

## APROXIMACIÓN A LA BÚSQUEDA DE VALORES DE REFERENCIA ÓPTIMOS PARA INDICADORES SCOR

✉ JONATHAN LOZANO OVIEDO<sup>1</sup>

VICENTE FERNANDO CHAMORRO BELALCÁZAR<sup>2</sup>

JUAN JOSÉ BRAVO BASTIDAS<sup>3</sup>

### RESUMEN

El presente artículo plantea una estrategia de decisión que parte del uso de indicadores SCOR (*Supply Chain Operations Reference Model*) en una organización, resultando ya habitual en la actualidad la realización de procesos de *benchmarking* externo o exógeno comparando los valores SCOR de la empresa respecto a aquellos de las empresas líderes de sector. Se propone, en cambio, un *benchmarking* interno o endógeno comparando los valores SCOR con aquellos valores óptimos de la misma empresa, producto de un proceso de optimización matemática de la organización. Partiendo del caso particular de indicadores asociados a las operaciones de los proveedores, se observa la utilidad de la comparación endógena donde las diferencias entre el óptimo de la empresa y el valor real del indicador conduce a unos gaps que guían efectivamente los caminos de mejoramiento. Estos caminos pueden incluir la necesidad de revisar indicadores SCOR de nivel inferior, partiendo del análisis de indicadores de nivel 1, lo cual resulta un aporte relevante en la práctica del SCOR. Dado el enfoque de optimización, estas propuestas de mejoramiento consideran el mejor uso de los recursos disponibles en la empresa, sin necesidad de inversiones adicionales.

**PALABRAS CLAVES:** modelo SCOR; optimización; proveedor; cadena de abastecimiento; *benchmarking*.

## SEARCH APPROACH FOR OPTIMAL REFERENCE VALUES FOR SCOR METRICS

### ABSTRACT

This paper proposes a decision strategy related to the use of SCOR (Supply Chain Operations Reference Model) metrics in an organization that is a very common tool to conduct exogenous *benchmarking* by comparing SCOR values of the company with respect to those of the leaders of industry. We propose instead an endogenous or internal *benchmarking* comparing those SCOR values with optimal ones from the same company associated with a mathematical optimization process of the firm. Starting with the case of indicators associated with suppliers operations, we highlight the usefulness of the endogenous comparison where differences between the optimal and actual SCOR values leads to some gaps which effectively guide some improvement paths. These paths may include the need to review SCOR lower level metrics based on the analysis of the upper SCOR level. Given the focus on optimization, these improvement proposals consider the best use of available resources in the company without additional investment.

**KEYWORDS:** SCOR Model; Optimization; Supplier; Supply Chain; Benchmarking.

<sup>1</sup> Ingeniero industrial. Magíster en Administración, Universidad del Valle. Analista Técnico, Coomeva Corredores de Seguros.

<sup>2</sup> Administrador de empresas. Especialista en Administración de Empresas y Pedagogía para el desarrollo. Magíster en Administración, Universidad del Valle. Asistente Logístico y Administrativo Asodesi-Visión Mundial.

<sup>3</sup> Ingeniero industrial. Maestría en Ingeniería de Sistemas, Universidad del Valle. Candidato a PhD en Ingeniería Industrial. Profesor Asistente, Universidad del Valle.

✉ *Autor de correspondencia:* Lozano-Oviedo, J. (Jonathan).  
Cra. 85. N. 34-33 Q-29. Santiago de Cali, Colombia. Tel:  
(572) 332 27 29/ Móvil: 312 263 95 45. Correo electrónico:  
jonathanlozanoviedo@gmail.com

*Historia del artículo:*

Artículo recibido: 14-VI-2013 / Aprobado: 29-IV-2014

Disponible online: 30 de junio de 2014

Discusión abierta hasta diciembre de 2015

## APROXIMAÇÃO NA PESQUISA DE VALORES DE REFERÊNCIA ÓTIMOS PARA INDICADORES SCOR

### RESUMO

Este artigo apresenta uma estratégia de decisão que parte do uso de indicadores SCOR (Supply Chain Operations Reference Model) numa organização, resultando já habitual na atualidade a realização de processos de benchmarking externo o exógeno comparando os valores SCOR da empresa em comparação com os valores das empresas líderes do setor. Propõe-se em cambio um benchmarking interno o endógeno comparando os valores SCOR com aqueles valores ótimos da mesma empresa, produto dum processo de optimização matemática da organização. Indo do caso particular de indicadores asociados às operações dos provedores, observa-se a utilidade da comparação endógena onde as diferencias entre o ótimo para a empresa e o valor real do indicador conduce a uns gaps que guiam efetivamente os caminos do melhoramento. Aqueles caminos podem incluir a necessidade de revisar indicadores SCOR de nível inferior, a partir da análise de indicadores de nível 1 o qual resulta um aporte relevante na pratica do SCOR. Dado o enfoque de otimização, estas propostas de melhoramento consideram o melhor uso dos recursos disponíveis na empresa, sem necessidade de inversiones adicionales.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelo SCOR; Optimização; Provedor; Cadeia de abastecimento; Benchmarking

### 1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas han surgido múltiples propuestas de medición del desempeño de los procesos al interior de las cadenas de abastecimiento (Pasutham, 2012), y una de las más aceptadas por la industria ha sido el modelo SCOR, *Supply Chain Operations Reference Model*, por sus siglas en inglés (Supply Chain Council, 2010).

SCOR es un modelo de referencia de procesos desarrollado por el *Supply Chain Council* como una herramienta estándar para diagnosticar la gestión de la cadena de suministro. Integra dentro de su estructura la definición, identificación y jerarquización de métricas de desempeño asociadas a atributos de eficiencia en cadenas de abastecimiento, dividiendo los atributos de la cadena de acuerdo con su contextualización: atributos asociados al cliente (*customer-facing*), y otros orientados directamente con las operaciones internas de la cadena (*internal-facing*). Las métricas propuestas por el modelo SCOR han dado origen a múltiples estudios que intentan refinar aun más la medición que puede realizarse a una industria específica, y para ello pueden leerse por ejemplo los artículos de Kasi (2005), Huang, *et al.* (2005), Pasutham (2012), Gunakesaran, *et al.* (2001), Zhang y Reimann (2013), Berrah y Clivillé (2007), Chan (2003), entre otros. Las métricas del modelo se dividen en niveles, y en la **Tabla 1** se observan las métricas del

primer nivel. Cada métrica del nivel 1 lleva consigo un número de métricas de nivel 2 que intentan profundizar en el entendimiento o las causas de los problemas identificados en el nivel 1. Así mismo, existe un nivel 3 y un nivel 4, cuya relación con los niveles previos es, también, la de mejorar el diagnóstico percibido con las métricas de dichos niveles. En el marco de una cadena de abastecimiento todas las actividades, según el SCOR, están agrupadas en procesos, y cada eslabón de la cadena se desempeña alrededor de cinco procesos gerenciales primarios: planear (*plan*), abastecer (*source*), fabricar (*make*), enviar (*delivery*) y manejar devoluciones (*return*). Cada proceso puede medirse a través de los grupos de indicadores, pero cada empresa debe definir la asociación entre el proceso analizado y los indicadores que le deben corresponder. Gunakesaran, *et al.* (2001) muestran una asociación entre las distintas métricas con los procesos SCOR, dividiendo los indicadores en estratégicos, tácticos y operativos. Este bien estructurado sistema de indicadores y procesos, usado ampliamente para análisis de desempeño logístico en la industria, permite, según Berrah y Clivillé (2007): gerenciar y mejorar la cadena de abastecimiento como un todo, y comparar el desempeño de toda o parte de una cadena, respecto al comportamiento promedio de cadenas de la misma clase (*benchmarking*).

