Cod. 9240 | Organización y dirección de empresas | 5311.05 Marketing (comercialización)

Cómo mejorar la selección de proveedores de elementos complejos usando la ingeniería de Producto: perspectivas desde la industria

How to improve supplier selection for complex items using Product Engineering: perspectives from the industry

Miguel Mediavilla[1,2], Carolina Bernardos[3], Kepa Mendibil[4] y Olga Rivera[1]

[1] Universidad de Deusto (España)
[2] Universidad de Mondragón (España)
[3] Universidad de Zaragoza (España)
[4] Universidad de Strathclyde (Escocia)

DOI: http://dx.doi.org/10.6036/9240

Fomentar una mayor competencia entre proveedores es uno de los desafíos clásicos para las empresas de todos los sectores. Esto se debe a que los resultados de los procesos de compra pueden proporcionar mejoras significativas en los márgenes de la empresa, al lograr ahorros de costes y, por lo tanto, pueden contribuir a ventajas competitivas más duraderas [1].

De hecho, cuando se despliegan prácticas de gestión de compras desde el nivel estratégico al táctico, la ejecución operativa se lleva a cabo en la definición de especificaciones de compra, búsqueda y selección de proveedores apropiados, y la preparación y ejecución de actividades de negociación de proveedores [1]. Este conjunto de actividades se conoce como el proceso de selección de proveedores y se considera un contribuidor fundamental para el desempeño de una empresa, así como una fuente potencial de desafíos complejos y difíciles para la toma de decisiones, como, por ejemplo, el cómo establecer un criterio para seleccionar proveedores o maximizar la competencia [2].

Precisamente, el proceso de selección de proveedores puede beneficiarse de una aplicación más sistemática de los conceptos de teoría de juegos (GT), que proporcione nuevas perspectivas que puedan utilizarse para la explicación, prescripción o predicción en las negociaciones [3]. La teoría de juegos se puede aplicar para modelar situaciones competitivas que surgen en la cadena de suministro en las que están presentes múltiples actores con objetivos en conflicto [4]. La teoría de juegos puede considerarse la teoría más adecuada para abordar las negociaciones [4] y se pone en práctica en los procesos de selección de proveedores mediante dos enfoques genéricos:

- Las negociaciones clásicas están vinculadas a un ejercicio de "regateo" (más o menos profesional) y el uso de partes de GT tiene como objetivo predecir (e influir) el precio al que tendrá lugar una transacción económica.
- Las subastas (inversas) son ejecutadas por un comprador que solicita ofertas de diferentes proveedores, creando un campo de juego nivelado en el que el vendedor es el que está haciendo una oferta para obtener lo que el comprador está ofreciendo.

Siendo de un tipo u otro, para cualquier "juego" dado (es decir, negociación comprador-proveedor para nuestro propósito) la perspectiva que interesa es establecer sus propiedades: si un comprador puede diseñar un proceso de selección de proveedores con varios proveedores calificados (*jugadores*) que compitan en un proceso predefinido (*orden*) para ganar un premio preestablecido (*premio*), entonces las posibles decisiones de los proveedores (*estrategias*) pueden verse influenciadas según el interés del comprador. Por lo tanto, GT se puede aplicar al diseño de los procesos de selección de proveedores de antemano para obtener mejores resultados de las negociaciones.

Desde hace años, una amplia variedad de empresas aplica herramientas GT (por ejemplo, subastas inversas) a sus negociaciones para mantener el mejor precio del mercado proveedor, reducir el tiempo de ciclo de adjudicación de pedidos, aumentar la transparencia de las ofertas, mejorar la visibilidad de los precios y mejorar el rendimiento operativo. A pesar del innegable interés de los profesionales por poner en práctica los conceptos y herramientas de GT en sus procesos de selección de proveedores, la investigación que comparte aplicaciones prácticas de la industria y detalla cómo y por qué debe diseñarse y ejecutarse es particularmente escasa [5], [6]. Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar teorías más sólidas, tal y como lo confirman dos recientes revisiones de la literatura sobre Gestión de Compras: estos trabajos confirmaron la aplicabilidad de GT en el proceso de selección de proveedores, pero mostraron un escaso número de trabajos empíricos [4], [7], que habían sido simplemente de naturaleza descriptiva o prescriptiva [6], [8].

