

Aprendizaje y acumulación de capacidades tecnológicas en un grupo del sector siderúrgico *

Rodrigo Ortega Rangel**

Resumen

El aprendizaje y la acumulación de capacidades tecnológicas son unos de los rasgos que integran la sociedad del conocimiento actual. Por ello son parte fundamental de la competitividad entre países, regiones y empresas. El aprendizaje y la acumulación de capacidades implican un proceso de desarrollo de capacidades internas que se construyen a partir de esfuerzos propios y de la experiencia y conocimientos disponibles desarrollados por la propia empresa u otras instituciones para generar innovaciones; son, por lo tanto, elementos fundamentales de la competitividad.

La regularidad con la que una empresa incorpora mejoras radicales o incrementales en sus productos, procesos o esquemas organizacionales es factor decisivo para el crecimiento de su productividad.

Este trabajo analiza el proceso de innovación desde una perspectiva interna, para elucidar la forma en que un grupo industrial del sector siderúrgico desarrolla sus capacidades tecnológicas a través del ejercicio de sus funciones técnicas de inversión, producción y soporte.

“Los procesos de aprendizaje comprenden el aprendizaje por la práctica (aumentar por ejemplo, la eficiencia de las operaciones de producción), el aprendizaje por el uso (por ejemplo, utilizar más eficientemente los equipos complejos), el aprendizaje por interacción (asociando usuarios y productores en una interacción en el desarrollo de nuevos productos), y hasta el aprendizaje por aprendizaje, donde la capacidad de las empresas en asimilar las innovaciones realizadas en otra

parte depende de su experiencia en materia de aprendizaje, enriquecida por la I&D o por otras inversiones inmateriales.”

OCDE (1992, p. 42)

Introducción y metodología

Las empresas construyen capacidades tecnológicas a través de procesos de aprendizaje, de modo que el aprendizaje tecnológico se concibe como el proceso dinámico de adquisición de capacidades tecnológicas. Los procesos de acumulación de capacidades tecnológicas dependen de un conjunto de factores vinculados con los flujos de conocimiento dentro de la empresa y entre la empresa y su entorno; en particular, el contexto en el cual compiten afecta los procesos de acumulación.

El estudio interno de las actividades innovadoras resulta imprescindible para poder alcanzar un mejor conocimiento sobre el fenómeno de la innovación y de esta forma articular las políticas de apoyo más eficaces de tipo específico, en función del proceso de innovación desplegado.

Este estudio analiza el proceso de aprendizaje tecnológico en un grupo industrial del sector siderúrgico mexicano, en el periodo 1999-2003. La finalidad es explorar y en su caso explicar dicho proceso de aprendizaje, sobre todo en el proceso productivo (Acería y Laminación). Esto implica identificar los esfuerzos propios y evaluar los mecanismos y las actividades de aprendizaje

Palabras clave:

Capacidades tecnológicas, aprendizaje tecnológico, funciones técnicas de inversión, producción, soporte.

Clasificación JEL:

032

* Este artículo es resultado de una investigación, en desarrollo de la tesis doctoral del autor, que aplica la metodología del estudio de caso en un grupo industrial de sector siderúrgico en San Luis Potosí, México.

** Egresado de la 3ª. generación del Doctorado Interinstitucional en Administración de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P., México. Catedrático del Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, México. Correo electrónico: rodrigo_ortega_rangel@hotmail.com

a partir de las capacidades tecnológicas en las funciones técnicas de inversión, producción y de soporte¹.

Se toma como base metodológica el estudio de caso² y como instrumento para obtener la información la entrevista a profundidad y una guía para cada tipo de funciones técnicas, así como la observación directa y minuciosa de las actividades que se realizan en cada una de las etapas del proceso productivo, involucrando a los informantes. Las acciones así identificadas son sistematizadas para caracterizar las capacidades tecnológicas en la taxonomía sugerida por Dutrénit (2002), con el fin de valorar el nivel de acumulación.

La finalidad es mostrar que en dicho grupo corporativo se han emprendido procesos de aprendizaje internos que han permitido a la empresa construir capacidades de absorción tecnológica (adquisición, asimilación, adaptación y cambio menor), lo que ha repercutido en mejorar sus niveles de productividad.

Las preguntas que aquí se responden son las siguientes: ¿En qué medida el “grupo San” ha construido o seguido un proceso de aprendizaje tecnológico? Si esto es así, ¿cómo se caracteriza dicho proceso de aprendizaje y de construcción de capacidades tecnológicas acumuladas?

El aprendizaje tecnológico en las empresas

Según Dodgson (1993), el término “aprendizaje” ha sido usado de al menos dos modos por diferentes cuerpos de literatura. La literatura básicamente económica y la de administración de negocios e innovación “... intenta examinar los resultados del aprendizaje, antes de comprender lo que el aprendizaje realmente es y cómo es que estos resultados son logrados. En contraste, el aprendizaje es una de las mayores preocupaciones en la teoría organizacional y en la teoría psicológica” (p. 376).

Para Bell y Pavitt (1993, p. 163), el aprendizaje tecnológico se refiere a cualquier proceso por el cual se incrementan o fortalecen los recursos para generar y administrar

cambio técnico, es decir los procesos relacionados con los conocimientos, habilidades, experiencia, estructuras institucionales y vínculos con empresas, entre empresas y fuera de ellas. Así pues, el aprendizaje tecnológico se refiere al proceso dinámico de adquisición de capacidades tecnológicas.

Se ha reconocido que existe una fuerte curva de aprendizaje relacionada con la actividad manufacturera (la curva de aprendizaje se puede advertir de manera empírica mediante la reducción de costos de producción cuando, con el mismo equipo, se duplica la escala de la producción; la curva a la que da lugar el decremento se conoce como curva de experiencia). K.J. Arrow (1985) define el aprendizaje proveniente del incremento de habilidades en la manufactura como *aprender haciendo* (*learning by doing*), que desde el punto de vista económico se traduce en costos laborales más bajos.

Los planteamientos más importantes tanto en la economía de la innovación como en la sociología del trabajo coinciden en señalar que el aprendizaje tecnológico constituye un proceso social dinámico y acumulativo de generación y difusión de conocimiento tecnológico en las empresas (Rosenberg, 1979; Ruffier, 1984; Jones y Wood, 1984; Lundvall, 1988; Villavicencio, 1990; Arvanitis *et al.*, 1992; OCDE, 1992; Pirela *et al.*, 1993).

El aprendizaje es considerado como la vía para la construcción de las capacidades tecnológicas. Para Bell y Pavitt (1993), el aprendizaje tecnológico se refiere a “cualquier proceso en el que los recursos para generar o administrar el cambio técnico (las capacidades tecnológicas) son incrementados o reforzados” (p. 164).

