

Claves del éxito en la introducción de tecnologías MES al portafolio de una PYME colombiana de base tecnológica

Jorge Robledo Velásquez

Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, jroble dov@unal.edu.co

Carlos Mario Zapata Toro

Élico Group, czapata@elicogrp.com

Resumen

La innovación basada en la implementación de Tecnologías Avanzadas de Manufactura presenta grandes retos, tanto para las empresas que proveen las tecnologías como para las empresas que las implementan en sus procesos productivos. Avanzar en nuestro conocimiento de los factores que contribuyen al éxito de estas innovaciones, sobre todo por parte de pequeñas y medianas empresas del sector de automatización industrial que proveen servicios basados en estas tecnologías, es necesario para mejorar las posibilidades de competir en un sector de alto desarrollo tecnológico y rápido crecimiento. Este artículo analiza el caso de Élico, empresa colombiana que ha innovado exitosamente su portafolio de servicios, ofreciendo soluciones de automatización industrial basadas en tecnologías MES (*Manufacturing Execution Systems*). El estudio de caso se basa en un modelo conceptual de gestión de la innovación empresarial, a partir del cual se analizan los factores que propiciaron el éxito innovador de la empresa durante el proceso de introducción de las tecnologías MES. Como resultado, se identifica un conjunto de factores de éxito que actúan sistémica y congruentemente, relacionados con la estrategia de la empresa, su estructura y procesos organizacionales, las tecnologías de soporte a la prestación de los nuevos servicios, las tecnologías complementarias de gestión, el personal y ciertos rasgos asociados a la actitud y el clima organizacional.

Palabras clave

Gestión de la innovación, automatización industrial, PYME, tecnologías MES, claves de éxito.

1 Introducción

La introducción de nuevos servicios basados en Tecnologías Avanzadas de Manufactura al portafolio de pequeñas y medianas empresas (PYME) del sector de la automatización industrial es un desafío de alto nivel de complejidad. No solamente las tecnologías en sí mismas son complejas por la diversidad de sus componentes y las interacciones de múltiples factores que condicionan su desempeño, sino que los proyectos de implementación exigen importantes capacidades de innovación de parte de la empresa proveedora. En este artículo se estudian las claves del éxito de la introducción de este tipo de tecnologías, particularmente las denominadas *Manufacturing Execution Systems* (MES), al portafolio de la empresa Élico, una PYME colombiana del sector de la automatización industrial.

Las tecnologías MES permiten a las empresas manufactureras integrar los sistemas de información de la producción con los sistemas de información gerencial, de forma que la empresa queda en condiciones de adaptarse y responder mejor a los cambios del entorno competitivo, aumentar su eficiencia, reducir los costos de operación y mejorar la satisfacción de los clientes. La introducción de servicios basados en tecnologías MES al portafolio de Élico es el resultado de un proyecto de consolidación de la gestión de la innovación de la empresa, que inició con un diagnóstico y un plan de fortalecimiento, pasó por la definición e implementación de un modelo de gestión y concluyó con la ejecución de un proyecto piloto de implementación de una tecnología MES en una gran empresa colombiana de alimentos.

Este proyecto piloto fue seguido por otros proyectos similares en otras empresas, que confirman la consolidación de Élico como proveedor de este tipo de servicios en el país en un tiempo relativamente corto. El artículo analiza las claves del éxito de este caso y las relaciona con los cambios introducidos al modelo de negocios de la empresa y al fortalecimiento de su sistema de gestión de la innovación. Como conclusión, se identifican claves de éxito relacionadas con la implementación de técnicas de co-creación, la capacitación del personal técnico y directivo, las relaciones con el proveedor de la tecnología (SIEMENS), el fortalecimiento de la plataforma tecnológica de la empresa y la implementación de procesos organizacionales para la gestión de la innovación.

A continuación se hace una corta presentación de la empresa, para precisar el contexto institucional del caso bajo estudio. Luego se hace una introducción al modelo de gestión de la innovación empresarial que se utiliza como referente teórico-conceptual para sustentar el análisis del caso. A continuación se presenta el proyecto de intervención de la empresa, mediante el cual se hizo la introducción de las tecnologías MES como soporte de los nuevos servicios del portafolio de Élico. Finalmente, se hace el análisis de los factores de éxito del caso y se presentan las conclusiones que emergen del mismo.

2 La empresa Élico

Élico es un grupo empresarial constituido como sociedad por acciones simplificada (S.A.S.) de capital 100% colombiano, surgido de la iniciativa de emprendedores nacionales e integrado a partir de la conjunción de intereses y capacidades de tres empresas colombianas (Élico Ltda., METALANDES S.A.S. y MAPER S.A.). Aunque Élico como grupo empresarial es de reciente creación, sus orígenes se remontan a 1979, año de constitución de Élico Ltda. (Electrónica Industrial Colombiana Ltda.), la empresa básica del grupo directamente involucrada en el negocio de la automatización industrial.

Las actividades económicas de Élico corresponden al código 7421 del CIU Rev. 3, perteneciente a la División 74 (Otras actividades empresariales), Grupo 742 (Actividades de arquitectura e ingeniería y otras actividades técnicas), Clase 7421 (Actividades de arquitectura e ingeniería y actividades conexas de asesoramiento técnico). El producto líder de Élico se define como “soluciones integrales de automatización industrial multimarca”. Este producto incluye tanto la provisión de servicios como de equipos y software para satisfacer las necesidades y requerimientos de automatización de la industria. Las soluciones son integrales también en el sentido de incluir no solo la ingeniería y la provisión de equipos de distintos fabricantes (multimarca), sino también las construcciones asociadas a las soluciones de automatización (en la terminología de contratación, la provisión de esta clase de productos da lugar a contratos tipo EPC -Engineering, Procurement and Construction).