Por lo tanto, nuestro trabajo se centrará en dar respuesta a las siguientes *gaps* de investigación:

- *Cómo* y *por qué* los procesos de selección basados en GT deben ponerse en práctica, especialmente para proyectos complejos o productos altamente personalizados, como en la construcción o con productos con una componente única de desarrollo ingenieril [9].
- Existe la necesidad de más investigación para verificar si las subastas inversas son adecuadas solo para productos básicos o estándares (*commodities*), o si también funcionan para artículos complejos y altamente personalizados. Adicionalmente se necesitan evidencias empíricas de la industria para respaldar la propuesta teórica de Schoenherr [6], [9] quien afirmó que las subastas inversas pueden aplicarse a bienes complejos y de alto componente ingenieril si las especificaciones se entienden y desarrollan en detalle.
- Se ha prestado poca atención al papel de la ingeniería de producto durante la definición y ejecución de la negociación de artículos complejos, lo que puede afectar decisivamente una aplicación exitosa de GT al proceso de selección de proveedores. De hecho, una crítica habitual para aplicar los conceptos de GT a la selección de proveedores es que puede funcionar extremadamente mal si las especificaciones no se comprenden y desarrollan en detalle, o si hay diseños contractuales incompletos [9]–[11]

Por lo tanto, el objetivo de la investigación es discutir en detalle *cómo* y *por qué* los métodos y herramientas de ingeniería de producto pueden mejorar la aplicación sistemática de GT a los procesos de selección de proveedores para artículos y proyectos complejos. El documento está estructurado con una introducción inicial y una revisión de la literatura, seguido de la metodología de investigación y el trabajo de campo (basado en dos estudios de caso con características técnicas predominantemente complejas). Finalmente, el documento contiene una discusión sobre resultados prácticos y teóricos, así como las conclusiones más relevantes.

2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Los *gaps* de investigación encontrados en la literatura respecto a la necesidad de dar respuesta a las necesidades de los profesionales es una señal para promover más investigación empírica en el ámbito de la *Gestión de Compras*. Por lo tanto, la elección de *investigación en acción* (AR, del término inglés Action Research) como la metodología general está claramente alineada con la naturaleza práctica del proyecto: su objetivo es contribuir a la investigación académica al tiempo que resuelve los problemas de los profesionales y donde el investigador(es) está activamente involucrado en el proceso de cambio [12], [13]

AR es una variante de la investigación con estudios de caso y permite estar en la realidad (industrial) y en estrecho contacto con los entornos en estudio para mejorar cualquier propuesta teórica. Es especialmente válido para GT aplicado a la selección de proveedores, ya que todavía está en la etapa de desarrollo de la teoría y los investigadores hasta ahora han utilizado principalmente laboratorios, lo que crea limitaciones, ya que las negociaciones en el mundo real son significativamente más complejas. Por lo tanto, los estudios de campo son necesarios para complementar los conocimientos de los laboratorios, ya que la AR puede ayudar a abarcar la complejidad de las relaciones entre compradores y proveedores, generando importantes conocimientos teóricos e implicaciones gerenciales [14].

Esta investigación consistió en dos estudios de los casos desarrollados mediante la adopción de AR como la principal metodología de investigación. Las empresas de los casos pretendían aplicar métodos innovadores para mejorar el rendimiento de sus procesos de selección de proveedores. En cada caso, los investigadores tenían el deber de diseñar y apoyar la ejecución de un proceso de selección de proveedores basado en GT y trabajaron con personas clave de las empresas. La participación de los profesionales hizo posible una revisión continua de las acciones que se estaban tomando durante todo el proceso, que es un elemento crítico para mejorar la validez de los estudios de AR. Además, después de completar los procesos de selección de proveedores, se realizaron varias entrevistas semiestructuradas y sesiones grupales de retroalimentación con la alta dirección de cada organización.

3. TRABAJO DE CAMPO: DOS CASOS DE ESTUDIO

Estos dos casos han sido parte de un proyecto de investigación más amplio, que comprende 10 casos de estudio y tiene como objetivo el aplicar de manera práctica conceptos y herramientas de GT en los procesos de selección de proveedores. Hasta ahora nuestra investigación solo se había centrado en la comprensión de cómo GT puede aplicarse a la selección de proveedores. Por lo tanto, la singularidad de este documento es el análisis conjunto de dos casos con complejidad técnica de producto y la inclusión de los métodos y herramientas de ingeniería de producto como palanca crucial (ver Tabla 1):

Como parte de la investigación previa ([15], [16]), los autores han propuesto un proceso sistemático (tabla 2) para aplicar GT al proceso de selección de proveedores, que se ha probado en varios casos mediante subastas inversas y negociaciones. El objetivo de este proceso es obtener un resultado más eficiente del proceso de selección de proveedores al permitir que la empresa diseñe mejor las estrategias de negociación, prediga los resultados y, en consecuencia, obtenga ofertas más competitivas. Este proceso sistemático puede ayudar a los profesionales, ya que no siempre conocen la justificación de la elección de los parámetros o cómo eso podría haber afectado al ahorro de costes [17] Este tipo de investigación empírica puede ayudar a los profesionales a diseñar procesos de selección más efectivos e integrarlos en sus estrategias de compra para mejorar el desempeño de la empresa [18].