El aprendizaje tecnológico no es automático, por el contrario, es gradual y acumulativo por naturaleza; es un proceso social y colectivo; es local y tiene una dimensión tácita (Bell, 1984; Dosi, 1988; Teece, Pisano y Shuen, 1990).

Bell y Pavitt (1993) indican que es necesario diferenciar la acumulación de una gama de recursos y el uso de ésta

¹ Estas funciones están detalladas en Lall (1992), Pavitt (1995) y Dutrénit (2002).

² La opción del estudio de un caso se encuentra condicionada en particular a las preguntas de la investigación y la unidad del análisis. La metodología del estudio de caso resulta más apropiada cuando las preguntas del “cómo” y “por qué” se centran alrededor de un fenómeno que está ocurriendo o ya pasado, a partir de múltiples fuentes de evidencia (Yin, 1994). El estudio de caso ayuda a definir el diseño de investigación y la recolección de datos apropiada, y llega a ser el vehículo principal para generalizar los resultados a través de comparar (triangulación) los resultados obtenidos con las afirmaciones que presenta la teoría (Yin, 1994).

³ Nombre del grupo de empresas del sector siderúrgico estudiado.

para generar y administrar la innovación. Las empresas pueden aprender a través de la actividad innovadora, no obstante que ésta sea uno de los objetivos del aprendizaje.

La literatura sobre aprendizaje y acumulación de capacidades tecnológicas establece vínculos directos entre ambos fenómenos. Como la definición indica, el aprendizaje es el vehículo para adquirir capacidades tecnológicas. Estos autores resaltan los procesos y los mecanismos mediante los cuales las empresas pueden desarrollar trayectorias evolutivas y secuenciales de acumulación de capacidades tecnológicas, punto este que es el eje del presente estudio.

Formas de capacidades tecnológicas

Un concepto útil para estudiar los procesos innovativos en los países en desarrollo es el de *capacidades tecnológicas* que incluye diversas actividades tecnológicas. Ariffin y Figueiredo (2001) señalan que las capacidades tecnológicas son “aquellos recursos necesarios para generar y administrar las mejoras en los procesos y la organización de la producción, productos, equipo y proyectos de ingeniería. Dichas capacidades tecnológicas se dan a nivel individual (habilidades, conocimiento y experiencia) y en los sistemas organizacionales” (p. 3).

Kim (1997) define las capacidades tecnológicas como “...La habilidad de hacer un uso efectivo del conocimiento tecnológico para asimilar, usar, adaptar y cambiar las tecnologías existentes. También permite crear tecnologías nuevas y desarrollar nuevos productos y procesos en respuesta al ambiente económico cambiante...” (p. 86).

Kim introduce un nuevo marco de análisis para el proceso de construcción de capacidades, dando mayor atención al papel de los factores organizacionales en el proceso de creación de conocimiento. Las empresas no sólo siguen una persistente y deliberada estrategia tecnológica, la cual cambia gradualmente de acuerdo con la adquisición de las capacidades tecnológicas para innovar o imitar de manera creativa, sino que ellas implementan una activa “administración de aprendizaje dinámico”.

Con base en la definición de Kim (1997) sobre capacidades tecnológicas, en este trabajo se identifica y describe la habilidad de este grupo industrial para aprovechar el conocimiento tecnológico y la capacidad que ha desarrollado para establecer nuevos productos y procesos.

Existen varias categorías de actividades tecnológicas en los países en desarrollo y se han identificado una serie

de etapas en el proceso de adquisición o desarrollo de capacidad tecnológica. La secuencia más común se puede resumir en las siguientes etapas:

1. Identificar una oportunidad o un problema (ya que aprovechar la oportunidad o resolver el problema implica una dimensión tecnológica).
2. Explorar las soluciones tecnológicas posibles, estudiar y seleccionar las más apropiadas y, si es necesario, negociar efectivamente la adquisición del nuevo conocimiento tecnológico.
3. Operar la tecnología.
4. Adaptar la tecnología a las condiciones locales (según precios locales de los insumos y productos, el rango de habilidades disponibles localmente, los gustos del mercado local, la disponibilidad de materias primas, el clima, etcétera).
5. Modificar la tecnología en respuesta a los cambios del entorno económico (incremento de productividad, nueva presentación).
6. Modificar substancialmente el proceso o el producto (cambio mayor a la tecnología original).
7. Llevar a cabo investigación y desarrollo internos en una forma organizada y sistemática.

En esta secuencia de etapas se considera en forma general que existe un incremento cualitativo en la profundidad y complejidad del conocimiento requerido para llevar a cabo cada etapa. Sin embargo, no debe creerse que cada empresa pasa por toda la secuencia.

Las etapas de la 1 a la 5 están relacionadas con actividades pertenecientes al *know-how*. Las etapas 6 y 7 están asociadas a actividades pertenecientes al *know-why* (James, 1988).

Pasar del primer conjunto al segundo requiere un enorme esfuerzo y también una decisión consciente y estratégica por parte de las empresas, no se da por inercia.

Esta serie de etapas en la adquisición de capacidades tecnológicas se pueden relacionar con lo que otros autores dentro de la misma literatura de desarrollo identifican como las formas de dichas capacidades. Así, las etapas 1 y 2 corresponden a la capacidad de adquisición tecnológica, la etapa 3 a la capacidad de asimilación, las etapas 4 y 5 a la capacidad de modificación (o cambio menor), y las etapas 6 y 7 a la capacidad de innovación. A estas

formas se añaden la capacidad de ingeniería y de diseño, así como la capacidad de vinculación.

El desarrollo tecnológico requerido para la industrialización exitosa en países en desarrollo no ha dependido del tipo de innovación mayor. Mientras que otras formas de capacidad tecnológica han contribuido grandemente al logro de una producción eficiente, la innovación mayor ha tenido poca importancia. Una adecuada capacidad de absorción tecnológica (adquisición, asimilación, adaptación y cambio menor) puede ser suficiente para el logro de una productividad cercana o igual a los niveles mundiales. Esto significa que sin ser autosuficientes tecnológicamente, es posible acumular, con el esfuerzo requerido, capacidades tecnológicas locales y es éste el foco de atención en este estudio.

Para Lall (1992), las capacidades tecnológicas de la empresa se pueden agrupar en tres categorías: inversión, producción y soporte. Dentro de cada categoría hay un núcleo básico de funciones que deben ser internalizadas por la empresa para desarrollar una operatoria comercial exitosa. A su vez, este núcleo básico debe crecer a lo largo del tiempo, en tanto la empresa desarrolla actividades cada vez más complejas.