Dado que los indicadores SCOR propuestos por el Supply Chain Council (SCC) son evidentemente numerosos, diversos artículos han mostrado la conveniencia de usar cierto número y tipo de indicadores en la práctica. Como ejemplo se puede mencionar el trabajo de Gunasekaran, *et al.* (2001) quienes discuten ciertos indicadores y presentan un marco de métricas que deberían ser usadas. Ellos presentan un enlace entre las decisiones estratégicas, tácticas y operativas con el grupo de indicadores, los cuales a su vez están divididos en financieros y no financieros. Según Pasutham (2012), la propuesta de dichos autores todavía implica numerosos indicadores y no establece una prioridad entre ellos. La jerarquía entre indicadores fue propuesta por Chae, *et al.* (2009) y la interrelación entre las distintas métricas fue estudiada por Cai, *et al.* (2009). Rodríguez, *et al.* (2009) presentan un marco para asociar los objetivos estratégicos de la empresa con los indicadores de desempeño, y proponen el *Quantitative Relationships Performance Measurement System (QRPMS)*. Respecto a la asociación de indicadores SCOR y modelos de

optimización, Zhang y Reimann (2013) presentan una propuesta de la cual se hablará más adelante por su relevancia para esta investigación.

Lo que resta del artículo está organizado de la siguiente forma: en la sección 2 se justifica conceptualmente la pertinencia de estos valores óptimos y en la sección 3 se proponen ciertas estructuras de cálculo. Finalmente, en la sección 4 se mostrará un caso hipotético estudiado en Lozano y Chamorro (2010) inspirado en una situación real que permitirá mostrar la utilidad de los indicadores propuestos.

## 2. VALORES DE REFERENCIA INTERNOS DE LA CADENA

Cuando una empresa se compara con otra líder de su sector o simplemente lo hace con otra empresa con la cual desea realizar el examen, quedan como resultado de dicho estudio ciertas propuestas de mejoramiento según sea favorable o desfavorable el resultado de la comparación para la empresa.

Tabla 1. Relación entre atributos de desempeño y las métricas de nivel 1

Atributo de desempeño	Definición del atributo de desempeño	Métrica estratégica de nivel 1
Fiabilidad de la cadena de suministro	El desempeño de la cadena de suministro en la entrega: el producto correcto, para el sitio correcto, en el tiempo correcto, en la condición y empaque correcto, en la cantidad correcta, con la documentación correcta, para el cliente correcto.	Cumplimiento del pedido perfecto
Respuesta de la cadena de suministro	La velocidad en la cual una cadena de suministro proporciona productos al cliente.	Tiempo de ciclo en el cumplimiento del pedido
Agilidad de la cadena de suministro	La agilidad de una cadena de suministro en respuesta a los cambios del mercado para ganar o mantener una ventaja competitiva.	Flexibilidad de la cadena de suministro
		Adaptabilidad de la cadena de suministro aguas arriba
		Adaptabilidad de la cadena de suministro aguas abajo
Costos de la cadena de suministro	Los costos asociados con la operación de la cadena de suministro.	Gestión de los costos de la cadena de suministro
Gestión de los activos de la cadena de suministro	La efectividad de una organización en la gestión de los activos para apoyar la satisfacción de la demanda. Esto incluye la administración de todos los activos: fijos y el capital de trabajo.	Tiempo de ciclo de caja a
		Retorno sobre los activos fijos de la cadena de suministro
		Retorno sobre el capital de trabajo

Fuente: SCOR 10.0

Surgen de inmediato unas preguntas internas en la empresa: ¿qué planes de mejoramiento hacer para alcanzar al líder?, ¿realmente se podrá alcanzar con los recursos disponibles y con aquellos que se pueden disponer en el futuro?, ¿cuál es el mejor desempeño que mi empresa puede obtener con los recursos actualmente disponibles?, ¿se está haciendo en el momento lo mejor que se puede con los recursos disponibles? Estas y otras inquietudes son el resultado de algo que va mucho más allá de una simple comparación y pretende trazar caminos de mejoramiento concretos y, sobre todo, alcanzables.

Respecto al mejor desempeño posible de una cadena de abastecimiento hay varios aspectos a considerar.

Por la teoría de restricciones es bien conocido el hecho de que lo máximo que una cadena de abastecimiento puede ofrecerle a un consumidor final es aquello permitido por el eslabón más débil de la cadena. También podría decirse que el mejor desempeño de una empresa está directamente relacionado con el mejor desempeño que pueda tener la cadena de abastecimiento a la cual ella pertenece.

Desde la perspectiva de la programación matemática, el mejor desempeño de una empresa (o cadena) se llama desempeño óptimo, y dicho estado de eficiencia máxima se puede explorar optimizando —matemáticamente— la cadena de abastecimiento de la cual dicha empresa forma parte.

Los modelos de optimización, a pesar de ser una representación no exacta sino simplificada de la realidad, muestran un techo de eficiencia o eficiencia máxima —es decir, el mejor uso posible de los recursos disponibles— el cual permite identificar unos límites de desempeño que no pueden ser fácilmente sobrepasados por la empresa o cadena analizada. Lo anterior permite plantear una inquietud: ¿esos límites superiores de desempeño podrían asociarse a valores de referencia óptimos para las métricas tipo SCOR? En la siguiente sección se presenta una propuesta al respecto que es la primera de su tipo de acuerdo a la literatura científica.

En la revisión realizada por Li, *et al.* (2011) asociada al modelo SCOR, se identifica una falta de aplicación del mismo para la optimización del desempeño de cadenas de abastecimiento. De hecho, Zhang y Reimann (2013) son los primeros

en hacer explícitamente una asociación entre las métricas SCOR y la optimización de una cadena. En su artículo, ellos consideran una cadena de dos eslabones representados por un proveedor y una planta. Proponen una estrategia de optimización multiperíodo multiobjetivo para el caso de un producto, considerando a cada atributo SCOR como un objetivo a alcanzar.