EMPRESA DEL CASO	Objetivo del proceso de selección de proveedores	Aplicación de GT al proceso de selección de proveedores	Ejemplo de producto vendido por la empresa del caso de estudio
CASO A Empresa de automoción española Tier-1 y Tier-2. Fabricante de productos de forja en frío para sistemas de frenado y dirección. 14 meses durante 2014/2015 Descripción general detallada del caso en [16]	Asignar a un proveedor la construcción de una nueva instalación industrial en México (para procesos de forja en frío, mecanizado y verificación de visión artificial) de la empresa del caso. El objetivo de la compañía es maximizar la competencia entre proveedores para reducir los costes del proyecto.	La GT se ha aplicado mediante un proceso de selección de proveedores en dos fases con una subasta inversa japonesa (modificada) y un proceso de negociación (*tómalo o déjalo*).	
CASO B Fabricante europeo de grúas portuarias. 5 meses durante 2013 Descripción general detallada del caso en [15]	Adjudicar una compra a un proveedor que suministre la categoría "Electronics & drives" para un proyecto. Ese suministro incluye codiseño, fabricación, suministro y configuración. La compañía tiene como objetivo crear competencia y debilitar al proveedor dominante para reducir los costes de manera sostenible.	La GT se ha puesto en práctica mediante la negociación, específicamente utilizando los árboles de juego y la inducción hacia atrás.	

Tabla 1: Resumen de los casos incluidos en el artículo

Etapa	Propósito	Qué hacer
Etapa 1 Análisis de mercado & evaluación de la categoría de compra	Realiczar una evaluación de la categoría de compras, el poder de compra y los riesgos de suministro. Además, identificar las estrategias genéricas más adecuadas para cada categoría.	1. Recopilación cuantitativa de datos, por ejemplo, número de proveedores liberados para la categoría, número de proveedores potenciales, volumen de compras por proveedor y categoría.
		2. Evalúe la categoría de suministro basada en la matriz de Kraljic utilizando el método apropiado.
		3. Comprender las estrategias de compra genéricas por cuadrante.
		4. Decidir qué estrategia de categoría básica utilizar para la categoría y compararlo con la estrategia existente para la categoría y evaluar el poder relativo del comprador-proveedor y el impacto en la selección de la estrategia.
Etapa 2 Evaluación de las condiciones de negociación	Definir la competitividad actual de la categoría de compras.	1. Evaluar el número de proveedores homologados para el proceso de adjudicación.
		2. Obtener el compromiso para el proceso de adjudicación de todas las áreas de toma de decisiones.
		3. Garantizar un alto nivel de atractivo del potencial contrato para proveedores.
		4. Establecer los objetivos para el proceso de adjudicación y preparar la predicción para el proceso de adjudicación en función de la posición de costes y las observaciones del mercado.
		5. Seleccionar un grupo de proveedores, definir especificaciones / requisitos y enviar una solicitud de cotización (RFQ).
Etapa 3 Diseño de la negociaciación/*juego*	Definir el juego de la negociación: jugadores, normas e información.	1. Especificar qué proveedores serán invitados al juego (jugadores) según las respuestas a la RFQ.
		2. Diseñar los detalles del juego con respecto a la estrategia, el orden del juego y la información: (a) juego cooperativo o no cooperativo, (b) juego estratégico o juego extenso, y (c) información perfecta o imperfecta; Además, definir cómo se compartirá con los jugadores.
		3. Para un juego de forma extensa, desarrollar un árbol de decisión y aplicar la inducción hacia atrás para predecir resultados y adaptar el juego.
		4. Para subastas: decidir el tipo de subasta, teniendo en cuenta la Solicitud de cotización de los proveedores.
		5. Proporcione información detallada al equipo directivo para garantizar el compromiso requerido para esta etapa del proceso.
Etapa 4 Ejecución de la negociación/*juego*	Ejecutar la negociación según se ha definido en la etapa 3	1. Desarrollar un contrato estándar para los proveedores que participan en el juego y obtener su firma antes de la ejecución del juego.
		2. Comunicar las reglas del juego de negociación a los jugadores (proveedores) de acuerdo con los requisitos de diseño del juego desarrollados en la Etapa 3.
		3. Ejecutar el juego como se ha definido.
		4. Finalizar el juego y asignar el contrato al proveedor que haya resultado ganador.

Tabla 2: Etapas del proceso para diseñar un proceso de negociación de proveedores basado en GT

Las etapas 1 y 2 del proceso sistemático son comunes a la mayoría de los procesos de selección de proveedores y no necesariamente específicas de GT. Las etapas 3 y 4 constituyen la principal contribución de GT al proceso de selección de proveedores. Con respecto al impacto del uso de métodos y herramientas de ingeniería de producto para respaldar una selección de proveedores más efectiva, estos se analizarán en las etapas 2 y 3 (ver tablas). Si bien existe un amplio conjunto de conocimientos sobre compras estratégicas (etapas 1 y 2) y también literatura diversa de GT sobre procesos de selección de proveedores (etapas 3 y 4), existe una investigación limitada sobre cómo afectan conjuntamente el desempeño de la empresa.

