

MAXIMIZACIÓN DE LAS UTILIDADES MEDIANTE LA MEZCLA DE PRODUCTOS ÓPTIMA

MAXIMIZATION OF THE PROFITS THROUGH THE OPTIMAL MIX OF PRODUCTS

Paula Beatriz MORALES BAÑUELOS

Universidad Iberoamericana, Departamento de Estudios Empresariales. Ciudad de México. República Mexicana

Email: paula.morales@ibero.mx

Jorge SMEKE ZWAIMAN

Universidad Iberoamericana, Departamento de Estudios Empresariales. Ciudad de México. República Mexicana

Email: jorge.smeke@ibero.mx

Luis HUERTA GARCÍA

Consultor Financiero. Ciudad de México. República Mexicana

Email: luishg28@hortamil.com

Resumen:

Cuando la planta de una empresa opera a su máxima capacidad, o bien cuando las personas que laboran en una entidad que se dedica a la prestación de servicios se encuentran al tope en la cantidad de trabajo; la administración de la empresa debe establecer prioridades, analizando la rentabilidad por recurso escaso de cada uno de los productos y/o servicios; una vez que se han identificado los productos y/o servicios acorde con dicho medidor, se fabricará y/o prestará el servicio que brinde

la mayor rentabilidad, si se cuenta con la capacidad instalada para seguir produciendo se elaborará aquél que se encuentre en segundo lugar, y así sucesivamente hasta agotar el recurso escaso. En el presente estudio se realizaron diversas simulaciones, analizando los resultados al aplicar el modelo tradicional de asignación de gastos indirectos de fabricación bajo una o más restricciones, la Teoría de las restricciones junto con la *Throughput Accounting*; obteniendo como resultado en todos los casos que el costeo basado en actividades con múltiples restricciones es el que brinda el mejor resultado posible en contraste con los otros modelos.

Palabras Clave:

Mezcla de Productos Óptima, Recursos Escasos Internos y Externos, Sistema tradicional de asignación de gastos indirectos de fabricación bajo una restricción o múltiples restricciones, Teoría de las Restricciones, *Throughput Accounting*, Costeo Basado Actividades con múltiples restricciones.

Abstract:

When the plant of a company operates at its maximum capacity, or when the people who work in an entity that is dedicated to the provision of services are at the top in the amount of work; the administration of the company must establish priorities, analyzing the profitability by scarce resource of each one of the products and / or services; once the products and/or services have been identified in accordance with said meter, the service that provides the greatest profitability will be manufactured and/or provided, if the installed capacity is available to continue production, the second place will be elaborated, and so on until the scarce resource is exhausted. In the present study, several simulations were carried out, analyzing the results by applying the traditional model of allocation of indirect manufacturing expenses under one or more restrictions, the Theory of restrictions together with the *Throughput Accounting*; obtaining as a result in all cases that the cost based on activities with multiple restrictions is the one that provides the best possible result in contrast to the other models.

Keywords:

Optimal Product Mix, Scarce Internal and External Resources, Traditional system of allocation of manufacturing indirect expenses under a stricture or multiple restrictions, Theory of Constraints, Throughput Accounting, Based Costing Activities with multiple restrictions.

JEL: M21, M40

1. ANTECEDENTES

Cuando la planta de una empresa opera a su máxima capacidad, o bien cuando las personas que laboran en una entidad que se dedica a la prestación de servicios se encuentran al tope en la cantidad de trabajo; la administración de la empresa debe establecer prioridades, analizando la rentabilidad por recurso escaso de cada uno de los productos y/o servicios. Una vez que se han identificado los productos y/o servicios acorde con dicho medidor, se fabricará y/o prestará el servicio que brinde la mayor rentabilidad, si se cuenta con la capacidad instalada para seguir produciendo se elaborará aquél que se encuentre en segundo lugar, y así sucesivamente hasta agotar el recurso escaso. Desafortunadamente, las compañías se enfrentan a limitantes en la cantidad de recursos humanos, materiales y tecnológicos. En adición a ello, existen restricciones en la demanda de los productos y/o servicios, es por ello, que las administraciones de las mismas deben identificar cuál(es) es (son) las restricciones a las que se enfrenta y encontrar el punto óptimo para maximizar el valor de la misma.

Si no se planea de forma eficiente el uso de los recursos, puede provocar que la empresa presente una reducción en sus ingresos e incremento en sus costos, derivando en la existencia de capacidad ociosa que le resulte altamente gravosa para la entidad.

2. HIPÓTESIS

Las empresas comercializadoras, industriales y de servicios, cuyo objeto social es lucrativo, deben utilizar el modelo que ofrezca el mejor resultado posible al determinar la mezcla de unidades que se deben producir o vender de cada línea de productos o servicios, de forma que maximicen las utilidades. En el presente estudio se realizaron diversas simulaciones, analizando los resultados al aplicar el modelo tradicional de asignación de gastos indirectos de fabricación bajo una o más restricciones, la Teoría de las restricciones junto con la *Throughput Accounting*; obteniendo como resultado en todos los casos que el costeo basado en actividades con múltiples restricciones es el que brinda la utilidad más alta.

