

Articulación de conocimientos para la innovación tecnológica y condiciones de desarrollo económico*

*Salvador Cisneros Montes***

Resumen

Esta investigación analiza el proceso de diseño para la concepción de nuevos artefactos tecnológicos, como un proceso de integración de conocimientos nuevos y difundidos; a través de lo cual, las empresas establecen una forma de contingencia y mecanismos de supervivencia en economías dinámicas, estableciendo las bases de una organización industrial determinada. Se propone un modelo de análisis que integra el factor de potencial creativo de las empresas en contextos económicos específicos, como un elemento diferenciador de la dinámica de innovación, mostrando la especificidad del conocimiento requerido y la importancia de las características de su articulación para la concepción de artefactos tecnológicos. Se establecen las bases para la identificación de los factores que podrían consolidar procesos recurrentes de innovación en diferentes contextos de desarrollo económico.

Palabras clave: economía de la innovación, diseño de artefactos tecnológicos, factor de potencial creativo.

Clasificación JEL: JEL: O33.

* El presente trabajo obtuvo el segundo lugar en el Primer Premio Metropolitano de Economía y Administración, organizado por la UAM en 2004.

** Doctorado en Ciencias Sociales de la UAM-Xoxhimilco (salerka@yahoo.com.mx).

Introducción

Existe una relación interna entre la concepción de un nuevo producto para la innovación tecnológica y los insumos de conocimiento requeridos. Las empresas desarrollan sus actividades de innovación en ambientes específicos tales como los grados de desarrollo económico y una determinada configuración de organización industrial (Baldwin y Clark, 2000). Esta investigación analiza el proceso de diseño,¹ como un mecanismo de articulación de conocimientos para la innovación (Simon, 1969; Baldwin y Clark, 2000). El diseño implica la concepción de nuevos artefactos tecnológicos, sobre la base de una acumulación e integración de conocimientos nuevos y difundidos, como parte de las estrategias organizacionales de las empresas para sobrevivir (Fine, 2000; Hammer y Champy, 1993; Towner, 1994), en el contexto de una economía evolutiva (Arthur, 1989; Nelson y Winter, 1982; Metcalfe, 2000; Loasby, 1999; Hodgson, 1997; David, 2001).

Desde esta perspectiva, las preguntas que guían este trabajo son las siguientes: ¿cuál es la importancia específica del diseño de artefactos tecnológicos en el proceso de innovación y de qué manera puede influir en el comportamiento de las empresas?; ¿qué implicaciones tiene el análisis del diseño para la economía de la innovación en contextos de desarrollo económico diferenciado?

Este trabajo parte de considerar que el entorno social, económico y la disponibilidad de recursos (tangibles e intangibles), aplicados al desarrollo de la estructura científico-tecnológica de los países, determinan un despliegue particular e intransferible del proceso innovador y de desarrollo económico. De tal modo que, una forma para consolidar procesos recurrentes de expansión tecnológica, puede estar basada en el seguimiento cercano de la frontera de Investigación y Desarrollo (I+D), pero con un crecimiento simultáneo del potencial creativo y de la frontera de diseño para la generación de nuevos artefactos; a diferencia de la producción de una masa crítica de nuevos conocimientos básicos en la frontera de (I+D), tal como es el caso de países desarrollados.²

El trabajo está dividido en cuatro secciones. En las primeras dos, se describe el papel del diseño como un proceso articulador de conocimiento encamina-

¹ Es importante señalar que en esta investigación el diseño de un artefacto tecnológico no se refiere a su apariencia externa, sino a la manera como se disponen sus partes y su arquitectura de interface con el usuario o con otros artefactos tecnológicos.

² Esta idea se fundamenta en la provocadora pregunta de Forbes (1998). *Should Developing Countries do Science?*, lo cual propone que la formación de una masa crítica de conocimientos básicos para la innovación no debe ser un requisito indispensable para la generación de innovaciones tecnológicas, sobre todo en el caso de países en desarrollo para los cuales resulta extremadamente costoso producirlos.

do a la obtención de artefactos tecnológicos en el contexto de la economía contemporánea. Esto permitirá ver que las empresas establecen, en el proceso de diseño, una forma de contingencia y mecanismo de supervivencia en economías dinámicas. En este sentido, el diseño de nuevos artefactos es visto como un elemento que contribuye a establecer las bases de una organización industrial determinada.

En las dos últimas, se presenta un modelo de análisis que integra el factor de potencial creativo de las empresas de un país como un elemento diferenciador de la dinámica de innovación. Este modelo analiza el tipo de conocimiento requerido, y cómo se articula, para la concepción de artefactos tecnológicos, así como la consolidación de procesos recurrentes de innovación en diferentes contextos de desarrollo económico.

1. El Diseño de artefactos tecnológicos en la economía contemporánea

El estado actual de la tecnología ha generado artefactos de admirable complejidad y sofisticación, lo que permite ver al diseño de nuevos productos como uno de los factores de transformación en las empresas. Esta forma de ver a los artefactos tecnológicos y su proceso de diseño, sugiere que las transformaciones de los productos y las tecnologías asociadas traen consigo nuevas formas de empresas, organización y relaciones; así como nuevos caminos para estructurar el trabajo y nuevas formas de crear y usar el conocimiento (Baldwin y Clark, 2000).

Estos cambios en productos, tecnologías, firmas y mercados, no son un fenómeno pasajero. Están determinados por poderosas fuerzas localizadas en lo profundo del sistema económico: fuerzas sociales, económicas, políticas, científicas y de diseño,³ que se han transformado a lo largo del desarrollo del sistema capitalista. Los nuevos productos y tecnologías son manifestaciones de la interacción de agentes económicos y sociales que están afectando profundamente la naturaleza de las empresas y las características del trabajo.

Los individuos, al interior de las empresas, diseñan nuevos artefactos y sus tecnologías; generando nuevas formas de organización y mercados. Las consecuencias del proceso de innovación tecnológica no son siempre predecibles (Abel y Eberly, 1999), sin embargo, los artefactos tecnológicos, procesos productivos, contratos, las empresas y los mercados, son el fruto de acciones dirigidas; son en gran medida “diseñadas” por los agentes de la innovación (Baldwin y Clark, 2000).

³ Para el constructivismo social, los desarrollos científicos y tecnológicos, no son construidos por los individuos; sino por la interacción de diferentes grupos sociales resultando en la transformación de la estructura de la realidad y su acervo de conocimientos. Ver por ejemplo: Callon (1984); Pinch y Bijker (1984); y Hughes (1984).