3.1. PERSPECTIVAS DE LA ETAPA 1

La etapa 1 establece la necesidad de seleccionar la estrategia genérica más apropiada para cada categoría de compra. Para ello se utilizó el trabajo que realizó Kraljic [19], y las principales estrategias fueron establecidas por la alta dirección de cada empresa. En concreto, en ambos casos hubo necesidad de aprovechar la competencia y encontrar nuevos proveedores: por ello, se seleccionó la estrategia de *explotar el poder de compra* (Caso A) y *terminar la colaboración y crear competencia* (Caso B). Ambos casos mostraron un claro compromiso de aumentar la competencia al presionar a muchos proveedores a competir o crear amenazas para los proveedores dominantes existentes.

Estas decisiones sobre la estrategia elegida tuvieron un impacto directo en las tareas clave que la ingeniería de producto debía desarrollar para apoyar un proceso de selección de proveedores más eficiente por medio de GT. La figura A (material suplementario) resume las condiciones iniciales de cada caso y la contribución esperada de la ingeniería del producto.

Los equipos de proyecto incluían participantes con funciones de ingeniería de producto (en el caso A, el responsable técnico del proyecto de construcción era el Director de *Supply Chain*, que tenía experiencia técnica anterior en la construcción de pabellones industriales) y, ocasionalmente, asesores externos especializados (caso A: arquitectos; caso B: soporte para análisis de valor e ingeniería inversa) que fue crucial para una especificación y evaluación técnica exitosa.

3.2. PERSPECTIVAS DESDE LAS ETAPAS 2 Y 3

Las etapas 2 y 3 están principalmente relacionadas con la preparación de la negociación entre el comprador y el proveedor. Específicamente, la fase 2 analiza el nivel general de competitividad existente en la categoría (por ejemplo, el caso de un sector de la construcción: industrial en México; el caso B: *Electrónica & Accionamientos* para grúas de puerto). Por otro lado, la etapa 3 se centra en diseñar el escenario de negociación más favorable para el comprador (empresas de los casos), que se basa en conceptos de GT.

El diseño de la negociación no es un objetivo de este artículo y, por ende, su explicación no está desarrollado en detalle (ver [15], [16] para trabajos centrados en ello). Por el contrario, y siguiendo el