3. MARCO TEÓRICO

En el presente apartado se describen brevemente los modelos utilizados con el objetivo probar que el costeo basado en actividades con múltiples restricciones maximiza las utilidades de la empresa, en contraste con lo que afirman Goldratt y Fox (1986), Kee (1995) así como Ansari, Bell, Klammer y Lawrence (2004). A continuación, se explicarán los modelos utilizados, así como los resultados obtenidos.

Usualmente, el análisis de rentabilidad por recurso escaso se realiza calculando la contribución marginal (precio de venta menos costos variables), considerando únicamente los costos directos (variables), catalogados de dicha forma acorde con el sistema tradicional de asignación de los GIF.

El estudio se llevará a cabo, considerando los siguientes escenarios y determinando las utilidades generadas en cada uno de ellos:

- En la primera se analizará la rentabilidad, asignando los gastos indirectos de fabricación mediante el costeo basado en actividades y considerando una restricción.

- En la segunda se analizará la rentabilidad, asignando los gastos indirectos de fabricación mediante el costeo basado en actividades y con 2 o más restricciones.
- En la tercera se estudiará el modelo de Teoría de las Restricciones (conocido como TOC por sus siglas en inglés, *Theory of Constraints*) inicialmente bajo la perspectiva de *Throughput Accounting* y posteriormente su integración con el costeo basado en actividades.

Costeo Basado en Actividades

El costeo basado en las actividades, conocido por sus siglas en inglés como ABC (*Activity Based Costing*) pretende establecer el conjunto de acciones que tienen por objeto la maximización de utilidades, por medio del consumo eficiente de recursos y el manejo adecuado de las actividades.

Un producto, se define en sentido amplio, como todo bien o servicio que la empresa ofrece al mercado. El punto es considerar todos los productos obtenibles mediante la actividad de la empresa que consumen recursos. Todos los costos que no pueden ser imputados directamente a un producto, son asignados a la actividad que da origen a que esos costos sean incurridos y, luego se imputa el costo de la actividad a los productos que las hacen necesarias. Es decir, el producto consume actividades y éstas a su vez consumen recursos. Cabe aclarar que bajo esta metodología los productos no son solamente susceptibles de costeo, sino todo aquello que consuma actividades.

La filosofía del ABC se basa en el principio de que las actividades son las que originan los costos y de que los productos o servicios consumen esas actividades. Se definen dividiendo las operaciones de la empresa en sus actividades relevantes y estratégicas. Las cuales permiten la construcción de las partes de la organización que generan valor para sus clientes. El modelo de costos debe aplicarse a la formación de la cadena de valor de la empresa, distribuyendo los costos de la manera más exacta posible.

Los recursos son definidos como aquellos factores de producción que permiten la ejecución de una actividad específica. Ejemplos: materiales, mano de obra,

tecnología, maquinaria y equipo, suministros, sistemas de información, seguros, activos fijos productivos (planta, muebles y enseres, vehículos), repuestos, terrenos, capacidad administrativa y de ventas.

Las actividades, son acciones o conjunto de acciones necesarias para alcanzar las metas y objetivos de una función. Se entiende por actividad el conjunto de tareas establecidas de tal forma que los costos respecto a ellas se puedan determinar de la manera más directa posible y, a la vez, que permitan encontrar un generador de costo que posibilite trasladar al producto el consumo que de esa actividad hace, en la medida en que ello sea factible.

Dentro del ámbito de la metodología en comento es usual clasificar las actividades en relación con los siguientes aspectos:

- i. Su actuación respecto al producto.
- ii. La frecuencia en su ejecución.
- iii. Su capacidad para añadir valor al producto.

Finalmente, un objeto de costo es un elemento final para el cual se desea una acumulación de costos, es decir es todo aquello a lo que se quiere medir su costo. Los objetivos finales de costos son los productos y servicios que una empresa suministra a sus clientes. En un entorno productivo (industrial) pueden ser cosas tales como: productos, servicios internos o externos, clientes, un proceso productivo, una herramienta o instrumento, un servicio de ingeniería, etc.

El ABC permite la determinación del costo del servicio o producto a través de un proceso que consta como regla general de las siguientes etapas:

- 1) Identificar los procesos de producción.
- 2) Para cada uno de los procesos de producción:
Identificar los recursos y el costo de éstos.
Identificar las actividades que realiza cada recurso para lo cual se pueden llevar a cabo cuestionarios, entrevistas, análisis de puestos, etc.
¿Qué actividad se realiza?
¿Cuánto tiempo se le dedica a dicha actividad?
- 3) Asignar el costo de los recursos a las actividades mediante las causales de recursos (relación causa-efecto).

- 4) Asignar el costo de las actividades a los objetos de costo mediante los causales de actividad.

Teoría de la Restricciones y *Throughput Accounting*

La Teoría de las restricciones, conocida por sus siglas en inglés como (TOC, *Theory of Constraints*) desarrollada por Eliyahu M. Goldratt a inicio de la década de 1980, es una filosofía que tiene como propósito la mejora continua dentro de las organizaciones, buscando la maximización de las utilidades.

La TOC se implementa mediante la llamada contabilidad en efectivo (*Throughput Accounting*), la cual mide la tasa en la cual los sistemas generan efectivo a través de los ingresos. No obstante, esta teoría reconoce que las empresas durante el proceso de mejora continua se enfrentan a diferentes tipos de restricciones.