Respecto a la gestión de la innovación, en años recientes Élico había identificado cuatro necesidades que configuraban una situación altamente problemática:

- La necesidad de formalizar la gestión de la innovación.
- La necesidad de mejorar los resultados de la gestión de la innovación en términos de nuevas tecnologías incorporadas al portafolio de servicios.
- La necesidad de capacitar al personal para el dominio de las nuevas tecnologías.
- La necesidad de fortalecer la infraestructura tecnológica para el dominio de las nuevas tecnologías.

La solución de esta situación problemática empezó a ser crítica cuando Élico encaró la necesidad de superar su carácter de entrante tardía a los mercados que atiende para convertirse en una empresa entrante temprana mediante una estrategia de innovación defensiva o de seguimiento al líder. Para ello, Élico tomó la decisión de iniciar un proyecto que contó con la cofinanciación de Colciencias y con la asesoría investigativa de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. El objetivo general del proyecto fue fortalecer las capacidades de gestión de la innovación de Élico para incorporar exitosamente nuevas tecnologías a su portafolio de servicios. La intervención en la empresa se llevó a cabo con base en un modelo conceptual desarrollado por el Grupo de Innovación y Gestión Tecnológica de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín (Robledo & Pérez, 2011; Robledo & Zapata, 2013). El modelo se aplicó siguiendo una metodología básica de desarrollo experimental, en la que se partió de una propuesta inicial de modelo; luego, mediante su aplicación experimental, se identificaron oportunidades de mejora conceptual, metodológica e instrumental, que dieron

lugar a cambios que se implementaron en un segundo ciclo de aplicación, con los resultados finales que aquí se reportan.

3 El modelo de gestión de la innovación

El presente trabajo propone un modelo conceptual de gestión de la innovación empresarial como base para evaluar y fortalecer la gestión de ELICO, que integra aportes de Nadler y Tushman (1997), Gouel (2005) y resultados de los trabajos de Guan y Ma (2003), Yam et al. (2004) y Wang, Lu y Chen (2009) sobre evaluación de capacidades de innovación.

3.1 El Modelo de Congruencia de Nadler y Tushman (1997)

El modelo sistémico de congruencia organizacional de Nadler y Tushman (1997), que ha sido utilizado con éxito en el diagnóstico organizacional, se presenta en la Figura 1, en una variante sugerida por Gouel (2005). Este modelo es una aplicación de la Teoría Contingente de la organización, que adquiere la forma de un sistema abierto, integrado por múltiples componentes que coexisten en varios estados de congruencia; la hipótesis básica del modelo es que entre más alto sea el nivel de congruencia de sus distintos elementos constitutivos, más eficaz será la organización.

Como elementos de este modelo se identifican el ambiente, la estrategia, los procesos de transformación y los resultados, según se describe a continuación.

El AMBIENTE de la organización incluye:

- Las demandas, oportunidades y restricciones del entorno en que se desenvuelve la organización.
- Los recursos o gama completa de activos a los que tiene acceso la organización.
- La historia de la organización, conformada por las decisiones estratégicas, la conducta de los líderes más importantes, las respuestas a las crisis pasadas y la evolución de sus valores y creencias.

La ESTRATEGIA, entendida como el conjunto de decisiones organizacionales de asignación de recursos escasos frente a las exigencias, restricciones y oportunidades ofrecidas por el entorno.

Los PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN, constituidos por los sistemas técnicos (tecnología), los recursos humanos (personas), la organización formal (estructura y procesos organizacionales) y la organización informal (cultura organizacional, clima organizacional, normas sociales, estilo de gestión).

Los RESULTADOS de la organización y su desempeño a nivel del sistema, de sus unidades y equipos de trabajo, y de los individuos.

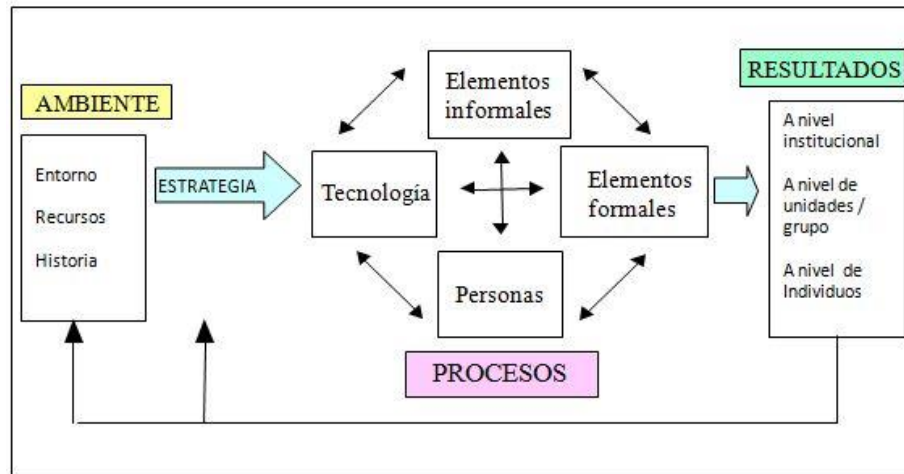


Figura 1. Modelo de Congruencia Sistémica de la Organización.
Fuente: Adaptado de Nadler y Tushman (1997) y Gouel (2005)

Como fortalezas del modelo se identifican: su carácter sistémico afín a las más recientes concepciones de la innovación empresarial como sistema abierto a las interacciones con el ambiente; su recurso al concepto de “congruencia”, que pone en evidencia su vínculo con la Teoría Contingente de la organización; la consideración explícita de la organización informal y su efecto sobre la dinámica de la organización, junto con la organización formal, la tecnología y las personas; y la puesta en escena de tres niveles de interacciones para explicar el comportamiento organizacional: el nivel individual, el grupal y el sistémico.

No obstante, este modelo representa el *throughput* del sistema en un orden de agregación muy alto, en la forma genérica de “procesos de transformación”. Para mejorar su utilidad en la evaluación y el mejoramiento de la gestión de la innovación, se propone desagregar este elemento constitutivo crítico del modelo en factores de análisis más desagregados, a partir de la concepción de la empresa como conjunto de capacidades organizacionales bajo la Perspectiva de la Empresa Basada en Recursos (*Resource-Based View of the Firm*).

