

CANÁLISIS DEL COSTO MARGINAL PARA TOMA DE DECISIONES EN EMPRESAS DEL SECTOR INDUSTRIAL*

MARGINAL COST ANALYSIS FOR DECISION MAKING IN INDUSTRIAL SECTOR COMPANIES

ANÁLISE DE CUSTOS MARGINAIS PARA A TOMADA DE DECISÕES EM EMPRESAS DO SETOR INDUSTRIAL

ANALYSE DES COÛTS MARGINAUX POUR LA PRISE DE DÉCISION DANS LES ENTREPRISES DU SECTEUR INDUSTRIEL

JORGE ANÍBAL RESTREPO-MORALES[†]

JUAN GABRIEL VANEGAS LÓPEZ[‡]

NATALIA PÉREZ QUINTERO[§]

Fecha de recepción: 20 de abril de 2022

Fecha de aprobación: 18 de mayo de 2022

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es efectuar un análisis de costos marginales para el sector industrial de Dosquebradas (Risaralda). Se desarrolla para determinar la incidencia de los costos marginales para la toma de decisiones empresariales; en primer lugar, se hace un análisis económico de los costos marginales y su aplicación en las decisiones de inversión de tamaño de planta para un sector industrial; así mismo, se desarrolla un análisis contable y financiero de los costos marginales para su aplicación a nivel de empresa en las decisiones de precio de venta y punto de equilibrio.

[†] Ingeniero administrador, Universidad Nacional, Medellín, Colombia; maestría en Administración, Universidad Eafit, Medellín; doctor en Internacionalización, San Pablo CEU, Madrid, España. Institución Universitaria Visión de las Américas, Medellín. Grupo de Investigación GICEA. jorge.restrepo@uam.edu.co. <https://orcid.org/0000-0001-9764-6622>

[‡] Economista y magíster en Economía, Universidad de Antioquia, Medellín. Tecnológico de Antioquia I.U. Grupo de Investigación R.E.D., Medellín. jvanegas1@tdea.edu.co. <https://orcid.org/0000-0003-1955-0195>

[§] Ingeniera administradora, Fundación Universitaria Visión de las Américas. Grupo de Investigación GICEA, Medellín. Nataliaperezq@uam.edu.co. <https://orcid.org/0000-0003-2041-7009>

En cuanto al diseño y el método del estudio, se tomó una muestra de cuatro empresas del sector bajo análisis, las cuales reportaron información al DANE mediante la Encuesta Anual Manufacturera del año 2020. Los datos fueron analizados mediante Simulación de Montecarlo y regresión lineal bajo una metodología explicativa.

Como resultados, los datos globales muestran el costo marginal mínimo obtenido de 103,3 millones y el valor máximo de 325,2 millones, que es el rango de costo marginal que permite la gestión de la demanda y la capacidad de producción.

La investigación expone limitaciones que revelan un camino para el futuro. Primero, el trabajo utiliza los datos del DANE como única fuente de información. Segundo, el tamaño de la muestra por sector difiere en tamaño, lo cual dificulta el análisis. Por último, los ejecutivos son muy recelosos de la información de costes y solo una empresa accedió a proporcionar información específica con reserva de resumen.

Los resultados revelan implicaciones prácticas para los propietarios y directivos de las MiPymes y ofrecen una visión de la influencia del coste marginal en el mantenimiento de la competitividad de las MiPymes.

El valor del trabajo radica en demostrar la importancia del coste marginal para soportar la toma de decisiones en las Mipymes y la oportunidad que subyace para mejorar la competitividad, mediante la aplicación de métodos de análisis disponibles para tales unidades empresariales, que a pesar de su potencialidad han sido poco utilizados en este segmento empresarial.

PALABRAS CLAVE

Costos marginales, impacto contable y financiero, Mipymes.

CLASIFICACIÓN JEL:

C51, D24, L1.

ABSTRACT

The aim of this paper is to make an analysis of marginal costs for the industrial sector of Dosquebradas (Risaralda). It is developed to determine the incidence of marginal costs for business decision making; first, an economic analysis of marginal costs and their application in plant size investment decisions for an industrial sector is developed; likewise, an accounting and financial analysis of marginal costs is developed for their application at the firm level in sales price and break-even point decisions.

Regarding the design and method of the study, a sample of four companies of the analyzed sector, which reported information to DANE by the Annual Manufacturing Survey of 2020. The data were analyzed using Montecarlo Simulation and lineal regression under an explanatory methodology. As findings, the overall data show the minimum marginal cost achieved is 103.3 million and the maximum value is 325.2 million, which is the marginal

cost range that allows demand management and production capacity. The research exposes limitations that reveal a path for the future. First, the work uses data from DANE as the only source of information. Second, the sample size by sector differ in size and this makes analysis difficult. Finally, executives are very suspicious of cost information and only one company agreed to provide specific information with summary reserve.

The results reveal practical implications for MSMEs owners and managers and offer insight into the influence of marginal cost in maintaining MSMEs competitiveness. The contribution of this work lies in demonstrating the importance of marginal cost to support decision making in MSMEs and the underlying opportunity to improve competitiveness, through the application of analysis methods available for such business units, which, despite their potential, have been little applied in this business segment.

Keywords: Accounting and financial impact, marginal costs, MSMEs.

JEL Classification: C51, D24, L1.

RESUMO

O artigo visa realizar uma análise dos custos marginais para o sector industrial de Dosquebradas (Risaralda, Colombia). É desenvolvido para determinar a incidência dos custos marginais para a tomada de decisões empresariais; em primeiro lugar, é feita uma análise económica dos custos marginais e a sua aplicação nas decisões de investimento de tamanho de fábrica para um sector industrial; também é desenvolvida uma análise contabilística e financeira dos custos marginais para a sua aplicação ao nível da empresa nas decisões de preço de venda e de ponto de equilíbrio.

Em relação à concepção e método do estudo, foi retirada uma amostra de quatro empresas do sector analisado, as quais comunicaram informações à DANE através do Inquérito Anual de Fabrico de 2020. Os dados foram analisados utilizando simulação de Monte Carlo e regressão linear sob uma metodologia explicativa. Como resultados, os dados globais mostram o custo marginal mínimo obtido de 103,3 milhões e o valor máximo de 325,2 milhões, que é a gama de custos marginais que permite a gestão da procura e a capacidade de produção.

A investigação revela limitações que mostram um caminho a seguir. Em primeiro lugar, o jornal utiliza os dados do DANE como única fonte de informação. Segundo, o tamanho da amostra por sector difere, o que torna a análise difícil. Finalmente, os executivos estão muito cautelosos com a informação de custos e apenas uma empresa concordou em fornecer informação específica com reserva de resumo.