Etapa	Resultados necesarios a lograr mediante la utilización de métodos y herramientas de ingeniería de productos (¿QUÉ y POR QUÉ?)	Métodos y herramientas de ingeniería de producto utilizadas (¿CÓMO?)	Utilizado en CASO A	Utilizado en CASO B
Etapa 2: Evaluación de las condiciones de negociación *Propósito: Evaluar la competitividad actual de la categoría de compras.*	**¿QUÉ?** Transparencia en los requisitos técnicos y condiciones que debe cumplir el proveedor que participa en la selección. **¿POR QUÉ?** Permitir la igualdad de oportunidades de competencia entre muchos proveedores reales (o potenciales). Una mayor base de proveedores participantes contribuye a generar una mayor competencia entre los proveedores y a aplicar mejor GT para seleccionar proveedores.	**¿CÓMO?** (1) Gestión de especificaciones: documentación técnica detallada y genérica (funcionalidades) y desarrollo de planos (ensamblaje y vista despiezada)	X	X
	¿QUÉ? Evaluación conjunta de las especificaciones técnicas, los requisitos del cliente y las funciones que debe cumplir un equipo multifuncional **¿POR QUÉ?** Lograr ahorros de costos sin reducir las condiciones técnicas; Evaluación temprana de los riesgos potenciales del producto e inclusión en la documentación técnica y diseño del "juego". Aclarar las reglas para los proveedores que compiten, p. evitando especificaciones / funciones faltantes que evitan la comparación posterior de ofertas.	**¿CÓMO?** (2) Despliegue de la función calidad (QFD) para la gestión de especificaciones		X
		¿CÓMO? (3) Análisis modal de fallos y efectos (AMFE) para la gestión de especificaciones		X
	¿QUÉ? Evaluación técnica y económica de especificaciones realizada en paralelo. **¿POR QUÉ?** Lograr ahorros de costos (basados en estimaciones de costos, por ejemplo, de una ingeniería inversa) que no reduzcan los requisitos técnicos clave. P.ej. adaptar especificaciones que no tienen impacto técnico principal.	**¿CÓMO?** (4) Gestión de subespecificaciones	X	X
	¿QUÉ? Evaluación de un coste objetivo confiable basado en especificaciones técnicas detalladas y proyectos y / o productos similares. **¿POR QUÉ?** Tener una estimación de costos para el producto, para, p. ej. utilizar análisis de valor o subespecificación. Establecer un objetivo de coste interno realista que se alcance al diseñar el "juego" (negociación), antes de la solicitud de oferta a los proveedores. Ayudar a calcular los pagos del juego (objetivo de coste para que lo alcancen los proveedores).	**¿CÓMO?** (5) Procedimiento de ingeniería inversa para la estimación del coste objetivo	X	X
	¿QUÉ? Evaluación de la importancia de cada función técnica y los costos asociados por módulo / ítems / subsistema **¿POR QUÉ?** Lograr ahorros de costes (basados en estimaciones de costes, por ejemplo, de una ingeniería inversa) que no reduzcan las condiciones técnicas / respaldan la subespecificación, antes de la solicitud de oferta a los proveedores.	**¿CÓMO?** (6) Análisis de valor para la definición del coste objetivo	X	X
Etapa 3: Diseño de la negociación/ juego *Propósito: Definir el juego de la negociación: jugadores, normas e información.*	**¿QUÉ?** Similar a (5), pero ahora no se basa en las especificaciones técnicas, sino más bien en la RFQ recibida y los comentarios técnicos particulares con respecto a las especificaciones que los proveedores pueden proporcionar. **¿POR QUÉ?** Reevaluar el objetivo de coste que deben alcanzar los proveedores, teniendo en cuenta el desglose de los costes reales de los proveedores. Y también posibles modificaciones técnicas o riesgos o cambios proporcionados por los proveedores (incluso si no se aceptan, podrían proporcionar ahorros de costes o mejoras técnicas y deberían evaluarse para evaluar potenciales).	**¿CÓMO?** (7) Procedimiento de ingeniería inversa para la estimación de costes de proveedores y palancas de costes de los proveedores	X	X
	¿QUÉ? Similar a (6), pero ahora basado en el nivel de coste real de la RFQ y comentarios técnicos particulares con respecto a las especificaciones que los proveedores pueden proporcionar. **¿POR QUÉ?** Permitir confrontar la importancia de las funciones a cumplir y los costes asociados de acuerdo con la RFQ (oferta y costes reales). Ayuda a reducir costes y evaluar la pérdida de condiciones técnicas o funciones basadas en ofertas reales.	**¿CÓMO?** (8) Análisis de valor para la estimación del coste del proveedor.	X	X

Tabla 3: Resultados esperados durante el proceso de selección de proveedores y el uso de determinados métodos de ingeniería del producto

objetivo de este trabajo, sí describimos en detalle los aspectos relacionados con la ingeniería de producto aplicada a la selección de proveedores (tabla 3):

- Los resultados necesarios que debe proporcionar la aplicación de los métodos y herramientas de ingeniería de producto, para así apoyar el proceso de selección de proveedores y la aplicación de herramientas de GT.
- Cuáles han sido los métodos de ingeniería de producto utilizados para responder a los resultados buscados.
- Cómo y por qué estos han sido puestos en práctica y en qué pasos de nuestro proceso sistemático han sido usados.

El investigador principal coordinó la selección de métodos y herramientas de ingeniería de producto adecuados que podrían aplicarse para responder a diferentes objetivos durante el proceso de selección de proveedores. Eso significa, por ejemplo, que si los equipos necesitaran decidir cómo reducir el coste del producto, se podría llevar a cabo un análisis de valor para reducir las funciones no críticas del producto; o podría ejecutarse una ingeniería inversa para aprender de otras soluciones en el mercado que ayuden a reducir el costo.

En resumen, los dos casos presentados habían utilizado los siguientes métodos y herramientas de ingeniería de producto: gestión de especificaciones; implementación del *Quality Function Deployment* (QFD); análisis modal de fallos y efectos (AMFE); gestión de subespecificaciónes; ingeniería inversa y análisis de valor.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La naturaleza de la investigación aplicada hace necesario discutir los resultados en dos aspectos:

- Aspecto práctico: los resultados de las negociaciones ejecutadas en ambos casos. Ello significa verificar si las empresas de los casos lograron sus resultados en los procesos de selección de proveedores. Además, si la aplicación de los métodos y herramientas de

