 1987, 1988), el análisis del proceso y los sub-procesos de trabajo en la construcción debe abordarse a partir de su división del trabajo predominante. A diferencia de los procesos industriales en los cuales el sistema de maquinarias funciona como un organismo

objetivo que organiza la producción, en la manufactura esta última de articula en torno a la fuerza de trabajo, su habilidad y pericia. Aunque el análisis del proceso de producción de la rama de la construcción permite encontrar suficientes evidencias como para caracterizar la división del trabajo en ella como una manufactura y además como una manufactura predominantemente heterogénea, como lo mostró la investigación recientemente citada, dado que su proceso de trabajo está normalmente fraccionado en varios sub-procesos de trabajo, se presentan también formas típicas de manufactura orgánica, así como formas híbridas de ambas (cuasi-orgánicas o cuasi-heterogéneas). También pueden encontrarse formas pre-manufactureras y formas de tipo industrial, lo que indica que tenemos una división del trabajo mixta. De modo que la construcción es doblemente heterogénea: por el predominio de una modalidad característica de manufactura, pero además porque aloja en su seno variadas formas de división del trabajo.

Para el análisis de los procesos y sub-procesos de trabajo en la construcción debemos detenernos en las distintas manifestaciones del trabajo colectivo y de la forma de organización de sus componentes, que es la del trabajo manual, apoyado por herramientas y equipos, dado que el proceso depende fundamentalmente de la habilidad, pericia y capacidad de los trabajadores organizados colectivamente. A partir de allí se puede realizar el estudio detallado de las diferentes formas de articulación del trabajo colectivo en construcción, como el realizado por el Proyecto INCOVEN, cuyos hallazgos nos permiten identificar los nodos donde cabe ver emerger innovaciones en el propio proceso de producción. La presentación que sigue sólo pretende apuntar a los aspectos más relevantes, mayores detalles están descritos e ilustrados en los textos en los que se basan (Cf. IDEC-SEU-IU, FAU, UCV. Equipo INCOVEN, 1987, 1988; también en: Lovera, 2010).

El predominio de una u otra forma de división del trabajo va a depender de la naturaleza del trabajo ejecutado, de manera que para identificarlas se deben estudiar las diversas formas de articulación entre trabajos parciales, que pueden ser de los siguientes tipos: *articulación secuencial*: supone una relación de procedencia obligada entre un proceso y el que le antecede; *articulación heterogénea*: se presenta cuando los procesos se realizan independientemente unos de otros, dándose un vínculo externo entre el producto terminado total y los elementos que lo forman; *articulación combinada*: cuando aparecen formas de articulación orgánica y heterogénea simultáneamente. A este análisis habría que agregarle el correspondiente a las

relaciones secuenciales entre procesos (precedencia directa o indirecta, mediata o inmediata), lo cual nos permite identificar aquellos sub-procesos de trabajo donde predominan articulaciones heterogéneas, orgánicas o combinadas.

Aunque en general la industria de la construcción en su conjunto puede ser definida por una división del trabajo predominantemente heterogénea, los dos grandes segmentos o sub-ramas que la componen, la de edificaciones y la de obras civiles, presentan un énfasis diferente en el predominio de las articulaciones orgánicas y heterogéneas, no obstante que las formas combinadas están presentes en ambas. Las primeras son más frecuentes en las obras civiles, mientras que las segundas lo hacen en la producción de edificaciones. Una de las razones que pueden explicar estas diferencias es que la variedad de los procesos parciales en cada uno de estos segmentos es diferente, mucho mayor en edificaciones que en obras civiles, lo cual fue ilustrado en el Proyecto INCOVEN al comparar los cuadros por descomposición de obras por partidas y sub-partidas, donde se puede constatar que mientras en la producción de edificaciones por métodos tradicionales se desglosa en 23 partidas y 106 sub-partidas, en la construcción de carreteras (obra civil) se presentan 8 partidas y 39 sub-partidas (Cf. IDEC-SEU-IU, FAU, UCV. Equipo INCOVEN, 1987, 1988). Otra explicación está referida a la continuidad de los trabajos concretos a lo largo del tiempo, mucho más homogéneos en las obras civiles que en edificaciones, aunque en ambos casos debe ponerse en concierto los variados procesos y sub-procesos, así como actores disímiles que concurren para dar lugar a los productos de la construcción.