El enfoque de solución fue a través del método  $\epsilon$ -restricciones aumentado (*augmented  $\epsilon$ -constraints*) considerando la minimización de costos como el objetivo básico y parametrizando los restantes cuatro objetivos (confiabilidad, flexibilidad, utilización de activos y capacidad de respuesta) tal como dicho método en su versión tradicional lo sugiere. Zhang y Reinmann relacionan el objetivo de costos con la minimización de los costos de inventarios, ordenes pendientes (*backorders*) y alistamiento. El objetivo de utilización de activos lo relacionan con la minimización de los inventarios, el objetivo de agilidad (flexibilidad) lo asocian con la holgura de capacidad en cada uno de los eslabones, el objetivo de confiabilidad (pedidos perfectos) lo unen al objetivo del cumplimiento de la demanda —que está a su vez asociado con la disponibilidad de inventarios—, y por último, el objetivo de capacidad de respuesta lo definen como la minimización de los *backorders*. Puede verse que para estos autores los inventarios y los *backorders* juegan un indiscutible papel en todos los objetivos.

### 3. PROPUESTA DE INDICADORES SCOR DE REFERENCIA

A diferencia del modelo propuesto por Zhang y Reimann (2013), el aquí presentado es multiproducto, con diversas plantas, proveedores y centros de distribución, y los indicadores no se incluyen como parte de las expresiones del modelo matemático sino que se calculan después de resolver el modelo, usando los resultados de la optimización, que en nuestro caso, corresponde a una maximización de utilidades. Esta estrategia no ha sido todavía vista en la literatura.

Los indicadores SCOR propuestos aquí son asociados a la relación proveedor-planta y para representarlos se muestra la siguiente nomenclatura general del modelo.

### Índices

$r, s, p, c, z, j$ : índices asociados a materias primas, proveedores, plantas, centros de distribución, zonas de consumo y productos, respectivamente.

### Parámetros

- “  $DEM_{jz}$ : demanda proyectada del producto terminado  $j$  en la zona  $z$  [unid/año].
- “  $CFPL_p$ : costos fijos de la planta  $p$  [\$/año].
- “  $CVPL_{jp}$ : costo variable de fabricación del producto terminado  $j$  en la planta  $p$  [\$/unid].
- “  $EPL_{jp}$ : eficiencia de la planta  $p$  del producto terminado  $j$  [horas/unid].
- “  $CTRPLCD_{jpc}$ : costo promedio de transporte de producto terminado  $j$  desde la planta  $p$  hacia el centro de distribución  $c$  [\$/ton].
- “  $CFCD_c$ : costo fijo del centro de distribución  $c$  [\$/año].
- “  $CVCD_{jc}$ : costo variable de manipulación por unidad de producto terminado  $j$  en el centro de distribución  $c$  [\$/unid].
- “  $TCD_c$ : tiempo máximo de operación permitido en el centro de distribución  $c$  [horas/año].
- “  $ECD_c$ : eficiencia de manipulación del centro de distribución  $c$  [horas/unid].
- “  $CTRCDC_{jcz}$ : costo de transporte por tonelada de producto terminado  $j$  desde el centro de distribución  $c$  hasta la zona de consumo  $z$  [\$/ton].
- “  $CTRPROVPL_{sp}$ : costo de transporte por tonelada de materia prima desde proveedor  $s$  hasta la planta  $p$  [\$/ton].
- “  $CPROV_{rs}$ : capacidad de producción del proveedor  $s$  de la materia prima  $r$  [unid/año].
- “  $COSTMP_{rsl}$ : costo unitario de compra de la materia prima  $r$  del proveedor  $s$  asociado a un lote de tamaño  $l$  [\$/unid].
- “  $PMP_{rs}$ : peso promedio de una unidad de materia prima  $r$  del proveedor  $s$  [ton/unid medida].
- “  $PPT_j$ : peso promedio de una unidad de producto terminado  $j$  [ton/unid].

- “  $TMAXPL_p$ : tiempo máximo de producción permisible en la planta  $p$  [horas/año].
- “  $CPROD_{jp}$ : capacidad de producción del producto  $j$  en la planta  $p$  [unid/año].
- “  $CMAXCD_{jp}$ : capacidad máxima de manipulación permitida para el producto  $j$  en el centro de distribución  $c$  [unid/año].
- “  $CINV_{jp}$ : costo de mantener el inventario de producto terminado  $j$  en la planta de producción  $p$  [\$/unid].
- “  $PV_j$ : precio de venta del producto terminado  $j$  al cliente final. [\$/unid].
- “  $LTPROVEDOR_{rs}$ : tiempo promedio de producción de cada pedido de materia prima  $r$  del proveedor  $s$  [horas/pedido].
- “  $PVCPT$ : promedio de ventas a crédito del producto terminado, fabricado en la planta [\$/año].
- “  $PCMPAC_s$ : promedio de compras de materia prima adquirida a crédito por la planta desde el proveedor  $s$  [\$/año].
- “  $CPU$ : cantidad de unidades de materia prima por pedido [unid/pedido].

### Variables de decisión (no negativas)

- “  $mp_{rsp}$ : cantidad de unidades de materia prima  $r$  adquirida por la planta  $p$  desde el proveedor  $s$ . [unid/año].
- “  $x_{jpc}$ : cantidad de producto terminado  $j$  fabricado en la planta  $p$  y embarcado hacia el centro de distribución  $c$  [unid/año].
- “  $y_{jcz}$ : cantidad de producto terminado  $j$  enviado desde el centro de distribución  $c$  hacia la zona de consumo  $z$  [unid/año].
- “  $inv_{jp}$ : inventario del producto terminado  $j$  en la planta  $p$  [unid/año].

A partir de las variables y parámetros del modelo de optimización de la cadena de suministro se construyeron una serie de indicadores propuestos según el modelo SCOR para el análisis de la eficiencia logística en los proveedores de la cadena. Recordemos que estos indicadores estratégicos SCOR están directamente asociados al único objetivo de maximización de utilidades. En este sentido, no se trata estrictamente de valores de referencia máximos o mínimos en sí

mismos. En vez de ello, se trata preferentemente de valores de referencia frente a los cuales se debería intentar estar lo más cerca posible. Sin embargo, esto no inhibe que algunos de los indicadores puedan ser vistos como valores de referencias máximos o mínimos, tal como lo mostraremos. Las variables que aparecerán con un asterisco (\*) se referirán a los valores óptimos arrojados por el modelo. De igual manera, los valores de los indicadores que tienen un asterisco son aquellos calculados con la solución óptima del modelo, y los que no tienen asterisco en la sección 7 se asociarán a los valores de los indicadores calculados por la empresa.

### 3.1. Indicador de desempeño en la entrega del proveedor (DE<sub>rs</sub>\*)

Este es un indicador de *confiabilidad* que puede asociarse al cumplimiento del pedido perfecto, que permite establecer la cantidad de pedidos de materia prima que cada proveedor debe entregar en el periodo de estudio para satisfacer los requerimientos de producción y maximizar la función objetivo.

$$DE_{rs}^* = \frac{1}{CPU} \sum_p mp_{rsp}^* \quad \forall r,s \quad [\text{Pedidos de mat.prima}]$$

El recibir del proveedor más o menos del valor estipulado por  $DE_{rs}^*$  perjudicaría la maximización de utilidades, razón por la cual no sería un valor que la empresa debería ver como un máximo o como un mínimo en sentido estricto.