Os resultados têm implicações práticas para os proprietários e gestores de MPMEs e oferecem uma visão sobre a influência do custo marginal na manutenção da competitividade das MPMEs.

O valor do artigo reside em demonstrar a importância do custo marginal no apoio à tomada de decisões nas MPMEs e a oportunidade subjacente de melhorar a competitividade através da aplicação de métodos

de análise disponíveis para tais unidades de negócio, que apesar do seu potencial têm sido pouco utilizados neste segmento de negócio.

Palavras-chave: Custos marginais, impacto contábilístico e financeiro, MPMEs.

Classificação JEL: C51, D24, L1.

RÉSUMÉ

L'article vise à réaliser une analyse des coûts marginaux pour le secteur industriel de Dosquebradas (Risaralda, Colombie). Il est développé afin de déterminer l'incidence des coûts marginaux pour la prise de décision des entreprises; tout d'abord, une analyse économique des coûts marginaux et leur application dans les décisions d'investissement en matière de taille d'usine pour un secteur industriel est réalisée; également, une analyse comptable et financière des coûts marginaux est développée pour leur application au niveau de l'entreprise dans les décisions relatives au prix de vente et au seuil de rentabilité.

En ce qui concerne la conception et la méthode de l'étude, un échantillon de quatre entreprises a été prélevé dans le secteur analysé, qui ont communiqué des informations au DANE par le biais de l'Enquête Annuelle 2020 sur la fabrication. Les données ont été analysées à l'aide de la simulation de Monte Carlo et de la régression linéaire dans le cadre d'une méthodologie explicative.

Comme résultats, les données globales montrent que le coût marginal minimum obtenu est de 103,3 millions et la valeur maximum de 325,2 millions, ce qui est la fourchette de coût marginal qui permet la gestion de la demande et la capacité de production.

La recherche révèle des limites qui montrent la voie à suivre. Premièrement, le document utilise les données de la DANE comme seule source d'information. Deuxièmement, la taille de l'échantillon par secteur diffère, ce qui rend l'analyse difficile. Enfin, les dirigeants sont très méfiants à l'égard des informations sur les coûts et seule une entreprise a accepté de fournir des informations spécifiques avec réserve de résumé.

Les résultats ont des implications pratiques pour les propriétaires et les gestionnaires de MPME et offrent un aperçu de l'influence du coût marginal sur le maintien de la compétitivité des MPMEs.

La valeur de ce document réside dans la démonstration de l'importance du coût marginal dans le soutien à la prise de décision dans les MPMEs et l'opportunité sous-jacente d'améliorer la compétitivité en appliquant les méthodes d'analyse disponibles pour ces unités commerciales, qui malgré leur potentiel ont été peu utilisées dans ce segment d'activité.

Mots clés: Coûts marginaux, impact comptable et financier, MPME.

Classification JEL: C51, D24, L1.

INTRODUCCIÓN

Las compañías enfrentan decisiones todos los días, como laborar algunas horas extra por turno, ampliar capacidad instalada, contratar más personal, entre otras. Diversos tipos de técnicas se usan para acompañar esas situaciones. Desde el ámbito microeconómico, un enfoque interesante es el análisis marginal, dado que puede proporcionar herramientas a los tomadores de decisiones para conformar un conjunto informacional más robusto y sustentado. De esta manera, desde la perspectiva económica se hace referencia al beneficio máximo. Las empresas quieren maximizar las ganancias, es así como el análisis marginal ayuda a las empresas a equilibrar los costos y los beneficios de las acciones adicionales, ya sea que produzcan más, consuman más o las utilicen para otros tipos de decisiones, y a determinar si los beneficios superan los costos, aumentando así la utilidad.

De acuerdo con Safarano (2001), la teoría de análisis marginal aborda el concepto de equilibrio de la empresa, el cual se puede afrontar desde un punto de vista económico y otro contable. Los dos modelos consideran el comportamiento de los ingresos y los costos desde las perspectivas de cada disciplina. El modelo económico se fundamenta en la teoría de la oferta y la demanda (Adler, 2004), de gran utilidad para analizar los costos de producción y las preferencias de los consumidores. Además se conjugan otros factores explicativos de la oferta, la demanda y los costos de producción, entre los cuales sobresalen la tecnología y otros factores como el precio de bienes sustitutos de la producción y la organización del mercado. Este panorama hace que la complejidad del modelo económico bajo el que se desarrolla la economía sea poco útil para el proceso de toma de decisiones, impulsando a que se desarrollen modelos propios de la contabilidad y la administración de menor complejidad para analizar múltiples alternativas con relativa practicidad (Baker *et al.*, 1998, Safarano, 2001; Hansen & Mowen, 2003, Sánchez *et al.*, 2006).

Desde el punto de vista contable administrativo el 'análisis marginal' tiene como punto de partida la flexibilización de supuestos de la realidad económica para simplificar los cálculos y el análisis de los empresarios (Baker *et al.*, 1998; Hansen & Mowen, 2003; Burgos & Torres, 2018). Para la determinación de la utilidad o beneficio contable se incluyen todos los costos de producción, comercialización, logística y administración de la empresa. Lo anterior tiene su explicación en las finanzas corporativas, donde Macarthur (1996) afirma que cada

empresa es responsable de conocer su capacidad real, sus restricciones y capacidad ociosa para incrementar su rendimiento sin incurrir en gastos de operación adicionales, por el conocimiento de su flexibilidad para incrementar el volumen y la variedad de la producción.

Los trabajos seminales en el campo de estudio se remiten a las concepciones marshallianas de la maximización del beneficio en la igualación del ingreso y el costo marginal. Los casos pioneros transitaban desde aplicaciones a problemáticas que buscaban la explicación de la relación salarial y la empleabilidad (Lester, 1946), así como en problemas de costeo para empresas que tienen varias plantas de producción (Westfield, 1955) o firmas multiproducto (Earley, 1955). También, la investigación empírica no escapaba de las críticas por los supuestos fuertes impositivos que era necesario realizar (Machlup, 1946; Wiles, 1950). De igual modo, es importante destacar que el análisis basado en costos marginales ha abierto la posibilidad de brindar explicaciones desde diversos tipos de ámbitos teóricos del desempeño de una empresa en el mercado. Estas perspectivas contemplan el análisis empresarial bajo las ópticas del racionalismo, convencionalismo y conductismo (Margolis, 1958), la teoría de la firma (Simon, 1962) y la unión de esta con la investigación de operaciones (Phillips, 1962), la teoría de la empresa cooperativa y de la organización (Helmberger & Hoos, 1962), el positivismo económico (Moss, 1984), la perspectiva comportamental (Earl, 1990), entre otras.