Las características de sofisticación de los artefactos tecnológicos (en sectores como electrónica, automotriz, aeroespacial, etc.) superan la capacidad de una sola persona para crear todos los componentes. Esto obliga a dividir la complejidad del producto en varias partes,⁴ las cuales pueden ser desarrolladas por más de una persona disminuyendo la complejidad, pero implica que las formas de organización de trabajo, así como la producción y uso de conocimientos, sean fundamentales para la organización industrial y las metodologías de diseño de artefactos caracterizados por su alta complejidad o grado de estandarización.⁵

Para la teoría evolutiva, la complejidad atribuida a los productos es un adjetivo que define algo compuesto por dos o más partes separables o analizables; es decir, aquello que tiene variedad de partes, patrones o elementos, y consecuentemente difícil de entender en forma completa por el individuo. En este sentido, la manera de entender el diseño de artefactos tecnológicos tiene dos aspectos básicos: 1) división del trabajo y formas específicas de organización industrial; 2) especialización del conocimiento, en correspondencia a la especificidad del diseño y características de producción.

La división de esfuerzos y conocimiento no puede tomar lugar en el vacío, la esencia de lo complejo es que sus partes están interrelacionadas. Los diferentes módulos deben trabajar juntos y el todo debe constituirse en algo más que algún subconjunto de sus partes. Por lo tanto, son necesarios mecanismos de coordinación para canalizar esfuerzos y conocimiento hacia objetivos, útiles y consistentes (Baldwin, 2000).

La coordinación eficiente de sistemas en relación con altos niveles de complejidad o estandarización tiene un enorme efecto en la economía del artefacto, tales como, el costo del conocimiento, diseño, producción y uso de artefacto; además de los alcances y mecanismos de difusión e influencia en y por la sociedad.

Actualmente distintas partes de algunos productos, específicamente los estandarizados,⁶ pueden ser diseñadas por separado e integrarse en una producción modular (Langlois, 2001). De esta manera, grupos especializados trabajan independientemente uno del otro; los módulos pueden entonces ser conectados y (en

⁴ Una revisión de la transformación del proceso de evolución de sistemas complejos y la electrónico puede ser revisado en Lara (2001).

⁵ Existe una asociación entre el grado de complejidad tecnológica de los artefactos y sus características productivas: por un lado *productos complejos*, como integradores de múltiples sistemas y nuevos conocimientos en la frontera, asociados a bajos volúmenes de producción y por el otro, *productos estandarizados*, basados en la integración de conocimientos asociados a una producción en masa.

⁶ Tales como computadoras o automóviles.

teoría al menos), funcionar correctamente con respecto a un conjunto predeterminado de “reglas de diseño”.

Las reglas del diseño modular establecen fragmentaciones estrictas del conocimiento, proceso de diseño y producción. Estas no son solo recomendaciones, son especificaciones que deben ser rigurosamente observadas en todas las fases del diseño y producción. Operacionalmente esto significa que los diseñadores no resuelven los problemas del módulo “A” por medio de afectaciones a los parámetros del módulo “B” (Baldwin y Clark, 2000).

1.1 Artefactos tecnológicos y especificidad de insumos de conocimiento

Partimos de considerar dos grandes categorías de diseño en relación con el tipo de insumos de conocimiento para la innovación, referidas como 1) diseño de productos complejos y 2) diseño de productos estandarizados (Cisneros, 2003). El tipo de insumo de conocimiento y la forma en que las empresas se organizan para el diseño, son específicas y determinan una particular configuración industrial y organizacional.

El diseño de productos complejos presenta una continua demanda de nuevo conocimiento, la innovación se basa en la superación de la frontera de conocimiento; el cual, se genera al interior de las empresas que se desempeñan en el contexto de países desarrollados con altos grados de inversión en investigación básica. El diseño y producción de productos complejos determinan estructuras industriales de integración vertical eficiente, no solo por la sofisticación intrínseca del diseño de productos complejos, sino por los costos para la obtención de los insumos de conocimiento científico básico requerido para dicho proceso de diseño (véase Cuadro 1).

Cuadro 1
Categoría de diseño de productos en relación con el tipo de insumos de conocimiento requeridos

<i>Categorías de diseño</i>	<i>Tipo de insumo de conocimiento</i>	<i>Organización industrial</i>
Productos complejos	Nuevo conocimiento	Integración vertical y horizontal altamente interdependiente
Productos estandarizados	Integración de conocimiento difundido	Mínima integración vertical. Producción modular

Fuente: Elaboración propia con base en Cisneros (2003).

El diseño de productos estandarizados parte de la integración de conocimiento difundido.⁷ Este tipo de diseño se lleva a cabo por empresas con eficientes sistemas de asimilación de conocimiento trabajando bajo un esquema de mínima integración vertical y de producción modular. Las empresas de este tipo tienden a desempeñarse en el contexto de países en desarrollo.⁸

El diseño y desarrollo de productos altamente complejos, obliga a una organización industrial vertical integrada y altamente interdependiente horizontalmente, ya que los proveedores de materiales básicos, necesitan saber con toda precisión y estricto control las características de los insumos, por ejemplo: en la industria aeroespacial, electrónica o de catalizadores petroquímicos, el diseño de nuevos materiales no responde a las investigaciones individuales e independientes de los laboratorios de los proveedores, sino a las necesidades y especificaciones de los nuevos diseños de productos complejos. Llegando hasta el nivel de transformar la estructura molecular original de los materiales, tales como zeolitas o semiconductores, de acuerdo con las exigencias de los nuevos productos. De igual manera, el diseño de los productos complejos finales, no se basa en las propuestas de las empresas productoras, sino en las necesidades específicas de los consumidores finales, generalmente, organismos tales como la NASA, ministerios militares, o empresas como AT&T, IBM, Boeing, Shell, etc., de hecho los usuarios participan activamente en el diseño y modifican de manera directa los prototipos básicos.

En el otro extremo, la organización industrial asociada al diseño de productos estandarizados no requiere de vínculos de interdependencia tan estrechos. En este caso, es posible que los diseños se adapten a los materiales conocidos por un gran número de proveedores, los cuales han sido probados de manera intensa y son altamente adaptables a diferentes aplicaciones. Generalmente, los diseños estandarizados de nuevos productos, se adecuan a las condicionantes de los materiales que los proveedores suministran y las adaptaciones son menores en tanto que no se transforma la composición básica o sus estructuras moleculares, sino solamente

⁷ En este caso es necesario distinguir entre dos tipos de conocimiento, de acuerdo a su grado de difusión. Por un lado, podemos considerar el tipo de conocimiento difundido como aquel que ha sido publicado y diseminado en todo el mundo para constituir el acervo general de conocimiento. Por otro lado podemos considerar al nuevo conocimiento de frontera, como aquel que trasciende el estado del arte científico, y pertenece en la mayoría de los casos a sus productores hasta que se difunde.

⁸ A partir de la base de datos del Proyecto Complex Product Systems Innovation Center. Universidad de Sussex (1996), se propone la especificidad de conocimientos asociada al tipo de diseño de productos o artefactos dentro de un mismo sector, agrupados en diseños de productos complejos, demandantes de *insumos de conocimiento científico de frontera*. Y por otro lado, diseño de productos estandarizados, demandantes de *insumos de conocimiento científico técnico difundido*, asociado a un nivel de desarrollo económico y bajo ciertas tipologías de diseño específicas.

ciertas características externas. Este es el caso de materiales como: plásticos, policarbonato, acero inoxidable, etc., para la fabricación de artículos estandarizados tales como: teléfonos celulares o impresoras; en los cuales sólo se modifican sus colores, acabado final, en general características físicas externas de los insumos.