3.2 Las Propuestas de Guan y Ma, Yam et al. y Wang, Lu y Chen

Las capacidades de innovación son un concepto complejo, elusivo y con mucha incertidumbre, que es difícil de determinar y cuya medición requiere considerar simultáneamente múltiples criterios de orden cuantitativo y cualitativo aplicados a la organización (WANG; LU; CHEN, 2009). Sin embargo, a pesar de la complejidad del concepto, la medición y evaluación de las capacidades de innovación tecnológica se hace imprescindible. Buscando un marco analítico que sirva de base a este propósito, varios autores proponen clasificaciones que buscan facilitar su identificación, medición y evaluación. Entre ellos, se destacan las propuestas de Guan y Ma (2003), Yam et al. (2004) y Wang, Lu y Chen (2009).

Estos autores exploran clasificaciones y definiciones similares para medir y evaluar las capacidades de innovación tecnológica en diferentes sectores empresariales. Guan y Ma (2003) analizan el papel de siete capacidades específicas de innovación tecnológica y tres

variables empresariales (participación en el mercado doméstico, tamaño y rata de crecimiento de la productividad) en la determinación del desempeño exportador de una muestra de empresas industriales chinas. Yam et al. (2004) proponen un marco analítico para auditar la innovación tecnológica y examinar la relevancia de siete capacidades específicas de innovación tecnológica en la construcción y sostenibilidad del desempeño competitivo de la industria de Beijing (China). Por su parte, Wang, Lu y Chen (2007) estudian el desempeño de las empresas taiwanesas de alta tecnología respecto a sus capacidades de innovación tecnológica.

Las propuestas de estos autores hacen posible identificar, agrupar y analizar el amplio número de factores y variables que los estudios de la innovación tecnológica asocian a su gestión exitosa. Con base en estos autores y los trabajos previamente citados del Grupo de Innovación y Gestión Tecnológica de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, se establece la clasificación y definición de las capacidades de innovación que se presenta en la Tabla 1.

Los marcos de análisis utilizados por los autores mencionados comparten la perspectiva de los recursos como fundamento teórico, a la vez que coinciden en la necesidad y utilidad de establecer una clasificación de las capacidades de innovación tecnológica para efectos de la evaluación del desempeño empresarial. En este sentido, avanzan significativamente en la dirección de establecer una clasificación y las respectivas definiciones de las capacidades de innovación. Sin embargo, las clasificaciones y definiciones utilizadas todavía presentan ciertas diferencias que conducen a la consideración de conjuntos distintos de variables evaluativas.

Pero quizás la principal deficiencia de los marcos de análisis en cuestión se refiere a la carencia de un modelo organizacional como referente conceptual; como resultado, las variables evaluativas se asocian a un conjunto heterogéneo de elementos constitutivos de la organización, que incluyen las intencionalidades estratégicas, las funciones organizacionales, los componentes organizacionales y los resultados, lo cual es teóricamente frágil. Así, es común observar dos problemas de coherencia en los marcos analíticos: algunas veces se incluyen variables de intencionalidad estratégica para medir las capacidades, y otras veces se incluyen variables de resultado con el mismo propósito. Ambas situaciones son inaceptables desde una perspectiva teórica bien fundamentada, en tanto que las capacidades constituyen el puente entre la intencionalidad estratégica y los resultados. Por otra parte, también se pueden observar problemas de completitud, al quedar excluidas de los marcos analíticos variables que en la perspectiva organizacional son clave para posibilitar dinámicas de innovación exitosas.

Tabla 1. Clasificación y definición de las capacidades de innovación

Direc/to estratégico	I+D	Transferencia	Mercadeo	Gestión de recursos
Capacidad de la dirección de la empresa para formular e implementar decisiones estratégicas	Capacidad de la empresa de generar y adaptar conocimiento tecnológico y desarrollar productos y	Capacidad de la empresa para transformar los resultados de I+D en productos que satisfagan los requerimientos del mercado, integrando los requisito del diseño y las	Capacidad de la empresa para publicitar y vender productos con base en la comprensión de las necesidades del mercado tanto presentes como futuras, el ambiente	Capacidad de la empresa para adquirir y asignar apropiadamente talento humano y

relacionadas con la innovación	procesos nuevos o significativamente mejorados	limitaciones y posibilidades del sistema de producción de la empresa	competitivo, los costos y beneficios y la aceptación de la innovación	recursos financieros a los procesos de innovación
--------------------------------	--	--	---	---

Fuente: Adaptado de Robledo y Pérez (2011), con base en Guan y Ma (2003), Yam et al. (2004) y Wang, Lu y Chen (2009).

En este sentido, el modelo propuesto en este artículo permite diferenciar claramente las variables referidas a la estrategia, las referidas a los resultados y las referidas a las capacidades de innovación propiamente dichas, introduciendo la posibilidad de un mayor rigor teórico al análisis. Por tanto, la utilización de un modelo de gestión contribuye a introducir un criterio racional para garantizar la coherencia y completitud de las variables seleccionadas para medir y evaluar las capacidades.

3.3 El Modelo de Gestión de la Innovación

El modelo conceptual propuesto aquí para sustentar la evaluación de la gestión de la innovación de la empresa, se basa en el modelo de Nadler y Tushman (1997) modificado por Gouel (2005) y desarrollado en la perspectiva específica de la innovación. Por esta razón, retoma también las propuestas de conceptualización y clasificación de las capacidades de innovación de Guan y Ma (2003), Yam, Guan, Pun, & Tang (2004) y Wang, Lu y Chen (2009). Esta integración es posible, dada la compatibilidad de las propuestas con la Perspectiva de la Empresa Basada en los Recursos (Wernerfelt, 1984; Barney, 1991; Teece, Pisano, & Shuen, 1997).