Caso	Resultados del proceso de selección de proveedor		Aplicación de métodos y herramientas de ingeniería de producto: observaciones principales y decisiones
Caso A	**RFQ Inicial:** *mejor precio de ofertas* **1 (precio base)**	**Resultado final (RFQ aceptada):** **0,78x precio base**	- La gestión de especificaciones tenía la dificultad de desarrollarse para la base de suministro de construcción mexicana, que está relativamente más influenciada por los Estados Unidos de América que Europa. Ello provocó varios retrasos en las decisiones que podrían asegurar una construcción estandarizada entre España y México. De todos modos, todas las ofertas recibidas fueron totalmente (técnicamente) comparables, que era uno de los principales objetivos de la empresa del caso
			- El análisis de valor ayudó en el trabajo de suboptimización, pero no proporcionó información relevante como en el caso B (por ejemplo, ayudó a reorganizar los presupuestos para tener una extensión más fácil de la instalación en el futuro, al aumentar la cantidad para las bases de hormigón y la estructura de acero , ya que en el futuro se esperan máquinas de estampación en frío mucho mayores)
			- La herramienta de suboptimización funcionó bien ya que estaban involucradas todas las personas relevantes que luego serían parte activa del uso de la instalación de producción. Esto permitió una reducción significativa de costes a través de una mejor definición del producto (o "minimizando" las especificaciones necesarias para las necesidades, evitando la "sobreingeniería")
			- La herramienta de ingeniería inversa fue altamente efectiva porque permitió al equipo del proyecto determinar que el mejor precio de oferta de RFQ tenía el potencial de reducirse aproximadamente un 20%. Esa fue una decisión clave al establecer una estrategia de subasta basada en GT muy agresiva.
Caso B	**Objetivo a conseguir: definido como "Target"** Nivel de precio en negociaciones previas comparables: **1,39 x Target**	**Resultado final (RFQ aceptada):** **1,08 x Target**	- El desarrollo de la documentación técnica detallada requirió un gran esfuerzo (incluyendo soporte externo para dibujos) porque el proveedor dominante no necesitaba dicha información técnica detallada; de hecho, este proveedor dominante actuó en parte como la función de ingeniería de la empresa, lo que podría haber sido un aspecto positivo pero no permitió la creación de la competencia necesaria. Para involucrar a un nuevo proveedor era necesaria una documentación técnica muy detallada que era parcialmente inexistente.
			- El análisis del valor y las herramientas de ingeniería inversa fueron cruciales para evaluar la competitividad real de la electrónica y las unidades suministradas. De hecho, se tomaron tres decisiones clave basadas en el resultado de estas dos herramientas: (1) Análisis de valor: había varios elementos técnicos que no proporcionaban una funcionalidad tan excelente (pero que tenían altos costos) y que podrían ser subespecificados para el futuro cercano; ver extracto de esto en la figura 3 (2) Ingeniería inversa: el proveedor dominante tenía un margen aceptable en el software y la ingeniería suministrados, pero también tenía un margen tremendo (50-70%) en el hardware. Esto permitió al equipo crear una amenaza al dividir el suministro de software y hardware; (3) Análisis de valor e ingeniería inversa: la mayor parte del valor del sistema en el futuro provendrá del software, mientras que el hardware podría ser suministrado por varios fabricantes. Por lo tanto, la empresa de casos lanzó un proyecto de I + D de 3 años para desarrollar y fabricar su propio sistema de electrónica y unidades para una determinada gama de productos.

Tabla 4. Resultados de los casos: logro de coste objetivo y resultados conseguidos mediante el uso de ingeniería de producto

ingeniería de producto proporcionan el resultado esperado para apoyar el proceso sistemático definido en la tabla 2.

- Aspectos teóricos: es necesario asegurar la calidad de la investigación. Para ese propósito, se aplican los criterios necesarios para la validación de la calidad AR.

4.1. RESULTADOS PRÁCTICOS: EJECUCIÓN DE LA ETAPA 4

La figura A (sección de material suplementario) comprende una visión general resumida de la ejecución de los casos A y B, pero también la entrega final de ambos casos: una instalación industrial en México (caso A) y las grúas portuarias en la Península Ibérica (caso B).

Con respecto a los resultados prácticos de la aplicación de GT a los procesos de selección de proveedores, cada caso tenía el objetivo de reducir los costes y aumentar la competencia mediante el uso de métodos de ingeniería de producto, lo cual se logró en la práctica. La Tabla 4 resume estos logros y también ofrece una evaluación cualitativa con respecto a la aplicación de métodos y herramientas de ingeniería de producto y qué decisiones importantes se tomaron en base a ellos:

Las sesiones de *feedback* con los equipos directivos de las empresas ayudaron a evaluar la utilidad práctica de la investigación:

- Caso A: (CFO) "Esperaba que la subasta durara dos o tres rondas. Me sorprendí al ver cómo podíamos predecir la razón por la que realizamos cada decisión y lo que podría suceder a continuación durante más de 20 rondas [...] Nuestros técnicos entendieron por qué son tan críticos para lograr los ahorros de coste. [...] La empatía entre los ingenieros y nosotros, compradores y financieros, para lograr los objetivos".
- Caso A: (Director, *Supply Chain*) "[...] la negociación con el menor esfuerzo de negociación en 20 años de carrera en la industria de la automoción [...]. La parte mala: la preparación fue dura [...] entendimos por qué hacer ese gran esfuerzo en cada paso. Personalmente, yo no había utilizado el análisis de valor desde que estaba en la universidad [...] ha sido valioso para nosotros en la preparación de negociaciones".
- Caso B: (Director de Compras) "Al principio yo no tenía plena confianza en el proceso, pero después de ver GT en acción, hemos confiado *en la ciencia*: GT [...] nos permitió escapar de nuestro proveedor dominante".
- Caso B: (Ingeniero Jefe) "[...] es crucial para comprender las decisiones que los proveedores pueden tomar en una negociación. [...] El trabajo técnico realizado por mis ingenieros para la negociación fue grande, pero los los ahorros conseguidos también lo han sido".

