

FACES

Facultad de Ciencias Económicas y Sociales

Año 12

Nº 25

enero-abril 2006

Facultad de Ciencias Económicas y Sociales
Universidad Nacional de Mar del Plata

CENTRO DE DOCUMENTACIÓN
Instituto de Investigaciones
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales
Universidad Nacional de Mar del Plata
cendocu@mdp.edu.ar
<http://eco.mdp.edu.ar/cendocu/>

Costeo Directo, Mundo del Valor y Programación Lineal

Direct Costing, Throughput World and Linear Programming

Souza, A.¹
Clemente, A.²
Perfecto, J.³

RESUMEN / SUMMARY

Este artículo presenta una comparación entre el Abordaje del Mundo del Valor propuesto por Eliyahu M. Goldratt (1992) en el libro titulado *A síndrome del palheiro: garimpando informações num oceano de dados* (El síndrome del pajar: cómo extraer información del océano de datos) y la Programación Lineal. Se utiliza para la comparación el caso de la optimización de un *mix* de producción con restricciones en el proceso y en el mercado. Se muestra que el Abordaje de las Ganancias, conceptualmente, no aporta nada al marco teórico del Costeo Directo. En cuanto al análisis gerencial, el Abordaje del Mundo del Valor, aunque tenga el mérito de reorientar los esfuerzos gerenciales para los objetivos de la empresa -ganar más dinero en el presente y en el futuro- presenta resultados inferiores en relación con los obtenidos con el uso de la Programación Lineal, fundamentando este concepto en un ejemplo propuesto por el propio Goldratt.

This article presents a comparison between Throughput World Approach, as

¹Profesor del Programa de Post Grado en Administración de la Pontificia Universidade Católica do Paraná -PUCPR. Rua Imaculada Conceição, 1155 Prado Velho Curitiba PR. alceusouza@bsi.net.br

²Profesor del Programa de Post Grado en Contabilidad de la Universidade Federal do Paraná UFPR. Rua Dr. Faivre, 405 Curitiba PR. ademir@ufpr.br

³Profesor del Programa de Post Grado en Administración de la Universidade Regional de Blumenau- FURB. Rua Antônio da Veiga, 140 Blumenau SC. perfeito@furb.br

proposed by Eliyahu M Goldratt (1992) in the book named *The haystack syndrome: sifting information out of the data ocean, and the Linear Programming*. The comparison is carried out by considering the case of optimizing a mix of production under process and market constraints. Also, it is shown that conceptually, *Throughput World Approach* adds no contribution to the already known management theory of direct costing. Although, the *Throughput World approach* holds the merits of reorienting the managers' efforts to the business goal *_making more money now and in the future_* *Linear Programming in a direct costing environment presents better results.*

PALABRAS CLAVE / KEYWORDS

Teoría de las restricciones - programación lineal - costeo directo.
Constraint theory - linear programming - direct costing.

INTRODUCCIÓN

No son recientes las críticas a los métodos de costeo, principalmente a los tradicionales de Absorción y Directo, debido a sus dificultades para aportar informaciones adecuadas y relevantes para la toma de las decisiones gerenciales. Eliyahu M. Goldratt, quien es un destacado crítico de los métodos tradicionales, es además co- autor del libro titulado *A Meta* (La Meta), una publicación que tuvo una gran repercusión debido al estilo literario utilizado para plantear la Teoría de las Restricciones.

Para Goldratt, el objetivo fundamental de una empresa es ganar más dinero en el presente y en el futuro, y las restricciones para alcanzar esa meta deben ser eliminadas o flexibilizadas. Goldratt, al utilizar el método socrático para la solución de problemas de gestión de la producción, en una empresa industrial ficticia, localizada en una pequeña ciudad americana, transformó su libro en una obra de referencia.

En el libro titulado *A Síndrome do Palheiro: Garimpando Informações num Oceano de Dados* (El síndrome del pajar: cómo extraer información del océano de datos), el mencionado autor retoma el concepto de flexibilización de los inconvenientes de la producción, para presentar una forma gerencial más eficaz para que las empresas ganen más dinero en el presente y en el futuro. Con el propósito de tratar este asunto, en la primera parte del libro, compara el Mundo de los Costos (pensamiento tradicional de los gestores) y

el Mundo del Valor, de su autoría. A partir de un ejemplo sencillo, que integra restricciones de producción (internas) y de mercado (externas), el autor pretende demostrar la superioridad del análisis del Abordaje del Mundo del Valor en relación con el Mundo de los Costos.

En este artículo, se intenta demostrar que el Abordaje del Mundo de las Ganancias, propuesta por Goldratt, no aporta absolutamente nada a los análisis gerenciales (*mix* óptimo de producción y análisis de la relación costo-volumen-lucro), desarrolladas hace mucho tiempo en el ámbito de la concepción del Costeo Directo. Intentamos demostrar también que, bajo el Costeo Directo, si se utilizan las herramientas adecuadas para el análisis, en particular la Programación Lineal, es posible alcanzar mejores resultados que los señalados por Goldratt.