Las rutas de la innovación en la rama

A partir de las configuraciones fundamentales que toma esta rama en la organización de la producción, a saber: taller-obra con articulaciones predominantemente heterogéneas, taller-obra con articulaciones predominantemente orgánicas, además de las formas combinadas o mixtas, podemos atisbar las formas que toma el cambio socio-técnico en la construcción.

La articulación heterogénea puede conducir a través de la desarticulación de los capitales y los trabajos parciales a un «estallido» o «explosión» del proceso productivo, llevando estos trabajos parciales fuera del taller obra, constituyéndose en manufacturas independientes con posibilidades de asumir el nivel de cooperación correspondiente a la manufactura orgánica o, incluso de la industria maquinizada (y hasta automatizada).

La articulación orgánica puede llevar a través de la sistematización de los trabajos parciales y de sustitución del trabajo vivo (fuerza de trabajo) por trabajo cristalizado (capital fijo y materiales y componentes), a una forma industrial de producción o de manufactura orgánica incluyente de los trabajos parciales combinados en algunos segmentos de la obra y en algunos tipos de obra, lo que en algunos casos puede llevar al reingreso de ciertas actividades que se habían desmembrado del sitio de sitio de la obra, en un proceso que podríamos llamar de «implosión».

Ambas formas de evolución tecnológica se han dado y continúan dándose dentro de la industria de la construcción, dado el carácter combinado de las dos formas fundamentales de manufactura que conviven al interior de la obra de construcción y las modalidades mixtas que suelen presentarse.

De manera, pues, que en la rama de la construcción los cambios socio-técnicos y las innovaciones se presentan en tres escenarios principales, aunque con vínculos y articulaciones entre ellos: en la gerencia de promoción y construcción; en el proceso general de trabajo, y en los procesos y sub-proceso de trabajo específicos.

Los organizadores de la producción y la innovación

Un elemento adicional debe considerarse: la forma y talla de los agentes organizadores de la producción (empresas y otras modalidades). De una parte, está la separación entre las funciones de promoción y construcción; de otra parte, en lo que se refiere a la construcción propiamente dicha, la diferenciación entre la empresa constructora (su parte fija y permanente) y la empresa-obra o taller-obra (su parte itinerante y breve) (Cf. Angarita, 1990; Lovera, 1989, 2010).

Con las excepciones del caso, las empresas promotoras suelen ser pequeñas en cuanto al número de trabajadores, dada la tendencia a subcontratar buena parte de sus actividades y a que sus funciones por lo general no requieren de un personal numeroso y cada vez más operan apoyadas en las herramientas de las TIC. A ello habría que agregarle que muchas de estas empresas se conforman para un tipo de desarrollo y desaparecen al culminar el mismo.

En cuanto a las empresas constructoras, con diferencias notables entre el segmento de producción de edificaciones y el de obras civiles, el tamaño de ellas suelen ser pequeñas y

medianas y su número sumamente elevado. Ello es así tanto en los países desarrollados como subdesarrollados (Cf. Carassus (Ed.), 1987; Carassus, 2002; COTEC, 2000, OIT, 1991, 2001; Panaia, 2004; Lovera, 1989, 2010). Ello se explica porque, sobre todo en la sub-rama de edificaciones, las barreras de entrada son relativamente bajas en cuanto a inversión inicial, no necesariamente en la sub-rama de obras civiles, que muestran una talla mayor (en trabajadores e inversión). Pero debe agregarse otro elemento: la amplia presencia de la subcontratación en la construcción (desde el trabajo precarizado de trabajadores independientes y micro-empresas hasta subcontratistas altamente especializadas en determinadas fases del proceso productivo). Todo ello acompañado por la incertidumbre de la continuidad de las operaciones y la variabilidad de la escala de las obras que estimula un tamaño de empresa capaz de adaptarse a fluctuaciones pronunciadas en el mediano y largo plazos.