4.2. RESULTADOS TEÓRICOS

Estos dos casos se desarrollaron considerando cuidadosamente los criterios [12], [13] para evaluar la calidad de la AR (Figura B, en material suplementario). AR es una forma de investigación aplicada y, por lo tanto, un criterio clave para juzgar la calidad de la investigación tiene que ver con contribuciones prácticas. Estos responden a críticas anteriores de AR como "consultoría disfrazada de investigación" [13] y la falta de repetibilidad y generalización debido a la necesidad de resolver un problema específico en un contexto particular.

5. CONCLUSIONES

La aplicación sistemática del proceso de selección de proveedores (tabla 2) a los dos casos de estudio ha mostrado *cómo* y *por qué* los métodos y herramientas de ingeniería de producto pueden mejorar la aplicación sistemática de GT para procesos de selección de proveedores. De hecho, el uso de la ingeniería de producto ha sido una palanca clave para permitir la correcta aplicación de dicho proceso.

Diversas necesidades que surgieron durante los dos procesos de selección de proveedores han sido respondidas mediante la puesta en práctica de métodos y herramientas de ingeniería de producto seleccionados (tabla 3). Su aplicación exitosa ha sido presentada tanto en lo cuantitativo como en lo cualitativo (Tabla 4): específicamente que el uso de GT en procesos de selección de proveedores debe estar fuertemente arraigada en un uso adecuado de métodos y herramientas de ingeniería de producto, de lo contrario, las negociaciones basadas en GT podrían no ser tan eficientes como podrían.

Los tres aspectos siguientes (referidos al *cómo* y *por qué* aplicar la ingeniería de producto para la selección de proveedores) han sido considerados como esenciales durante las sesiones de *feedback* con las empresas de los casos. Los investigadores también los consideran críticos y de interés práctico para los profesionales:

1. Para mejorar los procesos de selección de proveedores es necesario alinear las funciones internas de la empresa y promover el esfuerzo conjunto de los equipos de ingeniería de producto y de compras. La utilización de procesos sistemáticos (por ejemplo, tabla 2) y el establecimiento de entregables claros por cada etapa del proceso (por ejemplo, tabla 3) permiten dar transparencia a los asociados, crean empatía y evitan las suboptimizaciones locales al vincular claramente los objetivos de la empresa para la reducción de costes en los procesos de proveedores y el impacto de cada actividad operativa realizada por áreas de ingeniería o compras.
2. Asegurar una gestión adecuada de las especificaciones que permita una comparación real posterior de la oferta económica de los proveedores es una actividad que podría estar infravalorada en la práctica. Las compañías de los casos A y B admitieron que el procedimiento seguido en los casos ha permitido mejorar respecto a su situación previa: en los casos han podido tener una documentación completa -conteniendo toda la definición funcional relevante y planos- antes de cualquier negociación, para así evitar aumentos de costes posteriores. Nuestros resultados respaldan empíricamente la propuesta de Schoenherr [6], [9] respecto a que las subastas inversas se pueden aplicar a bienes complejos y de alta ingeniería si las especificaciones se comprenden y desarrollan en detalle
3. Las iniciativas de reducción de costes de productos pueden tener una base sólida si el análisis previo se basa en:

- ingeniería inversa: permite establecer un nivel de coste realista basado en los precios del mercado y establecer objetivos de costes para la negociación con los proveedores. A cambio, estos métodos requieren un trabajo muy intenso por parte de ingenieros y compradores. Los casos A y B se beneficiaron intensamente de este método.
- Análisis de valor: para clasificar las funciones más importantes que un producto debe cumplir y luego comparar cuánto coste se dedica a cada una de estas funciones, para así permitir tomar decisiones equilibradas, por ejemplo, al establecer especificaciones, (re) diseñar productos y/o negociar con proveedores. Ese ha sido un ejercicio crucial en el caso B, al confirmar que las principales componentes de coste no se correspondían en muchos casos con las funciones más valiosas del suministro de *Electrónica & Accionamientos* (ver material suplementario / figura C).