Puesto que es un modelo de innovación a nivel organizacional, construido en la perspectiva de los recursos y capacidades, el concepto de capacidad organizacional y, específicamente, de capacidad de innovación, es central en la propuesta. Según Renard y Saint-Amant (2003), las capacidades organizacionales se refieren a

[L]a habilidad o aptitud de la organización para llevar a cabo sus actividades productivas de una manera eficiente y efectiva a través del despliegue, la combinación y la coordinación de recursos y competencias por medio de varios procesos de creación de valor, según los objetivos previamente definidos, es decir, asumiendo que el resultado es consistente con la intención original o todo cambio en esa intención (p. 8, traducción de los autores).

Las capacidades de innovación constituyen un conjunto particular de capacidades organizacionales. Su definición rigurosa es problemática, debido a la multiplicidad de perspectivas teóricas y conceptuales desde las cuales se las aborda. Para Burgelman y Maidique (1988), por ejemplo, las capacidades de innovación tecnológica son "the comprehensive set of characteristics of an organization that facilitate and support its innovation strategies" (p. 36, citado por Nystrom (2000), p. 344). Propuestas alternativas de definición se encuentran en Kim (1997), Ernst, Ganiatsos y Mytelka (1998), Burgelman, Maidique y Wheelwright (2004), Guan y Ma (2003), Yam et al. (2004), Sher y Yang (2005) y Wang, Lu y Chen (2009). No obstante, en lo fundamental, es claro que las capacidades de innovación corresponden a un conjunto particular de capacidades organizacionales que contribuyen al logro de los objetivos de innovación de la organización.

El modelo propuesto se presenta esquemáticamente en la Figura 2. A continuación, se describen brevemente sus componentes y características principales.

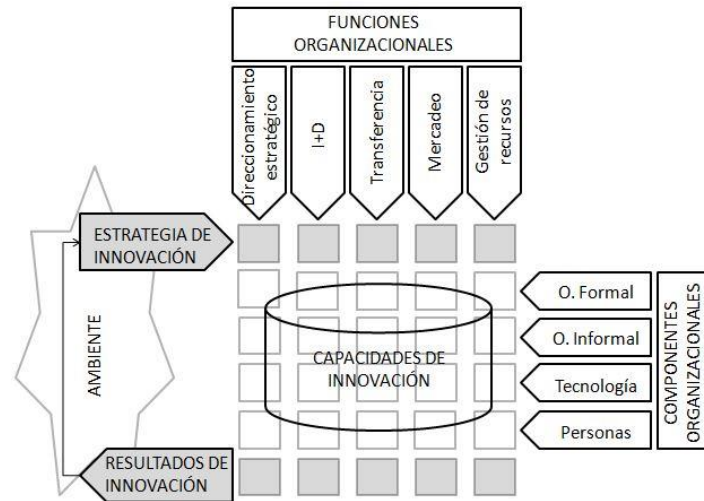


Figura 2. Modelo conceptual para la evaluación de la gestión de la innovación.

Seguindo a Nadler y Tushman, se trata de un modelo sistémico de congruencia organizacional, cuyo desempeño es el resultado complejo de la interacción congruente de sus elementos constitutivos. Estos elementos son el ambiente, como elemento presente en todo sistema abierto, con el cual interactúa la organización, la cual recibe como entradas las orientaciones y objetivos de la estrategia de innovación y produce los resultados de innovación que transforman el entorno y retroalimentan la estrategia. En este sentido, el modelo es una representación de la empresa en el plano innovador de su quehacer organizacional. El elemento “procesos organizacionales” de Nadler y Tushman toma aquí la forma de “capacidades de innovación”, conservando su naturaleza de throughput en la concepción de la Teoría de Sistemas. Desde esta óptica, las capacidades de innovación se entienden como la aptitud de la empresa para llevar a cabo las funciones organizacionales y lograr sus resultados de innovación a través del despliegue, la combinación y la coordinación de los componentes organizacionales, según los objetivos estratégicos de innovación previamente definidos.

Las capacidades de innovación se desdoblán, por tanto, en dos dimensiones: las funciones organizacionales en términos de la innovación (direccionamiento estratégico de la innovación, I+D, transferencia de la innovación, mercadeo de la innovación y gestión de recursos de innovación) y los componentes organizacionales que se despliegan, combinan y coordinan en las funciones organizacionales, definidas con base en Nadler y Tushman (organización formal, tecnología, organización informal y personas).

En resumen, los elementos constitutivos del modelo son:

El **AMBIENTE**, que comprende las demandas y requerimientos, oportunidades y amenazas, ofertas y restricciones del entorno empresarial en que la organización desarrolla sus actividades de innovación.

La **ESTRATEGIA DE INNOVACIÓN** o conjunto de decisiones organizacionales en materia de innovación, que comprometen el desarrollo futuro de la empresa en el largo plazo, dadas las condiciones del ambiente empresarial.

Las **CAPACIDADES DE INNOVACIÓN**, que corresponden a aquellas capacidades organizacionales que sustentan y facilitan la implementación de la estrategia y el logro de los objetivos de innovación.

Los **RESULTADOS** que la organización alcanza mediante el despliegue de sus capacidades de innovación, a la luz de las orientaciones y objetivos estratégicos de innovación establecidos por la empresa.

4 El proyecto de intervención

Como se mencionó arriba, ante la necesidad de implementar una estrategia más agresiva que situara a la empresa en una posición de seguimiento a los líderes en su sector de negocio, Élico tomó la decisión de ejecutar un proyecto de fortalecimiento de su gestión de la innovación, para lo cual contó con la asesoría de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín y la cofinanciación de Colciencias. Como objetivo general del proyecto, Élico se propuso fortalecer las capacidades de innovación de la empresa para introducir exitosamente nuevas tecnologías a su portafolio de servicios. El proyecto se programó para ser ejecutado entre los años 2012 y 2013, con una inversión del orden de los USD 115.000.