La pequeña talla promedio de las empresas constructoras y la frecuente unión temporal de variados organizadores de la producción, tiene un efecto sobre el cambio socio-técnico y la innovación. En los casos más frecuentes la capacidad de acumulación de conocimientos y experiencias que sirven para conservar y ampliar sus capacidades socio-técnicas se tope con muchos obstáculos. No sólo por el tamaño de las empresas sino por la dinámica a la que están obligadas: desmontar tras cada proceso productivo el taller-obra (su faceta itinerante), quedando en la empresa constructora (su faceta permanente) un escaso personal profesional, técnico y obrero, dada la incertidumbre de la continuidad. Eso explica, a excepción de las empresas especializadas en sub-procesos muy especializados y/o de mayor tamaño en edificaciones u obras civiles, sea escasa la presencia de unidades permanentes de I+D, y que el aprendizaje socio-técnico se centre en las innovaciones menores, dejando a las iniciativas más ambiciosas de innovación a otros componentes del SSC o unidades supra-empresariales (instituciones de I+D públicas o privadas), que no dependan de las empresas individuales sino de entramado del que ellas se puedan servir, incluidos los llamados servicios técnicos de apoyo. En la rama de la construcción por sus características particulares la importancia de los estos espacios supra-institucionales para hacer progresar la innovación son mucho más frecuentes que en otras ramas, lo cual merece una atención particular. Es parte de la urdimbre de la innovación en la rama de la construcción, que no puede entenderse si no la vemos en el amplio panorama del SSC que la contiene y que desde sus diferentes componentes hace emerger innovaciones que transforman la forma como opera la producción del medio ambiente

construido que lejos de estar detenida en el tiempo, presenta múltiples mutaciones, sólo que lo hace modulada por las características particulares de esta rama.

Construcción sostenible e innovación

Una fuente muy potente de la innovación de la construcción en la actualidad proviene de la presión cada vez más intensa de buscar opciones a formas sostenibles de producción que en la construcción son problemáticas y urgentes, dado el impacto de sus procesos productivos y productos sobre el medio ambiente.

No es posible por las limitaciones del espacio disponible presentar aquí los principios generales del enfoque de sostenibilidad, que ya cuenta con aportes importantes tanto en los países desarrollados como en los subdesarrollados y sus especificidades (Cf. Gabaldón, 2006; Naredo, 2010; Martínez, 2009), ni lo que entendemos por su aplicación en el caso específico la construcción, remitiéndonos a textos que se ocupan de este asunto (Cf. Instituto Juan Herrera, 2006; Cilento, 1998, 2005; Acosta/Cilento, 2005). Lo que queremos enfatizar es que este es un tópico que marca en la actualidad y sin duda marcará a futuro las exploraciones y realizaciones de la innovación en la construcción, acompañando otras modificaciones provenientes de otras fuentes.

La innovación constructiva en otras formas de producción

La innovación no sólo se produce en el ámbito típicamente empresarial, también se opera en otras formas de producción. Una parte sustancial de la producción habitacional en los países subdesarrollados es emprendida por los propios usuarios bajo diferentes modalidades y con diversas articulaciones con el SSC. En estos emprendimientos familiares y comunitarios también se producen innovaciones, bajo una modalidad híbrida que permite la traducción de la construcción convencional en las prácticas constructivas populares, que pone de manifiesto la interrelación y sinergia de diferentes fuentes de conocimiento, y que da lugar a modalidades específicas de producción del hábitat y la vivienda, que ya han sido sistematizadas para el caso venezolano en un estudio de la producción de las barriadas populares (Cf. Rosas, 2005). Es un campo prometedor para el estudio de la innovación en la construcción.

Un laberinto de entradas y salidas diversas

Las rutas de la innovación en la construcción puede ser presentada e ilustrada mediante la metáfora de un laberinto, pero a diferencia de la versión tradicional, que tiene una sola entrada y después de sortear muchos vericuetos, una sola salida, en la construcción podemos imaginarnos que se trata de un laberinto de diferentes entradas y salidas. Hay diferentes opciones y trayectorias, según las opciones socio-técnicas o del variado rol que desempeñan los innumerables actores en la urdimbre de la construcción, así como los lugares que ocupan en este tejido que es el Sistema Sectorial de la Construcción.