Las capacidades de inversión son aquellas necesarias para identificar, preparar y obtener las tecnologías indispensables para el diseño, construcción y equipamiento de una nueva planta (o de una expansión de una planta existente); incluyen también las capacidades para reclutar el personal y formular adecuadamente los encargos necesarios para el proyecto. Con base en estas capacidades quedan determinados los costos de capital del proyecto, lo apropiado o no de la escala de producción, la tecnología y el equipamiento seleccionado, así como el entendimiento ganado por la empresa sobre las tecnologías básicas involucradas, que a su vez determina la eficiencia con la cual más tarde se manejará la fábrica.

Las capacidades de producción van desde actividades básicas como control de calidad, operación y mantenimiento, pasando por otras más avanzadas, que pueden ser adaptaciones, mejoras, alargamiento de la vida útil de los equipos, hasta las más exigentes como investigación, diseño e innovación. Estas capacidades determinan no sólo cómo se operan y se mejoran las tecnologías actuales, sino también cómo se utilizan los esfuerzos internos de una empresa para absorber tecnologías compradas o imitadas de fuentes externas.

Las capacidades de soporte son las necesarias para recibir y transmitir información, experiencia y tecnología de los proveedores de componentes y materias primas, de

los subcontratistas, consultoras, empresas de servicio e instituciones tecnológicas. Afectan la eficiencia productiva de la empresa y su capacidad de innovación.

Lall (1992) señala que estos elementos “incorporados” de una tecnología deben acompañarse por un número de elementos tácitos, que tienen que ser enseñados y aprendidos. Por esto, el éxito de la transferencia de una nueva tecnología a un país en desarrollo tiene que incluir un elemento importante: la construcción de capacidad.

Matriz de capacidades tecnológicas

Para determinar los niveles de acumulación de capacidades tecnológicas se utiliza la matriz de capacidades tecnológicas, tomando como base la taxonomía propuesta por Bell y Pavitt (1995), y los ajustes que han realizado Dutrénit, Vera-Cruz y Arias (2002), Ariffin y Figueiredo (2001) y Figueiredo (2001).

Bell y Pavitt (1995) consideraron diferentes niveles de funciones técnicas y capacidades tecnológicas para empresas de países en desarrollo, tomando como base el marco analítico desarrollado por Lall (1992), y generaron una importante matriz (taxonomía) de las capacidades tecnológicas.

La matriz de capacidades tecnológicas permite establecer la diferencia entre las capacidades tecnológicas de producción básica (elementos que fueron descritos por otros autores como capacidad de producción) y las capacidades tecnológicas innovativas.

De la misma forma, distingue entre lo que podría llamarse “profundidad” de las capacidades tecnológicas. Un nivel básico de capacidades permite sólo una contribución al cambio relativamente menor e incremental; pero en los niveles intermedios y avanzados, las capacidades tecnológicas consiguen una contribución al cambio más sustancial, novedosa y ambiciosa. La matriz distingue siete funciones técnicas diferentes, en las cuales las empresas logran desarrollar capacidades tecnológicas. Estas funciones son: toma de decisiones y control, preparación y ejecución de grandes proyectos de inversión, centradas en los procesos y organización de la producción, centradas en el producto, funciones de vinculación interna, funciones de vinculación externa y modificación de equipo (Bell y Pavitt, 1995, p. 83).

Las dos primeras funciones técnicas se definen como *funciones de inversión* y las dos siguientes como *funciones de producción*. A su vez, las funciones de inversión y de

producción se describen como funciones primarias. Las funciones primarias generan cambio técnico y administran su implementación durante proyectos de inversión relativamente largos para crear nuevos sistemas de producción, tales como plantas nuevas o líneas de productos nuevos, ampliación de la capacidad de las plantas existentes o distinción de líneas de productos nuevos.

Matriz de capacidades tecnológicas

Funciones técnicas	Variables	"Profundidad"
De inversión	1. Toma de decisiones y control. 2. Preparación y ejecución de proyectos.	Innovativas básicas
De producción	1. Centradas en el proceso. 2. Centradas en producto.	Innovativas intermedias
De soporte	1. Vinculación interna. 2. Vinculación externa. 3. Desarrollo de equipo	Innovativas avanzadas

Fuente: Taxonomía propuesta por Bell y Pavitt (1995), y los ajustes realizados por Dutrénit, Vera-Cruz y Arias (2002), Ariffin y Figueiredo (2001) y Figueiredo (2001).

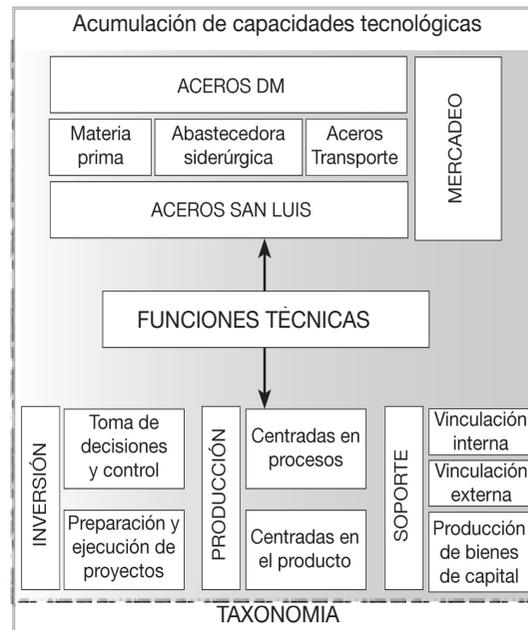
Las últimas tres funciones técnicas son consideradas como *funciones de soporte*. Estas consisten en el desarrollo de vínculos centrados en el cambio e interacciones con otras empresas e instituciones, así como la producción de bienes de capital o desarrollo de equipo, que comprenden elementos de tecnología nueva creada particularmente. A largo plazo, las capacidades que se originan de estas funciones técnicas ayudan a fortalecer la secuencia de acumulación de las capacidades tecnológicas y establecen la base para la diversificación de nuevos productos e industrias.

El grupo San

El estudio se realiza en el Grupo San (la razón social es alusiva a un grupo de empresas de San Luis Potosí, formadas a partir de Aceros San Luis), que comprende las siguientes empresas: *Aceros San Luis S. A. de C. V.*, que fabrica varilla corrugada y alambrón para la construcción; *Abastecedora Siderúrgica S. A. de C. V.*, dedicada a la concentración, preparación, corte y selección de chatarra ferrosa, en la calidad, densidad y dimensiones adecuadas; *Aceros D. M. S. A. de C. V.*, fabrica varilla corrugada, perfiles redondos y cuadrados, los cuales son utilizados en la producción de herramientas y otras manufacturas, y *Aceros Transporte S. A. de C. V.*, encargada de la transportación de materia prima e insumos para la

producción, así como de los productos terminados, de la planta a los centros de distribución o clientes.