Una restricción se define como cualquier cosa que evita que un sistema genere flujo de efectivo. Dichas restricciones pueden ser internas o externas. Una restricción interna es una limitante que se encuentra al interior de una organización, mientras que una restricción externa es una limitante impuesta por factores externos a la entidad.

Acorde con la teoría en comento, el primer paso es subordinar todo el proceso productivo y/o de prestación de servicios a la restricción más fuerte. Las etapas de las que consta esta teoría se dividen en cinco, las cuales se enuncian a continuación:

- 1) Identificar las restricciones del sistema, evaluar los recursos escasos que impidan satisfacer el total de la demanda. Evaluar cuál de ellos es el más fuerte y someter el proceso a esta restricción, ya que el recurso escaso deriva en un cuello de botella que implica altos costos para las entidades.
- 2) Utilizar a su máxima capacidad el recurso escaso, este el factor más relevante de la TOC. El propósito es capitalizar la restricción, es decir incluir el proceso de mejora continua, **reduciendo los costos**.
- 3) Subordinar todo el proceso a la restricción más grande. El objetivo es evitar tener exceso de producción en ciertas etapas del proceso, eliminando con ello el manejo de altos inventarios de producción en proceso.

- 4) Elevar las restricciones del sistema, posteriormente la organización debe buscar la manera de incrementar la capacidad de los departamentos de forma que se vayan reduciendo las restricciones internas.
- 5) Una vez que se elimina una restricción, se va buscando ir sobrepasar las siguientes, es un círculo, mediante el cual se regresa a la etapa 1, continuamente.

Throughput Accounting

Para poder gestionar adecuadamente las restricciones, la entidad debe enfocarse en la generación del efectivo, bajo esta filosofía la mano de obra directa y los gastos indirectos de fabricación agregan valor a la compañía, no al producto. Por consecuencia, los inventarios no incluyen estos elementos del costo. No obstante, cabe resaltar que, de conformidad con las Normas Internacionales de Información Financiera, esta metodología no se encuentra permitida para valorar y presentar los estados financieros.

Este modelo toma como punto de referencia la contribución en efectivo por recurso escaso; dicha contribución se calcula considerando únicamente as ventas menos todos los costos de materiales directos, así como los gastos operativos desembolsables en el muy corto plazo (ejemplo: comisiones a los vendedores), posteriormente se calcula la contribución en efectivo unitaria dividiéndola entre el recurso escaso más fuerte por unidad.

Se enlistan los productos y/o servicios que ofrezcan la mayor cantidad de contribución por recurso escaso, y esos son los que se producen en mayor cuantía, tratando de satisfacer toda la demanda, hasta agotar el recurso escaso.

La TOC enfoca la atención de la administración en los productos más rentables, así como en el manejo eficiente de los recursos; sin embargo, la enaltece al considerar que es mejor que el sistema tradicional de asignación de gastos indirectos con base al volumen de producción o al costeo basado en actividades, pero resulta muy importante resaltar que la TOC considera un horizonte de tiempo muy breve (1 semana) y la planeación de la mezcla de producción debe abarcar gastos desembolsables por periodos de tiempo superiores y consecuentes.

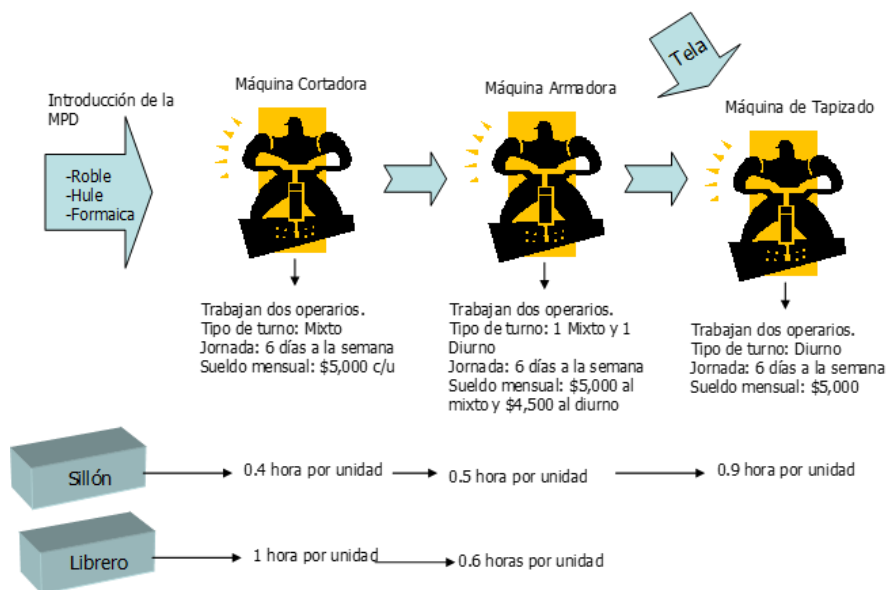
4. ANÁLISIS EMPÍRICO

A continuación, se muestran diversos ejemplos aplicando las tres metodologías:

Ejemplo 1

Una empresa que se dedica a la producción de sillones, presenta la siguiente información:

	Sillón	Librero
Demanda	100 semanales	60 semanales
Precio de venta	\$1,200	\$2,700
Estándar físico del Roble	0.6 m ²	3 m ²
Precio estándar del Roble	\$500/m ²	\$500/m ²
Estándar físico del Hule	5 m ²	
Precio estándar del Hule	\$100/m ²	
Estándar físico de la formaica	0.5 m ²	1 m ²
Precio estándar de la formaica	\$400/m ²	\$400/m ²



El importe de la mano de obra directa semanal es de \$50 del sillón y \$600 de los libreros; los gastos indirectos de fabricación variables por unidad son \$55 de los sillones y \$100 de los libreros y \$2,000 de gastos indirectos de fabricación fijos. Asimismo, se les paga una comisión a los vendedores de \$50 por cada sillón vendido y \$30 por cada librero. Los gastos de administración son de \$3,000 semanales.