Desde el punto de vista de la literatura aplicada reciente en la estimación de los costos marginales se muestran algunas restricciones en la disponibilidad de datos confiables. Así, de acuerdo con Rosen (2007) estos deben inferirse desde los precios y cantidades, además de que se cuenta con un conocimiento incompleto del comportamiento estratégico de la firma. Adicionalmente, las estimaciones pueden conducir a resultados insesgados y no robustos, por lo que se recurre a técnicas no paramétricas (Delis *et al.*, 2014). Es así como el análisis marginal abre la posibilidad en la aplicación de la teoría a un sinnúmero de casos a nivel empresarial. Los casos aplicados dan cuenta de análisis en problemáticas en contextos tan variados de la industria a nivel general (Norrbin, 1993; Petrella & Santoro, 2012); así como aquellos específicos como el caso de la metalmecánica (Pustov *et al.*, 2013), la cervecera (Grieco *et al.*, 2018), la aeronáutica (Núñez-Sánchez *et al.*, 2020), el transporte (Smith & Cabral, 2022), hasta casos como las artes escénicas (Fernández-Blanco *et al.*, 2019) y de fijación de precios públicos como

el caso planteado por Gao *et al.* (2019), quienes consideran la aplicabilidad y el carácter de bien público del sistema de créditos negociables, y explora un mecanismo de fijación de precios públicos recurriendo a un modelo de asignación de precios de costo marginal.

Los casos de estudio expuestos permiten apreciar cómo las empresas modernas se ven enfrentadas a una dinámica de complejidad y cambios que las obliga a implementar procesos de mejora continua en sus procesos. En este sentido, deben transitar desde los sistemas de costeo tradicionales que han evolucionado hacia sistemas soporte a la toma de decisiones (Alles & Datar, 1998; Shapiro, 1999; Rosen, 2007), poniendo de presente la importancia de la aplicación de sistemas de gestión y control de los costos como una herramienta de gestión administrativa.

De acuerdo con el contexto anterior, la motivación de este trabajo se centra en evaluar empíricamente, mediante un estudio de caso, los costos marginales de un sector para determinar la inversión en el tamaño de planta que representan el nivel mínimo de estos y a nivel de firma se determinan los costos marginales por producto como insumo para determinar los precios y el punto de equilibrio en una empresa industrial de Dosquebradas (Risardaldá). Aunque este tipo de ejercicios ha generado una gran variedad de investigaciones a nivel internacional, para el caso colombiano y latinoamericano no se encontraron bajo dicha aproximación.

De esta manera, tomando como base los problemas identificados en la literatura previa, la estimación de los costos marginales se hizo combinando la técnica de simulación Montecarlo y el análisis de regresión por mínimos cuadrados. Así, se establece el valor esperado del costo marginal, tanto para un sector como a nivel de firma para un producto en particular, y de este modo se puede apoyar la toma de decisiones en cuanto a inversión, precios y punto de equilibrio. El aporte de este trabajo es mostrar una aplicación de esta técnica para que los empresarios soporten la definición de precios, fijación de los recursos ociosos, así como en otros escenarios como la ampliación de planta, contratación de nuevo personal, compra de maquinarias, aumentar o reducir costos. Por ello, este trabajo provee nuevos enfoques y evidencias, lo que constituye una aproximación novedosa a la investigación en este campo de estudio, tanto a nivel nacional e internacional como regional. Así, se contribuye a la literatura empírica proponiendo un enfoque metodológico de medición contextualizado. En el caso particular del municipio de

Dosquebradas, se encuentra un parque industrial con presencia de grandes empresas como Postobón, Nestlé, ABB, entre otras. Estas empresas han hecho importantes aportes a la región en materia de empleo, valiosos niveles de inversión y posicionamiento del municipio como punto estratégico del país. Estas grandes empresas controlan y gestionan altos volúmenes de información en cada uno de sus procesos y en particular cuentan con sistemas enfocados en el análisis de variaciones de la estructura de costos, para evitar impactos negativos en sus niveles de eficiencia y absorción de costos.

Desafortunadamente las variaciones en la distribución y absorción de costos son comunes tanto para grandes como para pequeñas empresas, sugiriendo la necesidad de repensar los sistemas de costeo en la pyme industrial risardaldense; que comparten características similares de las pymes del mundo, donde se manifiesta la superficialidad en el análisis y abordaje de las funciones de costo del corto plazo (Restrepo & Vanegas, 2009); situación a la cual no son ajenas las pymes del sector industrial de Dosquebradas. Este ejercicio investigativo presenta un estudio de caso de análisis marginal desde dos enfoques: un primer enfoque desarrolla un análisis económico de los costos marginales y su aplicación en las decisiones de inversión en tamaño de planta para un sector industrial, mientras que el segundo enfoque desarrolla un análisis contable y financiero de los costos marginales para su aplicación a nivel de firma en las decisiones de precios de venta y punto de equilibrio. Se utiliza una muestra de 4 empresas del sector estudiado, que reportaron información al DANE y aparecen registradas en la Encuesta Anual Manufacturera de 2020.

Este manuscrito se divide en cuatro partes. Luego, una vez presentada la introducción, en donde se describe la problematización y sus antecedentes empíricos, se muestran los pasos seguidos para el desarrollo metodológico del estudio. Después se expone la sección de la discusión de los hallazgos hechos. Para finalizar se esbozan las conclusiones.

1. METODOLOGÍA

1.1 Enfoque

La presente investigación es cuantitativa, se recurre a la recolección y el análisis de datos para responder interrogantes y probar hipótesis y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento de una población. El presente

estudio analiza los costos y sus relaciones para proporcionar la manera de establecer, formular, fortalecer la toma de decisiones en las empresas industriales pymes de Dosquebradas; se revisa la teoría existente y con el análisis cuantitativo se pretende explicar y predecir los costos asociados con este tipo de empresas.

1.2 Muestra

La muestra está constituida por las pymes industriales del municipio de Dosquebradas y las respuestas y entrevistas serán con el gerente o encargado de la producción. Esta población la componen 4 empresas del sector de panadería y una empresa del sector de confecciones. La metodología propuesta será probada y aplicada sobre un sector y una empresa del sector industrial.

1.3 Cálculo del Cmg desde el enfoque económico

Para establecer los costos de producción es necesario determinar una capacidad de producción y se consideran los montos de la inversión y los costos anuales de operación (tanto directos como indirectos). Para el caso de los costos de la inversión, se hace necesaria su conversión a costos anuales equivalentes incorporando tanto los costos directos como los indirectos. Así, el monto de la inversión se traduce en una cuota anual de inversión según la vida útil de los equipos; este valor se obtiene mediante un factor de recuperación del capital (FRC) que incorpore capital e intereses.