Esquema del estudio.



Antecedentes del Grupo

En abril de 1966 inició sus operaciones, dedicándose a la fabricación de varillas de acero al carbón común para ser utilizadas en la industria de la construcción. Contaba entonces con un tren de laminación de acero caliente para la fabricación de varilla corrugada y similares. En julio de 1973 dejó de ser una planta relaminadora para convertirse en una planta semiintegrada, al poner en operación el primer horno eléctrico de arco. En 1975 puso en funcionamiento una máquina de colada continua para fabricar las palanquillas que habrían de sustituir a los lingotes de acero.

En el periodo comprendido de marzo a junio de 1979 integró un molino de laminación de acero en caliente. Se instaló además un horno eléctrico de arco y se adicionó un hilo más a la máquina de colada continua con lo cual duplicó la capacidad de producción de palanquillas de acero al carbón común.

La materia prima utilizada es chatarra. Ésta es seleccionada por su tamaño, calidad y pureza, mezclada con un alto porcentaje de fierro esponja, inicia la primera parte del proceso al ser cargada al horno eléctrico de arco.

El grupo cuenta actualmente con cuatro hornos de arco eléctrico, tres máquinas de colada continua, dos hornos

de recalentamiento, dos trenes de laminación con capacidad para fabricar más de 125 productos diferentes, emplea 1.248 personas, entre empleados y trabajadores, y produce más de medio millón de toneladas de acero anuales, con lo cual alcanza una representación del 25% del mercado nacional.

En el mercado internacional tiene participación en Filipinas en *aceros en billet. ASTM 1040*; Canadá en *aceros en P.T.*; Singapur en *aceros P.T. norma BS 460 microaleados*; Colombia; Chile; USA, 11% de la producción en *aceros GD40 y R42* en redondos lisos y corrugados para viga Joyce.

Proceso productivo

Para el establecimiento del sistema de redes y monitoreo de cada una de las operaciones, el proceso productivo está dividido en las siguientes áreas:

Patio de Chatarra

Es el punto donde inicia el proceso de fabricación del acero. Las actividades que se realizan son básicamente: inspección y selección de chatarra, descarga y clasificación de la misma y carga de *cestas*⁴.

De aquí, la carga es transportada a la planta de Acería, en dos carros-cesta, directamente hacia el área de fusión. Estos carros transportan el tipo de chatarra y cantidad en cada cesta; para esto, cada grúa cuenta con un sistema de registro de los pesajes que se realizan y que el operador del carro-cesta entrega al operador del horno de fusión.

Los procesos que se ejecutan en esta área y el personal que colaboró con información sobre las actividades y cambios son presentados en la siguiente tabla.

Horno de Fusión

Es el área de Acería donde se funde el material proveniente del Patio de Chatarra, en lotes o *coladas*⁵, en un horno de fusión tipo *E.B.T.*⁶.

Procesos	Personal entrevistado
1. Evaluación y clasificación de chatarra	Supervisor Patio de Chatarra
2. Procedimiento de control de chatarra externa	
3. Descarga de chatarra en patio	
4. Aceptación / reclasificación de chatarra	Superintendente de Acería
5. Determinación del peso de la chatarra	
6. Instructivo de tipos de chatarra	Gerente de Calidad
7. Tabla de análisis químico	
8. Rechazo de chatarra	
9. Confección de cestas	
10. Procedimiento del control interno de chatarra	

Fuente: Elaboración propia

El proceso de fusión se inicia con la carga de chatarra en el horno mediante una grúa que tiene adaptado un gancho especial para cargar la cesta que alimentará el horno de arco eléctrico.

El horno de arco cuenta con una bóveda o tapa que se abre y cierra con mandos hidráulicos por medio de un *PLC s5 135*⁷, el cual además dirige y controla los sistemas hidráulico y mecánico del horno.

La etapa de fusión se inicia cuando los brazos que soportan los electrodos descienden y hacen contacto con la chatarra, generando cortocircuito. En este momento del proceso se agregan cal, carbón y los aditivos requeridos (elementos de aporte al acero líquido como ferroaleaciones, fundentes y escorias reactivas), conforme a las características del acero que se va a producir.

Los procesos que se realizan en esta área y el personal que aportó información sobre las actividades y cambios son enumerados en la siguiente tabla.

Horno de Afino

Llamado también *horno olla*, es el área de Acería donde se realiza la metalurgia secundaria para la refinación

⁴ Una cesta es el contenedor de chatarra que se utiliza para cargar al horno de fusión.

⁵ 50-60 toneladas de acero líquido con las mismas características químicas (en función de la merma de chatarra).

⁶ Excentric Bottom Taping, orificio localizado excéntricamente en el fondo de la cuba para el vaciado del acero líquido, lo cual permite un mejor control del paso de escoria.

⁷ Controlador Lógico Programable.

del acero líquido en olla mediante un tratamiento. Está constituido principalmente por los siguientes elementos: la olla, que funciona como armazón del horno de calentamiento; la unidad de calentamiento del acero a través de un horno pequeño de arco trifásico, y equipo de transporte de la olla.

Procesos	Personal entrevistado
1. Preparación del horno de fusión	Fundidor horno de fusión
2. Perfil de fusión	Operador púlpito horno de fusión
3. Descarga de cestas al horno	
4. Fusión de chatarra y carga de aditivos	Supervisor Horno de Fusión
5. Operación lanza supersónica	
6. Uso y manejo de electrodos	
7. Reparación tubo de vaciada E. B. T.	Jefe de Hornos
8. Reparación piso y bancos	Superintendente de Acería
9. Reparación de paredes	

Fuente: Elaboración propia.

En forma análoga al horno de fusión, el horno de afino cuenta con dos PLCs para movimientos y regulación de electrodos en forma independiente, y dos terminales MMI para el monitoreo del proceso.

La unidad de calentamiento cuenta con un control semejante a la regulación del arco del horno de fusión, a base de controlar la impedancia mediante un PLC.

El equipo que transporta la olla con acero líquido es un *carro olla*⁸, movido por dos reductores mecánicos y dos motores de corriente alterna trifásicos, los cuales están comandados por dos *Inverters*⁹ VARIAC, que reciben la señal desde el PLC de servicios del horno de fusión.

Máquina de Colada Continua

Área final del proceso de Acería, donde el acero una vez tratado es procesado para formar *palanquillas*¹⁰. La máquina de colada continua cuenta con los siguientes

elementos: torre giratoria de traslado de olla; artesas que reciben y distribuyen el acero; carros porta-artesa movidos por dos motores de CA; comandados por invertir; moldes oscilantes movidos por motores de CD, controlados por convertidores; máquinas extractoras movidas por motores de CD, controlados por convertidores; barras falsas; sopletes de corte y rodillos evacuadores.