El primer paso es determinar la cantidad de tiempo demandada y la evaluación de restricciones en la capacidad instalada durante el lapso bajo análisis:

La capacidad instalada se calculó para cada máquina multiplicando el número de trabajadores por las horas que trabajan en un día, dependiendo de su jornada de trabajo (diurno= 8 horas; nocturno= 7 horas y mixto= 7.5 horas), por 60 (para convertir el tiempo de horas a minutos). Mientras que el tiempo en minutos se determinó al multiplicar las horas que consume cada producto del tipo de maquinaria por 60 (para convertir el tiempo de horas a minutos)

Como siguiente paso, se debe determinar la contribución *throughput*, para ello se le restó al precio de venta por unidad los costos de la materia prima unitarios (para obtener el costo de la materia prima directa se multiplicó el importe que utiliza cada producto por insumo por el precio del mismo) y las comisiones por cada producto vendido.

	Sillón	Librero
Precio de venta	\$1,200	\$2,700
Costos variables		
Roble	300	1,500
Hule	500	
Formaica	200	400
Comisión	50	30
<i>Contribución Throughput</i>	\$150	\$770

En este caso, el cuello de botella lo tiene la máquina cortadora, ya que su capacidad es de máximo 5,400 minutos a la semana, derivado de ello se debe calcular la contribución *throughput* por recurso escaso, para lo cual se dividirá la contribución en comento entre el consumo del recurso escaso por unidad.

	Sillón	Librero
<i>Contribución Throughput</i>	\$150	\$770
Recurso escaso por unidad	0.4	1
<i>Contribución Throughput por unidad de recurso escaso</i>	\$375	\$770

El producto que le brinda a la empresa la mayor rentabilidad son los libreros, dado lo cual se fabricarán a la máxima capacidad y en caso de que exista excedente en el tiempo de la máquina cortadora, éste se destinará a fabricar los sillones.

La demanda máxima de libreros que se pueden vender son 60 semanales, debido a que en cada uno la máquina cortadora se tarda 1 hora por unidad, el total de tiempo consumido son 60 horas por 60 minutos por hora = 3,600 minutos, con lo cual se tendría un excedente de tiempo de 1,800 minutos (5,400-3,600), lo cuales se pueden destinar en la fabricación de sillones. Considerando que se tarda 0.40 horas en cortar la madera para cada sillón, este exceso de tiempo equivale a 75 sillones (1,800 minutos/(0.4*60)).

Con lo cual, como lo establece el modelo de TOC todo se debe subordinar al cuello de botella, derivado de lo anterior, el uso de la capacidad instalada bajo la nueva mezcla de productos es la siguiente:

Como resultado de este reajuste, existe un incremento en la capacidad ociosa de los otros dos procesos, esta situación permanecerá hasta que la entidad adquiera o arriende otra máquina y contrate a otro operario con quien se aumente la capacidad del proceso de corte.

Máquina Cortadora					
Producto	Tiempo en minutos	Demanda semanal	Capacidad requerida en minutos	Capacidad Instalada en minutos	Exceso/Restricción en minutos
Sillón	24	100	2,400		
Librero	60	60	3,600		
			6,000	5,400	600
Máquina Armadora					
Producto	Tiempo en minutos	Demanda semanal	Capacidad requerida en minutos		
Sillón	30	100	3,000		
Librero	36	60	2,160		
			5,160	5,580	-420
Máquina de Tapizado					
Producto	Tiempo en minutos	Demanda semanal	Capacidad requerida en minutos		
Sillón	54	100	5,400		
			5,400	5,760	-360

Cuello de Botella

Exceso de capacidad

Exceso de capacidad

Acorde con esta perspectiva, el producto del cual se obtiene mayor rentabilidad por recurso escaso son los sillones, como consecuencia, se producirán 100 sillones, lo que equivale a $0.40 \text{ horas} \times 60 \text{ horas por minuto} = 24 \text{ horas a la semana} \times 100 = 2,400 \text{ minutos}$. Debido a que la máquina cortadora tiene una capacidad máxima de 5,400 minutos, se tiene un excedente de 3,000 minutos, los que se destinarían a la producción de 50 libreros ($3,000 \text{ minutos} / (1 \text{ minuto} \times 60 \text{ horas por minuto})$). A continuación, se calculará la utilidad de la empresa, con la TOC, la asignación tradicional de los GIF y la maximización de utilidades con programación lineal:

Escenario 1. Utilidad con la mezcla de productos determinada con la TOC

	Sillón	Librero	Total
Precio de venta	\$1,200	\$2,700	
Costos variables			
Roble	300	1,500	
Hule	500		
Formaica	200	400	
Mano de obra directa	50	600	
Gastos indirectos de fabricación variables	55	100	
Comisión	50	30	
<i>Contribución Marginal</i>	\$45	\$70	
Unidades de conformidad con el <i>throughput</i>	75	60	
Contribución marginal total	\$3,375	\$4,200	\$7,575
Gastos Indirectos de fabricación fijos totales			2,000
Utilidad Bruta			<u>5,575</u>
Gastos de administración			3,000
Utilidad Operación			<u>\$2,575</u>

Escenario 2. Utilidad con la mezcla de productos calculada con la asignación tradicional de los GIF

	Sillón	Librero	Total
Precio de venta	\$1,200	\$2,700	
Costos variables			
Roble	300	1,500	
Hule	500		
Formaica	200	400	
Mano de obra directa	50	600	
Gastos indirectos de fabricación variables	55	100	
Comisión	50	30	
<i>Contribución Marginal</i>	\$45	\$70	
Unidades de conformidad con el <i>throughput</i>	100	50	
Contribución marginal total	\$4,500	\$3,500	\$8,000
Gastos Indirectos de fabricación fijos totales			2,000
Utilidad Bruta			<u>6,000</u>

Gastos de administración	3,000
Utilidad Operación	<u><u>\$3,000</u></u>

Escenario 3. Utilidad con la mezcla de productos calculada con la asignación tradicional de los GIF y programación lineal

Para determinar la mezcla óptima, se utilizará la función de resolución del programa de Excel (Solver), planteando como función a maximizar:

$$U(X, Y) = 45X + 70Y - 2,000 - 3,000$$

s.a.

$$0.4X + Y \leq 5,400$$

$$X \leq 100$$

$$Y \leq 60$$

$$X, Y \geq 0$$

Como se puede observar, el punto medular de las tres metodologías, radica en el hecho de que la clasificación de los gastos en fijos o variables depende únicamente del volumen de unidades producidas. Es por dicha razón que el resultado *throughput* brinda una mezcla que suboptimiza la utilidad, la solución como se ha dicho a lo largo del libro es la aplicación del costeo basado en actividades; sin embargo, resulta de suma importancia el conocer esta metodología para determinar la mezcla óptima, ya que se resalta la necesidad de identificar los cuellos de botella; los altos costos de almacenaje y el uso al máximo de los recursos escasos.

Como lo menciona Kaplan (1992), con la TOC las decisiones de producción son una forma extrema de la contribución marginal calculada con el sistema de valuación directo. De igual forma coincide en el hecho de que es una buena alternativa para las decisiones de muy corto plazo, pero puede fallar en la determinación de la utilidad de largo plazo. Por dicha razón Kee (1995) sugiere integrar la aplicación de los gastos indirectos con el ABC con la TOC, el modelo integrado captura la interacción entre el costo, los recursos físicos y la capacidad de producción de las actividades. No obstante, en los siguientes ejemplos se demostrará que el costeo basado en actividades con múltiples restricciones es el que brinda el mejor resultado posible en contraste con los otros modelos.

Ejemplo 2

En este segundo caso se consideró una empresa dedicada a la producción de bicicletas, fabrica dos modelos: sencillas y de lujo. A continuación, se presenta el análisis considerando los tres enfoques:

	Bicicleta sencilla	Bicicleta de lujo	Restricción
Precio de Venta	\$2,500	\$4,400	
Costo unitario de la materia prima directa	\$500	\$1,000	
Costo unitario de la mano de obra directa	\$1,200	\$1,800	
Horas de mano de obra directa por unidad	6	2	50,000
Horas máquina por unidad	5	2	70,000
Demanda máxima	10,000	15,000	

Actividad	Costo	Causal del Costo	Cantidad del Causal	Consumo que cada producto realiza del causal para satisfacer la demanda máxima		Restricción
				Bicicleta sencilla	Bicicleta de lujo	
Preparación de la maquinaria	\$400,000	Número de preparaciones	1,000	300	700	
Tamaño del lote para la preparación de las máquinas				100	300	
Número de preparaciones por lote				3	2.33	800
Manejo de materiales	\$200,000	Número de movimientos	10,000	3,500	6,500	
Tamaño del lote para el manejo de materiales				1,000	2,000	
Número de movimientos por lote				3.5	3.3	8,000
Inspección	\$330,000	Horas de inspección	2,000	700	1,300	
Tamaño del lote para la inspección				50	200	
Horas de inspección por lote				14	6.50	1,500
Depreciación de la maquinaria	\$300,000	Horas máquina	70,000	20,000	40,000	
Consumo de energía eléctrica	\$100,000	Horas máquina	70,000	20,000	40,000	
Programación de la producción	\$60,000	Tipo de productos	2	1	1	
Mantenimiento de la fábrica	\$60,000	Unidades producidas	25,000	10,000	15,000	
Renta de la fábrica	\$150,000	Unidades producidas	25,000	10,000	15,000	
Total de GIF	\$1,600,000					