COSTEO DIRECTO

El Costeo Directo o Costeo Variable tiene su origen en la sociedad norteamericana, a principios de los años 30. Según este sistema, la venta es el elemento que genera la riqueza de la empresa; por lo tanto, fue concebido un criterio que refleje el resultado operacional como una función de la cantidad vendida.

El Costeo Directo, inicialmente, clasifica los costos en fijos y variables. Se consideran fijos los costos que acontecen periódicamente y tienen poca incidencia según la cantidad de la producción. Se consideran variables los costos que varían proporcionalmente al volumen producido. Históricamente, el material de uso directo y la mano de obra directa han sido considerados como costos variables. Obsérvese, sin embargo, que frecuentemente es lógico considerar como fijo el costo de la mano de obra.

El gran cambio conceptual introducido por el Costeo Directo, en relación con el Costeo por Absorción, consiste en atribuirle a los productos apenas los costos totalmente variables. Los costos fijos se consideran costos de la estructura y, por lo tanto, no asignables a los productos. Se elimina, con esto, la necesidad del prorrateo. Este cambio conceptual evita unos de los mayores problemas del Costeo por Absorción que es el prorrateo de los Costos Indirectos de Fabricación. La Tabla 1, ilustra una muestra de los resultados del análisis realizado bajo Costeo Directo.

Tabla 1: MUESTRA DE RESULTADOS POR COSTEO DIRECTO

	PRODUCTO A	PRODUCTO B	TOTAL
Ingresos			
- Costo Variable del Producto Vendido	\$ xxx.,xx	\$ xxx.,xx	\$ xxx.,xx
= Margen Bruto	\$ xxx.,xx	\$ xxx.,xx	\$ xxx.,xx
- Gastos Variables	\$ xxx.,xx	\$ xxx.,xx	\$ xxx.,xx
= Margen Líquido	\$ xxx.,xx	\$ xxx.,xx	\$ xxx.,xx
- Costos y Gastos Fijos			\$ xxx.,xx
= Lucro Líquido			\$ xxx.,xx

La Muestra de Resultados por Costeo Directo deja en evidencia que no es posible, a partir del producto, llegar al concepto de lucro. Desde el producto, el parámetro de análisis es el Margen de Contribución. El Margen de Contribución Unitario se puede interpretar como el valor con el que cada unidad vendida contribuye, en primer lugar, para cubrir los cargos fijos (costos y gastos fijos) y, posteriormente, para generar el lucro. Por ser un parámetro independiente del volumen producido, el concepto de Margen de Contribución Unitaria crea el desarrollo del Análisis Costo-Volumen-Lucro y el Análisis de *Mix* de Productos a través de la Programación Lineal.

El estilo gerencial adoptado por el Costeo Directo consiste en encontrar el *mix* de productos que, cuando se venden, maximizan el Margen de Contribución Total. La gestión, por medio del concepto de margen de contribución/recurso ya utilizado, se ha adoptado desde hace mucho tiempo y se utiliza con el objetivo de maximizar el margen total de los beneficios de la empresa. Es obvio que la maximización del margen necesariamente significa maximización del lucro. La carencia de este abordaje se basa en que para grandes problemas, con varios recursos restrictivos, la identificación de la mejor relación margen/recurso puede ser tediosa.

EL MUNDO DEL VALOR

El Mundo del Valor, abordaje propuesto por Goldratt (1992), como alternativa al estilo gerencial tradicional, admite como presupuesto central la idea de que el objetivo de una empresa es ganar más dinero en el presente y en el futuro. Es muy difícil, para cualquier empresario o académico, no simpatizar con este concepto.

En el Mundo del Valor, Goldratt (1992) tiene la pretensión de trabajar con una concepción holística, según la cual el sistema como un todo debe ser optimizado, pues lo óptimo global no acontece necesariamente a partir de óptimos locales. Es oportuno destacar, desde luego, que la Programación Lineal es una herramienta de optimización global y que, si el problema en estudio es modelado adecuadamente, no habrá ningún motivo para admitir *a priori* que sus resultados serán peores que los obtenidos en el Abordaje del Mundo del Valor. Con el propósito de analizar el desempeño del sistema (objetivo de la empresa) Goldratt destaca los siguientes conceptos:

Lucro líquido (ingresos inmediatos - gastos operativos) como medida absoluta.

Retorno sobre la inversión (lucro / inversión) como medida relativa.

Control del flujo de caja como medida de liquidez.