El proyecto inició con una evaluación de las capacidades de la empresa para incorporar tecnologías emergentes e innovar permanentemente su portafolio de servicios. Esta primera etapa se hizo con base en el modelo anteriormente presentado y utilizando una metodología previamente desarrollada por el Grupo de Innovación y Gestión Tecnológica de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, en colaboración con el CIDET (Robledo, López, Zapata, & Pérez, 2010; Robledo & Pérez, 2011), desarrollada para evaluar la gestión de la innovación de las PYME, la cual se adaptó a las necesidades y circunstancias de Élico (ver (Robledo & Zapata, 2013).

Una vez diagnosticado el estado de la gestión de la innovación de la empresa, se procedió a formular un plan para su fortalecimiento en las dimensiones clave del modelo de gestión: las intenciones estratégicas (objetivos y metas estratégicas de innovación); la organización formal (estructura, procesos e instrumentos organizacionales); la organización informal (actitudes y clima organizacional, que incluyen elementos de la cultura, las normas sociales y los estilos gerenciales de la empresa); la tecnología (herramientas y plataformas); las personas (conocimientos, experiencias, expectativas de desarrollo profesional y humano); y los resultados (indicadores de innovación e indicadores de desempeño del negocio).

Este plan de fortalecimiento identificó 37 acciones a llevar a cabo en tres horizontes de tiempo: corto, mediano y largo plazos, con su respectiva asignación de responsabilidades internas. Además, el plan incluyó la formulación de tres planes específicos de fortalecimiento de la empresa respecto a la capacitación del personal y la infraestructura tecnológica para la introducción de nuevas tecnologías al portafolio de servicios.

El ejercicio de direccionamiento estratégico de la empresa confirmó una decisión que Élico venía analizando antes de iniciar el proyecto, en el sentido de privilegiar en una primera etapa de la planeación estratégica, la incorporación de tecnologías MES a su portafolio de servicios. En esta dirección, el proyecto incluyó la formulación de un proyecto piloto de implementación de estas tecnologías, para el cual la empresa logró llegar a un acuerdo con una gran empresa local del sector de alimentos.

5 Introducción de tecnologías MES al portafolio de servicios de Élico

La introducción de servicios basados en tecnologías MES al portafolio de Élico se llevó a cabo como una experiencia piloto del nuevo sistema de gestión de la innovación de la empresa, resultado del proyecto de intervención mencionado en el capítulo anterior. Conceptualizada como innovación de producto, la introducción de estas tecnologías siguió la siguiente ruta:

1. Identificación de las tecnologías MES como un objetivo estratégico de la empresa.
2. Selección de una propuesta de innovación de servicio basada en tecnologías MES a partir de un proceso de generación de ideas.
3. Formulación de un proyecto de desarrollo experimental de un servicio basado en MES para una empresa local de alimentos, utilizando técnicas de co-creación.
4. Evaluación ex-ante y ejecución del proyecto en la empresa de alimentos.
5. Evaluación ex-post del proyecto con la empresa de alimentos.
6. Ajustes al servicio y búsqueda de clientes para el nuevo servicio.

5.1 Factores de éxito

Un análisis de las actividades llevadas a cabo en la ruta anterior revela los siguientes factores durante el proceso de introducción de tecnologías MES al portafolio de servicios de Élico. Para el análisis, dichos factores se agrupan utilizando los componentes del modelo de gestión presentado en la Figura 2.

5.1.1 Factores relacionados con la estrategia

La decisión estratégica de incorporar servicios basados en tecnologías MES al portafolio de la empresa es una condición fundamental para su introducción exitosa. Los recursos y el costo de oportunidad implicados en el dominio de estas tecnologías hacen que la decisión comprometa en buena medida el desarrollo futuro de la organización, no solamente por los costos que representa sino por la exigencia de focalizar el esfuerzo y persistir a largo plazo en una trayectoria de acumulación de capacidades específicas a dichas tecnologías. El carácter estratégico y fundamental de la decisión de adoptar tecnologías MES se vio claro en el caso de Élico, dando como resultado un fuerte compromiso de la empresa con las decisiones de inversión y los cambios organizacionales que dicha decisión implicó.

Un factor adicional que propició la decisión y compromiso de la empresa con las tecnologías MES fue su capacidad análisis del contexto tecnológico internacional en los dominios del negocio de la automatización industrial. Esto por cuanto la empresa ha tenido operaciones en otros países de la región y ha sostenido de tiempo atrás una alianza estratégica con SIEMENS, lo cual ha posibilitado que algunos de sus directivos tengan una visión internacional amplia y a la vez especializada de la dinámica tecnológica de su negocio. Esta exposición al contexto internacional, en alianza con una de las empresas líderes en tecnología de automatización

industrial, por parte de directivos que entienden de tecnología por su formación ingenieril, explica la decisión de la empresa y su compromiso con la adopción de las tecnologías MES.

5.1.2 Factores relacionados con la organización formal

La estructura y procesos organizacionales que constituyen la organización formal es quizás el componente más débil de la gestión de la innovación en las PYME. Élico no es la excepción; sin embargo, en este caso, una razón para que la empresa emprendiera el proyecto de fortalecimiento de su gestión de la innovación fue la clara consciencia que tenían sus directivos de la necesidad de formalizar dicha gestión, buscando generar posibilidades de evaluación, mejora e innovación permanente que llevaran a desempeños innovadores superiores.

Este convencimiento forjó condiciones propicias para que la empresa se comprometiera con un rediseño interno de su estructura y procesos organizacionales para la innovación. Como resultado, se formalizó un comité estratégico de innovación, responsable de las decisiones estratégicas, y un comité operativo de innovación, para hacer seguimiento a las iniciativas durante su ejecución. Además, se diseñaron e implementaron cinco procesos organizacionales directamente relacionados con la gestión de la innovación, a saber: 1) la formulación e implementación de la estrategia de innovación; 2) la presentación y evaluación de ideas de innovación; 3) la formulación y priorización de proyectos de innovación; 4) la ejecución y cierre de proyectos de innovación; 5) la evaluación y protección de la Propiedad Intelectual; y 6) la evaluación de la gestión de la innovación.