Dada la múltiple heterogeneidad que presenta la actividad de la construcción, la innovación no tiene un curso único. Puede provenir de la producción de materiales y componentes, de la producción de maquinaria y equipo, de la organización del proyecto, de las formas de acometer la producción en sitio, de la articulación entre la faceta permanente de la empresa o de su despliegue itinerante. Las trayectorias son enormemente variadas. Unas pueden recorrer todo el ciclo, otros sólo una parte de ellos. Unas innovaciones serán radicales, otras incrementales, otras más se encontrarán en puntos intermedios. Es un laberinto al que se puede entrar por diferentes puertas y recorrer variadas travesías, unas largas y otras cortas, y todas ellas son parte de ese ensamblaje final que es una obra de construcción y su ciclo de vida.

Cuando pensamos en la rutas de la innovación en la construcción, la metáfora del laberinto de múltiples entradas y salidas es útil porque muestra la enorme variedad de posibilidades, aunque no infinitas, de las rutas que puede recorrer la innovación en la construcción para germinar, sin ignorar que dada su complejidad no siempre encuentra terreno fértil, algo que es común a la innovación en cualquier sector, pues no basta una idea prometedora, incluso con viabilidad económica, ella también requiere de un clima micro, meso y macro-económico favorable, y adicionalmente un marco socio-institucional donde pueda prosperar, lo cual no siempre es el caso.

La trayectoria y el éxito en algún lugar del laberinto y/o en su punto final depende de muchos imponderables, esa incertidumbre que acompaña a la construcción y con la cual siempre se debate para ser a la vez conservadora e innovadora, mostrando sus variadas rutas de novedad y de mutaciones socio-técnicas.

Referencias Bibliográficas

- Acosta, Domingo/Cilento Alfredo (2005), "Edificaciones sostenibles: estrategias de investigación y desarrollo": *Tecnología y Construcción*, N° 21-I
- Angarita, Carlos (1990), *La Empresa Constructora*, IDEC, FAU, UCV, mimeo, Caracas
- Blayse, A/Manley, K. (2004), "Key influences on construction innovation": *Construction Innovation*, Vol. 4, N° 3.
- Campinos-Dubernet, Myriam (1984.a), «Quelques repères sur la BTP» : *Formation Emploi*, N°6, pp. 7-24, Paris
- Campinos-Dubernet, Myriam (1984.b), «La rationalisation du travail dans BTP : un exemple des limites du taylorisme orthodoxe»: *Formation Emploi*, N°6, Pais
- Campinos-Dubernet, Myriam et. al. (1984.c), «Le BTP. Evolution du secteur, rationalisation du travail, la formation et le travail en chantier, l'entreprise et son milieu, résistance du métier»: *Formation Emploi*, N°6, Paris
- Campinos-Dubernet, Myriam (1985), «Emploi et gestion de la main-d'œuvre dans le BTP. Mutations de l'après-guerre á la crise», *Dossier N° 34*, La Documentation Française, Paris
- Carassus, Jean (2002), *Construction : La mutation. De l'ouvrage au service*, Presses de l'école nationale de Ponts et Chaussées, Paris
- Carassus, Jean (Ed.) (2004), *The construction sector system approach: an international framework*, CIB, Rotterdam
- Cilento, Alfredo (1998), "Tendencias tecnológicas en la producción de vivienda": *Interciencia*, Vol. 23, N° 1.
- Cilento, Alfredo (2005), "Ciclo de vida, sostenibilidad e innovación en la construcción": Lorenzo, Pedro (Coord.). *Un Techo para Vivir*, CYTED-Edicions UPC. Centre de Cooperació per le Desenvolupament, CCD. Barcelona, España
- COTEC (1997), *Sector de la Construcción*, Documentos COTEC sobre necesidades tecnológicas, N° 8, Madrid
- COTEC (2000), *Innovación en construcción*, Fundación COTEC para la innovación tecnológica, Madrid
- COTEC (2006), *Robótica y automatización*, Documentos COTEC sobre oportunidades tecnológicas, N° 23, Madrid
- Coriat, Benjamin (1984), «Travailler en chantier. Quelques tendances de la recherche actuelle»: *Formation Emploi*, N°6, Paris