ANÁLISIS BAJO EL SISTEMA DE TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES Y THROUGHPUT ACCOUNTING			
Cálculo de la Contribución Throughput	Bicicleta sencilla	Bicicleta de lujo	
Precio de Venta	\$2,500	\$4,400	
Costo unitario de la materia prima directa	\$500	\$1,000	
Contribución Throughput por unidad	\$2,000	\$3,400	
Restricción más fuerte:			
			Se determinó de conformidad con la proporción que cubriría de la demanda requerida el importe con el que se cuenta del recurso escaso
Horas máquina	20,000	40,000	
Contribución Throughput por unidad de recurso escaso	\$0.10	\$0.09	
El que brinda mayor rentabilidad por recurso escaso es el modelo de Lujo, bajo esta premisa se utilizará el recurso escaso al máximo en este modelo y el excede (si es que existe) se le destinará al modelo sencillo			
Horas máquina asignadas al producto de mayor rentabilidad	0	40,000	Se cuenta máximo con 3,000 horas máquina, bajo lo cual nose produce nada del modelo sencillo
Mezcla de unidades	0	15,000	

Estado de Resultados		Se eliminaron los costos decrementales, pertenecientes únicamente a la bicicleta sencilla, la depreciación por horas máquina y el consumo de energía eléctrica
Ventas	\$66,000,000	
Costo de Ventas		
Materiales Directos	\$15,000,000	
Mano de Obra Directa	\$27,000,000	
GIF bajo enfoque Throughput	\$1,485,714	
Utilidad Bruta	\$22,514,286	

ANÁLISIS BAJO EL COSTEO BASADO EN ACTIVIDADES				
Para plantear la función de utilidad a maximizar y las restricciones se utilizará la siguiente notación:				
				RESULTADO DE LA APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE MAXIMIZACIÓN
Bicicleta sencilla	X1	\$800	Contribución marginal (precio de venta unitario menos costos variables unitarios del nivel de unidades)	X1 3,333
Bicicleta de lujo	X2	\$1,600	Contribución marginal (precio de venta unitario menos costos variables unitarios del nivel de unidades)	X2 15,000
Número de Preparaciones de la maquinaria bicicleta sencilla	A1	\$400	Costo por número de preparaciones	A1 33
Número de Preparaciones de la maquinaria bicicleta de lujo	A2	\$400	Costo por número de preparaciones	A2 50
Número de movimiento de materiales bicicleta sencilla	B1	\$20	Costo por número de movimientos	B1 3
Número de movimientos de materiales bicicleta de lujo	B2	\$20	Costo por número de movimientos	B2 8
Horas de Inspección bicicleta sencilla	C1	\$165	Costo por hora de inspección	C1 67
Horas de Inspección bicicleta de lujo	C2	\$165	Costo por hora de inspección	C2 8
Depreciación de la maquinaria bicicleta sencilla		\$4	Costo por hora máquina	
Depreciación de la maquinaria bicicleta de lujo		\$4	Costo por hora máquina	
Consumo de energía eléctrica bicicleta sencilla		\$1	Costo por hora de energía eléctrica consumida	
Consumo de energía eléctrica bicicleta de lujo		\$1	Costo por hora de energía eléctrica consumida	
Programación de la producción		\$60,000		
Mantenimiento de la fábrica		\$60,000		
Renta de la fábrica		\$150,000		

$U(X1, X2, A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1, D2) =$	$800X1 + 1600X2 - 4x5X1 - 4x2X2 - 1x5X1 - 1x2X2 - 400A1 - 400A2 - 20B1 - 20B2 - 165C1 - 165C2 - 60,000 - 60,000 - 150,0000$		
Resultado de la función a maximizar	\$26,084,213		
Sujeta a las siguientes restricciones:			
Restricción de las horas de mano de obra	$6X1 + 2X2 \leq 50,000$	\$50,000	50,000
Restricción de las horas máquina	$5X1 + 2X2 \leq 70,000$	\$46,667	70,000
Restricción de preparaciones	$3A1 + 2.33A2 \leq 800$	\$217	800
Restricción de número de movimientos	$3.5B1 + 3.3B2 \leq 8,000$	\$36	8,000
Restricción de las horas de inspección	$14C1 + 6.5C2 \leq 1,500$	\$982	1,500
Restricción del lote de las preparaciones para X1	$X1 - 100A1 \leq 0$	\$0	0
Restricción del lote de las preparaciones para X2	$X2 - 300A2 \leq 0$	\$0	0
Restricción del lote de movimientos para X1	$X1 - 1,000B1 \leq 0$	\$0	0
Restricción del lote de movimientos para X2	$X2 - 2,000B2 \leq 0$	\$0	0
Restricción del lote de horas inspección X1	$X1 - 50C1 \leq 0$	\$0	0
Restricción del lote de horas inspección X2	$X2 - 200C2 \leq 0$	\$0	0
Restricción de la demanda de X1	$X1 \leq 10,000$		10,000
Restricción de la demanda de X2	$X2 \leq 15,000$		15,000
	$X1, X2, A1, A2, B1, C1, C2 \geq 0$		

Como se puede observar, se reafirma la hipótesis: la utilidad más alta se obtiene al aplicar el costeo basado en actividades con múltiples restricciones en contraste con la TOC y el costeo tradicional.