Donde:

VP: valor presente de la inversión

$$\text{Alicuota} = \text{VP} * \text{FRC}(n,1) \quad \text{Ecuación 1}$$

FRC: factor de recuperación de la inversión

Desde las normas de contabilidad, los equipos se deprecian a 20 años y se utiliza una tasa de descuento que oscile entre los valores mínimos y máximos de la tasa de oportunidad del inversionista.

$$\text{FRC} = \frac{(1+i)^{n*1}}{(1+i)^n - 1} \quad \text{Ecuación 2}$$

i = tasa de descuento = distribución triangular (mínimo, más probable, máximo).

1.4 Inversión total de capital

Para desarrollar una capacidad instalada, además de un desembolso previo para que la planta pueda ser construida, donde se cubren los costos de adquisición e instalación, los correspondientes equipos auxiliares, los costos del terreno, edificios e instalaciones anexas, si es el caso.

La inversión de capital se relaciona con el diseño y la capacidad de procesar un volumen de producción según el tipo de proceso productivo de la empresa.

Según lo anterior, es posible establecer una relación funcional del tipo:

$$C = k * Q^n \quad \text{Ecuación 3}$$

En esta relación k depende de la tecnología de los equipos y Q corresponde al volumen de producción.

1.5 Costo total anual de operación

Estos costos se relacionan con los desembolsos efectuados a lo largo de la vida útil de los equipos de la planta. Se dividen en directos e indirectos. Los costos directos tienden a ser proporcionales al volumen de producción; una forma funcional es:

$$CT = a * Q + b \quad \text{Ecuación 4}$$

Para el caso de los costos indirectos de fabricación, se sabe que son independientes del volumen de producción y se determinan como un porcentaje de los costos de operación y de mano de obra.

1.6 Cálculo de las funciones de costo

De acuerdo con Cobb Douglas, es posible obtener funciones de costos anuales para cada planta de producción en función del volumen de producción, la tecnología, la mano de obra y el capital.

$$CD = A * k^\alpha * L^{1-\alpha} \quad \text{Ecuación 5}$$

Estas funciones de costos involucran un grado de agregación que se traduce en una menor precisión para el cálculo de los costos de utilizar una determinada tecnología para la producción de la planta. Por último, para determinar la función de costos marginales se procede a derivar la función de costos totales anuales de la planta de producción.

1.7 Determinación del Cmg desde el enfoque financiero

Para el enfoque contable financiero, el análisis de costo marginal se debe hacer a nivel de firma para determinar el Cmg de una unidad adicional en el sistema de producción. Para este análisis se utiliza una empresa del sector de confecciones, que amablemente suministró la información para la producción de una prenda de vestir en lotes desde 20 hasta 120 unidades. Es así como el cálculo del costo total por lote de producción permite establecer los costos marginales para los análisis posteriores de punto de equilibrio y precio de venta. Es importante enfatizar que cada peso cuenta, en particular cuando se fabrica por miles de unidades.

Los cálculos precisos y la aplicación adecuada de métricas de costos serán necesarios para que las empresas se aseguren de considerar todos los costos.

$$CC_{\text{materiales}} = \text{Costo Materiales} * (\sum_{i=1}^n \text{UE } i) \text{ Ecuación 6}$$

$$CC_{\text{mano obra}} = \text{Costo Mano de Obra} * (\sum_{i=1}^n \text{UE } i) \text{ Ecuación 7}$$

$$CC_{\text{Gastos Generales}} = \text{Costo Gastos Generales} * (\sum_{i=1}^n \text{UE } i) \text{ Ecuación 8}$$

Ahora, para determinar los costos totales se debe considerar los costos fijos asociados con los factores de producción fijos y los costos variables:

$$C_{\text{Totales}} = \text{Fijos operativos} + (CC_{\text{materiales}} + CC_{\text{mano obra}} + CC_{\text{gastos generales}}) * P_t \text{ Ecuación 9}$$

$$C_{\text{marginal}} = (C_{T2} - C_{T1}) / (P_{T2} - P_{T1}) \text{ Ecuación 10}$$

2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

2.1 Aplicación de la metodología en un estudio de caso

El modelo propuesto se aplica al código CIU 1081, sector manufacturero de panadería, sobre una muestra de 4 de 6 empresas del sector, lo que representa 66,64% del tamaño de la población. Las cifras se presentan en millones de pesos.

Tabla 1. Costos de inversión para tres tamaños de planta de producción.

Cantidades (tons)	Inversión anualizada	Costos directos
545	337.056	158.004
661	251.829	218.639
942	117.500	278.541
1.352	614.985	424.180

Fuente: Elaboración propia con datos de la EAM 2020..

Se clarifica que como los costos de la inversión son para una vida útil de 20 años, previamente se aplica la ecuación 2, para con el FRC anualizar los costos. En esta se utilizó una tasa de descuento de 12%, que es la tasa social de descuento para proyectos públicos; no obstante, el lector podrá aplicar la tasa que considere pertinente para anualizar los costos de inversión.

$$FRC = \frac{(1+0,12)^{20} * i}{(1+0,12)^{20} - 1} = 0,1338$$

Con el FRC de 0,1338 se anualizan los costos de la inversión, y con los datos de la Tabla 1 se realizó una regresión y análisis gráfico para determinar la ecuación que mejor representa la curva de costos. Como se observa en la Figura 1, se describe la curva de costos, consecuentes con la función de Cobb Douglas, la ecuación tiene un R de 0,987 indicando que captura 98,74% de la variabilidad de los costos.