Además de esto, para diferenciar el Mundo del Valor del bien conocido Costeo Directo, se presentan las siguientes definiciones:

Ganancia: diferencia entre el precio de venta y la suma de los pagos a los proveedores por los insumos totalmente variables incorporados a los productos vendidos. Goldratt no descarta la posibilidad de incluir como insumo la mano de obra siempre y cuando sea totalmente variable. Es evidente que este es el mismo concepto de Margen de Contribución, utilizado en el ambiente de Costeo Directo.

Inventario: dinero que el sistema invierte en la compra de cosas que se pretenden vender. Es un concepto amplio que incorpora prácticamente a todo el activo de la empresa.

Gasto operativo: gastos del sistema para transformar inventario en ganancia. Es similar al Costo Fijo por Costeo Directo y abarca los costos no asignables a los productos. Debe ser deducido el margen global para llegar al concepto de lucro líquido, lo que confirma la idea de costo de la estructura.

La Tabla 2, presentada a continuación, ilustra un modelo de Muestra de Resultados en el Mundo de las Ganancias.

Tabla 2: MUESTRA DE RESULTADOS A TRAVÉS DEL “MUNDO DE LAS GANANCIAS”

	PRODUCTO A	PRODUCTO B	TOTAL
Ingreso			
- Costo de los insumos totalmente variables	\$ xxx.,xx	\$ xxx.,xx	\$ xxx.,xx
= Margen Bruto	\$ xxx.,xx	\$ xxx.,xx	\$ xxx.,xx
- Gastos Variables	\$ xxx.,xx	\$ xxx.,xx	\$ xxx.,xx
= Margen Líquido	\$ xxx.,xx	\$ xxx.,xx	\$ xxx.,xx
- Costos y Gastos Fijos			\$ xxx.,xx
= Lucro Líquido			\$ xxx.,xx

A pesar de la similitud fundamental con el Costeo Directo, la diferencia, según Goldratt, está en el abordaje del problema. El Abordaje del Valor, es respaldado en los conceptos de la Teoría de las Restricciones, que incluye las siguientes etapas:

Identificar las restricciones de la empresa.

Para las restricciones activas, invertir el máximo posible en el producto que presente la mejor relación ganancia/recurso consumido. Si surge un sobrante del recurso restrictivo, se pasa para el producto que presente la segunda mejor relación ganancia recurso consumido y así sucesivamente, hasta obtener una óptima solución para el conjunto de las restricciones existentes.

Los recursos no restrictivos deben estar supeditados a la decisión anterior, esto significa, que la economía de tiempo resultante de mejoras en operaciones de procesos no restrictivos no mejorará el desempeño del sistema; Goldratt y Cox (1995) dejan claro que, la hora economizada de un recurso que no sea efectivamente restrictivo (inconveniente) es una ilusión, pues servirá solamente para aumentar el stock de este recurso; los stocks no mejoran los indicadores de desempeño del sistema, esto es, no ayudan a que la empresa alcance su objetivo.

Estudiar las ventajas de invertir en la flexibilización de las actuales restricciones efectivamente activas, generando un nuevo conjunto

de restricciones siempre y cuando este procedimiento aumente el lucro de la empresa (esta información, cuando se usa el abordaje de la programación lineal, es una ganancia marginal o precio sombra asociado al recurso restrictivo) y luego volver a empezar todo el proceso.

PROGRAMACIÓN LINEAL

La Programación Lineal es un método de optimización condicionada. El modelo matemático básico de un problema de Programación Lineal consiste en obtener un vector:

$$x^* = (x_1; x_2; \dots; x_n)$$

de modo de poder optimizar una función lineal:

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

sujeta a restricciones lineales del tipo:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq, = o \geq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq, = o \geq b_2$$

$$a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + \dots + a_{3n}x_n \leq, = o \geq b_3$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq, = o \geq b_m$$

con $x_j \geq 0$ para cualquier j .

Se considera que Z es la medida de desempeño del sistema; a_{ij} es la cantidad del recurso i utilizada por unidad de la actividad j ; b_i representa la suma del recurso i disponible; c_j representa la contribución unitaria de la actividad j para el desempeño del sistema y x_j representa el nivel (volumen) de la actividad j .

La Programación lineal se aplica a la siguiente situación: el desempeño del sistema depende de los niveles de las actividades j ($j=1, 2, \dots, n$) en la proporción de sus contribuciones unitarias c_j ($j=1, 2, \dots, n$); las actividades disputan m tipos de recursos escasos b_i ($i=1, 2, \dots, m$) según los requisitos unitarios a_{ij} . El objetivo del análisis matemático es determinar para cada actividad el nivel x_j que optimizará el desempeño del sistema, sin violar

ninguna de las restricciones.