### 3.2. Cumplimiento del lead time de los pedidos de materia prima de la cadena (CLTP<sub>rsp</sub>\*)

Este indicador de *capacidad de respuesta* hace referencia al *lead time* (LT) necesario para el cumplimiento de los pedidos que se realicen de cada materia prima adquirida desde cada proveedor para enviar hacia la planta de producción seleccionada por el modelo.  $CLTP_{rsp}^*$  es el tiempo de ciclo de fábrica (medido en horas-pedido) requerido para completar los pedidos de materia prima  $r$  realizados al proveedor  $s$  a enviar a la planta  $p$  de la cadena de suministro óptima:

$$CLTP_{rsp}^* = \frac{1}{CPU} (mp_{rsp}^* * LT_{proveedor_{rs}}) \quad \forall r,s,p \quad [\text{hrs-pedido}]$$

Este indicador puede tomarse como un valor máximo de referencia.

### 3.3. La flexibilidad en la capacidad de producción del proveedor (FP<sub>rs</sub>\*)

En este artículo la *flexibilidad* en la capacidad de producción del proveedor es un indicador de agilidad que se cuantifica como la holgura de capacidad para enfrentar una demanda imprevista de materia prima, una vez se hayan cumplido con los pedidos de demanda inicialmente pactados.

$$FP_{rs}^* = 1 - \frac{\sum_p mp_{rsp}^*}{C_{PROV_{rs}}} \quad \forall r,s \quad [\% \text{ holgura de capacidad}]$$

$$0\% \leq FP \leq 100\%$$

Sin pérdida de generalidad, arbitrariamente se puede determinar que:

0–30 [%]: Flexibilidad de producción baja

70–100 [%]: Flexibilidad de producción alta

Así, sobre la base de este indicador se podría determinar cuáles proveedores son adecuados para cumplir con una demanda imprevista en el periodo de estudio. Aquellos proveedores que tengan la capacidad suficiente para producir y sean adecuados en términos de costos, serían los elegidos para tomar decisiones pos-óptimas asociadas a capacidad. Por lo anterior, este indicador podría tratarse como un valor mínimo de referencia para aquellos valores superiores al 0 %, pero debería ser un valor máximo de referencia para aquellos valores iguales a 0 % —que implica que no se desea que las combinaciones de materia prima–proveedor asociadas a un 0 % de holgura tengan capacidad disponible—.

### 3.4. Porcentaje de participación del proveedor en el costo total de gestión de la logística (CTGL<sub>s</sub>\*)

En este indicador de costos (medido en %/proveedor), se relaciona la proporción de los costos comprometidos con el proveedor con respecto al costo total de la gestión de la cadena. La variable  $U$  está relacionada con el valor objetivo óptimo.

$$CTGL_s^* = \frac{A^*}{B^*} \quad \forall s \quad [\% \text{ del costo asociado al proveedor}]$$

$$A^* = \sum_r \sum_p mp_{rsp}^* * COSTMP_{rs} \quad \forall s$$

$$B^* = \sum_j \sum_c \sum_z y_{jcz}^* * PV_j - U^*$$

Nótese que el numerador  $A^*$  podría incluir también los costos de transporte desde el proveedor correspondiente, pero se ha omitido sin pérdida de generalidad. Este es un indicador de referencia máximo.

### 3.5. Tiempo de ciclo de *cash-to-cash* (TCCTCs)

Según Zhang y Reimann (2013), este es un indicador de uso de activos y está asociado en el presente artículo al tiempo requerido (en días) para convertir el efectivo pagado a los proveedores en dinero en efectivo recibido de los clientes. Cuanto más largo sea el ciclo del efectivo, habrá mayor necesidad de activos Corrientes (en relación a los pasivos Corrientes), pues lleva más tiempo convertir en efectivo las cuentas a cobrar. En otras palabras, cuánto más largo el tiempo de ciclo, mayor necesidad de capital de trabajo.

$TCCTC_s = \text{Días de Cuentas a Cobrar} - \text{Días de cuentas a pagar.}$

$$TCCTC_s^* = \sum_j \sum_p \sum_c \frac{360PVCPT}{X_{jpc}^* * PV_j} - \sum_r \sum_p \frac{360PCMPAC_s}{COSTMP_{rs} * mp_{rsp}^*} \quad \forall s \text{ [días]}$$

Este indicador representa también un valor de referencia máximo. En la modelación de indicador no

**Tabla 2.** Interpretación de los indicadores como valores de referencia

Indicador	Interpretación
$DE_{rs}$	Se busca que la empresa esté lo más cerca posible a él
$CLTP_{rsp}$	Valor de referencia máximo
$FP_{rs}$	Valor de referencia máximo si $FP_{rs} = 0\%$ Valor de referencia mínimo si $FP_{rs} > 0\%$
$CTGL_s$	Valor de referencia máximo
$TCCTC_s$	Valor de referencia máximo

se han considerado muchas variables influyentes en el tiempo de ciclo del efectivo, como por ejemplo las consideraciones de pronto pago. La **Tabla 2** resume el significado de los anteriores indicadores.

## 4. MODELO MATEMÁTICO GENÉRICO

### *Función objetivo*

#### *Maximizar:*

$$U = \sum_j \sum_c \sum_z y_{jcz} * PV_j - \sum_p CFPL_p - \sum_c CFCD_c - \sum_j \sum_p \sum_c CVPL_{jpc} * X_{jpc} - \sum_j \sum_c \sum_z CVCD_{jcz} * y_{jcz} - \sum_j \sum_p \sum_c CTRPLCD_{jpc} * X_{jpc} * PPT_j - \sum_r \sum_s \sum_p PMP_{rs} * FC_{rs} * mp_{rsp} * CTRPROVPL_{sp} - \sum_j \sum_c \sum_z CTRCDCL_{jcz} * y_{jcz} * PPT_j - \sum_r \sum_s \sum_p COSTMP_{rs} * mp_{rsp} - \sum_j \sum_c \sum_z CTRCDCL_{jcz} * y_{jcz} * PPT_j - \sum_r \sum_s \sum_p COSTMP_{rs} * mp_{rsp} - \sum_j \sum_p CINV_{jp} * inv_{jp}$$