La máquina de colada continua cuenta con un PLC para cada línea de la colada, que regula el nivel de acero en la artesa y la velocidad de la línea, y con un PLC general que controla los mandos hidráulicos y mecánicos, además del control del circuito de enfriamiento del acero, el cual resulta fundamental para mantener las propiedades físicas del material.

Procesos	Personal entrevistado
1. Cambio y construcción de la delta del HF	Jefe de Hornos
2. Fabricación y cambio delta HA	Jefe de Refractarios
3. Revestimiento de trabajo placas del distribuidor	Supervisor HF
4. Fabricación de lanzas de emergencia	Supervisor HA
5. Operación máquina espreadora	Supervisor de Refractarios
6. Revestimiento refractario y/o reparación HF	Superintendente de Acería
7. Cambio y fabricación de bóveda del HA	
8. Revestimiento en olla de vaciado	
9. Revestimiento de trabajo espreable en distribuidor	
10. Cambio de blocks portaboquillas y portatapón	

Fuente: Elaboración propia.

A su vez, para el monitoreo, se tienen dos terminales MMI que trabajan en redundancia, permitiendo un acceso más rápido al sistema y previniendo una falla en una u otra terminal.

En esta parte del proceso, la colada es vaciada en un recipiente llamado distribuidor o *Thundish*¹¹. Este distribuye

⁸ Carro transportador de acero líquido.

⁹ Variadores de frecuencia.

¹⁰ La palanquilla es el producto final del Departamento de Acería y consiste en una barra cuadrada de 127 x 127 mm x 8.400 mm o 90 x 90 mm x 8.400 mm y un peso aproximado de una tonelada.

¹¹ Contenedor y acumulador del acero líquido entre la olla de vaciado y las lingoteras.

Matriz de capacidades tecnológicas del Grupo Industrial del Sector Siderúrgico

	<i>Funciones técnicas de inversión</i>		<i>Funciones técnicas de producción</i>		<i>Funciones técnicas de soporte</i>		
<i>Nivel de capacidades</i>	Toma de decisiones y control:	Preparación y ejecución del proyecto	Centradas en procesos y organización de la producción	Centradas en el producto	Vinculación externa	Vinculación interna	Modificación de equipo
Capacidades operativas básicas	Estimación de la inversión	-Planeación protocolo -Preparación protocolo -Acondicionamiento del terreno -Construcción obra civil	-Operación de la planta conforme a las especificaciones establecidas del proceso -Operación rutinaria de procesos -Mejoras en áreas de trabajo derivadas de sistemas supervisión y control de calidad -Ingeniería básica de procesos	-Fabricación conforme a especificaciones marcadas en la orden de producción -Control de calidad rutinario con apego a procesos de control calidad vigentes	Relaciones con proveedores, clientes, instituciones y laboratorios -Relación con clientes atendiendo especificaciones del producto -Búsqueda y negociación con proveedores de materiales indirectos	Relaciones y trámites para autorizaciones sobre insumos, especificaciones técnicas de productos y procesos, y proyectos de inversión	-Mantenimiento rutinario de componentes y equipo -Trabajo con apego a especificaciones de planta y partes simples de maquinaria -Mantenimiento básico sin programación
Capacidades innovativas básicas	Monitoreo y control de: -Estudios de factibilidad -Selección de tecnología - Proveedores -Programación de actividades	-Estudios de factibilidad -Búsqueda de equipo -Ingeniería básica	-Adaptaciones menores al proceso, basadas en estudios de tiempos y movimientos -Implementación de procedimientos mejorados en áreas críticas -Formación de grupos trabajo -Mejoras en la distribución de planta -Programación de la producción -Mantenimiento productivo total -Escalamiento del proceso productivo	-Adaptaciones menores al producto de acuerdo con necesidades del cliente -Mejoras incrementales en la calidad del producto	-Búsqueda de vínculos con instituciones de educación locales para entrenamiento de personal -Transferencia de tecnología a proveedores para incrementar eficiencia y calidad -Atracción de proveedores de materiales directos	Formación de grupos de trabajo para vinculación entre áreas y centros de diseño	-Copia y adaptaciones menores de especificaciones a equipo de prueba -Reconstrucción de equipos pequeños sin asistencia técnica -Mantenimiento básico programado
Capacidades innovativas intermedias	-Búsqueda, evaluación y selección de tecnología y proveedores. -Negociación con proveedores. -Administración del proyecto completo.	-Ingeniería de detalle -Adquisición de equipo -Estudios de medio ambiente -Administración y seguimiento del proyecto -Designación del grupo de trabajo -Reclutamiento y capacitación -Puesta en marcha	-Rediseño y diseño de partes del proceso -Validación de procesos de acuerdo con especificaciones del producto -Estiramiento de la capacidad de producción -Manufactura esbelta, sistemas de calidad y mejora continua	Diseño incremental del producto	-Proyectos conjuntos para la formación profesional -Vinculación con instituciones educativas -Colaboración en desarrollos tecnológicos con proveedores y clientes	Delegación en la toma de algunas decisiones sobre diseños, clientes, proveedores e instituciones	-Adaptaciones a grandes equipos -Ingeniería en reversa -Ingeniería y construcción de equipo de prueba mantenimiento preventivo
Capacidades innovativas avanzadas	Desarrollo de nuevos sistemas de producción y componentes	Diseño de procesos y desarrollo de nuevos métodos	Innovación en procesos y actividades relacionadas	-Diseño de características básicas de nuevos productos -Innovación de productos	-Vinculación con centros de investigación para desarrollos	Autonomía en la toma de decisiones relacionadas con producción, abastecimiento de materiales directos e indirectos	-Diseño y construcción de equipo y componentes -Investigación para integración de nuevos componentes

el acero a cada línea o *lingotera*¹² por la parte inferior y proporciona refrigeración externa al molde.

El molde es un cristizador de cobre de doble conicidad o parabólico, donde se inicia el proceso de solidificación del acero.

El corte de las palanquillas se realiza en forma automática a través del PLC y de aquí son transportadas al almacén de palanquillas.

Resultados

Esta etapa del estudio se construye a partir de los objetivos generales y de los objetivos por áreas productivas, iniciando con los resultados de 1998. La información se organiza en un cuadro comparativo de parámetros sobre los que se hace la evaluación de los resultados obtenidos en cada año. Para cada etapa se identifican las acciones centrales realizadas para lograr los objetivos, y se clasifican de acuerdo con las categorías de la taxonomía.