Los cambios anteriores contribuyeron a la formación de un contexto organizacional mejor preparado para abordar sistemáticamente los desafíos de la innovación. Sin duda, esto contribuyó a una mayor capacidad organizacional para enfrentar retos tan complejos como la introducción de las tecnologías MES al portafolio de servicios de la empresa. No obstante, quizás el factor que más ha influido en el éxito de la empresa en la introducción de estas tecnologías ha sido su capacidad de gestión de proyectos. Élico es una empresa cuyo proceso productivo se basa en la ejecución de proyectos de automatización que se contratan a la medida de los clientes. Debido a ello, ha desarrollado su plataforma tecnológica y procesos organizacionales para la gestión de proyectos hasta un nivel avanzado y el personal está adecuadamente capacitado para trabajar por proyectos. La gestión de proyectos de automatización, aunque trata con proyectos diferentes a los proyectos de innovación, ha proporcionado a Élico una base valiosa para el desarrollo de capacidades de gestión de proyectos de innovación; no obstante, la empresa ha tenido que hacer un esfuerzo para adaptarse a las particularidades de estos últimos, sobre todo en su fase de formulación y evaluación.

Por otra parte, una fortaleza organizacional de Élico es su calidad de *Solution Partner* de Siemens en servicios de automatización de sistemas, interfaz hombre-máquina y comunicación industrial. Élico ha sabido gestionar adecuadamente las relaciones con Siemens, empresa que además es la dueña de las tecnologías MES, logrando también la extensión de su alianza en la prestación de soluciones MES.

Finalmente, un factor de éxito asociado a la organización formal adoptada por Élico tiene que ver con la formulación y desarrollo de un proyecto piloto para la introducción de las tecnologías MES, llevado a cabo con la colaboración de una empresa local de alimentos reconocida por su capacidad innovadora. Como proyecto piloto, fue la ocasión propicia para que Élico explorara las posibilidades del nuevo modelo de gestión de la innovación que se estaba implementando en la empresa. La apertura a la experimentación y la innovación que se logró en el marco del proyecto piloto, permitió no solo la validación de los nuevos servicios basados en tecnologías MES, sino la aplicación del nuevo paradigma de negocios que la empresa estaba conformando respecto a la provisión de soluciones enfocadas en la perspectiva de los procesos del cliente, y la introducción de un nuevo proceso comercial con el uso de técnicas de co-creación, sobre lo cual se hará un análisis detallado más adelante.

5.1.3 Factores relacionados con la tecnología

Élico es una empresa de base tecnológica que actúa en un sector donde la tecnología evoluciona rápidamente; su personal está formado mayoritariamente por ingenieros acostumbrados a enfrentar y resolver problemas tecnológicos en el campo de la automatización industrial. En particular, Élico exhibe un gran dominio de las tecnologías de la información y la comunicación y hace parte de la junta directiva de Intersoftware, la red de regional de empresarios del software. Estas circunstancias hacen de Élico una organización con una gran disposición y base de conocimientos para el dominio de nuevas tecnologías de automatización. En este sentido, la capacidad tecnológica de la empresa para llevar a cabo proyectos de automatización es un factor significativo de éxito para la introducción de las tecnologías MES.

Complementando estas capacidades productivas básicas, Élico llevó a cabo una inversión significativa para fortalecer su infraestructura tecnológica para el ofrecimiento de soluciones MES, adquiriendo las licencias necesarias para el desarrollo e implementación de estas tecnologías.

Por otro lado, un campo tecnológico muy distinto al de las tecnologías de automatización son las tecnologías de gestión, particularmente relacionadas con la gestión de la innovación. En este frente, Élico ha tenido que hacer un esfuerzo por adaptar su plataforma tecnológica para la gestión de proyectos de innovación e introducir algunos métodos básicos de gestión de portafolios y de evaluación de proyectos de innovación. Sin embargo, el cambio tecnológico más importante que abordó fue la adquisición y puesta en marcha de la plataforma CALISTO para la gestión de ideas. Con esta plataforma, Élico fortaleció su capacidad de generar y evaluar ideas y transformarlas en proyectos de innovación. Esto le permitió identificar algunas iniciativas complementarias cuya implementación contribuyó al éxito de las tecnologías MES.

Como un complemento a la plataforma CALISTO y otras tecnologías informáticas de apoyo a la gestión de proyectos, es necesario también señalar la introducción de técnicas de co-creación a las prácticas de gestión de Élico. Más que un complemento, en Élico las técnicas de co-creación representaron la materialización de un cambio más profundo a nivel del paradigma de negocios de la empresa, que pasó de una concepción centrada en la venta de equipos de automatización a una centrada en la provisión de soluciones de automatización,

donde el cliente y sus procesos productivos adquirieron el protagonismo. En esta nueva concepción del negocio, las técnicas de co-creación entraron a jugar un papel altamente importante en la transformación organizacional de Élico, principalmente respecto al proceso comercial de la empresa y sus relaciones con los clientes.

5.1.4 Factores relacionados con el personal

Como en toda empresa de base tecnológica, el personal de Élico es un factor clave del desempeño de la empresa en los mercados que atiende. Como se dijo anteriormente, en Élico la mayor parte del personal tiene título profesional, predominando el perfil ingenieril. Esta es una gran fortaleza a la hora de encarar desafíos como la introducción de tecnologías MES. Desde luego, en este caso es aún necesario acceder a los conocimientos y habilidades específicas de la tecnología, por lo que Élico hizo inversiones considerables en la capacitación de sus ingenieros en empresas extranjeras proveedoras de la tecnología.

La capacitación del personal, sobre todo de nivel directivo, en temas de gestión de la innovación, es también importante en Élico, sobre todo considerando que la educación formal de los directivos es en disciplinas ingenieriles, aunque bastante bien complementada con una considerable experiencia en dirección empresarial. En temas de gestión de la innovación, la empresa hizo también algunas inversiones en la capacitación del personal directivo y profesional, aunque las opciones disponibles en el mercado en estos temas son más limitadas y menos pertinentes para las necesidades específicas de la empresa. No obstante, estas inversiones y los esfuerzos de capacitación realizados, revelan la importancia dada por la empresa a la capacitación de su personal en temas de gestión, buscando fortalecer el perfil predominantemente técnico de su cuadro directivo.