Ejemplo 3

El tercer caso es una empresa farmacéutica que produce tres medicamentos. En seguida se muestra la información de cada uno, y la resolución acorde con las tres metodologías:

	Dolotrix	Vomicyn	Adellyn
Precio de Venta por unidad	\$550	\$440	\$800
Costo total de materiales directos	\$205,000	\$265,000	\$258,000
Costo total de mano de obra directa	\$250,000	\$234,000	\$263,000
Horas de mano de obra por unidad	6	5	9
Demanda máxima	10,000	50,000	30,000
Costo unitario de la materia prima directa	\$20.5	\$5.3	\$8.6
Costo unitario de la mano de obra directa	\$25.0	\$4.7	\$8.8

GASTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN							
Actividad	Costo	Causal de Actividad	Costo unitario por actividad de acuerdo al causal	Consumo que cada producto realiza del causal para satisfacer la demanda máxima			Restricción
				Dolotrix	Vomicyn	Adellyn	
Preparación de la maquinaria	\$16,000	Número de preparaciones	\$13.33				1,200
Tamaño del lote para la preparación de las máquinas				100	600	800	
Número de preparaciones por lote				0.80	0.10	1.33	
Administración de la planta	\$360,000	Horas de mano de obra directa	\$2.88				125,000
Supervisor de producción	\$747,000	Horas de supervisión	\$5.75				130,000
Tamaño del lote para las horas de supervisión				50	100	20	
Horas de supervisión				1,400	500	500	
Inspección de la calidad	\$50,400	Horas de inspección	\$50.40				1,000
Tamaño del lote para las horas de supervisión				500	600	350	
Horas de inspección				0.20	0.33	2.00	
Expedición de órdenes	\$51,600	Número de clientes servidos	\$80.00	45	100	500	
TOTAL	\$1,225,000						

ANÁLISIS BAJO EL COSTEO BASADO EN ACTIVIDADES					
Para plantear la función de utilidad a maximizar y las restricciones se utilizará la siguiente notación:					
			Ingresos y costos por unidad de actividad		RESULTADO DE LA APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE MAXIMIZACIÓN
Dolotrix	X1	\$505	Contribución marginal (precio de venta unitario menos costos variables unitarios del nivel de unidades)	X1	0
Vomicyn	X2	\$430	Contribución marginal (precio de venta unitario menos costos variables unitarios del nivel de unidades)	X2	24,438
Adellyn	X3	\$783	Contribución marginal (precio de venta unitario menos costos variables unitarios del nivel de unidades)	X3	312

		Ingresos y costos por unidad de actividad			RESULTADO DE LA APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE MAXIMIZACIÓN
Preparaciones de la maquinaria Dolotrix	A1	\$13.33	Costo por número de preparaciones	A1	0
Preparaciones de la maquinaria Vomicycyn	A2	\$13.33	Costo por número de preparaciones	A2	41
Preparaciones de la maquinaria Adellyn	A3	\$13.33	Costo por número de preparaciones	A3	0
Administración de la planta Dolotrix	B1	\$2.88	Costo por hora de supervisión	B1	0
Administración de la planta Vomicycyn	B2	\$2.88	Costo por hora de supervisión	B2	244
Administración de la planta Adellyn	B3	\$2.9	Costo por hora de supervisión	B3	16
Supervisión de la producción Dolotrix	C1	\$5.75	Costo por hora de inspección	C1	0
Supervisión de la producción Vomicycyn	C2	\$5.75	Costo por hora de inspección	C2	41
Supervisión de la producción Adellyn	C3	\$5.75	Costo por hora de inspección	C3	1
Inspección de la calidad de Dolotrix	D1	\$50.40			
Inspección de la calidad de Vomicycyn	D2	\$50.40			
Inspección de la calidad de Adellyn	D3	\$50.40			
Expedición de Órdenes		\$51,600			

	$U(X1, X2, A1, A2, B1, B2, B3, C1, C2, C3, D1, D2, D3) = 505X1 + 430X2 + 783X3 - 13.33A1 - 13.33A2 - 3.33A3 - 2.88x6X1 - 2.88x5X2 - 2.88x9X3$			
	$-5.75B1 - 5.75B2 - 5.75B3 - 50.40C1 - 50.40C2 - 50.40C3 - 51,600$			
Resultado de la función a maximizar	\$10,337,447			
			125,000	
Sujeta a las siguientes restricciones:			1,200	
			130,000	
Restricción de las horas de mano de obra	$6X1 + 5X2 + 9X3 \leq 125,000$	125,000	1,000	
Restricción de preparaciones	$0.8A1 + 0.1A2 + 1.33A3 \leq 1,200$	5	0	
Restricción de horas de supervisión	$1,400B1 + 500B2 + 500B3 \leq 130,000$	130,000	0	
Restricción de las horas de inspección	$0.2C1 + 0.33C2 + 2C3 \leq 1,000$	81	0	
Restricción del lote de las preparaciones para X1	$X1 - 100A1 \leq 0$	0	0	
Restricción del lote de las preparaciones para X2	$X2 - 600A2 \leq 0$	0	0	
Restricción del lote de las preparaciones para X3	$X3 - 800A3 \leq 0$	0	0	
Restricción del lote de supervisión para X1	$X1 - 50B1 \leq 0$	0	0	
Restricción del lote de supervisión para X2	$X2 - 100B2 \leq 0$	0	0	
Restricción del lote de supervisión para X3	$X3 - 20B3 \leq 0$	0	0	
Restricción del lote de horas inspección X1	$X1 - 500C1 \leq 0$	0	10,000	
Restricción del lote de horas inspección X2	$X2 - 600C2 \leq 0$	0	50,000	
Restricción del lote de horas inspección X3	$X3 - 350C3 \leq 0$	0	30,000	
Restricción de la demanda de X1	$X1 \leq 10,000$			
Restricción de la demanda de X2	$X2 \leq 50,000$			
Restricción de la demanda de X3	$X3 \leq 30,000$			
	$X1, X2, X3, A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3 \geq 0$			