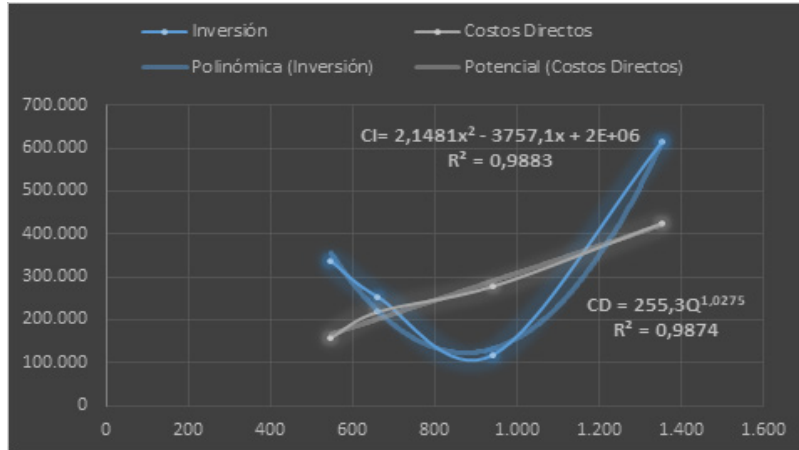
$$CD = 255,3Q^{1,0275}$$

Se procede de modo similar con los costos de inversión registrados en la Tabla 1, con la salvedad de que como los costos de la inversión tienen una vida útil de 20 años en promedio, se debe aplicar el factor de recuperación del capital. La ecuación para los costos asociados con la inversión es un polinomio de grado 2 con un R² de 0,9883, indicando un buen ajuste y se representa mediante la expresión:

$$CI = 2,1481Q^2 - 3757,1Q + 2E^06 \text{ Ecuación 11}$$

CI: Costo de la inversión; Q: Tamaño de la planta.

Figura 1. Función de costos para la inversión y el costo directo.



Fuente: Elaboración propia..

En cuanto a los costos indirectos de operación, se estiman como un porcentaje de los costos directos de mano de obra, para este caso se obtiene 60%.

$$CI = 60\% * CD$$

Así, el costo total se determina por la siguiente expresión:

$$CT = 255,3Q^{1,0275} + 2,1481Q^2 - 3757,1Q + 2E+06CI$$

Ecuación 7

Por tanto, el costo marginal se obtiene derivando la ecuación 7.

$$\partial CT = 1,0275 * 255,3Q^{0,0275} + 2 * 2,1481Q - 3757,1$$

$$\partial CT = 262,32Q^{-0,275} + 4,296Q - 3757,1$$

Ecuación 8

Con la ecuación 8, que es la derivada de los costos totales se obtiene la ecuación de costos marginales, y con ella es posible desarrollar una tabla comparativa para determinar el tamaño de planta; no está al alcance de este artículo determinar el tamaño óptimo, porque se requiere información adicional sobre demanda y restricciones de materiales y capacidad; no obstante, se observa cómo el valor promedio de la distribución de costos marginales se ubica en 214,36, indicando el costo de producir 50 tons adicionales de producto, ese valor representa su costo marginal.

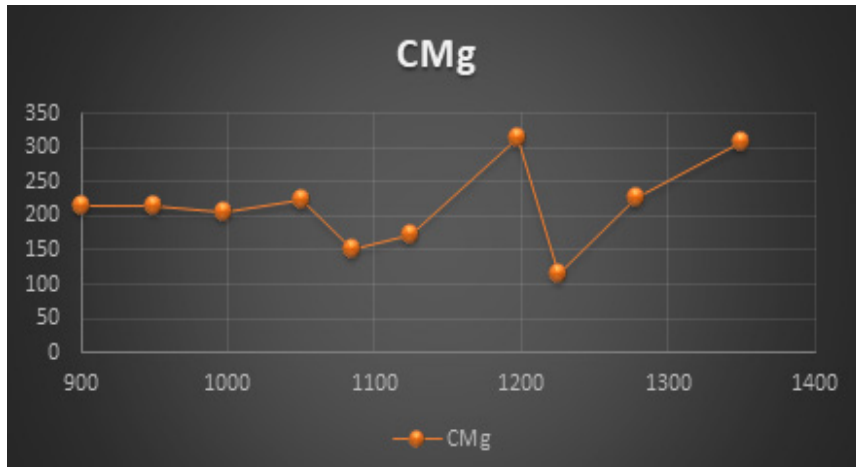
Tabla 2. Comportamiento del Cmg para diferentes tamaños de lote de producción.

Tons	Costo total	CMg
900	149,80	214,36
950	364,01	214,20
998	569,68	205,67
1050	792,53	222,85
1085	942,54	150,01
1125	1114,00	171,46
1198	1426,96	312,96
1225	1542,72	115,76
1278	1769,98	227,26
1350	2078,74	308,76

Fuente: Elaboración propia.

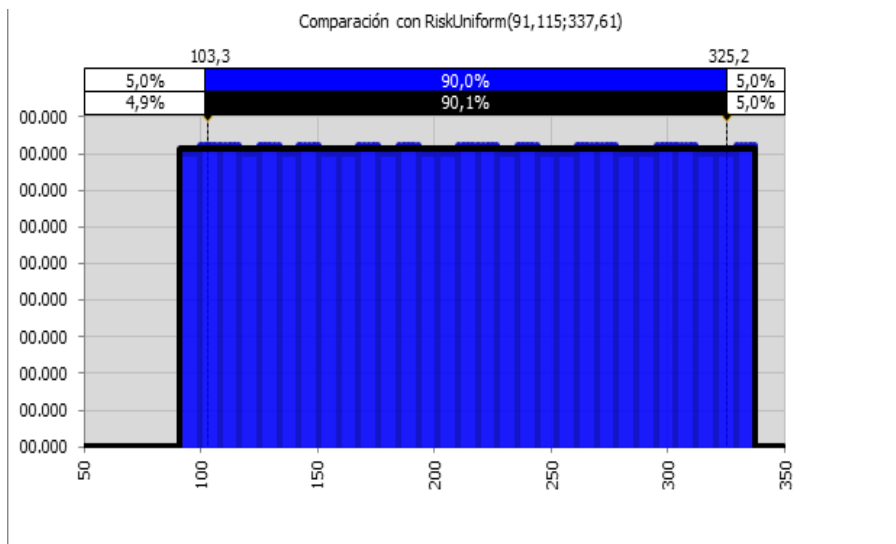
De la Tabla 2 se puede inferir que el costo promedio para 50 tons adicionales se sitúa en 214,36 millones de pesos.

Figura 2. Curva de costos marginales.



Fuente: Elaboración propia..

Figura 3. Distribución del costo marginal.



Fuente: Elaboración propia con datos de la EAM 2020.

De la Figura 2 se infiere que el costo marginal mínimo se presenta para una producción de 1.225 tons, lo cual indica que la capacidad de planta que genera el mínimo costo marginal se sitúa entre 1.200 y 1.250 tons. Se observa la curva en forma de “U” de los costos marginales, indicando el valor mínimo en 1.225 y de ahí en adelante se incrementa.

Ahora, con los datos del sector, se procede a simular los costos marginales para cada capacidad de planta y se obtienen como mejor

distribución de ajuste la distribución uniforme, representada en la Figura 3. Luego de elaborar 10.000 simulaciones, se puede afirmar con 90% de significancia estadística que el Cmg medio se mueve en el rango (103,3, 325,2) millones de pesos, con una media de 214,36 millones (Figura 2).