El método clásico para la solución de problemas de Programación Lineal es el algoritmo SIMPLEX, desarrollado por George B. Dantzig en 1947. Ese método es interactivo y convergente, y consiste en investigar los vértices del poliedro convexo, delimitado por las restricciones del sistema. A cada interacción, el desempeño del sistema empeora. En un número finito de interacciones, el algoritmo acusa la solución óptima o la ausencia de la solución. La importancia de la Programación Lineal, como herramienta de análisis de problemas empresariales creció a partir del desarrollo de la Teoría de la Dualidad, también creada en 1947, de J. Von Neumann.

EL EJEMPLO DE GOLDRATT

Para ilustrar el Abordaje del Mundo del Valor, Goldratt (1992) propone la solución de un problema bien simple, que incluye restricciones internas, de capacidad de recursos, y restricciones externas, de potencial de mercado. Se trata de una fábrica en condiciones ideales de generación de recursos (proveedores, obreros y maquinaria confiable) y un mercado con demanda contenida. Esa empresa fabrica sólo dos productos (**P** y **Q**) con las siguientes características:

Tabla 3: CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS

	Producto P	Producto Q
Precio de venta	\$ 90	\$ 100
Costo totalmente variable	\$ 45	\$ 40
Mercado potencial (un./semana)	100	50
Recurso A / unidad de producto	15'	10'
Recurso B / unidad de producto	15'	30'
Recurso C / unidad de producto	15'	5'
Recurso D / unidad de producto	15'	15'

Cada recurso está disponible 8 horas por día, 5 días por semana, totalizando 2.400 minutos por semana. Además de esto, los gastos operativos fijos alcanzan \$ 6.000. La Figura 1 presenta un esquema del problema de Goldratt.

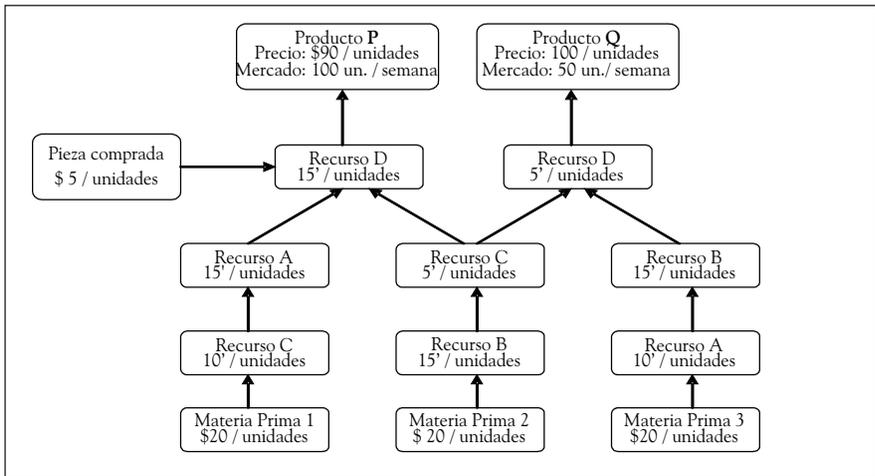


Figura 1: ESQUEMA DEL PROBLEMA DE GOLDRATT

Solución en el mundo del valor

El paso inicial del Abordaje al Mundo del Valor es identificar el recurso más restrictivo. Esto se realiza analizando, para el nivel de producción ideal, la relación entre el recurso consumido y el recurso disponible para cada proceso, como está indicado en la Tabla 4, que presentamos a continuación.

Tabla 4: IDENTIFICACIÓN DEL RECURSO MÁS RESTRICTIVO

RECURSOS	P		Q		NIVEL DE USO
	100 unidades	50 unidades	CONSUMIDO	DISPONIBLE	
A	1500	500	2000	2400	83%
B	1500	1500	3000	2400	125%
C	1500	250	1750	2400	73%
D	1500	250	1750	2400	73%

El recurso **B** es lo que más limita el objetivo de la empresa de ganar más dinero. El resultado muestra que no es posible atender al

mercado integralmente. El segundo paso del Abordaje del Mundo del Valor es identificar, para el recurso más restrictivo, la mejor relación de la ganancia unitaria por recurso restrictivo consumido, como se observa en la Tabla 5.

Tabla 5: RELACIÓN GANANCIA / UNIDAD DE RECURSO RESTRICTIVO.

	Producto P	Producto Q
Precio de venta	\$ 90	\$ 100
Costo unitario totalmente variable	\$ 45	\$ 40
Ganancia unitaria	\$ 45	\$ 60
Ganancia /recurso restrictivo	\$3/ minuto	\$2/ minuto

Considerando que el producto **P** presenta la mejor relación ganancia / recurso restrictivo, se debe fabricar lo máximo posible de este producto. La interpretación de este indicador, ya conocido en el ambiente de Costeo Directo, es que cada minuto utilizado para la fabricación de los productos **P** y **Q** se transforma en \$3 o en \$2 de ganancia para la empresa, respectivamente. Es obvio que el producto **P**, en este momento, es más interesante para la empresa. Por lo tanto, se debe fabricar el máximo posible del producto **P**, o sea, **100** unidades, consumiendo 1.500 unidades del recurso **B**. Quedan, ahora, **900** unidades del recurso **B** para ser utilizadas en la producción del producto **Q**. Como cada unidad de **Q** consume 30 unidades del recurso **B**, es posible fabricar 30 unidades de este producto.