La información toma como base el análisis de las entrevistas con los responsables de las áreas productivas, la observación directa de cada una y los reportes facilitados.

Esta evidencia empírica recopilada, que se resume en la matriz del grupo, permite identificar un conjunto de capacidades tecnológicas construidas en la empresa, con diferentes niveles de innovación. Es importante señalar que las capacidades aquí concluidas no son las únicas que tiene la empresa, pero sí las más importantes descubiertas en el trabajo de campo.

Mecanismos de aprendizaje tecnológico utilizados en el Grupo San

Con la información obtenida mediante las entrevistas realizadas al personal de las distintas áreas y niveles, se pueden identificar los principales “mecanismos de aprendizaje tecnológico”¹³ que la empresa ha desarrollado para incrementar el conocimiento y las habilidades de los individuos que trabajan en ella y que les ayudan a aprender. Éstos han permitido el escalamiento produc-

tivo y tecnológico logrado por la empresa y se describen a continuación.

1. Programas de capacitación. Estos programas se vuelven mecanismos de aprendizaje para la empresa, ya que a través de ellos las personas reciben nuevo conocimiento que les permite desempeñar mejor su trabajo, optimizar su iniciativa para asumir buenas destrezas en el trabajo y los habilita para ocupar otros puestos.
2. El sistema de calidad. El sistema de calidad que ha desarrollado la empresa se ha convertido en uno de los mecanismos de aprendizaje más importantes, porque le permite aprender, ya que a través de éste las personas asimilan conocimiento y pueden desplegar nuevas habilidades para un óptimo desempeño.
3. Mejoras a maquinaria y equipo. Es una actividad que se reconoce como mecanismo de aprendizaje tecnológico, pues con ella la empresa ha logrado acumular lo que actualmente el personal ya domina, la experiencia y las habilidades desarrolladas a través del tiempo. Estos procesos han estado impulsados principalmente por la necesidad de alcanzar objetivos de producción y eficiencia, lo que le ha permitido alcanzar perfeccionamiento en los equipos y máquinas de gran impacto en la productividad. Es decir, la motivación central no ha sido la de *desarrollar tecnología per se*, sino alcanzar los objetivos y metas de producción y calidad que el mercado exige. Sin embargo, este esfuerzo ha dado como resultado el desarrollo de capacidades tecnológicas nuevas y específicas en la empresa.
4. Relación con proveedores. Es la actividad que más caracteriza a las empresas que, de acuerdo con Pavitt, corresponden al sector dominado por el proveedor, ya que muchas de las innovaciones tienen como fuente principal a los proveedores. Es importante señalar esto debido a que la empresa ha conseguido aprender, en especial de sus proveedores de refractarios, de ferroaleaciones, microaleados, accesorios de maquinaria y equipo, a través de la interacción que se da con el fin de optimizar los rendimientos, limpieza y calidad de los aceros.

¹² La lingotera es la parte de la máquina de colada continua que tiene montado el molde que le dará forma a la palanquilla.

¹³ Los mecanismos de aprendizaje tecnológico se definen como aquellas actividades que se desarrollan en la empresa y que permiten a los individuos y grupos de individuos asimilar conocimiento nuevo y desarrollar habilidades para contribuir a la construcción de capacidades tecnológicas.

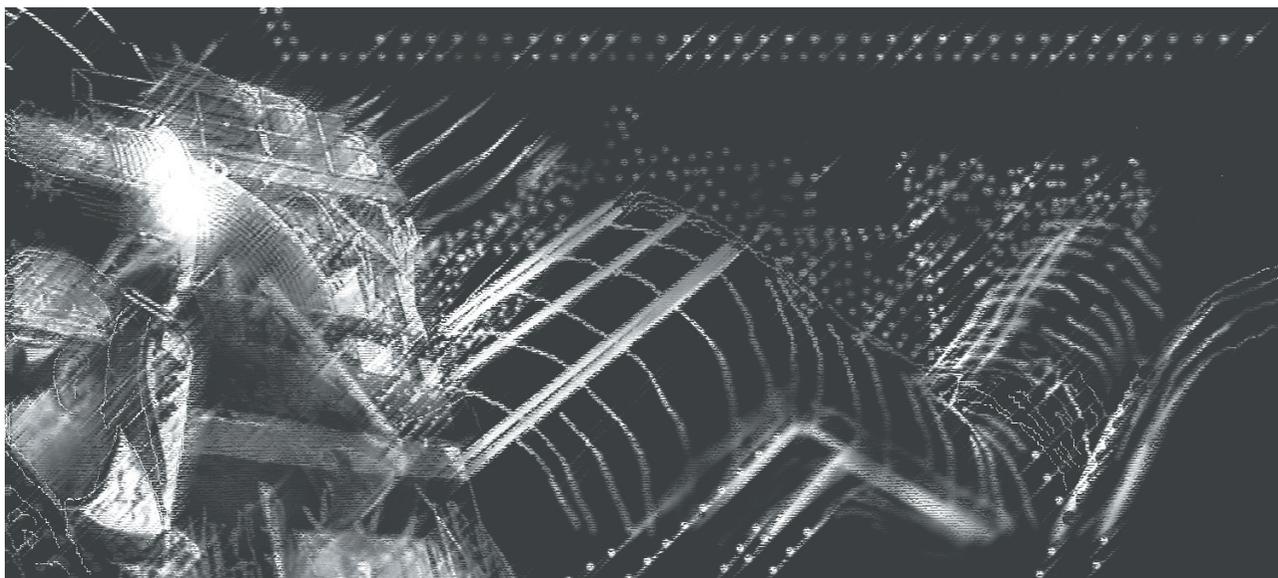
5. Vigía tecnológica. Consiste en enviar a diferentes partes del mundo a personas de considerable experiencia y conocimiento del proceso productivo, para que investiguen todo lo relacionado con las innovaciones en el sector siderúrgico. Con esta práctica se ha conseguido capturar información de mucho valor para la empresa. Es por ello que se considera como un mecanismo de aprendizaje tecnológico.
6. Vinculación con instituciones de educación superior, media superior y centros de investigación. Es un mecanismo empleado para la capacitación de personal operativo, y para investigación orientada especialmente a perfeccionar los análisis metalográficos, mejora de implementos de maquinaria y pruebas de laboratorio.

Se puede señalar que la empresa no ha conseguido un avance uniforme de muchos de estos mecanismos en sus plantas, debido a los diferentes niveles de complejidad, lo cual dificulta su establecimiento. Esto no significa que los mecanismos aquí estudiados sean los únicos que tiene, pero sin duda están entre los más significativos en el orden en que fueron enunciados por las personas consultadas.