- Freeman, Christopher (1993), *El Reto de la Innovación. La Experiencia de Japón*, Editorial Galac, Caracas
- Gabaldón, José Arnoldo (2006), *Desarrollo sustentable. La salida de América Latina*, Grijalbo, Caracas
- Gann, David/Salter, Ammon (2000), "Innovation in project-based, service-enhanced firms: the construction complex products and systems": *Research Policy*, N° 29.
- IDEC-SEU-IU, FAU, UCV. Equipo INCOVEN (1987): "La construcción como manufactura heterogénea": *Tecnología y Construcción*, N° 3
- IDEC-SEU-IU, FAU, UCV. Equipo INCOVEN (1988): "La forma heterogénea de desarrollo tecnológico de la Construcción": *Tecnología y Construcción*, N° 4.
- Instituto Juan de Herrera (2006): "La construcción sostenible. El estado de la cuestión", *Tecnología y Construcción*, N° 22-II
- Jacobs, Michael (1997), *La Economía Verde: Medio ambiente, desarrollo sostenible y la política del futuro*, ICARIA/FUHEM, 2ª., Barcelona
- Jaramillo, Samuel (2009), *Hacia una teoría de la renta del suelo urbano*, Ediciones Uniandes, 2ª., Bogotá
- Lovera, Alberto (1985), "Tecnología y producción en la industria de la construcción": *Tecnología y Construcción*, N° 1, Caracas
- Lovera, Alberto (1989), "La industria de la construcción": Lungo, Uclés, Mario (Comp.), *Lo Urbano: Teoría y métodos*, Editorial Universitaria Centroamericana (EDUCA), San José de Costa Rica
- Lovera, Alberto (Coord.) (2005), *Materiales y Componentes para la construcción de viviendas. Una visión desde las empresas y los productos*, CONAVI, Caracas.
- Lovera, Alberto (2010), *El laberinto de la innovación en la construcción. Una aproximación estructural*, Tesis Doctoral, FAU, UCV, mimeo, Caracas
- LUZ/UCV/ULA/UNET (Sosa/Lovera, Coord.) (1999), "Materiales, componentes y técnicas de construcción para viviendas de bajo costo. Elementos teórico-conceptuales": *Tecnología y Construcción*, N° 15-II
- Martínez Alier, Joan (2006), *El ecologismo de los pobres*, Icaria Editorial, 2ª., Barcelona
- Naredo, José Manuel (2010), *Las raíces económicas del deterioro ecológico y social, Siglo XXI editores de España*, 2ª. (actualizada), Madrid

- Organización Internacional del Trabajo (OIT) (1991), *Situación reciente en el sector construcción, la ingeniería civil y las obras públicas*, OIT, Ginebra
- Organización Internacional del Trabajo (OIT) (2001), *La industria de la construcción en el siglo XXI: su imagen, perspectivas de empleo y necesidades en materia de calificaciones*, OIT, Ginebra
- Rosas, Iris (2005), *La cultura constructiva de la vivienda en los barrios del Área Metropolitana de Caracas*, Tesis Doctoral, Doctorado en Arquitectura, FAU, UCV, mimeo, Caracas
- Panaia, Marta (2004), *El sector de la construcción: un proceso de industrialización inconcluso*, Nobuko, Buenos Aires
- Pirela, Arnoldo (2003), "De cómo el Estado puede jugar a ganador y las teorías de la innovación": Pirela, Arnoldo (Ed.), *Venezuela: El desafío de innovar*, Fundación Polar/CENDES, Caracas
- Pérez, CarlotaPérez, Carlota (2004), *Revoluciones tecnológicas y capital financiero: la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*, Siglo XXI editores, México
- Rosemberg, Nathan (1995), *Perspectivas sobre tecnología*, Fondo Editorial FINTEC, Caracas
- Thomas, Hernán (2008), "Estructuras cerradas versus procesos dinámicos: trayectorias y estilos de innovación y cambio tecnológico": Thomas, Hernán/Buch, Alfonso (Coord.), *Actos, actores y artefactos. Sociología de la tecnología*, Universidad Nacional de Quilmes Editorial, Bernal, Buenos Aires.
- Thomas, Hernán/Buch, Alfonso (Coord.) (2008), *Actos, actores y artefactos. Sociología de la tecnología*, Universidad Nacional de Quilmes Editorial, Bernal, Buenos Aires.
- Vence, Xavier (1995), *Economía de la innovación y del cambio tecnológico*, Siglo XXI de España Editores, Madrid
- Vrijhoef, Ruben /Koskela, Lauri (2005), "Revisiting the three peculiarities of production in construction": *Proceeding IGLC-13*, Sydney, Australia