**Restricciones**

$$\sum_p mp_{rsp} \leq CPROV_{rs} \quad \forall r,s \tag{1}$$

$$\sum_s mp_{rsp} = \sum_j \sum_c x_{jpc} + \sum_j inv_{jp} \quad \forall p,r \tag{2}$$

$$\sum_j \sum_p x_{jpc} = \sum_j \sum_z y_{jcz} \quad \forall c \tag{3}$$

$$\sum_j \sum_c x_{jpc} * EPL_p \leq TMAXPL_p \quad \forall p \tag{4}$$

$$\sum_j \sum_z y_{jcz} * ECD_c \leq TCD_c \quad \forall c \tag{5}$$

$$SI \sum_j \sum_z DEM_{jz} \leq \sum_p CPROD_p,$$

ENTONCES  $\sum_j \sum_c y_{jcz} = \sum_j DEM_{jz} \quad \forall z$

DE LO CONTRARIO

$$\left\{ \sum_j \sum_c \sum_z y_{jcz} = \sum_p CPROD_p \right\} \wedge \left\{ \sum_j \sum_c y_{jcz} \leq \sum_j DEM_{jz} \quad \forall z \right\} \tag{6}$$

Partiendo de la nomenclatura, puede observarse que la restricción 1 se asocia a la capacidad de proveedores y la 2 corresponde al balance entre el flujo de materias primas adquiridas y lo producido en la planta. Por su parte, la restricción 3 corresponde al balance del flujo de producto terminado entre las plantas y los centros de distribución; la restricción 4 limita la capacidad de producción de las plantas, mientras que la restricción 5 limita la capacidad de los centros de distribución. Finalmente, la expresión 6 corresponde a las restricciones asociadas al cumplimiento de demanda.

Tabla 3. Cantidad de materia prima necesaria para la elaboración de un pantalón		
CANTIDAD REQUERIDA DE MATERIA PRIMA POR PANTALÓN	PESO	
D (Drill; mt <sup>2</sup> )	1,5	0,50 kg/ mt <sup>2</sup>
H (Hilo; metros)	4,5	0,01 kg/mt
B (Botones; unid)	1,0	0,02 kg/unid
C (Cremallera; unid)	1,0	0,03 kg/unid

Tabla 4. Información de los proveedores de hilo (H) y drill (D)						
	PR1		PR2		PR3	
	D	H	D	H	D	H
<b>LTproveedor [horas/pedido]</b>	6,3	5,3	5,6	4,6	6,6	5,0
<b>Capacidad del proveedor [unid/año]</b>	63,663	75.600	71.152	86.400	60.480	80.640

Tabla 5. Información de los proveedores de botones (B) y cremalleras (C)						
	PR4		PR5		PR6	
	B	C	B	C	B	C
<b>LTproveedor [horas/pedido]</b>	5,25	5,16	7,66	5,66	3,00	4,66
<b>Capacidad del proveedor [unid/año]</b>	76.800	78.038	52.591	71.152	134.400	86.400

Tabla 6. Tiempo de transporte de la materia prima desde el proveedor hacia las plantas						
	PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6
<b>Planta 1</b>	18	18	4	6	1	20
<b>Planta 2</b>	19,5	19	6,5	8	2	22



## 5. CASO DE ESTUDIO

El siguiente caso pretende mostrar, con cierto escenario de datos, una interpretación de los indicadores antes presentados. Se analizará un caso de producción-distribución de un producto y múltiples materias primas —4 en total—, basado en un caso real de la industria de la confección colombiana. El único producto está representado por un pantalón clásico para hombre talla 32. Se cuenta con 6 proveedores, 2 plantas de manufactura, 4 centros de distribución y 5 zonas de mercado. Esto quiere decir que  $r = \{1, \dots, 4\}$ ,  $s = \{1, \dots, 6\}$ ,  $p = \{1, \dots, 2\}$ ,  $c = \{1, \dots, 4\}$ ,  $z = \{1, \dots, 5\}$ . Algunos datos relevantes del caso se detallan a continuación.

La **Tabla 3** muestra la cantidad de materia prima requerida por cada pantalón. Como dato de relevancia para el modelo se tiene que el peso de un pantalón es 0,85 kg. Las **Tablas 4 y 5** presentan los datos de *lead time* y capacidad de proveedores, siendo que no todos los proveedores abastecen todas las materias primas. El tiempo de transporte de la materia prima desde el proveedor hacia las plantas se muestra en la **Tabla 6**.

La demanda de las 5 zonas en unidades/año es: Pasto 5.500, Bogotá 94.367, Cali 59.552, Popayán 3.542 y Bucaramanga 7.251. El precio de venta unitario del producto terminado es de \$ 145.000 y el promedio de ventas totales a crédito es de 400 millones de pesos al año. Los costos fijos y variables que se generan en la cadena de abastecimiento son los que se muestran en la **Tabla 7**.

Se asume que las plantas trabajan 5.760 horas/año (equivalentes a dos turnos de 8 horas diarias con 360 días laborales al año), y los centros de distribución 2.880 horas/año (equivalente a un turno diario de 8 horas). La información sobre la eficiencia y producción máxima anual de las plantas se expresa en la **Tabla 8**.

Se asume un promedio histórico de compras de materia prima a crédito por la plantas, como se muestra en la **Tabla 9**. La calidad de la materia prima ofrecida por los diferentes proveedores del hilo, botones, drill y cremallera es comparable; por lo tanto no se consideran

**Tabla 7.** Costos fijos y variables de plantas y centros de distribución

		<b>COSTO FIJO</b> [\$/año]	<b>COSTO VARIABLE</b> [\$/ unid]
<b>PLANTA 1</b>		2.148.000.000	45.000
<b>PLANTA 2</b>		1.135.621.000	32.000
<b>Centros de distribución</b>	<b>1</b>	145.343.465	12.374
	<b>2</b>	256.796.485	11.264
	<b>3</b>	121.264.473	12.263
	<b>4</b>	201.080.500	10.687

**Tabla 8.** Información relevante de las plantas de producción

	<b>EFICIENCIA</b> [Horas/Unid]	<b>PRODUCCIÓN MÁXIMA ANUAL</b> [Unid/Año]
<b>Planta 1</b>	0,06	96.000,00
<b>Planta 2</b>	0,08	72.000,00

elementos decisorios en torno a la calidad de la materia prima ofrecida en el mercado.

Los valores de las eficiencias en manipulación (en horas/unidad) en los centros de distribución se asumen así: CD1 0,03; CD2 0,05; CD3 0,20; CD4 0,25.