Actividades de aprendizaje realizadas en el Grupo San

Las actividades de aprendizaje que le han permitido a la empresa acumular capacidades tecnológicas se explican a continuación:

1. Aprendizaje por experiencia en la producción. Ante las fluctuaciones del mercado, la empresa ha manifestado una capacidad de rápida respuesta mediante el aprendizaje en la planeación de la producción. Se requieren habilidades como la capacidad de los operarios para intensificar las actividades de producción, mantenimiento y ajuste, y de los expertos para supervisar una mayor rotación en el uso de herramientas, equipos y maquinaria.
2. Aprendizaje por implementación de procesos de control de calidad y mejora continua. Esta actividad permite desarrollar habilidades sistemáticas para responder adecuadamente a los problemas que se presenten. La calidad es una actividad de soporte que se da a cada una de las áreas productivas con el propósito de que se responsabilicen de las mejoras en el proceso y en la calidad del producto final. Al respecto, la empresa inspecciona, actualiza y documenta los nuevos procedimientos implementados. Así mismo se reorganiza la nomenclatura tanto de documentos como de registros de manera que esté en condiciones de ser auditada por aseguramiento de calidad.
3. Aprendizaje por interacción con proveedores. Esta es una de las actividades de aprendizaje más importantes para la innovación. Uno de los efectos de esta interacción fue el aprendizaje del personal en el diseño, mejora de materiales, funcionamiento y mantenimiento de equipos y maquinaria sin necesidad de acudir a ingenieros o técnicos extranjeros.
4. Aprendizaje por visita a los establecimientos de los competidores y por rotación de personal. Este tipo de aprendizaje es muy informal. Ingenieros y técnicos locales visitan informalmente empresas para ver de qué manera efectúan un proceso. Mediante estas visitas se aprende de las experiencias de los competidores sin requerir ningún tipo de capacitación o adiestramiento formal.
5. Aprendizaje por capacitación. Esta es otra de las actividades que permite a la empresa acumular conocimiento. Lo característico de los programas de capacitación implementados es la motivación que se les da a los operarios para que se interesen en los procesos productivos, para que se integren y se sientan arraigados. El resultado de ello ha sido un mejor desempeño de operarios y técnicos en el momento de presentar soluciones ante los problemas eventuales en los distintos puntos de las líneas de producción e incluso en exponer mejoras en materiales, procesos y producto.
6. Aprendizaje por vinculación con instituciones de educación media y superior. Esta actividad ha sido importante no sólo como medio de aprendizaje del personal de las plantas y de los estudiantes de las instituciones de educación tecnológica media y superior, sino como medio de transferencia de tecnología de la empresa hacia su entorno. Se han desarrollado programas de estudio de forma conjunta y se ha trabajado en la capacitación en ambos puntos. Particularmente se suscribió un convenio con el CBTI 139 y con la Esiquie del IPN; se efectuaron estudios de flujo del distribuidor, conjuntamente con Foseco, para desarrollar el *turbostop* adecuado al proceso de fabricación de aceros especiales y de alta limpieza.
7. Las actividades de aprendizaje por “prácticas y pruebas”, sobre todo con refractarios con el fin de mejorar el rendimiento de éstos, “uso de ferroligas y funden-



tes”, “prácticas operativas” para nuevas calidades de acero desarrolladas por la empresa en estudio, “pruebas con el *turbostop*” en la máquina de colada continua para fabricación de aceros de alta limpieza, muestran una evolución en cuanto al desarrollo de nuevas destrezas para mejorar los procesos y productos.

Estas actividades de aprendizaje interno han permitido que la empresa acumule capacidades tecnológicas en las funciones técnicas de producción y soporte, lo que ha posibilitado el escalamiento tecnológico y productivo. De igual manera que los mecanismos de aprendizaje, no son las únicas actividades, pero sin duda están entre las más importantes, de acuerdo con lo expresado por los entrevistados.

Conclusiones

El objetivo trazado en esta investigación es estudiar el proceso de innovación desde una perspectiva interna, para elucidar la forma en que un grupo industrial del sector siderúrgico desarrolla sus capacidades tecnológicas, a través del ejercicio de sus funciones técnicas de inversión, producción y soporte. Este objetivo se consiguió mediante la elaboración de la matriz de capacidades tecnológicas, aplicando como marco de referencia la taxonomía de Bell y Pavitt (1995). Se lograron identificar y clasificar las diferentes capacidades tecnológicas que posee la empresa en las áreas productivas. Esta clasificación se consiguió discutiendo si las acciones emprendidas afectaban las funciones técnicas de inversión, de producción o de soporte y si las capacidades desarrolladas para ejecutarlas eran operativas básicas o innovativas básicas, intermedias y avanzadas.

Con el análisis realizado se puede dar respuesta a las preguntas: ¿en qué medida el Grupo San ha construido o seguido un proceso de aprendizaje tecnológico?, y si esto es así, ¿cómo se caracteriza dicho proceso de aprendizaje y de construcción de capacidades tecnológicas acumuladas?

La acumulación fue gradual, pero las funciones técnicas evolucionaron de forma diferente. En unas funciones se acumuló más rápidamente que en otras, y el grado de innovatividad adquirido es heterogéneo.

Las funciones técnicas donde se acumuló más rápidamente en los procesos de Acería y Laminación son: en las centradas en los procesos y la organización de la producción, así como en la de modificación de equipos.

En las áreas de Patio de Chatarra, Horno de Fusión, Horno de Afino y Máquina de Colada Continua se lograron desarrollar capacidades tecnológicas innovativas intermedias y avanzadas. Estas funciones técnicas se basan principalmente en procesos de acumulación a nivel de planta, necesarios para asegurar la eficiencia en la producción, dadas las exigencias de la demanda de producto.

Las funciones donde se acumuló menos o la acumulación ha sido más lenta fueron las centradas en el producto, vinculación interna y vinculación externa. Estas funciones técnicas dependen de decisiones que trascienden las plantas y son tomadas a nivel de alta dirección. En este sentido, las decisiones sobre actividades de diseño de productos y las compras de insumos claves se toman en ese nivel.

Se observan diferencias importantes en la acumulación en los procesos de Acería y Laminación, sobre todo en las funciones desarrollo de equipos, centradas en el producto y centradas en el proceso. En Acería se alcanzaron capacidades tecnológicas innovativas avanzadas, dado que se realizaron actividades importantes de rediseño, adaptación de refractarios y prácticas para producir aceros más limpios y especiales. Asimismo se incorporaron importantes modificaciones tanto en el horno de fusión como en el horno de afino y en la máquina de colada continua, con lo cual se obtuvieron los resultados de mayor impacto, tanto en el incremento de la productividad como en la reducción de costos, llegando incluso a establecer récords de rendimiento.