El *mix* óptimo, según el Abordaje del Mundo del Valor, es de 100 unidades de **P** y 30 unidades de **Q**. Ese *mix* permitirá que la empresa alcance su objetivo de ganar más dinero, dadas las restricciones. La Tabla 6, presentada a continuación, ilustra el resultado obtenido.

**Tabla 6: DEMOSTRACIÓN DE RESULTADOS PARA $X_P = 100$ Y $X_Q = 30$
EN EL MUNDO DEL VALOR**

	P	Q	TOTAL
Ingresos inmediatos	9.000	3.000	12.000
- Costo de los insumos totalmente variables	4.500	1.200	5.700
= Ganancia total	4.500	1.800	6.300
- Gastos Operativos Fijos			6.000
= Lucro Líquido			300

Solución por programación lineal

Siendo X_p y X_q las cantidades de los productos **P** y **Q**. ¿Cuáles son los mejores valores de esas variables que pueden ser alcanzados si todas las restricciones son atendidas?. El problema propuesto por Goldratt pasa a tener la siguiente formulación:

$$\text{MAX } 45X_p + 60X_q$$

$$\text{Sujeto a: } 15X_p + 10X_q \leq 2400 \text{ (Recurso A)}$$

$$15X_p + 30X_q \leq 2400 \text{ (Recurso B)}$$

$$15X_p + 5 X_q \leq 2400 \text{ (Recurso C)}$$

$$15X_p + 5 X_q \leq 2400 \text{ (Recurso D)}$$

$$1 X_p + 0 X_q \leq 100 \text{ (Mercado del producto P)}$$

$$0 X_p + 1 X_q \leq 50 \text{ (Mercado del producto Q)}$$

Así formulado, el problema puede ser fácilmente resuelto por medio de un *software* específico y presenta una solución numérica idéntica a la obtenida por Goldratt: 100 unidades de **P** y 30 unidades de **Q**. La Programación Lineal, de todas formas, es más ventajosa que el Abordaje del “Mundo de las Ganancias”, pues presenta también las ociosidades de los recursos (S_i), los costos de oportunidad y los precios-sombra asociados a los recursos restrictivos (inconvenientes).

En la Tabla 7, se presenta un resumen de los resultados.

Tabla 7: SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE GOLDRATT A TRAVÉS DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL

VARIABLES	VALOR	PRECIO-SOMBRA	STATUS
X_P	100	0	
X_Q	30	0	
S_1 (Recurso A)	600	0	
S_2 (Recurso B)	0	2	Restricción activa
S_3 (Recurso C)	750	0	
S_4 (Recurso D)	750	0	
S_5 (Mercado de P)	0	15	Restricción activa
S_6 (Mercado de Q)	20	0	

El precio sombra igual a \$2, asociado al recurso restrictivo **B**, significa que cada minuto extra de este recurso (además de los 2.400 ya consumidos) va a contribuir con \$2 para la generación de valor. Por lo tanto, al negociar el valor de la hora adicional, se debería pagar menos de \$2 por minuto del recurso **B** para que haya un incremento del Margen de Contribución, o sea, para la concreción del objetivo de la empresa. El mismo razonamiento se aplica al mercado del producto **P**, ya atendido. El esfuerzo adicional para ampliar el mercado no debería costar más que \$15/unidad. El conocimiento adicional sobre el cruzamiento de las restricciones sobre la influencia de los parámetros del modelo puede ser obtenido a través del Análisis de Sensibilidad.

Hasta aquí, no se ha podido constatar ninguna ventaja del Abordaje del Mundo del Valor en relación con la Programación Lineal; al contrario, es evidente que ésta provee mayor información para la decisión gerencial.

PROPUESTA DE ECONOMIZAR 1 MINUTO POR UNIDAD RESTRICTIVA

En el sentido de ilustrar las ventajas del Abordaje del Mundo del Valor en relación con los abordajes tradicionales, Goldratt y Cox (1995) presentan una alternativa para elevar la capacidad del sistema, por lo tanto, tienen que actuar sobre los recursos efectivamente restrictivos (explican con fundamentos que la disminución del tiempo de procesamiento ante una restricción, se refleja en la economía del tiempo de procesamiento para todo el sistema). La alternativa que proponen es invertir \$3.000 en un dispositivo

que, a pesar de aumentar el tiempo de 20 para 21 minutos en el proceso C (recurso no restrictivo), va a disminuir en 1 minuto el tiempo del proceso B (inconveniente). Las modificaciones que el dispositivo va a provocar en el proceso se presentan a continuación en la Figura 2.