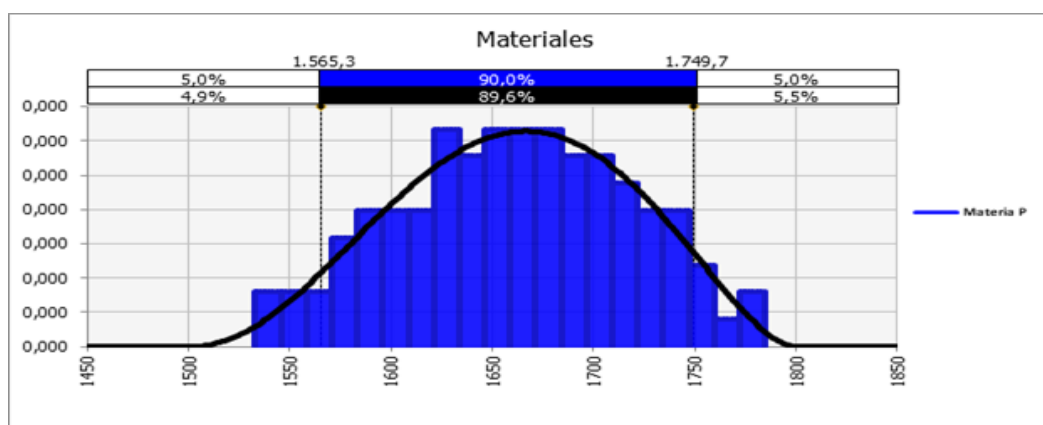
Ahora, para refinar el análisis y visualizar su alcance, se procede con la elaboración de la evaluación para una empresa del sector, la cual suministró la información de la Tabla 3.

Tabla 3. Costos de producción de una empresa individual.

Millones de \$				Toneladas	Análisis de costos			
Materiales	Mano obra	Gastos generales	Fijos Operativos	Costo total	Producción	Costo medio	Costo variable medio	Costo marginal
1500	476	397	1478	\$ 48.938,00	20,00	\$ 2.446,90	\$ 2.445,90	
1580	552	491	1481	\$ 85.417,00	32,00	\$ 2.669,28	\$ 2.668,66	\$ 3.039,92
1600	567	386	1521	\$ 118.959,00	46,00	\$ 2.586,07	\$ 2.585,63	\$ 2.395,86
1650	494	353	1598	\$ 156.412,00	62,00	\$ 2.522,77	\$ 2.522,45	\$ 2.340,81
1700	569	379	1579	\$ 202.827,00	76,00	\$ 2.668,78	\$ 2.668,51	\$ 3.315,36
1780	463	361	1553	\$ 230.705,00	88,00	\$ 2.621,65	\$ 2.621,42	\$ 2.323,17
1800	595	426	1496	\$ 277.954,00	98,00	\$ 2.836,27	\$ 2.836,06	\$ 4.724,90
1690	501	446	1580	\$ 281.102,00	106,00	\$ 2.651,91	\$ 2.651,72	\$ 393,50
1700	504	371	1563	\$ 289.963,00	112,00	\$ 2.588,96	\$ 2.588,78	\$ 1.476,83

Fuente: Elaboración propia. con datos de la empresa.

Figura 4. Distribución de probabilidades de los materiales.



Fuente: Elaboración propia..

Con la información anterior se procede a elaborar los ajustes de las distribuciones de probabilidad de mejor ajuste para las diferentes partidas de la tabla 3; se anota que se logra obtener 5 distribuciones como la normal, uniforme, *lognormal* y *Pert*; por sencillez y mayor claridad para los empresarios se elige la distribución *Pert* y luego de correr 10.000 simulaciones se obtienen los siguientes resultados.

Al simular la variable de los materiales para la empresa, se puede afirmar con 90% de confianza que el costo de los materiales por lote de producción oscila entre \$ 1.565,3 y \$1.749,7 millones (Figura 4).

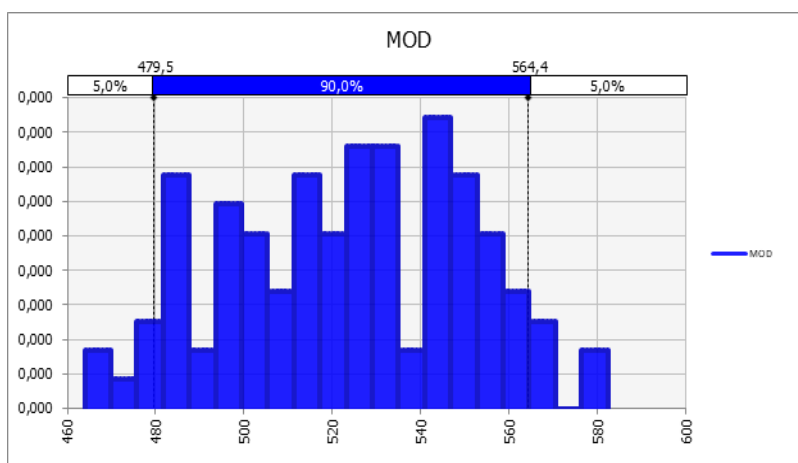
En cuanto a la mano de obra directa, se observa con 90% de confianza que el valor se sitúa en el intervalo de \$479,5 y \$564,4 millones (Figura 5).

Por su parte, los costos indirectos de fabricación para cada lote de producción, con 90% de confianza, se sitúan entre 388,7 y 470,6 millones (Figura 6).

Para el costo fijo operativo, se puede afirmar que su valor se sitúa entre \$1.476,3 y \$1.563,2 millones (Figura 7).

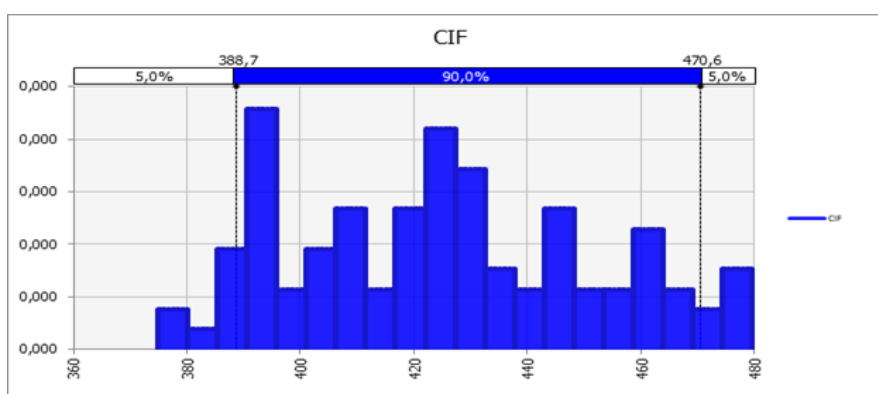
Por último, el costo total para cada lote de producción permanece entre \$103.033 y \$256.147 millones (Figura 8).