Por ser este un caso de estudio hipotético —y solo con el objeto de tener valores en cierta medida asociados a la realidad para el costo de transporte de la materia prima desde los proveedores hacia las plantas del producto terminado, por tonelada, desde las plantas hacia los centros de distribución y desde estos hacia las zonas de consumo—, se consideraron las tarifas mínimas anteriormente sugeridas entre las principales ciudades de Colombia, establecido en el año 2002 por el Ministerio de Transporte de Colombia<sup>1</sup>. Por último, el parámetro CPU se

1 En Colombia la tabla de fletes dejó de aplicar, pero su utilidad en este artículo radica en la comparación de los costos de transporte entre las ciudades. La tabla en mención se puede descargar de la siguiente dirección electrónica: <https://www.mintransporte.gov.co/documentos.php?id=14&colororder=fec ha&order=ASC&offset=2>

Tabla 9. Promedio de compras a crédito por las plantas con cada proveedor					
PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6
17.500.000	112.000.000	65.000.000	5.600.000	0	30.000.000

Tabla 10. Resultados del indicador de desempeño del proveedor en la entrega						
	PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6
<b>Drill</b>	865	671	864	0	0	0
<b>Hilo</b>	600	1.029	771	0	0	0
<b>Botones</b>	0	0	0	729	0	1.671
<b>Cremalleras</b>	0	0	0	1.097	69	1.234

Tabla 11. Resultados Indicador del tiempo de ciclo de fábrica de los pedidos de materia prima de la cadena para las plantas 1 y 2												
	PL1	PL2	PL1	PL2	PL1	PL2	PL1	PL2	PL1	PL2	PL1	PL2
<b>Drill</b>	4.428	1.055	3.780	0	0	5.709	0	0	0	0	0	0
<b>Hilo</b>	3.198	0	0	4.750	3.861	0	0	0	0	0	0	0
<b>Botones</b>	0	0	0	0	0	0	3.831	0	0	0	1.949	3.108
<b>Cremalleras</b>	0	0	0	0	0	0	5.667	0	0	390	1.298	4.496

estableció arbitrariamente para efectos de este caso en un valor de 70 y el costo unitario anual de mantenimiento del inventario de producto terminado en las Plantas 1 y 2 se estableció en 10.800 y 9.000 respectivamente.

## 6. RESULTADOS DEL CASO DE ESTUDIO

Respecto a los resultados generales del modelo, programado en lenguaje AMPL (po sus siglas en inglés *A Mathematical Programming Language*) y resuelto con solucionador CPLEX, se pueden mencionar algunos aspectos antes de mostrar los valores asociados a los indicadores. A la planta 1 le llegan en total 96.000 unidades de cada materia prima, donde cada unidad tiene las dimensiones establecidas en la **Tabla 2**, produciendo 96.000 pantalones. De esta cantidad, 84.480 se envían al centro de distribución CD1 y los 11.520 restantes al centro de distribución CD4. A

su vez, el centro de distribución CD1 transporta los 84.480 pantalones a la zona de consumo 2, y el centro de distribución CD4 reparte los 11.520 pantalones enviando 4.269 a la zona de consumo 2 y los 7.251 a la zona de consumo 5. Para la planta PL2 le llegan 72.000 unidades de cada materia prima, fabricando 72.000 pantalones. De esta cantidad se envían 57.600 al centro de distribución CD2 y dicho número se distribuye en la zona de consumo 3. Los 14.400 restantes fabricados por la planta 2 se envían al centro de distribución CD3, y este centro distribuye 5.500, 3.406, 1.952, y 3.542 a las zonas de consumo 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

Con la distribución y procesamiento del producto terminado y materia prima, se logra cumplir en un 98,7% la demanda total y maximizar la utilidad a un valor de \$7.560.354.951, utilizando la capacidad total de las dos

Tabla 12. Resultados Indicador de flexibilidad en la capacidad de producción del proveedor						
	PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6
Drill	4,94 %	33,94 %	0,00 %	-	-	-
Hilo	44,44 %	16,67 %	33,04 %	-	-	-
Botones	-	-	-	33,59 %	100,00 %	12,95 %
Cremalleras	-	-	-	1,59 %	93,25 %	0,00 %

Tabla 13. Resultados indicador porcentaje de participación del proveedor en el costo total de gestión de la logística						
PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6	
9,95 %	8,95 %	10,31 %	0,18 %	0,01 %	0,30 %	

Tabla 14. Resultados tiempo de ciclo de <i>cash-to-cash</i>						
PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6	
2	6	6	5	6	6	

plantas, el 88 % del centro de distribución CD1, y el 100 % de la capacidad de los tres restantes.

A continuación se presentan los resultados de los indicadores construidos a partir de los resultados arrojados por el modelo en el caso de estudio.

### 6.1 Indicadores del Modelo SCOR

Las **Tablas 10 a la 14** muestran los resultados óptimos obtenidos de los indicadores  $DE_{rs}$ ,  $CLTP_{rsp}$ ,  $FP_{rs}$ ,  $CTGL_s$  y  $TCCTC_s$ .

Como una forma de interpretar los anteriores resultados en el marco del cumplimiento del objetivo estratégico de la cadena de abastecimiento —el cual es maximizar la utilidad—, se presenten a continuación ciertos conductores de valor estratégico asociados a dichos indicadores y que las empresas deberían considerar.

### 6.2. Interpretación básica de indicadores enmarcada en conductores de valor estratégico

• **Atributo de desempeño SCOR: “Fiabilidad en la cadena de suministro” [Cumplimiento del pedido perfecto]**

Los proveedores de la cadena óptimamente deberían cumplir con los pedidos (indicados por DERs) de materia prima expresados en la **Tabla 10**. Por ejemplo, PR3 debería entregar una cantidad exacta en el periodo de estudio de 864 pedidos de drill —asumiendo que se hace en buenas condiciones de calidad— en un tiempo de fabricación representado por  $CLTP_{rsp}$  estipulado en la **Tabla 11**, para contribuir a un adecuado servicio al cliente y a la maximización de las utilidades de la cadena.

• **Atributo de desempeño SCOR: “Receptividad en la cadena de suministro” [Tiempo de ciclo de fábrica de la materia prima]**

Bajo la solución óptima de compra de materia prima arrojada por el modelo, se recomienda realizar pedidos de drill e hilo a los proveedores PR1, PR2, y PR3. Con respecto a los botones se sugiere comprar a los proveedores PR4 y PR6; y finalmente los pedidos de cremalleras a los dos anteriores más PR5, en las cantidades expresadas en la **Tabla 10**.

Por lo anterior, según la **Tabla 11**, dichos proveedores se deben comprometer a cumplir con el tiempo de ciclo de fabricación de dichos pedidos de materia

prima bajo un panorama de desempeño óptimo. Así, por ejemplo, el proveedor PR1 óptimamente no se debería tardar más de 4.428 horas para la fabricación de los 700 pedidos de drill a enviar a la planta 1, y hasta 1.055 horas fabricando 165 pedidos de drill para la planta 2.

• **Atributo de desempeño SCOR: “Flexibilidad en la cadena de suministro” [La flexibilidad en la capacidad de producción del proveedor]**

De acuerdo a los valores de la **Tabla 12**, los proveedores que presentan mayor holgura de capacidad en producción, una vez se hayan cumplido los pedidos de materia prima solicitados por las plantas, son en el Drill el proveedor PR2 (33,94 %), en el hilo el proveedor PR1 (44,44 %), los botones con el proveedor PR4 (100 %), seguido de PR5 (33,59 %) y en las cremalleras también con PR5 (93,22 %). Esto se debe a que el modelo sigue comprando la mayor cantidad de pedidos de cremalleras y botones a los proveedores PR4 y PR6, mientras que para la compra del drill e hilos se proponen los proveedores PR1, PR2 y PR3, donde este último no presenta capacidad de producción, ocurriendo lo mismo con el proveedor PR2 para la materia prima Drill.