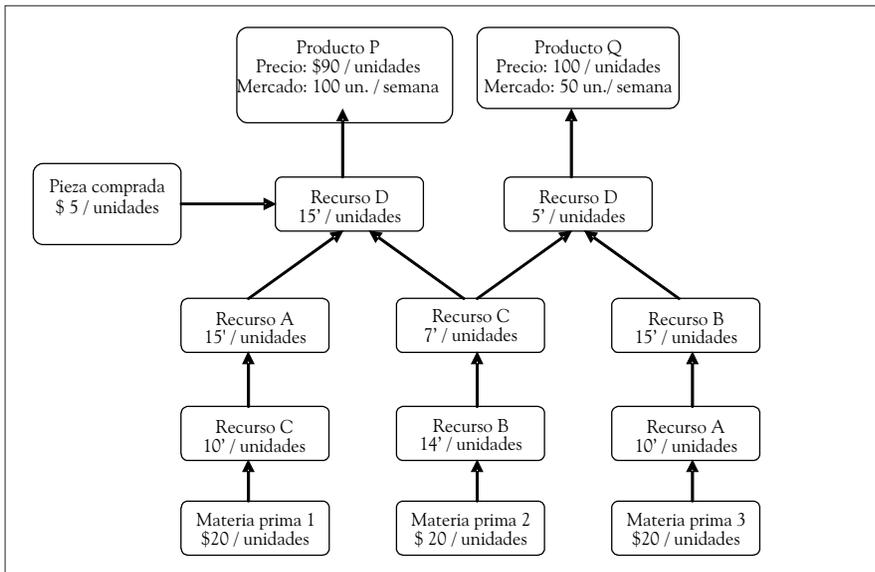


Figura 2: ESQUEMA DEL PROBLEMA MODIFICADO DE GOLDRATT

Solución del problema modificado, según Goldratt

Gracias a este dispositivo, podemos ganar un minuto por unidad en la restricción. Estamos produciendo 130 unidades por semana de la pieza del medio. Lo que significa que tendremos un adicional de 130 minutos de restricción por semana en nuestras manos... de todos modos, aún tenemos un mercado insatisfecho para Q. Todavía podemos asignarle a los minutos adicionales de la restricción a \$2 el minuto. Esto significa que la compra del dispositivo va a contribuir con $130 \times \$2 = \260 de ganancia por semana (Goldratt, 1992: 83).

Según la línea de razonamiento arriba citada, se podría producir 4,33 piezas más de Q.

A continuación, la Tabla 8 ilustra, las consecuencias de esto.

Tabla 8: DEMOSTRACIÓN DE RESULTADOS PARA $XP = 100$ Y $XQ = 34,33$ EN EL “MUNDO DE LAS GANANCIAS”

	P	Q	TOTAL
Ingresos inmediatos	9.000	3.433	12.433
- Costo de los insumos totalmente variables	4.500	1.373	5.873
= Ganancia total	4.500	2.060	6.560
- Gastos Operativos Fijos			6.000
= Lucro Líquido			560

Al flexibilizar una de las restricciones y continuar el análisis sin considerar el cruzamiento completo entre las restricciones, Goldratt se equivoca. La reducción de 1 minuto en el tiempo del proceso B permite que sean obtenidas $130/29=4,4828$ unidades adicionales del producto Q. Es importante señalar que, aunque la diferencia numérica sea pequeña, lo que se está discutiendo son los conceptos y los métodos de análisis.

Solución del problema modificado por programación lineal

Manteniendo la política de maximización del lucro vía maximización del Margen de Contribución Total, *mutatis mutandis*, el problema modificado de Goldratt pasa a tener la siguiente formulación:

$$\text{MAX } 45X_p + 60X_Q$$

$$\text{Sujeto a: } 15X_p + 10X_Q \leq 2400 \text{ (Recurso A)}$$

$$14X_p + 29X_Q \leq 2400 \text{ (Recurso B)}$$

$$17X_p + 7 X_Q \leq 2400 \text{ (Recurso C)}$$

$$15X_p + 5 X_Q \leq 2400 \text{ (Recurso D)}$$

$$1 X_p + 0 X_Q \leq 100 \text{ (Mercado del producto P)}$$

$$0 X_p + 1 X_Q \leq 50 \text{ (Mercado del producto Q)}$$

La mejor solución para este problema es $X_p = 100$ y $X_Q = 34,4828$, cuyo resultado en el Margen de Contribución Total es de \$ **6.568,95**, que es superior a la solución obtenida anteriormente. A continuación, la Tabla 9 muestra los resultados de la solución a través de la Programación Lineal en el ámbito de la concepción del Costeo Directo.