Figura 5. Distribución de probabilidad de la mano de obra directa.



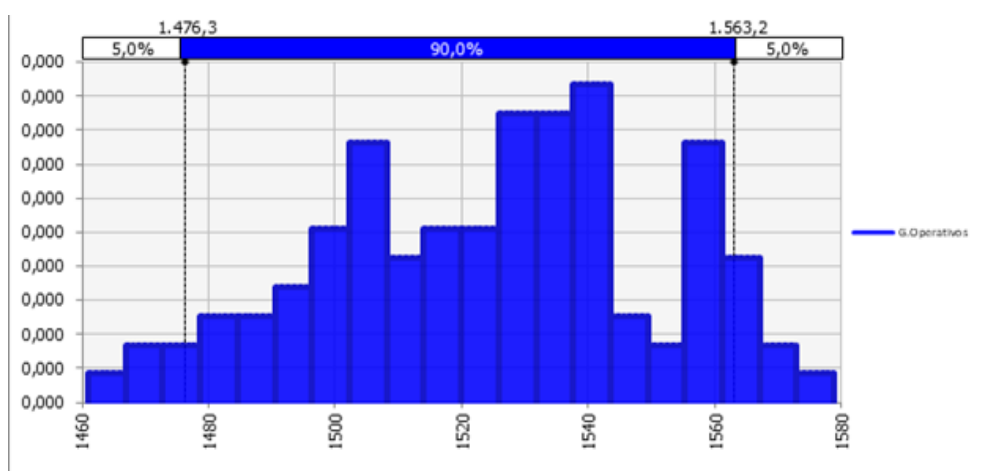
Fuente: Elaboración propia..

Figura 6. Distribución de probabilidad de los costos indirectos de fabricación.



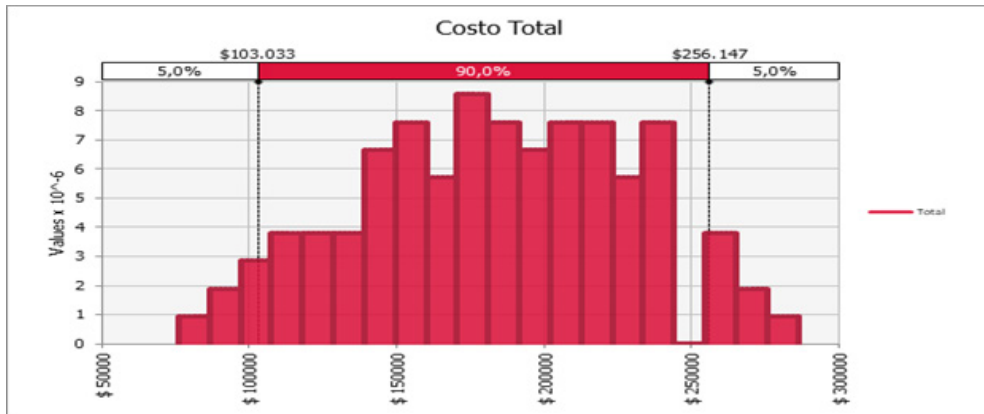
Fuente: Elaboración propia..

Figura 7. Distribución de probabilidad de los gastos fijos operativos.



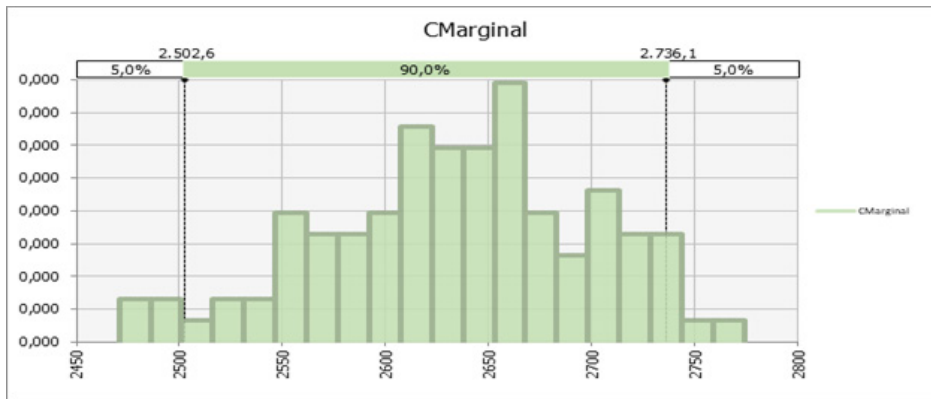
Fuente: Elaboración propia..

Figura 8. Distribución de probabilidad del costo total.



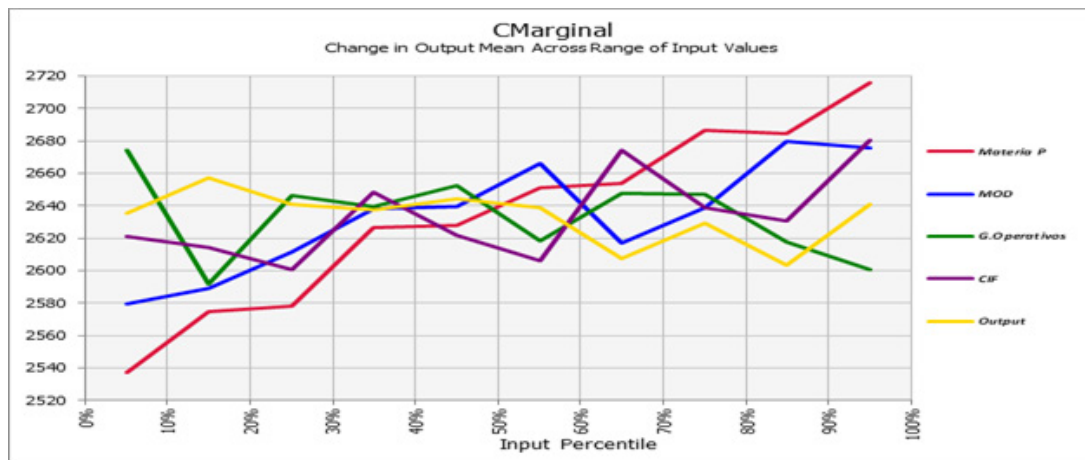
Fuente: Elaboración propia..