• **Atributo de desempeño SCOR: “Costos de la cadena de suministro” [Costo de materias primas]**

En búsqueda de un control en los costos de abastecimiento en la cadena es preciso que, según la **Tabla 13**, el porcentaje óptimo de participación del proveedor en el costo total de la gestión de la logística (CTGLs) se presente en una mayor proporción en los proveedores PR1, PR2 y PR3, observando que el límite superior sugerido para la participación de los proveedores PR3, PR4 y PR5 en el costo total de logística es muy pequeño.

• **Atributo de desempeño SCOR: “Gestión de los activos de la cadena de suministro” [Tiempo de ciclo cash to cash]**

De acuerdo a los indicadores asociados a los conductores de valor estratégico, en la mejora del servicio al cliente y en la reducción del costo total de la gestión de la logística, es posible minimizar el tiempo requerido para convertir el efectivo pagado a los proveedores en efectivo recibido por los clientes

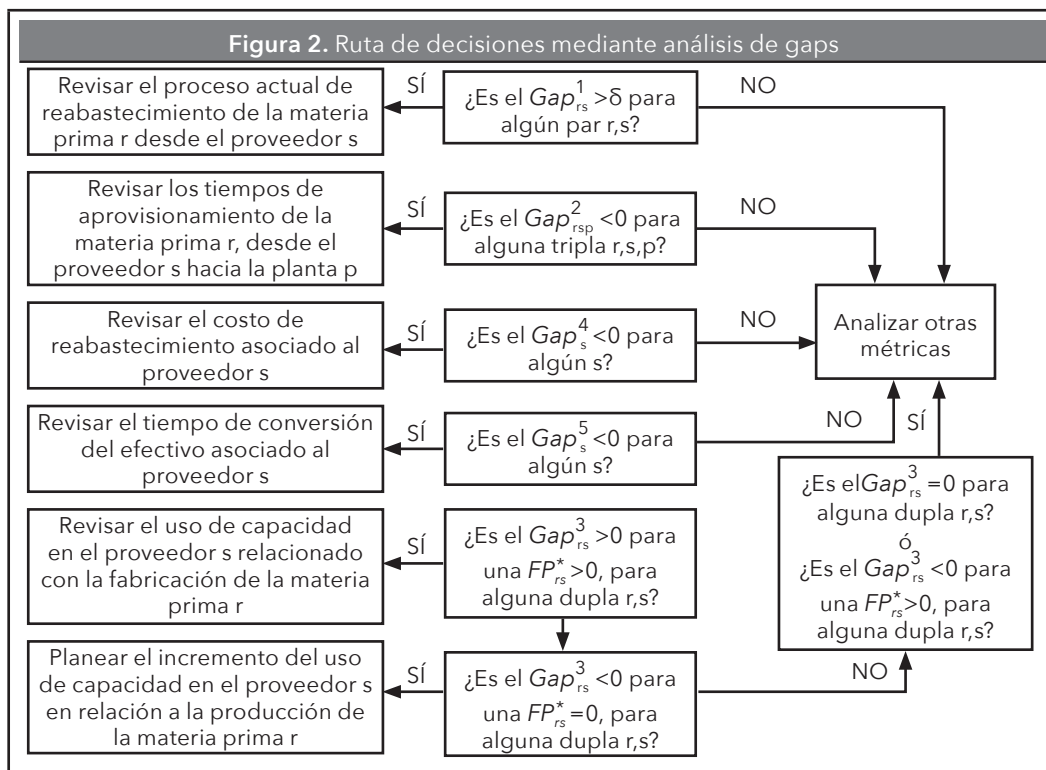
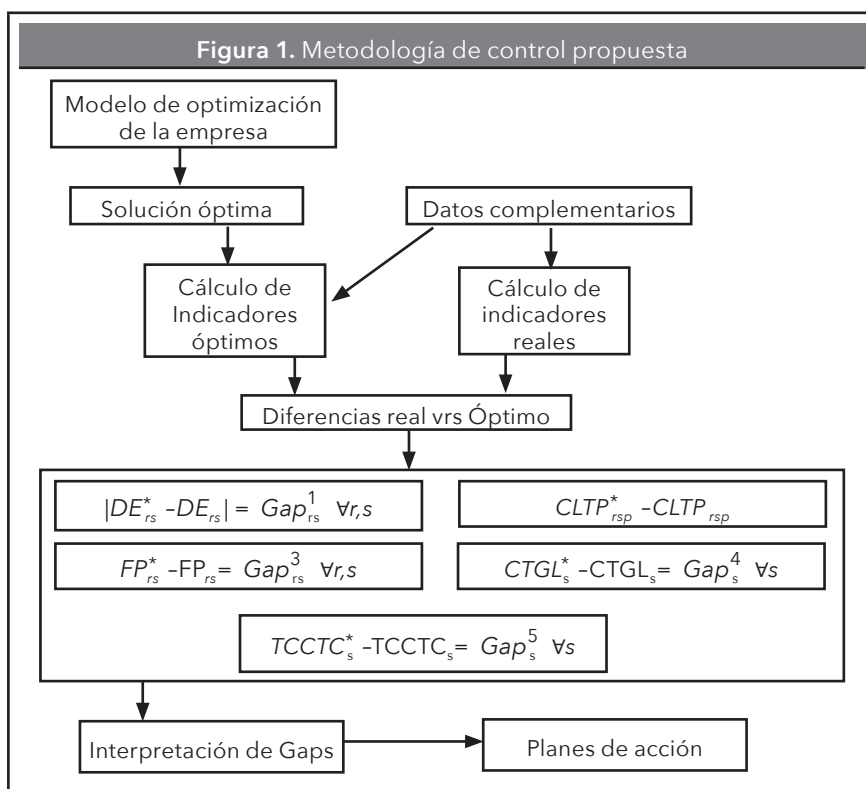
(TCCTC<sub>s</sub>), como se aprecia en la **Tabla 14**. Podría afirmarse que la cadena de suministro puede contar con un buen nivel de eficiencia en el manejo de su capital de trabajo asumiendo que los valores óptimos obtenidos no son significativamente grandes, y según lo cual, se podría esperar en un tiempo razonable el retorno de la inversión de la compra de materia prima en las ventas generadas del producto terminado.

## 7. DINÁMICA DE MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO EN LA EMPRESA

Más allá de las interpretaciones básicas de los indicadores, dadas en la sección previa y mostradas a partir de un caso de estudio particular, lo que resulta realmente de interés para una empresa es comparar estos indicadores óptimos con aquellos indicadores reales de la empresa. Este representa un *Benchmarking* endógeno, a diferencia del exógeno asociado a la comparación con otra empresa distinta.