**Tabla 9: DEMOSTRACIÓN DE RESULTADOS PARA
XP = 100 Y XQ = 34,4828 SEGÚN COSTEO DIRECTO.**

	P	Q	TOTAL
Ingreso (Ganancia Total)	9.000	3.448,28	12.448,28
-Costo Variable del Producto Vendido	4.500	1.379,12	5.879,31
=Margen Bruto	4.500	2.068,97	6.568,97
-Gastos Operativos Fijos			6.000,00
=Lucro Líquido			568,97

LA INERCIA COMO CAUSA DE LAS RESTRICCIONES POLÍTICAS

En la secuencia del análisis del problema básico, Goldratt no considera la limitación del mercado como restricción efectiva. Para él, esa restricción puede ser eliminada con la ayuda de algunas estrategias. En realidad, cualquier restricción debería ser eliminada en la medida que los beneficios resultantes de la eliminación justifiquen los costos de la eliminación. Si la ampliación del mercado permite ganar más dinero, entonces se debe ampliar el mercado. Las restricciones de mercado son importantes, porque suprimirlas significa más dinero para la empresa.

Para explicar la potencialidad del análisis del Abordaje del Mundo del Valor, Goldratt (1992) creó una variación más del ejemplo básico. Ahora, el equipo de *marketing* afirma que se pueden vender los productos **P** y **Q**, apenas modificados, en otro mercado, Japón, siempre y cuando se apliquen precios 20% menores a los del mercado interno. En este nuevo mercado, los precios de los productos **P** y **Q** serían \$ 72 y \$ 80 y sus ganancias unitarias (margen de contribución unitaria) serían \$ 27 y \$ 40, respectivamente. La propuesta es comprar una máquina **B** por \$ 100.000 y contratar una persona más para manejarla, al costo de \$ 400 por semana. Esta estrategia duplicaría la capacidad del proceso **B**, que pasaría de 2400' para 4800' por semana.

Eliminación de la inercia según el Abordaje del Mundo del Valor

Una vez adquirida más capacidad para el recurso **B**, este deja de constituir una restricción activa y, habiéndose expandido el mercado para más de 100 unidades de **P** y 50 unidades de **Q**, el próximo recurso efectivamente restrictivo será **A**, como se presenta a continuación en la Tabla 10.

Tabla 10: IDENTIFICACIÓN DEL NUEVO RECURSO RESTRICTIVO

RECURSOS	P		Q		NÍVEL DE UTILIZACIÓN
	100 unidades	50 unidades	CONSUMIDO	DISPONIBLE	
A	1500	500	2000	2400	83,3%
B	1500	1500	3000	4800	62,5%
C	1500	250	1750	2400	72,9%
D	1500	250	1750	2400	72,9%

Según el Abordaje del Mundo de las Ganancias, se debe identificar el producto con mejor relación ganancia unitaria por recurso restrictivo consumido. A continuación, la Tabla 11 presenta los resultados.

Tabla 11: RELACIÓN GANANCIA UNITARIA POR RECURSO RESTRICTIVO CONSUMIDO

	Producto P	Producto Q
Precio de venta	\$ 72,00	\$ 80,00
Costo unitario de los insumos totalmente variables	\$ 45,00	\$ 40,00
Ganancia unitaria	\$ 27,00	\$ 40,00
Ganancia unitaria / recurso restrictivo	\$ 1,80	\$ 4,00

El producto con mejor relación ganancia/recurso es el producto Q. Por lo tanto, según el Abordaje del Mundo del Valor, se deben invertir los 400 minutos restantes del proceso A (diferencia entre lo disponible y lo consumido) en la fabricación del producto Q. De esta forma, se deben producir 40 unidades más del producto Q y venderlas en el mercado japonés. A continuación, la Tabla 12 muestra los resultados de esta estrategia para el objetivo de la empresa.

Tabla 12: MUESTRA DE LOS RESULTADOS DEL ABORDAJE DEL MUNDO DEL VALOR

	Mercado interno		Mercado Japonés		TOTAL
	P=100	Q=50	P=0	Q=40	
Ingresos inmediatos	9.000	5.000	0	3.200	17.200
=Costo de los insumos totalmente variables	4.500	2.000	0	1.600	8.100
=Ganancia total	4.500	3.000	0	1.600	9.100
- Gastos Operativos Fijos					6.400
=Lucro Líquido					2.700