Los diseños de productos estandarizados se basan en propuestas de alto impacto en los consumidores, estos diseños atienden de manera indirecta a los consumidores a través de estudios de mercado y participación de consumidores representativos, en este caso, las empresas proponen los nuevos productos estandarizados y los usuarios finales no los modifican o transforman, simplemente los aceptan o rechazan.

Por su parte, los diseños de productos complejos se basan en la satisfacción de necesidades particulares y únicas de consumidores específicos, atendiendo de manera directa a los usuarios a través de la participación de éstos durante el proceso de concepción y diseño de los nuevos artefactos.

1.2 Diseño, empresa y comportamiento

Los artefactos evolucionan, esta es una de las características más importantes de la naturaleza de los nuevos productos. Las tecnologías y productos no surgen espontáneamente y de una sola vez, estos son transformados a lo largo del tiempo. Lo mismo pasa con las firmas que crean los productos y los mercados que les dan soporte. Por lo tanto, productos y tecnologías, así como firmas y mercados, evolucionan interactivamente a lo largo del tiempo para crear un complejo sistema adaptativo; el cual podemos llamar industria.⁹

Algunas transiciones en el proceso evolutivo de la tecnología son repentinas y sorprendentes, pero muchas de las que vemos son resultado de la acumulación de pequeños cambios. De esta manera, se acumulan modificaciones menores y mayores en el proceso de diseño de nuevos productos a lo largo de décadas y centurias, hasta que eventualmente este proceso de evolución transforma nuestras instituciones, economías y cultura, así como nuestra vida ordinaria (Baldwin y Clark, 2000).

La velocidad con la que las empresas generan diseños innovadores y el grado de satisfacción de las necesidades de los usuarios finales se determina la cuota de mercado y el grado de influencia en los prototipos y diseños dominantes. Si una empresa genera arquitecturas de diseño dominantes, garantiza poder de

⁹ Ver por ejemplo: Coase (1937: 386-405); Williamson y Sinter (1992); Simon (1962); Simon (1970); Nelson y Winter (1982); Fujimoto (1999) y Langlois (2001).

mercado e influencia sobre sus competidoras. El problema básico al que se enfrentan las empresas es la velocidad de la innovación, las estrategias organizacionales que contribuyen a diseñar y desarrollar productos y servicios a mayor velocidad, son aquellas que sobreviven (Fine, 2000; Hammer y Champy, 1993; Towner, 1994).

De esa manera, las empresas que no son capaces de generar diseños propios, se verán obligadas a imitar y/o pagar regalías por los diseños industriales que tienen que imitar, además de la condición de dependencia en la *inventiva* de las empresas con capacidades de diseño de vanguardia y/o arquitecturas de diseño dominantes (Cimoli y Katz, 2001).

En el Cuadro 2 se presenta un ejercicio de síntesis, que asocia el tipo de productos con las tipologías de diseño, incluyendo el estudio de las características de integración industrial, así como las estructuras de mercado asociadas.

Cuadro 2
Estructura tecnológica y tipos de diseño

<i>Tipo de producto</i>	<i>Tipo de diseño</i>	<i>Características de integración industrial</i>	<i>Estructura de mercado</i>
Productos complejos	Diseños predatorios	Integración con proveedores y usuarios especializados.	Oligopolios con alta influencia en el sector industrial.
	Diseños dominantes	Alta integración vertical, baja integración horizontal.	Oligopolios con una relación dependiente sobre integradores de diseños dominantes.
	Diseños coordinados cooperativos	Alta integración horizontal y vertical.	Monopolios y Monopsonios.
Productos estandarizados	Diseño implícito	Alta integración vertical, nula integración horizontal.	Monopolios y Monopsonios.
	Diseño explícito	Alta integración vertical, escasa integración horizontal.	Competencia moderada.
	Diseños rivales	Nula integración horizontal, escasa integración vertical.	Competencia intensa, enfocada a desplazar competidores
	Diseños simbióticos	Baja integración horizontal, pero alta integración vertical, sobre todo con productos complejos.	Competencia moderada.

Fuente: Cisneros (2002).

El posicionamiento de una empresa en el mercado, estará determinado en gran medida por la capacidad que tenga para efectuar las innovaciones basadas en diseño. Los productos complejos, (entendidos como productos demandantes de insumos de nuevo conocimiento básico para la innovación) se caracterizan por una alta integración, esto podría deberse a que los costos asociados para la obtención de

nuevos conocimientos son elevados, por otro lado, la incertidumbre resulta muy alta y la especificidad de necesidades obliga a patrones de integración para el diseño de nuevos productos, los cuales deben considerar etapas posteriores a la venta final o uso del artefacto. De igual manera, estas condiciones favorecen la consolidación de estructuras de mercado oligopólicas y monopólicas.

Por otro lado, los productos estandarizados (entendidos como productos demandantes de insumos de conocimiento difundido para la innovación) se caracterizan por una baja integración industrial, esto podría estar relacionado a que los nuevos diseños se encaminan a satisfacer necesidades específicas de los usuarios finales, sin considerar etapas posteriores al uso o consumo de los artefactos diseñados. Estas condiciones de alta competitividad podrían condicionar estructuras de mercado en competencia, lo cual influye para una baja integración horizontal dentro del sector e integración vertical moderada. Sin embargo, es importante señalar que aunque se tengan estructuras de mercado competitivas, los grados de modularización y estandarización, pueden ser elementos susceptibles de influir en la adquisición y asimilación eficiente de conocimiento como insumo de diseño para la innovación.

1.3. Artefactos tecnológicos y organización industrial

Es posible pensar que la manera en la que se diseñan y producen los nuevos artefactos tecnológicos determinan la manera en la que se organizan los sectores industriales. A continuación se describen las principales características para el caso de sectores de productos estandarizados y complejos.

En el caso de sectores industriales con sistemas de diseño de productos estandarizados (dirigidos a la modularización), se han observado algunos de los siguientes efectos:¹⁰ 1) reducción de costos de experimentación con nuevos diseños de productos, 2) los nuevos productos diseñados se vuelven flexibles y capaces de evolucionar a escala modular y, 3) se utiliza el conocimiento básico difundido.

Todo esto crea nuevas opciones para los diseñadores y se transforman en oportunidades para la innovación y competencia en la esfera de diseños modulares. Por ejemplo, en el caso de las computadoras, se ha observado una evolución de la industria como consecuencia de transformaciones en el diseño, determinando un patrón evolutivo como el siguiente:

¹⁰ Basado en los estudios de Clark (2000) y Fujimoto (1990).

Del monopolio => Clusters industriales intra nacionales => Competencia entre clusters a nivel mundial. => Redes de modularización, redes y reglas de diseño (Baldwin y Clark, 2000).