El análisis realizado permitió identificar algunos rasgos en el proceso evolutivo de acumulación de capacidades tecnológicas de las áreas productivas de Acería y Laminación. Estos rasgos comunes en los procesos de acumulación sugieren la existencia de algunos hechos diferenciados.

Los procesos de acumulación difieren en cada área, dadas las características peculiares y la estrategia y toma de decisiones fijada por la administración.

A medida que los trabajadores van aprendiendo, van agregando actividades técnicas con mayor grado de innovatividad y desarrollando capacidades tecnológicas innovativas.

Los procesos de aprendizaje en las plantas llevan a la acumulación de capacidades tecnológicas localmente y a un acercamiento de las funciones de producción y tecnología. Esto genera presiones sobre el corporativo para reconocer las capacidades tecnológicas acumuladas

y permitirle desarrollar actividades técnicas de mayor innovatividad.

La empresa ha acumulado capacidades tecnológicas de diferente tipo. Desde las operativas básicas hasta las innovativas avanzadas, en las diferentes funciones técnicas, como se muestra en la matriz de capacidades tecnológicas del grupo.

Con los hallazgos encontrados en el análisis de las actividades productivas se puede concluir que la empresa ha conseguido aprender de manera importante para su progreso y subsistencia en un mercado que adquiere condiciones implacables. Igualmente se puede señalar que la empresa ha conseguido desplegar prácticas exitosas que ayudan a la construcción de capacidades tecnológicas, tales como las ya referidas en los mecanismos de aprendizaje. Sin embargo, vale la pena señalar que aún tiene amplias áreas para perfeccionar estos procesos de aprendizaje en un sector tecnológicamente maduro en donde la actividad innovadora es poca.

En la investigación se estudiaron y analizaron los principales mecanismos de aprendizaje tecnológico que la empresa ha desplegado. Con base en este análisis se puede decir que el proceso de aprendizaje necesario para lograr los objetivos de producción, calidad y eficiencia afecta de manera directa la construcción gradual de capacidades tecnológicas en la empresa. Esto se advierte en la fuerte correlación que existe entre los mecanismos de aprendizaje referidos y las capacidades tecnológicas construidas. Es importante precisar que estos mecanismos han seguido un proceso de aprendizaje que permite la construcción de capacidades tecnológicas que constituyen para la empresa la base de su competitividad estratégica. //

Referencias bibliográficas

- Aboites, J. y Dutrénit, G. (2003). *Innovación, aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas*. México: Miguel Ángel Porrúa-UAM-X.
- Arias, A. (2002). *Capacidades tecnológicas en I+D y diseño en la industria maquiladora mexicana: el caso de Delphi Corp*. Documento de trabajo, Doctorado en Ciencias Sociales, UAM-X, México.
- Ariffin, N. (2000). *The Internationalization of Innovative Capabilities: The Malaysian Electronics Industry*. Brighton, Science and Technology Policy Research (SPRU), University of Sussex.
- Ariffin, N. and Figueiredo, P. (2003). *Internacionalização de competências tecnológicas*. Rio de Janeiro: Editora FGV.
- Bell, M. (1984). Learning and the Accumulation of Industrial Technological Capacity in Developing Countries. In Fransman and King, K. (eds.). *Technological Capability in the Third World* (pp. 187-209). London: Macmillan.
- Bell, M. and Pavitt, K. (1995). The Development of Technological Capabilities. In I.U. Haque (ed.). *Trade, Technology and International Competitiveness* (pp. 69-101). Washington: The World Bank.

- Dodgson, M. (1993). Organizational Learning: A Review of some Literatures. *Organizational Studies*, 14(3), 375-394.
- Dutrénit, G. (2000). *Learning and Knowledge Management in the Firm: From Knowledge Accumulation to Strategic Capabilities*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Dutrénit, G. y Vera-Cruz, A. (2001). Aprendizaje, conocimiento y capacidades tecnológicas. Monografía No. 2, *Proyecto Aprendizaje Tecnológico y Escalamiento Industrial: Generación de Capacidades de Innovación en la Industria Maquiladora de México*, Colef/Flacso/UAM.
- Dutrénit, G., Vera-Cruz, A., Arias, A., Avendaño, G., Gil, J.L., Sampedro, J.L. y Uriostegui, A. (2002). Marco analítico para el análisis de los procesos de acumulación de capacidades tecnológicas. Documento de trabajo, *Proyecto Aprendizaje Tecnológico y Escalamiento Industrial: Generación de Capacidades de Innovación en la Industria Maquiladora de México*, Colef/Flacso/UAM.
- Dutrénit G., Veracruz, A. y Arias, A. (2003). Diferencias en el perfil de acumulación de capacidades tecnológicas en tres empresas mexicanas. *Revista El Trimestre Económico*, 277, 109-165.
- Figueiredo, P. (1999). *Technological Capability-Accumulation Paths and the Underlying Learning Processes in the Latecomer Context: a Comparative Analysis of two Large Steel Companies in Brazil*. SPRU, UK: University of Sussex.
- _____ (2001). *Technological Learning Processes and Competitive Performance*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Kim, L. (1995). *Crisis Construction and Organizational Learning: Capability Building in Catching-up at Hyundai Motor*. Report, College of Business Administration, Korea University, Seoul.
- _____ (1997). *From Imitation to Innovation. The Dynamics of Korea's Technological Learning*. Boston, Mass.: Harvard Business School Press.
- Lall, S. (1992). Technological Capabilities and Industrialization. *World Development*, 20(2), 165-186.
- _____ (1996). Las capacidades tecnológicas. En Salomon, J.J., Sagasti, F. y Sachs, C. (eds.). *La búsqueda incierta. Ciencia, tecnología y desarrollo* (pp. 301-342). México D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- OCDE (1997). Directrices propuestas para recabar e interpretar datos de la innovación tecnológica. *Manual Oslo*. Edición en español (2000). México: IPN, Ciecás.
- Teece, D.J., Pisano, G. and Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management [Número especial]. *Strategic Management Journal* 18, 509-533.
- Villavicencio, D. (1990). La transferencia de tecnología, un problema de aprendizaje colectivo. *Argumentos*, 10/11.
- Villavicencio, D. y Arvanitis, R. (1994). Transferencia de tecnología y aprendizaje tecnológico: re exiones basadas en trabajos empíricos. *El Trimestre Económico*, 61(2), 257-279.
- _____ (1996). Aprendizaje tecnológico e innovación en la industria química mexicana: Un ejercicio de taxonomía. En *Aprendizaje tecnológico, innovación y política industrial: Experiencias nacionales e internacionales*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Yin, R.K. (1995). *Case study research: design and methods*. California: Sage Publications, USA.