Hacemos un llamamiento para que se profundice en la investigación sobre casos que conecten los procesos de selección de proveedores y la ingeniería de producto. Es de innegable interés para los profesionales, ya que puede proporcionar palancas importantes para obtener procesos de selección más competitivos entre los proveedores. Además, tener más casos del mundo real que apliquen nuestro proceso sistemático presentado en la Tabla 2 mejoraría la validez de este. Por último, creemos que los métodos y herramientas de ingeniería de producto (análisis de valor, ingeniería inversa, QFD, FMEA, subespecificación, gestión de especificación) utilizados en los dos estudios de caso, generalmente podrían aplicarse a cualquier selección de proveedores, pero esto debería ser probado en otros casos.

REFERENCIAS

[1] J. Van Weele, Purchasing and supply chain management: Analysis, strategy, planning and practice. Cengage Learning EMEA, 2009.

[2] Weber, J. R. Current, and W. C. Benton, "Vendor selection criteria and methods," Eur. J. Oper. Res., vol. 50, no. 1, pp. 2-18, 1991. https://doi.org/10.1016/0377-2217(91)90033-R

[3] K. Dixit and S. Skeath, Games of strategy. New York: Norton, 1999.

[4] G. Spina, F. Caniato, D. Luzzini, and S. Ronchi, "Assessing the use of External Grand Theories in Purchasing and Supply Management research," J. Purch. Supply Manag., 2016. https://doi.org/10.1016/j.pursup.2015.07.001

[5] D. C. Wyld, "Current research on reverse auctions: part I-Understanding the nature of reverse auctions and the price and process savings associated with competitive bidding," Int. J. Manag. Value Supply Chain., vol. 2, pp. 1-15, 2011. https://doi.org/10.5121/ijmvsc.2011.2302

[6] T. Schoenherr et al., "Research opportunities in purchasing and supply management," Int. J. Prod. Res., vol. 50, no. 16, pp. 4556-4579, 2012. https://doi.org/10.1080/00207543.2011.613870

[7] L C. Giunipero, S. Bittner, I. Shanks, and M. H. Cho, "Analyzing the sourcing literature: Over two decades of research," J. Purch. Supply Manag., 2018. https://doi.org/10.1016/j.pursup.2018.11.001

[8] G. Spina, F. Caniato, D. Luzzini, and S. Ronchi, "Past, present and future trends of purchasing and supply management: An extensive literature review," Ind. Mark. Manag., vol. 42, no. 8, pp. 1202-1212, 2013. https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2013.04.001

[9] T. Schoenherr, "The Evolution of Electronic Procurement," in The Evolution of Electronic Procurement, Palgrave Macmillan, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93985-8

[10] T. Hanák and J. Selih, "On-line reverse auctions in construction industry," Gradevinar, vol. 69, no. 9, 2017. https://doi.org/10.14256/JCE.1352.2015

[11] P. Bajari, R. McMillan, and S. Tadelis, "Auctions versus negotiations in procurement: an empirical analysis," J. Law, Econ. Organ., vol. 25, no. 2, pp. 372-399, 2008. https://doi.org/10.1093/jleo/ewn002

[12] C. Eden and C. Huxham, "Action research for management research," Br. J. Manag., vol. 7, no. 1, pp. 75-86, 1996. https://doi.org/10.1111/j.1467-8551.1996.tb00107.x

[13] P. Coughlan and D. Coghlan, "Action research for operations management," Int. J. Oper. Prod. Manag., vol. 22, no. 2, pp. 220-240, 2002. https://doi.org/10.1108/01443570210417515

[14] V. Maestrini, D. Luzzini, A. B. R. Shani, and F. Canterino, "The action research cycle reloaded: Conducting action research across buyer-supplier relationships," J. Purch. Supply Manag., vol. 22, no. 4, pp. 289-298, 2016. https://doi.org/10.1016/j.pursup.2016.06.002

[15] M. Mediavilla, K. Mendibil, and O. Rivera, "How to negotiate with dominant suppliers? A game-theory perspective from the industry," Dir. y Organ., no. 67, pp. 37-45, 2019.

[16] M. Mediavilla, K. Mendibil, and C. Bernardos, "Making the most of game theory in the supplier selection process for complex items.," Prod. Plan. Control, in press 2020.

[17] S. Mithas and J. Jones, "Do auction parameters affect buyer surplus in e-auctions for procurement?," Prod. Oper. Manag., vol. Vol. 16, no. 4, pp. 455-470, 2007. https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2007.tb00272.x

[18] A. J. Weele and E. M. Raaij, "The future of purchasing and supply management research: About relevance and rigor," J. Supply Chain Manag., vol. 50, no. 1, pp. 56-72, 2014. https://doi.org/10.1111/jscm.12042.

MATERIAL SUPLEMENTARIO

https://www.revistadyna.com/documentos/pdfs/_adic/9240-1.pdf