El estudio de Baldwin y Clark (2000) en las empresas de cómputo, demuestra que el diseño y la estructura industrial están interrelacionados, además de cómo evolucionó el cambio estructural en la industria como efecto del diseño modular. Por lo que, el poder económico dejó de depender del control extensivo en diseño de todos los elementos de una computadora y comenzó a depender de un control intensivo de módulos críticos con un conjunto de arquitecturas evolutivas, así como reglas de diseño. En resumen se transitó del diseño integral al diseño modular.

Sin embargo, no existe evidencia suficiente de que todo el sector de computadoras evolucionará hacia redes de modularización en un sentido determinista, compañías como IBM, se han situado en nichos de mercado que aprovechan y promueven la coexistencia de productos complejos y estandarizados en el mismo sector. Esto permite sugerir, que el tipo de producto y su diseño influyen en la conformación de la organización industrial.

En el caso de diseño de productos complejos, los competidores son reducidos y los diseños estarán encaminados a generar arquitecturas dominantes o protocolos de interfase que aseguren una gran influencia en los diseños de productos estandarizados para los usuarios masivos.

El diseño de los productos complejos se caracteriza por costos elevados, e insumos de alta complejidad tecnológica, así como por una infraestructura suficientemente grande para colocarse en la frontera científica y tecnológica y desplazarla para su beneficio (Hobday, 1996). El diseño de este tipo de productos tiende a estar basado en proyectos específicos y pequeños volúmenes de producción, las actividades se centran en la integración industrial.

Lo anterior determina una estructura industrial basada en oligopolio, e incluso monopolios, capaces de invertir una cantidad significativa en I+D para la obtención de conocimiento científico básico, acompañado de altas tasas de incertidumbre. Esto se acentúa porque la demanda está concentrada en monopsonios y las posibilidades de competencia se reducen.

El proyecto es central para el diseño de nuevos productos complejos, el alcance se extiende mas allá de los límites temporales del diseño de productos estandarizados. Mientras que estos últimos atienden de manera indirecta a los usuarios finales a través de usuarios representativos, para el caso del diseño de produc-

tos complejos el usuario y los proveedores de insumos tecnológicos participan activamente en el diseño. Lo anterior considera no solo al uso del artefacto, sino hasta a su desmantelamiento, por ejemplo, diseño de una base militar o una plataforma petrolera (Shenhar, 1994).

Generalmente el diseño de productos complejos incorpora información científica y tecnológica altamente sofisticada, llegando incluso al grado de transformar la composición natural de los materiales. Esta condición determina que las empresas que producen productos complejos, cuenten con estructuras y organizaciones capaces de generar conocimientos de frontera científica para la transformación de insumos y mover a su favor la frontera de conocimiento tecnológico.

En el caso de los sectores industriales con diseño de productos complejos, se pueden observar los siguientes efectos: 1) altos costos de experimentación con nuevos diseños de productos; 2) no es posible cambiar componentes de un sistema o artefacto tecnológico, sin tener que realizar modificaciones sustanciales en los insumos; 3) el diseño de los nuevos productos complejos está encaminado a generar nuevas plataformas tecnológicas; 4) se crea nuevo conocimiento básico.

Esta investigación propone que tanto para productos complejos, como para productos estandarizados y sus diferentes tipologías de diseño, se puede identificar estructuras de organización industrial para resolver el proceso de concepción de los artefactos tecnológicos; además de un comportamiento estratégico con base en estructuras de mercado y grados de integración industrial.

2. Estrategias de diseño de artefactos tecnológicos, como estrategias empresariales

Al igual que un organismo vivo, una empresa enfrenta un entorno cambiante, variable e incierto. Para sobrevivir y prosperar, las organizaciones deben percibir e interpretar una gran variedad de señales e influencias sociales, económicas y políticas para diseñar sus productos a la luz de estos factores.

Las organizaciones empresariales difieren en los mecanismos que usan para procesar información y arreglárselas con la inestabilidad e incertidumbre. Todas responden al entorno cambiante, buscando *prevenciones (bufferings)* a las influencias del entorno; rodeando sus tecnologías medulares de componentes de insumo y producto (Thompson, 1967). Las prevenciones toman muchas formas y se consolidan como mecanismos de absorción de impactos (shock-absorbers), mediando entre un entorno altamente inestable y un proceso productivo más predecible o controlable. En este sentido, una forma de prevención podría ser los diferentes mecanismos

de diseño. Los cuales están sujetos a ciclos de baja y alta productividad, motivados por transformaciones en el consumidor o en el proveedor, generando en el proceso una gran cantidad de nuevos artefactos tecnológicos e innovaciones.

La habilidad humana es un sistema de procesamiento de información concentrado en actividades de diseño, que puede servir como un importante elemento en el proceso de prevención ante la incertidumbre, de modo que el diseño es un mecanismo de contingencia ante la incertidumbre (Stinchcombe, 1990). El sistema cognitivo humano puede, comúnmente, interpretar los datos provenientes de un entorno complejo y trasladar éstos en algún tipo de herramienta de predicción o rutinas de información que el sistema productivo puede usar para el mismo fin. De este modo, el diseñador transforma la información compleja en los prototipos o planos de nuevos artefactos tecnológicos capaces de constituir elementos de competitividad estratégica.

Lo anterior ocurre de la misma manera en la que un fisiólogo traduce los insumos complejos de la observación e instrumentos médicos en un diagnóstico, el cual repercute en un conjunto objetivo de instrucciones para las enfermeras, médico y paciente, etc. (Stinchcombe, 1990). Las empresas hacen lo mismo, ellos traducen los datos complejos del entorno económico en más o menos predecibles flujos de productos, contratos, estrategias, etc.

Asociar el rol de los sistemas cognitivos humanos y en particular los procesos de conocimiento del diseño como prevenciones (*bufferings*) ante la incertidumbre en los negocios, permite entender la verdadera importancia de la gestión del diseño en las organizaciones.

Se puede observar cómo la modularización se consolida como una forma de prevención basada en diseño. La descomposición de un diseño en sistema, es aquel que se corta en piezas o es modularizado (Langlois, 2001).¹¹ De esta forma, muchas interacciones toman lugar al interior de los módulos, las interacciones entre módulos son mantenidas al mínimo y son regularizadas a través de “interfaces” formales.¹² Uno de los primeros beneficios de la “descomposición”, es que permite gran estabilidad al enfrentar el entorno aleatorio e incierto: una sola pieza puede ser modificada, remplazada o incluso destruida sin afectar la supervivencia del todo (Simon 1962). Esto es en realidad un tipo de prevención (*buffering*) basada en el diseño del artefacto.

¹¹ Un sistema es susceptible de desagregarse (*decomposable system*).

¹² Un sistema perfectamente susceptible de descomposición, es aquel en el cual, todas las interacciones son mantenidas al interior de los subsistemas.

En este sentido, el diseño puede ser un mecanismo estratégico de defensa ante la incertidumbre del entorno, la modularización permite distribuir el riesgo.¹³ Poseer dinámicas propias de diseño permite control de mercado, segmentación por diferenciación y un diferencial de costos en relación a sus competidores.