Una vez la empresa tenga calculados los valores de referencia óptimos, debe proceder a calcular las diferencias —que en adelante llamaremos *gaps*— entre los valores reales de la empresa y los óptimos. Así, se tendría por ejemplo que  $|DE_{rs}^* - DE_{rs}| = Gap_1$ , procediendo similarmente con el resto de indicadores para obtener finalmente cinco (5) *gaps*. Lo que se busca es que estas diferencias estén lo más cercanas posible a cero o que la empresa estipule un valor de cercanía permisible  $\delta$ . Es decir, la empresa puede establecer, en el marco del seguimiento de los *gaps*, una regla de control del tipo  $gap \leq \delta$ .

La **Figura 1** muestra una estrategia de control de desempeño partiendo de la búsqueda de indicadores óptimos y posteriormente comparando estos con la situación real de la empresa, estableciendo así los *gaps*. La representación de los *gaps* en la **Figura 1** está asociada al tipo de valor de referencia que representa cada indicador de acuerdo a lo mostrado en la **Tabla 2**. El análisis de los *gaps* resulta ser, en efecto, una herramienta de toma de decisiones siempre reconociendo que las métricas propuestas son de nivel 1 (estratégicas) asociadas a los proveedores, pero que bien podría extenderse a métricas de otro nivel en el marco del SCOR y relacionando otros actores de la cadena productiva.



La **Figura 2** muestra el potencial de decisiones que pueden surgir con esta estrategia metodológica.

Las reglas de decisión propuestas en la **Figura 2** muestran caminos que conducen, no solamente a revisar los procesos actuales, sino también a mirar otras métricas que pueden ser del mismo nivel o incluso de un nivel distinto. Es decir, cuando una métrica de nivel estratégico o nivel 1 se encuentra en un estado conforme, puede ser conveniente mirar la problemática desde otro nivel, es decir, desde una perspectiva más táctico-operativa, pudiéndose llegar a explorar indicadores asociados a las operaciones del día a día, todo con el fin de encontrar fuentes potenciales de mejoramiento. Esto en efecto llena un vacío en la práctica del uso del SCOR, dado que no ha sido suficientemente claro el procedimiento de pasar de un nivel de indicadores a otro. Además, dado que la comparación se hace con los valores óptimos de la empresa partiendo de sus recursos disponibles, estos mejoramientos determinan un importante límite respecto a lo que la empresa puede efectivamente hacer sin realizar nuevas inversiones.

## 8. CONCLUSIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES

El presente artículo plantea una estrategia de decisión que parte del uso de indicadores SCOR® en una organización, resultando ya habitual la realización de procesos de *benchmarking* externo o exógeno comparando los valores SCOR de la empresa respecto a aquellos de las empresas líderes de sector. Se propone en cambio un *benchmarking* interno o endógeno comparando los valores SCOR con aquellos valores óptimos de la misma empresa, producto de un proceso de optimización matemática de la organización. Partiendo del caso particular de indicadores asociados a las operaciones de los proveedores, se puede observar la utilidad de la comparación endógena donde las diferencias entre el óptimo de la empresa y el valor real del indicador conduce a unos gaps que guían efectivamente los caminos de mejoramiento. A pesar de haberse empleado un caso simple del sector confecciones no se ha pretendido realizar un análisis de dicho sector, lo cual requeriría sin duda un estudio mucho más completo, con variedad de referencias y consideraciones temporales. Lo que se ha buscado es mostrar cómo a través de modelos de optimización

pueden diseñarse indicadores que harían posible un *benchmarking* endógeno basado en el modelo SCOR. Como una futura investigación está la exploración de indicadores SCOR en el marco de modelos de optimización lineales enteros-mixtos con múltiples objetivos, donde los métodos de solución podrían jugar cierto rol importante.

## REFERENCIAS

- Berrah, L.; Cliville, V. (2007). Towards an Aggregation Performance Measurement System Model in a Supply Chain Context. *Computers in Industry*, 58, 709–719.
- Cai, J.; Liu, X.; Xiao, Z.; Liu, J. (2009). Improving Supply Chain Performance Management: A Systematic Approach to Analyzing Iterative KPI Accomplishment. *Decision Support Systems*, 46, 512–521.
- Chae, B. (2009). Developing Key Performance Indicators for Supply Chain: An Industry Perspective. *Supply Chain Management: An International Journal*, 14(6), 422–428.
- Chan, F. T. S. (2003). Performance Measurement in a Supply Chain. *Int J AdvManufTechnol*, 21, 534–548.
- Gunasekaran, A.; Patel, C.; Tirtiroglu, E. (2001). Performance Measures and Metrics in a Supply Chain Environment. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(1/2), 71–87.
- Huang, S.H.; Sheoran, S.K.; Keskar, H. (2005). Computer-Assisted Supply Chain Configuration Based on Supply Chain Operations Reference (SCOR) model. *Computers & Industrial Engineering*, 48, 377–394.
- Kasi, V. (2005). Systemic Assessment of SCOR for Modeling Supply Chains. *Proceeding of the 38th Hawaii International Conference on System Science*, p. 1–10.
- Li, L.; Su, Q.; Chen, X. (2011). Ensuring Supply Chain Quality Performance Through Applying the SCOR Model. *International Journal of Production Research*, 49, 33–57.
- Lozano, J.; Chamorro, V.F. (2010). Análisis de la eficiencia logística en una cadena de abastecimiento con op-

PARA CITAR ESTE ARTÍCULO /  
TO REFERENCE THIS ARTICLE /  
PARA CITAR ESTE ARTIGO /

Lozano-Oviedo, J.; Chamorro-Belalcázar, V.F.; Bravo-Bastidas, J.J. (2014). Aproximación a la Búsqueda de Valores de Referencia Óptimos para Indicadores SCOR. *Revista EIA*, 11(22) julio-diciembre, pp. 23–37. [Online]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14508/reia.2014.11.22.23-37>.

timización. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Universidad del Valle.

Ministerio de Transporte Colombiano (2008). Resolución No. 003175 del 1 de agosto del 2008. [En línea] Disponible en: [http://www.mintransporte.gov.co/servicios/normas/archivo/Resolucion\\_003175\\_2008.pdf](http://www.mintransporte.gov.co/servicios/normas/archivo/Resolucion_003175_2008.pdf).

Pasutham, A. (2012). *Supply Chain Performance Measurement Framework. Case Studies on the Thai Manufactures*. Tesis Doctoral, Aston University, Birmingham, Reino Unido.

Rodríguez, R.; Saiz, J.J.; Bas, A. (2009). Quantitative Relationships Between Key Performance Indicators for Supporting Decision-Making Processes. *Computers in Industry*, 60, 104-113.

Supply Chain Council (2010). El Modelo de referencia de operaciones de la cadena de suministro (SCOR, Supply Chain Operations Referente Model, versión 9.0).

Zhang, W.; Reimann, M. (2013). Towards a Multi-Objective Performance Assessment and Optimization Model of a Two-Echelon Supply Chain Using SCOR Metrics. *Central European Journal of Operations Research*, 22(4), pp. 591-622.