ANÁLISIS BAJO EL SISTEMA TRADICIONAL DE ASIGNACIÓN DE GIF UTILIZANDO COMO BASE LAS HORAS DE MANO DE OBRA DIRECTA				
	Dolotrix	Vomicyn	Adellyn	
Cálculo de la Contribución Marginal				
Ventas	\$550	\$440	\$800	
Costo unitario de los materiales directos	\$20.50	\$5.30	\$8.60	
Costo unitario de la mano de obra directa	\$25.00	\$4.68	\$8.77	
GIF asignados	\$58.80	\$49.00	\$88.20	
Contribución Marginal por unidad	\$445.7	\$381.0	\$694.4	
Restricción: Horas de Mano de obra directa por u	6	5	9	
Contribución Throughput por hora de mano de o	\$74.3	\$76.2	\$77.2	
Lista de los productos que ofrecen la mayor rentabilidad por recurso escaso	3o.	2o.	1o.	
Horas de mano de obra	0	0	125,000	125,000
Mezcla de producto óptima	0	0	13,889	
	Dolotrix	Vomicyn	Adellyn	TOTAL
Estado de Resultados				
Ventas	\$0	\$0	\$11,111,111	\$11,111,111
Costo de Ventas				
Materiales Directos	\$0	\$0	\$119,444	\$119,444
Mano de Obra Directa	\$0	\$0	\$121,759	\$121,759
GIF bajo enfoque Throughput			\$1,225,000	0
Utilidad Bruta	\$0	\$0	\$9,644,907	\$9,644,907

Nuevamente se llega a la misma conclusión, la mayor utilidad se obtiene al producir y vender el número de productos y/o servicios obtenidos con el modelo del costeo basado en actividades e incluyendo todas las posibles restricciones que existen en cada uno de los causales del costo. Éste último factor es el origen de que el modelo en comento sea el que brinde la respuesta óptima para cualquier empresa, ya que el tradicional como el TOC no incorporan toda la información para poder tomar decisiones asertivas mediante las cuales se maximice el flujo de efectivo de la entidad y se ahorren costos de las actividades que no agregan valor a los clientes.

5. CONCLUSIONES

Como se mencionó previamente, en esta investigación se contrastan las tres metodologías, obteniendo de forma consistente que el modelo con el cual realmente se maximizan las utilidades es el costeo basado en actividades con múltiples restricciones, resolviendo el problema de optimización mediante programación lineal.

A pesar de que Kee (1995) recomienda aplicar un costeo basado en actividades expandido, es decir integrando la TOC con el ABC, no resulta más que la identificación de las restricciones internas y externas en la programación de la producción; a pesar de ello, el punto medular de la TOC implica la implementación del *Throughput Accounting* no tiene ningún punto de intersección la metodología basada en actividades. Realmente esta planeación se deriva de la mezcla del costeo basado en actividades con la administración basada en actividades, conocida por sus siglas en inglés como ABM (*Activity Based Management*).

Otro punto que resulta importante resaltar es el hecho de que para determinar la mezcla óptima en una empresa de servicios no es aplicable la TOC en conjunción con el *Throughput Accounting*, ya que para establecer la contribución marginal en efectivo es el precio de venta menos el costo de la materia prima directa, factor que en una compañía de servicios el costo relevante es el sueldo de sus empleados, el cual bajo esta metodología es considerado un gasto del periodo, cuestión que no había sido señalada en ninguna otra investigación.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Ansari, S., Bell, J., Klammer, T. y Lawrence, C. (2004) *Theory of Constraints*. Estados Unidos de Norteamérica, Higher Education Group, Inc.
- Goldratt, E. y Fox, R. (1986). *The race*, Estados Unidos de Norteamérica, Crotton-on-Hudson, NY: North River Press.

Hansen, D. y Mowen, M. (2017). Cornerstones of cost management, 4a. ed., Estados Unidos de Norteamérica, Cengage Learning.

Morales, P., Smeke, J. y Huerta, L. (2017). Costos gerenciales, Instituto Mexicano de Contadores Públicos.

Morse, G., Davis, W., Hartgraves, J. y Potter, A. (2006). Managerial Accounting, Reino Unido, Cambridge Business Publishers.

Kee, R. (1995). Integrating activity based costing with the theory of constraints to enhance production related decision making, Journal Accounting Horizons, Estados Unidos de Norteamérica, vol. 9, num. 4.pp. 48-61.

Kaplan, R., (1992). Activity based systems: measuring the cost of resource usage, Journal Accounting Horizons. Estados Unidos de Norteamérica, vol. 6. pp. 1-13.