Aunque ya se ha propuesto en esta sección el papel estratégico e influencia del diseño en la organización industrial, es necesario formular una interpretación global del proceso de diseño y las condiciones del potencial creativo de cada país para consolidar estructuras de innovación tecnológica. En la siguiente sección se plantea una síntesis y formalización del papel del diseño a través de una ecuación de capacidades de diseño de nuevos artefactos tecnológicos, lo que permitirá ver al diseño como un elemento básico en la innovación tecnológica, pero influido a su vez, por el entorno de desarrollo económico y estructura de conocimiento científico en el que se desarrolla.

3. Modelo de innovación y generación de nuevos artefactos tecnológicos a través de diseño

Este apartado propone un modelo formal para la interpretación de la innovación y generación de nuevos artefactos tecnológicos, considerando que el diseño se consolida como un factor de potencial creativo para las empresas.

Son varios los factores identificados como determinantes en el establecimiento de la brecha tecnológica entre países. En este trabajo, se considera el potencial creativo de las naciones como uno de esos factores. Las patentes expresan el potencial innovativo de los residentes de un país, de hecho, las solicitudes de patentes son un indicador tanto de la actividad innovativa doméstica como de la que proviene de otras economías (Aboites, 2001). Por lo tanto, las patentes se pueden interpretar como un indicador de la capacidad de generación de nuevos artefactos tecnológicos.

La magnitud de los flujos de patentes y su naturaleza, expresan la fortaleza (o debilidad) del sistema innovativo de la economía. El cual se relaciona directamente con la competitividad y el desempeño industrial y exportador (Aboites, 2001; Aboites y Cimoli, 2001).

Tomando como referencia la dinámica de otorgamiento de patentes de la Oficina de Patentes y Comercio de los Estados Unidos (USPTO, por sus siglas en

¹³ Langlois (2001) traza en sus estudios la historia de cómo las organizaciones en los EUA han enfrentado sus problemas de diseño evolutivo a lo largo de los dos siglos pasados.

inglés) y el indicador de coeficiente de inventiva del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT), se puede identificar la brecha de potencial creativo que condiciona las posibilidades de desarrollo económico asociadas a capacidades de diseño de las empresas nacionales.

De hecho, puede decirse que una patente implica la formalización del diseño de un nuevo artefacto tecnológico. En este sentido, es la expresión formal de la articulación conocimientos, de acuerdo con la configuración de un artefacto tecnológico como un producto susceptible de consolidarse como una auténtica innovación tecnológica.

En la Gráfica 1, se puede observar el grado de dependencia de los países con respecto a la inventiva extranjera para el año 1998, expresada como el cociente de las solicitudes de patentes extranjera y las nacionales. Esto significa que los valores cercanos a uno representan sistemas de patentes equilibrados, tales como: Alemania, Corea, EUA, Japón. De igual modo, en el caso de México, Suecia, España y Turquía, reflejan una alta dependencia de la inventiva exterior para el año de referencia.

Este es un indicador importante para identificar las capacidades endógenas de diseño de un país, si se acepta como válido que las patentes reflejan el nivel de inventiva y su materialización en nuevos diseños.

Gráfica 1 **Relación de dependencia, 1998**

* Relación de dependencia = solicitudes de patentes extranjeras ÷ solicitudes de patentes nacionales.
Fuente: Elaboración propia con base en CONACYT (1998).

La Gráfica 2 permite observar más de cerca el fenómeno del potencial de inventiva para cada país, como una proporción del número de patentes por cada 10 mil Habitantes. Nuevamente se identifica a países como Alemania, Corea, EUA y Japón, como aquellos con grandes capacidades de diseño de nuevos artefactos tecnológicos y a España, México y Turquía, como los casos con rezagos en las capacidades y formalización de diseño endógeno de nuevos artefactos tecnológicos para la innovación.

Las dos gráficas anteriores son importantes, en tanto constituyen evidencia empírica que presenta al diseño como un componente básico de la innovación tecnológica para los países, formalizada a través de las patentes. Lo anterior se vuelve más claro al realizar un análisis dinámico comparativo entre dos países como México y Corea, los cuales mostraron comportamientos de crecimiento económico y desarrollo tecnológico similares hasta 1985; y que en menos de doce años posteriores, consolidaron una estructura tecnológica y dinámicas de innovación diferentes.

Gráfica 2

Coefficiente de inventiva, 1998

* Coeficiente de inventiva = solicitudes de patentes nacionales ÷ 10,000 habitantes

Fuente: Elaboración propia con base en CONACYT (1998).

Aunque no es el objetivo de esta investigación profundizar en las causas que llevaron a un desempeño innovador diferenciado entre México y Corea, la Gráfica 3 sirve para ilustrar cómo se rezagó la dinámica de diseño, formalización y registro de nuevos artefactos tecnológicos en México. Es importante recalcar que nuestro país se encontraba en un nivel de patentamiento superior al de Corea hasta 1984, pero después de 1985 el crecimiento se vuelve exponencial en el caso de Corea mientras que en el de México permanece constante. Estas evidencias permiten afirmar que los procesos de expansión tecnológica recurrente pueden estar asociados, entre otras cosas, a mecanismos expansivos de la capacidad de diseño y formalización de nuevos artefactos tecnológicos, expresados en el grado de patentamiento internacional de los países.

El indicador de patentamiento sugiere la formulación de un modelo que, como abstracción de la realidad, pueda incluir al diseño como una variable de explicación del proceso de creación de nuevos artefactos tecnológicos y dinámicas de expansión tecnológica exitosa; asociado al nivel de producción de nuevos diseños para la innovación.

Gráfica 3

Patentes otorgados en EUA a México y Corea, 1969-1997

3.1 Ecuación de capacidades de diseño de nuevos artefactos tecnológicos, para países en desarrollo y países desarrollados

Con la evidencia antes presentada, es posible proponer un modelo de análisis de la innovación tecnológica para los países en desarrollo y desarrollados, tomando en cuenta el factor de potencial creativo como una variable para la construcción de una ecuación de capacidades de diseño de nuevos artefactos tecnológicos.

El modelo que se propone, permite articular la importancia del potencial creativo asociado a capacidades de diseño con el tipo de insumos de conocimiento requeridos para el diseño de nuevos artefactos para la innovación. Está basado en un ejercicio de abstracción con el cual se construye un modelo que reúne los insumos de conocimiento básico y sus posibilidades de articulación como insumo del diseño de nuevos artefactos tecnológicos y sea capaz de describir, cómo éstos son determinados por el factor de potencial creativo, visto como el coeficiente de inventiva, el cual se describió en el apartado anterior.