Figura 9. Coeficientes de regresión de costos marginales.



Fuente: Elaboración propia..

Figura 10. Cambio en la salida media del costo marginal a través del rango de las variables de entrada.



Fuente: Elaboración propia..

Para el objetivo central de este trabajo, se obtiene que el valor esperado del costo marginal se ubica entre \$2.502,6 y \$2.736,1 millones por lote adicional (Figura 9).

La Figura 10 exhibe el cambio en la salida media de los costos marginales a través del rango de valores de las variables explicativas costo de materia prima, costos indirectos de fabricación y costo de la mano de obra directa; por ejemplo, en el percentil 90 del costo de las materias primas el costo marginal se sitúa en 2,7 millones.

Se puede inferir cómo el mayor impacto en los costos marginales lo generan las materias primas, seguidas de la mano de obra y los costos indirectos de fabricación. Los gastos operativos son los de menor impacto en la salida media.

En la Figura 11 se muestran los coeficientes de regresión para la función de costos marginales:

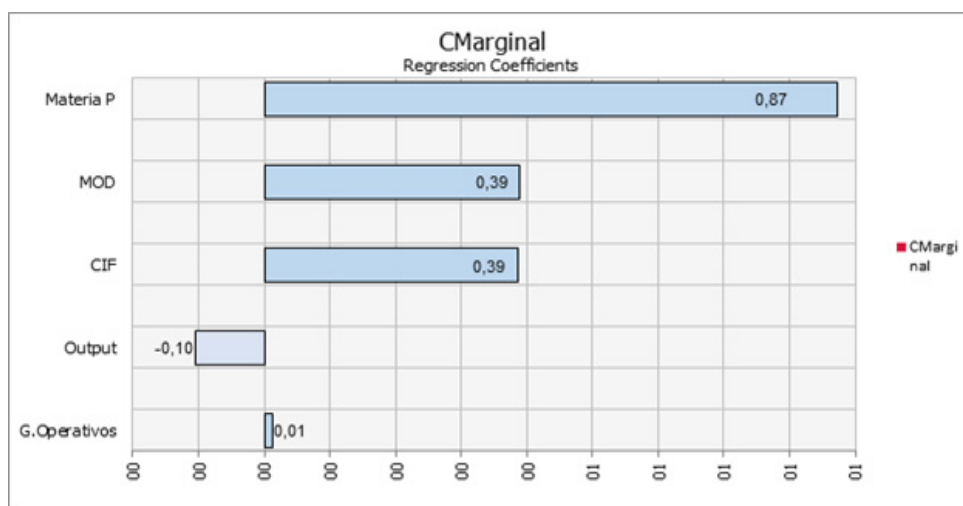
$$F(X) = M_1 X_1 + M_2 X_2 + \dots + M_n X_n$$

Remplazando los valores, se obtiene:

$$F(X) = 0,87X_1 + 0,39X_2 + 0,39X_3 + 0,01X_4$$

Es decir, cuando la materia prima (X1) se incrementa en una unidad monetaria el costo marginal aumenta en 0.87 unidades monetarias, al igual que cuando la mano de obra directa (X2) se incrementa en una unidad monetaria el costo marginal se afecta hacia arriba en 0.39, y así para los costos indirectos de fabricación (X3). Por último, cuando los gastos operativos (X4) suben una unidad monetaria el costo marginal sube 0.01 unidades monetarias.

Figura 11. Coeficiente de regresión de los costos marginales.



Fuente: Elaboración propia..

3. CONCLUSIONES

Este trabajo corrobora cómo el análisis marginal no solo se considera una herramienta útil en el campo administrativo, sino también una herramienta flexible para el análisis de decisiones en cualquier campo temático. Para este caso, primero presenta un análisis sectorial que determina los costos marginales del sector de panadería y su aplicación en la toma de decisiones de inversión. En segundo lugar, a nivel de firma se posibilita la determinación de precios y punto de equilibrio para tomar

decisiones de producción en un determinado período. La mejor combinación de productos puede decidirse en función de la demanda del mercado y de las estimaciones de costos marginales.

El anterior resultado tiene implicaciones muy importantes para determinar la capacidad de planta óptima para cada empresa; como las cifras son globales del sector se infiere que el costo marginal mínimo obtenido es de 103,3 millones por 50 toneladas, en tanto que el valor máximo se sitúa en 325,2 millones por 50 toneladas. Las variaciones de estos resultados

obedecen al riesgo que asumen las empresas del sector frente al apalancamiento operativo, el cual sería benéfico cuando existe bonanza de ventas, pero tendría el efecto inverso en caso de una reducción de las ventas. Los costos fijos se derivan de la capacidad de la planta, en este sentido a corto plazo será posible reducir o aumentar la mano de obra y la materia prima, pero la tecnología representada por los activos fijos se puede modificar a mediano plazo; estos resultados soportan las decisiones de inversión en producción y mitigan el riesgo de mantener capacidad ociosa.

A nivel de firma, el análisis permite determinar el impacto de las diferentes variables explicativas sobre el costo marginal; se observa cómo los coeficientes de regresión son congruentes con los cambios en la salida media, exhibiendo que el mayor impacto en el costo marginal se deriva de las materias primas, seguido de la mano de obra y de los costos indirectos. El principio del rendimiento abordado en este ejercicio está ligado con los objetivos del análisis del costo marginal para determinar el punto de equilibrio de una empresa e identificar el componente del costo que hace reducir la rentabilidad. Luego, la incorporación de este tipo de análisis permite a los empresarios del sector conocer el costo de producir una unidad adicional y sustentar la toma de decisiones del negocio, como podría ser determinar el tamaño óptimo de la planta, negociar precios de venta para pedidos especiales y generar ofertas de productos y promociones sin afectar la rentabilidad del negocio.

Más allá de esta investigación preliminar, existen algunas aproximaciones temáticas que pueden continuar su exploración. Aunque la modelización actual de los costos marginales solo se aplicó a firmas homogéneas, también podría extenderse al caso de industrias diversas. En un caso de múltiples productos, al contar con los precios de estos se podría estimar por lotes de producción. La comparación con otras técnicas de costeo también puede ser materia de investigación futura. Sumado a estas temáticas, también podría explorarse soluciones no determinísticas con otras combinatorias metodológicas.

También es importante destacar algunas limitaciones presentes en este trabajo. Primero, el conjunto de datos disponibles se encontraba expresado en unidades monetarias, por lo que la estimación del costo por unidad producida se tomó considerando la producción global del sector. También, los resultados son únicamente válidos para las empresas analizadas y no necesariamente representan la totalidad de empresas del territorio.

REFERENCIAS

A