5.1.5 Factores relacionados con la organización informal

De una naturaleza más intangible y difícil de identificar, pero no de menor importancia para el éxito de la introducción de tecnologías a MES al portafolio de servicios de Élico, es necesario considerar los factores asociados a la organización informal. En el caso bajo estudio, estos factores se relacionan con el cambio de paradigma en la concepción del negocio, el compromiso de los directivos con las tecnologías MES, la promoción de la creatividad y la innovación entre el personal y la consolidación de la innovación abierta en el pensamiento estratégico de los directivos.

Por una parte, quizás el factor de más profundo impacto en el éxito de la introducción de nuevos servicios basados en las tecnologías MES es el cambio de paradigma en la concepción del negocio de la empresa. Como se mencionó antes, este cambio significó una transformación de las actividades comerciales y productivas de la empresa, previamente centradas en la venta de equipos de automatización, a una organización centrada en la provisión de soluciones de automatización, donde si bien los equipos juegan un papel importante, es la perspectiva de los procesos productivos y de gestión del cliente la que toma el control del diseño de las soluciones de automatización. Este nuevo paradigma está más alineado con los factores de éxito en la implementación de tecnologías de automatización reportados en la literatura; en este sentido, se puede decir que el éxito de la introducción de nuevos servicios basados en tecnologías MES al portafolio de Élico descansa en el compromiso con el éxito de la

implementación de tales tecnologías en las empresas cliente. De esta forma, se confirma un antiguo aforismo de la gestión empresarial: el éxito de mi negocio radica en la contribución que mis productos hacen al éxito de mis clientes.

Por otra parte, ningún emprendimiento de la magnitud y complejidad de las innovaciones que se están analizando en el caso de Élico son viables sin un decidido compromiso de los directivos de la empresa. Sin duda, este es otro de los factores de éxito que se confirma en este caso. Sin embargo, la experiencia de Élico va más allá y muestra que este compromiso se potencia cuando está también asociado al compromiso con el fortalecimiento de las capacidades de innovación de la empresa. De hecho, en la concepción de las transformaciones que estaban sucediendo en Élico, la introducción de las tecnologías MES al portafolio de servicios se entiende como un caso particular del compromiso más general que tiene que ver con el fortalecimiento de las capacidades de innovación de la empresa.

Finalmente, están la promoción de la creatividad y la innovación entre el personal, así como la consolidación de la innovación abierta en el pensamiento estratégico de los directivos. En esencia, ambos factores tienen que ver con la renovada importancia que adquieren las partes interesadas (*stakeholders*), principalmente el personal de la empresa y cierto tipo de agentes externos, en las dinámicas innovadoras de la organización. Esta importancia se consolida en la mente de los directivos y se traduce en nuevos estilos de gestión, más abiertos a la participación de propios y externos en la generación de ideas y su transformación en innovaciones. Además, la innovación abierta como estilo y estrategia se potencia a través de nuevas técnicas e instrumentos de gestión, como la experimentación con la plataforma CALISTO antes mencionada y el uso de redes sociales para la comunicación empresarial, como es el caso de SocialCast.

6 Conclusiones

La introducción de nuevos servicios basados en tecnologías MES al portafolio de Élico es una situación representativa de los desafíos que la innovación representa para nuestras PYME de base tecnológica. En este sentido, el análisis del caso Élico que se presenta aquí constituye una oportunidad de aprendizaje con importantes lecciones para aquellas PYME en situaciones similares. El análisis realizado se basa en un modelo de gestión de la innovación empresarial que el Grupo de Innovación y Gestión Tecnológica de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín viene desarrollando y validando desde hace un tiempo. En este sentido, una de las primeras conclusiones del trabajo es la confirmación de la importancia y utilidad que tienen los modelos de gestión como soporte teórico-conceptual para el análisis de los casos de gestión. En efecto, el estudio de caso confirma que el modelo de gestión proporciona una orientación fundamental para el análisis, que no solo garantiza el rigor académico del trabajo sino que proporciona una guía práctica para su desarrollo.

Acorde con los objetivos del trabajo, la conclusión central tiene que ver con los factores que explican el éxito de la introducción de nuevos servicios basados en tecnologías MES al portafolio de Élico. Esta innovación es un ejemplo de las posibilidades generadas por la difusión de las Tecnologías Avanzadas de Manufactura, que impacta tanto los portafolio de productos de las empresas proveedoras de soluciones como los procesos productivos y de gestión de las empresas manufactureras que las adoptan. En ambos casos, la introducción exitosa de estas tecnologías es un desafío de alto nivel de complejidad, debido a la misma complejidad de las tecnologías, a la presencia de múltiples factores que condicionan su desempeño y a la exigencia de altas capacidades de innovación de parte de las empresas proveedoras y receptoras de la tecnología.

De los resultados del análisis, es claro que el éxito de este tipo de innovaciones es multifactorial y complejo, en el sentido de que no solamente hay que considerar la presencia de múltiples factores de éxito y fracaso, sino una interacción entre factores que no responde a una causalidad simple e inmutable. Por el contrario, el efecto de los distintos factores parece estar condicionado a la presencia simultánea de varios de ellos de cierta manera, lo cual podría explicarse desde los conceptos de “sistema” y “congruencia” sobre los que descansa el modelo de gestión de la innovación utilizado para el análisis. En este sentido, el desempeño de la organización es no solamente el resultado de ciertos factores, sino de su acción sistémica y congruente.