Definiendo el acervo en ciencia y tecnología Ω como un conjunto finito de conocimientos, generado por la suma de centros de investigación a escala global.

$$\Omega \approx (a, b, c, \dots, \varpi) \quad (1)$$

A partir de la expresión (1) se deduce que existe una cantidad finita de subconjuntos, tales que constituyen el acervo de conocimientos específicos para los procesos de innovación en un sector industrial determinado, tal como se representa en la expresión (1').

$$\Omega \approx \left(a, b, c, \dots, i, j, \overbrace{k, l, m, \dots, n, o, p, q, r, \dots}^{\text{Sector } C}, \varpi \right) \quad (1')$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{\text{Sector } A}$
 $\underbrace{\hspace{10em}}_{\text{Sector } B}$

Supongamos que los insumos de conocimiento para la innovación en un sector tecnológico determinado están contenidos en el subconjunto Ψ de la expresión (2).

$$\Psi \subset \Omega \approx (a, b, c, \dots, m, \dots, n) \quad (2)$$

Ahora bien, se debe reconocer que dentro de un mismo sector podemos encontrar al menos dos tipos de productos, complejos y estandarizados; cuyos insumos de conocimiento son específicos. De este modo, pueden considerarse dos subconjuntos de acervos de conocimiento, donde uno de ellos puede llegar hasta $n < \infty$ como insumo de conocimiento de frontera para la innovación en productos complejos y el otro hasta $m < n$ como conocimiento difundido e insumo para la innovación de productos estandarizados.

El desarrollo de nuevos productos, ya sean complejos o estandarizados, requiere de la combinación de diferentes acervos de conocimiento como insumos para la obtención y diseño de nuevos artefactos tecnológicos,¹⁴ definiendo un mapa de posibilidades de combinación de conocimientos que puede ser expresado como un modelo matemático sobre la base de un acervo de conocimientos específico, construido como una combinatoria del acervo de conocimientos descritos en la ecuación (2).

$$C = \frac{n(n+1)\cdots(n-r+1)}{r!} = \frac{n!}{r!(n-r)!} = \binom{n}{r} \quad (3)$$

Tomando el acervo de conocimientos que llega hasta n , y realizando combinaciones de r en r , entonces C representaría las posibilidades de combinación de conocimientos en la búsqueda de nuevos artefactos tecnológicos en la ecuación (3).

Pero lo anterior resulta una aproximación bastante limitada y de hecho es una visión parcial de las innovaciones tecnológicas. No es suficiente la simple combinación de conocimientos para la concepción de nuevos artefactos tecnológicos que se conviertan en innovaciones. Una salida para superar esta limitación es la consideración del potencial de diseño y la capacidad de asimilación y generación de nuevo conocimiento, lo cual puede ser integrado en una ecuación como la siguiente:

$$X_{ij} \approx \alpha_i \theta_{ij}^{\delta_i} \left[\binom{n}{r} \right]_j \quad (4)$$

¹⁴ Esta abstracción no está muy lejana de la realidad, si pensamos en el caso de ciertos productos complejos como los de la química, en los cuales se han desarrollado robots de química combinatoria, encargados de realizar combinaciones aleatorias de compuestos y sus características en la búsqueda de nuevos compuestos.

Donde:

α = Capacidad de asimilación de conocimiento $0 \leq \alpha \leq 1$.

θ = Estado tecnológico de la empresa $\forall \theta \in \mathbb{N}$.

δ = Factor de potencial creativo – $-\infty < \delta < \infty$ (diseño), medido como un coeficiente de inventiva de la empresa.

i = Empresa.

j = Sector industrial.

De este modo, en la ecuación (4), X representa las capacidades de diseño de nuevos artefactos tecnológicos (para el caso de productos complejos, si consideramos como insumo de conocimiento aquel que va desde a hasta n). En esta expresión se considera que dado un estado tecnológico θ de la empresa i en el sector j , existe una capacidad de asimilación de conocimiento α , asociado a la empresa i , que va de 0 a 1, donde 0 representa nula capacidad de asimilación y 1 la capacidad de asimilación del total de conocimiento.

Debe notarse que δ como factor de potencial creativo de la empresa, es expresado como un exponente sobre la base de la evidencia obtenida en la Gráfica 3, lo cual implica que la capacidad de diseño de la empresa i tiene la capacidad de potenciar el conocimiento científico generado, expandiendo las posibilidades de concepción, o con mayor exactitud el diseño de nuevos artefactos tecnológicos, siempre que $\delta > 1$. En este sentido, podría pensarse en un caso donde existieran factores inversos o negativos de potencial creativo $\delta < 1$, lo que significa un diseño destructivo de los conocimientos adquiridos, aún cuando se tengan valores de α cercanos o iguales a 1, esto es, aún cuando se tenga una alta capacidad de asimilación de nuevos conocimientos.

Es importante notar que aunque el factor δ sea 1, existe una posibilidad de generación de nuevos artefactos tecnológicos a través de la expansión del mapa de oportunidades de nuevos artefactos tecnológicos de la expresión (3).

Siguiendo el mismo razonamiento, es posible expresar las capacidades de diseño de nuevos artefactos tecnológicos para productos estandarizados Φ , con insumos de conocimiento científico difundido, considerando un subconjunto de conocimientos que va desde a hasta m tomados de r en r , de la siguiente forma:

Es importante notar en esta expresión, que las empresas i del sector j se desempeñan en el contexto de economías en desarrollo. Es decir, no basta contar con capacidades de asimilación de conocimiento α cercanas o iguales a 1. Más bien, es fundamental contar con capacidades de diseño $\delta > 1$. Esto es más importante para empresas productoras de artefactos tecnológicos estandarizados, ya que las innovaciones tecnológicas para estas empresas estarían basadas en diseño, con insumos de conocimiento difundido.

3.2 Modelo general de innovación y articulación de conocimiento

En este apartado plantea un modelo general de innovación y estructuras de conocimiento considerando los procesos de investigación, desarrollo y diseño. En este modelo se incluye el ciclo de vida del producto como ejemplo para comprender de manera general el proceso de innovación a través de diseño en condiciones e insumos de conocimiento diferenciados.

Definiendo un espacio geométrico tridimensional es posible visualizar la estructura tecnológica y la interacción de la investigación básica, el desarrollo y el diseño. Es posible representar diferentes tipos de trayectorias tecnológicas asociadas al ciclo de vida del producto, para lo cual se integra el índice de innovación en el eje desarrollo, se definen dos trayectorias básicas del ciclo de vida tecnológico de acuerdo con el tipo de producto, es decir, curvas de innovación de productos complejos intensivos en conocimientos científicos básicos, e innovación de productos estandarizados intensivos en el uso de conocimientos difundidos (Gráfica 4).

Este modelo parte de suponer que la innovación tecnológica comienza con un nuevo producto complejo en el punto a . Mientras que el índice de innovación crece y describe una trayectoria tecnológica, existe un momento en el que la trayectoria de innovación se bifurca en el punto b , dando lugar a la generación de diseños para la innovación en productos complejos (*curva A*) y estandarizados (*curva B*), aunque la fuente de diseños para la innovación sigue siendo propiedad de las empresas que iniciaron el proceso innovador (generalmente empresas productoras de diseño complejos de países desarrollados). En este caso, la producción de productos estandarizados y componentes especializados se desplaza eventualmente a países de reciente industrialización para comenzar con la elaboración de nuevos productos pero con diseños dependientes de dichas empresas de países desarrollados (*curva B*).