Eliminación de la inercia por la programación lineal

Al explicar el concepto de inercia, Goldratt aconseja “mirar el sistema como si nunca se lo hubiese visto antes”. De forma coincidente, este es el procedimiento que se ha incorporado hace ya mucho tiempo, cuando se adopta el Abordaje a través de la Programación Lineal. Manteniéndose fiel al objetivo de la empresa de ganar más dinero hoy y en el futuro, y manteniéndose el mismo conjunto de restricciones que orientan el análisis según el Abordaje del Mundo del Valor, es necesaria una nueva formulación para el problema básico. Por lo tanto, se crean dos variables (X_{Pj} y X_{Qj}), representando la cantidad de los productos P y Q que serán exportados para Japón. La formulación matemática del problema es la siguiente:

$$\text{MAX } 45X_p + 60X_Q + 27X_{pj} + 40X_{Qj}$$

$$\text{Sujeto a: } 15X_p + 10X_Q + 15X_{pj} + 10X_{Qj} \leq 2400 \text{ (Recurso A)}$$

$$15X_p + 30X_Q + 15X_{pj} + 30X_{Qj} \leq 4800 \text{ (Recurso B)}$$

$$15X_p + 5 X_Q + 15X_{pj} + 5 X_{Qj} \leq 2400 \text{ (Recurso C)}$$

$$15X_p + 5 X_Q + 15X_{pj} + 5 X_{Qj} \leq 2400 \text{ (Recurso D)}$$

$$1 X_p + 0 X_Q + 0 X_{pj} + 0 X_{Qj} \leq 100 \text{ (Mercado del producto P)}$$

$$0 X_p + 1 X_Q + 0 X_{pj} + 0 X_{Qj} \leq 50 \text{ (Mercado del producto Q)}$$

Es interesante notar que en la formulación anterior se preservó el objetivo de que la empresa gane más dinero en el presente y en el futuro, independientemente del mercado en el cual se vendan sus productos. El mercado, entonces, deja de ser una restricción.

La mejor solución para el problema anterior es $X_p = 80$; $X_Q = 50$; $X_{pj} = 0$ y $X_{Qj} = 70$, sustancialmente diferente de la encontrada en el Mundo de las Ganancias. A continuación, la Tabla 13 muestra los resultados financieros de esta estrategia.

Tabla 13: MUESTRA DE LOS RESULTADOS DEL ABORDAJE A TRAVÉS DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL.

	Mercado interno		Mercado Japonés		TOTAL
	P	Q	P	Q	
Ingreso	7.200	5.000	0	5.600	17.800
- Costo Variable de Producto Vendido	3.600	2.000	0	2.800	8.400
=Margen Bruto	3.600	3.000	0	2.800	9.400
=Gastos Operativos Fijos					6.400
Lucro Líquido					3.000

Para perseguir el objetivo de la empresa, ganar más dinero en el presente y en el futuro, el tradicional Abordaje a través de la Programación Lineal supera con creces al Abordaje realizado a través del Mundo de las Ganancias, propuesta por Goldratt.

CONCLUSIONES

El Mundo del Valor es un abordaje valioso para reorientar el

gerenciamiento de las empresas, en el sentido de la búsqueda de resultados efectivos, evitando que se desperdicie, tiempo y esfuerzo en políticas sin la visión necesaria en cuanto a la reducción de una infinidad de ítems que conforman el costo. El Abordaje del Mundo del Valor es, sin dudas, una valiosa concepción de gerenciamiento, dada su objetividad y eficacia.

Este abordaje, sin embargo, presenta serias deficiencias en cuanto instrumento de análisis y de planeamiento porque no es capaz de captar y considerar la usual complejidad de los sistemas: varios productos, varios recursos, varios mercados. Además de esto, desde el punto de vista teórico, los tradicionales análisis gerenciales en el contexto del Costeo Directo ya utilizaban los fundamentos y los conceptos presentados en el Abordaje del Mundo del Valor.

Es evidente, a partir del ejemplo propuesto en el Abordaje del Mundo de las Ganancias, que la Programación Lineal, incluyendo la Teoría de la Dualidad, es una herramienta de análisis más poderosa y más adecuada para la optimización de sistemas gerenciales complejos. El desempeño de la Programación Lineal es, sin lugar a dudas, superior cuando se presentan restricciones entrecruzadas.

Para que la empresa alcance el objetivo de ganar más dinero hoy y en el futuro, la concepción de la gestión gerencial deberá estar basada en el Abordaje del Mundo de las Ganancias, pero se deberá elegir el tradicional Abordaje de la Programación Lineal como la herramienta fundamental de análisis y de planeamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Goldratt, Eliyahu M. (1992) *A síndrome do palheiro: garimpando informações num oceano de dados*. São Paulo, Educator-IMAM, 243 pp.
- Goldratt, Eliyahu M. e COX, Jeff, (1995). *A Meta*. São Paulo, Educator, 318 pp.
- Moder, Joseph J.; Elmaghraby, Salah E. 1978. *Handbook of operations research: foundations and fundamentals*. Toronto, Van Nostrand Reinhold Co., 622 pp.
- Souza, Alceu e Clemente, Ademir, 1998. Contextos, paradigmas e sistemas de custeio. *V Congresso Brasileiro de Gestão Estratégica de Custos*. Fortaleza, 1998: 141-156.