En el contexto de este modelo sistémico y congruente, el trabajo identifica un conjunto de factores que se sugiere están asociados al éxito de la introducción de tecnologías MES en Élico. Dichos factores se clasifican con base en los componentes básicos del modelo, a saber: estrategia, organización formal, tecnología, personas y organización informal. Los resultados de la acción sistémica y congruente de dichos factores es la implementación exitosa de las tecnologías MES en un proceso productivo de una empresa de alimentos, que sirvió como proyecto piloto para validar el nuevo servicio y experimentar con la introducción de una nueva concepción del negocio de Élico y de su interacción con los clientes. Los resultados exitosos también se refieren a la posterior comercialización de este tipos de servicios en otras empresas

y el gradual posicionamiento de Élico como líder local en la prestación de este tipo de servicios.

En general, los factores de éxito identificados validan la necesidad de una acción sistémica y congruente de factores relacionados con:

1. La intencionalidad estratégica de la empresa, donde sobresale la perspectiva internacional y la decisión estratégica de la empresa por adoptar las tecnologías MES.
2. La organización formal, en la que descuellan factores asociados al dominio que posee la empresa de los procesos de producción basados en la gestión de proyectos, el diseño e implementación de procesos organizacionales e instrumentos de gestión relacionados con la innovación, las relaciones institucionales con la empresa Siemens y el diseño y ejecución de un proyecto piloto para la introducción de las tecnologías MES en colaboración con una gran empresa de alimentos.
3. La tecnología, en cuya dirección hay que destacar la sólida base tecnológica de la empresa, resultado de años de trabajo especializado en temas de automatización industrial por parte de una organización que entiende la tecnología, todo ello potenciado por una infraestructura tecnológica validada por Siemens como aliado tecnológico estratégico; además, resaltan los esfuerzos de la empresa por fortalecerse en el dominio de nuevas técnicas de gestión de la innovación, relacionadas con la gestión de ideas, portafolios y proyectos, la gestión de la propiedad intelectual y la introducción de nuevas prácticas de co-creación e innovación abierta.
4. El personal, sobre el que se destaca su profesionalidad y experiencia y su nivel de capacitación en el dominio de las tecnologías MES; por otro lado, complementando el perfil ingenieril de la dirección de la empresa, resaltan también el interés y los esfuerzos de la dirección por elevar el nivel de capacitación del personal directivo y profesional en temas relacionados con la gestión de la innovación.
5. Finalmente, la organización informal, donde emergen factores clave relacionados con el cambio de paradigma en la concepción del negocio, que pasa de un negocio centrado en la comercialización de equipos a un negocio que ofrece soluciones de automatización en la perspectiva de los procesos del cliente; el compromiso de los directivos con las tecnologías MES, que brinda el soporte y garantiza la continuidad y el enfoque del esfuerzo; y una renovada visión de los directivos sobre la importancia de la creatividad y la participación del personal en las dinámicas de innovación, así como sobre la importancia de ampliar dicha dinámica a la participación activa de agentes externos a la organización en la perspectiva de la innovación abierta.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Colciencias la financiación otorgada al proyecto " Fortalecimiento de las capacidades de innovación de la empresa Elico Ltda. para incorporar nuevas tecnologías al portafolio de servicios ", del cual hace parte el trabajo aquí reportado, y a Élico Group S.A.S. y la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín por sus contrapartidas para la

ejecución del mismo. Igualmente, agradecen a los integrantes del equipo del proyecto, por sus aportes al trabajo y el ambiente de creatividad y colaboración que propiciaron.

Referencias

- Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17, 99-120.
- Burgelman, R. A., & Maidique, M. A. (1988). *Strategic Management of Technology and Innovation*. Irwin: Homewood.
- Burgelman, R., Maidique, M. A., & Wheelwright, S. C. (2004). *Strategic Management of Technology and Innovation*. New York (NY): McGraw-Hill.
- Ernst, D., Ganiatsos, T., & Mytelka, L. (1998). *Technological Capabilities and Export Success in Asia*. London: Routledge.
- Gouel, P. (2005). Theories of Organization. *Industrial and Operations Engineering, Course IOE 421 Work Organizations*. Michigan, USA.
- Guan, J., & Ma, N. (2003). Innovative capability and export performance of Chinese firms. *Technovation*, 23, 737-747.
- Kim, L. (1997). *Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning*. Boston (MA): Harvard Business School Press.
- Nadler, D., & Tushman, M. (1997). *Competing by design : The power of organizational architecture*. New York: Oxford University Press.
- Nystrom, H. (2000). Innovative Capability Audits of University Research Centers. *Proceedings - 9th International Conference on Management of Technology*. Miami: IAMOT.
- Renard, L., & Saint-Amant, G. (2003). Capacité, capacité organisationnelle et capacité dynamique: une proposition de définitions. *Les Cahiers du Management Technologique*, 13(1), 1-26.
- Robledo, J., & Pérez, J. (2011). Modelo conceptual y aplicativo informático para la evaluación de capacidades de innovación tecnológica en PYMES del sector eléctrico colombiano. *Ponencia presentada a consideración del Comité Científico del XIV Seminario Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica*. Lima (Perú).
- Robledo, J., & Zapata, C. M. (2013). Propuesta de modelo de evaluación de la gestión de la innovación empresarial y aplicación experimental en una PYME colombiana. *Memorias del XV Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica*. Porto: ALTEC.
- Robledo, J., López, C., Zapata, W., & Pérez, J. D. (2010). Desarrollo de una metodología de evaluación de capacidades de innovación. *Perfil de Coyuntura Económica*(15), 133-148.
- Sher, P., & Yang, P. (2005). The effects of innovative capabilities and R&D clustering on firm performance: the evidence of Taiwan's semiconductor industry. *Technovation*, 33-43.
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533.
- Wang, C., Lu, I., & Chen, C. (2009). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. *Technovation*, 28, 349-363.
- Wernerfelt, B. (1984). A resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, 5, 171-180.
- Yam, R., Guan, J., Pun, K., & Tang, E. (2004). An Audit of Technological Innovation Capabilities in Chinese Firms: Some Empirical Findings in Beijing, China. *Research Policy*, 33(8), 1123-1140.