A lo largo de este proceso se describe también una trayectoria de innovación en procesos productivos cuyo objetivo es abatir los costos (*curva C*), generalmente este mecanismo comienza con bajas tasas de innovación como en el punto e ,

dado que al inicio del desarrollo de los productos la innovación está concentrada más en el artefacto que en su proceso de producción.

De este modo es posible describir una estructura de innovación tecnológica dónde los países desarrollados generan nuevos productos complejos acompañados de la producción de nuevos conocimientos como insumo principal para lograrlo, y los países de reciente industrialización con altos grados de especialización y generación de recursos humanos capacitados se concentran en el diseño de los productos estandarizados, que funcionan a manera de complemento o integran parte de los productos complejos. De esta manera, el ciclo de vida de los productos complejos puede mostrar una trayectoria de innovación sesgada al eje de investiga-

Gráfica 4
Estructuras y trayectorias de investigación, desarrollo y diseño
bajo condiciones específicas de desarrollo económico

Fuente: Elaboración propia con base en datos del proyecto COPS (Complex Products Systems), Universidad de Sussex, Inglaterra.

ción básica (curva A), mientras que los productos estandarizados hacia el eje de diseño (curva B).

Una vez que se han estandarizado los procesos y los índices de innovación en producto disminuyen, comienza un mecanismo de innovación en procesos encabezada por empresas trasnacionales descrito por la curva C, las cuales buscan la reducción de costos aunque no se innove directamente sobre el producto estandarizado, lo anterior es con el fin de obtener beneficios de la reducción de los costos de producción. Este proceso se prolonga hasta que comience el nuevo ciclo tecnológico.

Lo anterior, no es el único proceso de innovación en un ciclo tecnológico y queda ilustrado con casos como el de Corea, donde a partir de 1985 se generaron procesos de expansión tecnológica exitosa, asociados a una alta producción de nuevos diseños propios representados por el crecimiento exponencial de su nivel de patentamiento.

Una forma de entender lo que sucede con procesos exitosos de expansión tecnológica endógena como en el caso de Corea, es identificar la trayectoria de innovación e integración con el ciclo de vida tecnológico iniciado por países desarrollados.

Podemos encontrar un segundo punto de bifurcación de la trayectoria de innovación y ciclo de vida tecnológica en la Gráfica 4, este se localiza en un momento donde el índice de innovación comienza a decrecer, y a partir de la trayectoria de innovación en productos estandarizados con diseños dependientes (curva B), los países en desarrollo logran innovaciones de productos estandarizados pero esta vez con diseños propios curva (D y E), esto libera a las empresas de países en desarrollo de buscar innovaciones de productos con diseños dependientes de países desarrollados o bien de enfocarse en la innovación de procesos con diseño dependiente de productos.

En este caso, se habla de procesos de innovación en productos estandarizados con diseños propios por parte de las empresas nacionales de los países en desarrollo, descritos por las curvas D y E, la cual se representa doble como consecuencia del posible uso de conocimiento científico difundido. Cabe la posibilidad de que se realicen innovaciones aún con menores insumos de conocimiento básico, los cuales no necesariamente rebasan la frontera tecnológica, en este caso se está haciendo uso del conocimiento difundido, acompañado de un uso intensivo de conocimiento en diseño.

Lo anterior permite observar que dentro de este proceso de innovación basado en el diseño endógeno de nuevos productos, pueden existir mecanismos de innovación en procesos productivos, pero esta vez por parte de empresas naciona-

les de países en desarrollo (*curva F*). Las cuales se enfocan al mejoramiento de productos y sus procesos de producción con diseño endógeno y ya no son empresas de tipo transnacional.

Estos procesos podrían prolongarse hasta que surja una nueva innovación de productos complejos por parte de los países desarrollados, o bien en el caso de que las empresas nacionales inicien de manera autónoma un nuevo ciclo tecnológico el cual puede estar basado en nuevos productos estandarizados o bien en fases avanzadas, en la innovación a través de nuevos productos complejos que inicien un nuevo paradigma tecnológico.

Conclusiones

El proceso de diseño, entendido como una capacidad de articulación de conocimientos nuevos o difundidos, representa un elemento indispensable para comprender los procesos de innovación tecnológica de acuerdo con el tipo de productos y ayuda a entender la manera como las empresas administran sus insumos de conocimiento bajo entornos de desarrollo económico específicos. Observar los artefactos tecnológicos desde el punto de vista de diseño, permite identificar su proceso de concepción como una forma de conocimiento y mecanismo de contingencia de las empresas ante la dinámica del entorno económico. Esto coloca al diseño como una parte de los mecanismos de innovación tecnológica.

Los artefactos no surgen como la consecuencia inmediata de nuevos conocimientos básicos o aplicados ni como procesos de desarrollo en mejoras de productos existentes, sino a través de un ejercicio de reunión de diferentes objetos, ideas, conocimientos y experiencias; dispuestas de manera organizada en el contexto de interacciones socioeconómicas y trayectorias tecnológicas. Los nuevos artefactos no son del todo inventados en el laboratorio de I+D, sino diseñados por las empresas en un entorno económico evolutivo e interacciones socioeconómicas específicas a través de procesos intuitivos de aproximación al artefacto tecnológico, como una forma de contingencia ante el entorno cambiante. Este proceso que representa una alternativa de solución tecnológica define trayectorias evolutivas de diseño para los productos como mecanismos de adaptación de las empresas, consolidando así estructuras industriales específicas.

Las características de diseño de los artefactos tecnológicos determinan un comportamiento competitivo de las empresas, lo que las posiciona en el escenario económico. Por lo anterior, se reconoce que existen diferentes formas y ámbitos de diseño, dependiendo del tipo de insumos de conocimiento y del contexto de desarrollo económico en el que actúe la empresa.

Asimismo, permite observar que en un mismo sector industrial pueden existir productos estandarizados y complejos, los cuales requieren de un tipo específico de diseño, así como de un acervo de conocimiento igualmente particular. Del mismo modo existe una especificidad de conocimientos asociada al tipo de diseño del artefacto.

La innovación tecnológica debe ser vista como un proceso complejo, en el que la producción de nuevo conocimiento científico básico no basta para la concepción o diseño de nuevos artefactos tecnológicos. La función de diseño y asimilación de conocimiento científico difundido son aspectos medulares para la innovación tecnológica. Existe pues, una especificidad de diseño e insumos de conocimiento en el contexto de brechas tecnológicas, lo que influye para una especialización de diseño por país.

El indicador de nuevos patentes, así como el factor de potencial creativo, sugieren la formulación de un modelo que incluya al diseño como una variable de explicación del proceso de creación de nuevos artefactos tecnológicos y dinámicas de expansión tecnológica exitosa. Los diseños para la innovación y los insumos de conocimiento para realizarlos son específicos para cada empresa y entorno de desarrollo económico en el que se desenvuelva, lo que permite identificar innovaciones basadas en diseños que articulan nuevo conocimiento científico básico, en el contexto de países desarrollados, y por otro lado procesos de innovación a través de diseño e insumos de conocimiento difundido en el contexto de países en desarrollo. De igual manera, la evidencia empírica, demuestra la existen diferentes formas y ámbitos de diseño asociados al contexto de desarrollo económico en el que actúe la empresa y del tipo de insumos de conocimiento con los que cuente; de este modo, se identificaron dos grupos de productos por su tipo de diseño e insumos de conocimiento: a) productos complejos, generados por empresas en el contexto de países desarrollados y b) productos estandarizados, generados por empresas en el contexto de países en desarrollo.

Los países desarrollados se especializan en el diseño de productos complejos, concentrándose en sectores tecnológicos donde es indispensable contar con una gran cantidad de insumos de nuevo conocimiento básico, capaces de transformar los sistemas y artefactos de alta tecnología. En este caso, los diseños para la innovación tecnológica están encaminados a expandir la frontera de conocimientos y determinan las arquitecturas dominantes para la producción estandarizada.

Por su parte, las empresas de países en desarrollo con procesos exitosos de expansión tecnológica, parecen haber concentrado sus procesos de diseños para la innovación en los productos estandarizados, tratando de seguir de cerca y de manera eficiente la frontera científica; no para superarla, sino para obtener la mayor cantidad

de insumos de conocimiento difundido y poder diseñar nuevos artefactos compatibles con las arquitecturas e interfaces de los nuevos productos complejos.

A partir de los modelos y la evidencia presentada, se propone que la innovación tecnológica en países en desarrollo (tales como México), podría buscarse a través de aproximaciones y seguimiento de la frontera científica tan eficientemente como sea posible para construir el acervo de conocimientos y apoyando a las empresas nacionales a expandir la cadena de valor de la producción global a través de una primera etapa que lleve a incrementos en la productividad, para posteriormente enfocarse en el diseño endógeno de productos de más alto valor asociados a insumos de conocimiento científico difundido.

La importancia del diseño para la innovación en productos estandarizados que muestra esta investigación, establece la necesidad de reconocer la existencia de innovaciones a través de conocimiento científico difundido y diseño endógeno eficiente. Los nuevos productos así diseñados deben ser fácilmente adaptables, tanto a las nuevas tendencias de los consumidores finales, como a las nuevas tecnologías básicas planteadas por los países desarrollados a través de los nuevos diseños de productos complejos y arquitecturas de interfase.

El modelo planteado, explica las innovaciones y fronteras tecnológicas, más allá de la sola obtención o generación de los insumos de conocimiento. Esto permite integrar al diseño como un factor exponencial del estado tecnológico de las empresas, un elemento que contribuye a explicar los ciclos tecnológicos y los procesos de innovación tecnológica bajo diferentes condiciones de desarrollo económico. Las ecuaciones de capacidades de diseño de nuevos artefactos tecnológicos, son una propuesta para el análisis del proceso de innovación tecnológica en condiciones diferenciadas de desarrollo económico, esto propone un punto de partida para futuras investigaciones.

Referencias bibliográficas

- Abel A. & J. Eberly (1999). "The effects of irreversibility and uncertainty on capital accumulation" en *Journal of Monetary Economics*, vol. 44, núm. 3, (december 1999), 339-377.
- Aboites, J. (2001). "Sistema de patentes comparados: el caso de México y Corea" en Dutrenit, G, Garrido, C, y G. Valenti (eds), *Sistema nacional de innovación tecnológica*, México: UAM.
- Abortes, J. y M. Cimoli (2001). "Intellectual property right and nacional innovation systems. Some lessons from the mexican experience", *Conference Paper no. 4, Druid's*.

- Baldwin, C. and C. Kim (2000). *Design rules*, EUA: MIT. Press.
- Callon, M. (1984). "Society in the making: the study of technology as a tool for sociological analysis" en Bijker, W. (ed), *The social construction of technological systems*, EUA: MIT Press Cambridge, pp. 83-106.
- Cisneros S. (2003). *Tipologías de diseño y estructuras de conocimiento para la innovación tecnológica*, tesis de maestría, México.
- Coase, R. (1937). "The nature of the firm", *Económica*, vol. 4, núm. 3, pp. 386-405.
- David P. (2001). "Path dependence, its critics, and the quest for "historical Economics"" en Garrouste P. & S. Ioannides (2001), *Evolution and path dependence in economic ideas: past and present*; USA: Edward Elgar.
- Fine H. Ch. (2000). *El nuevo ciclo empresarial: ventajas competitivas en la era de la velocidad*, España: Paidós.
- Forbes, N. (1998). "Should developing countries do science?" *Working paper*, Program in Science Technology and Society, Stanford University.
- Fujimoto, T. (1999). *The evolution of a manufacturing system at Toyota*, New York: Oxford University Press.
- Hammer, M. y Champy, J. (1993). *Reengineering the corporation*, New York: Harper Collins Publishers.
- Hobday, M. (1996). "Complex system vs. mass production industries: a new innovation research agenda", *Working paper*, Sussex University Press.
- Hodgson M. Geoffrey (1997). "The ubiquity of habits and rules", *Cambridge Journal of Economics*, 21, pp. 663-684.
- Hugues, T. (1984). "The evolution of large technological systems" en Bijker, W. (ed.), *The social construction of technological systems*, EUA: MIT Press Cambridge, pp. 51-82.
- Langlois, R. (2001). "The vanishing hand: the modular revolution in american business", *Conference Paper no. 18*, Druid's.
- Lara, A. (2001). "Arquitectura modular y evolución de sistemas complejos: el caso del sector automotriz" en Flores, J. y R. Tirado (eds.), *Economía industrial y agrícola en México ante la apertura*, México: UAM-X, pp. 201-222.
- Metcalf, C. (1976). "Evolutionary approaches to population thinking and the problem of growth and development" en Dopfer, K. (ed).
- Nelson, R. y S. Winter (1982). *An evolutionary theory of economic change*, Cambridge MA: Harvard University Press.
- Pinch, T. and W. Bijker (1984). "The social construction of facts and artifacts: or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit

- Each Other”, en Bijker, W. (ed), *The social construction of technological systems*, Cambridge: MIT Press, pp. 17-50.
- Shenhar, A. (1994). “A new conceptual framework for modern project management, in Khalil” en T. y B. Bayraktar (eds), *Management of technology, institute of industrial Engineers*, vol. 4, pp. 1308-1320.
- Simon, H. (1959). “Theories of decision making in economics and behavioral science” en *American Economic Review*, vol. 49, pp. 253-283.
- (1962). “The architecture of complexity” en *Proceedings of the american philosophical society*, 106, pp. 467-482.
- (1970). *The sciences of the artificial*, Cambridge, Mass: MIT. Press.
- Stinchcombe, Arthur L. (1990). *Information and organizations*, Berkeley: University of California Press.
- Thompson, J. (1967). *Organizations in action*, New York: McGraw-Hill.
- Towner, S.J. (1994). “Four ways to accelerate new product development” en *Long Range Planning*, 27, núm. 2, pp. 57-65.
- Williamson and Sinter (1992). *The nature of the firm: origins, evolution and development*, Oxford University Press.