

# CAPÍTULO 2



# Modelo de programación entera mixta para el aprovisionamiento y la planeación de la producción en una vidriería del departamento de Sucre

Laura Marcela Chavarro Pérez<sup>1</sup>, Cristian David Tapias Torres<sup>2</sup>,  
Andrea Valentina Hernández Franco<sup>3</sup>, Narly Dayana Terán Corro<sup>4</sup>,  
Angie Carolina González Tovar<sup>5</sup>

## Resumen

---

La planeación de la producción es uno de los métodos más importantes para las empresas, pues permite llevar a cabo la organización y control de la producción con el fin de satisfacer las necesidades del mercado. Por esta razón, muchas entidades se ven en la necesidad de aplicar modelos matemáticos para la optimización de sus capacidades y recursos. El siguiente artículo presenta el diseño de un modelo de programación entera mixta como herramienta para la planeación de la producción y aprovisionamiento en una vidriería del departamento de Sucre, donde normalmente se observa la poca disponibilidad para atender la demanda de los seis productos que esta ofrece. Este planteamiento utilizó como metodología el estudio de la cadena de suministro de la empresa, con el propósito de encontrar los problemas que le afectan, plantear el modelo y reescribirlo en el software GAMS, para así determinar la decisión más factible. Lo anterior, teniendo en cuenta el aprovechamiento de su materia prima con respecto a la demanda, el tiempo dedicado a dicha actividad, la

---

1 Ingeniera Industrial. Corporación Universitaria del Caribe-CECAR. Correo: [laura.chavarro@cecar.edu.co](mailto:laura.chavarro@cecar.edu.co); Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1426-5723>

2 Ingeniero Industrial. Corporación Universitaria del Caribe-CECAR. Correo: [cristian.tapias@cecar.edu.co](mailto:cristian.tapias@cecar.edu.co); Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9129-9006>

3 Ingeniera Industrial. Corporación Universitaria del Caribe-CECAR. Correo: [andrea.hernandezf@cecar.edu.co](mailto:andrea.hernandezf@cecar.edu.co); Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5217-8968>

4 Ingeniera Industrial. Corporación Universitaria del Caribe-CECAR. Correo: [narly.teran@cecar.edu.co](mailto:narly.teran@cecar.edu.co); Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3514-9625>

5 Ingeniera Industrial. Corporación Universitaria del Caribe-CECAR. Correo: [angie.gonzalez@cecar.edu.co](mailto:angie.gonzalez@cecar.edu.co); Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0250-4328>

capacidad de sus vehículos para transportar los materiales, los costos que implica y los precios de los productos. Finalmente, se evaluaron los resultados obtenidos enfatizando en las utilidades que se tienen al año, las cantidades exactas a producir, el inventario y la cantidad a pedir de cada material en su respectivo mes para obtener un plan de producción óptimo.

**Palabras clave:** aprovisionamiento, cadena de suministro, planeación, programación entera mixta.

## ***Mixed whole programming model for the provisioning and planning of production in a glassworks of the department of Sucre***

### **Abstract**

---

The planning of production is one of the most important methods for companies, because it allows to carry out the organization and control of production to meet the needs of the market, therefore, many entities are in need of applying models mathematicians to optimize their capabilities and resources. The following article presents the design of a mixed whole programming model as a tool for the planning of production and procurement in a glassworks in the department of Sucre, where there is usually evidence of the lack of availability to meet the demand of the six products it offers. This approach used as a methodology the study of the supply chain of the company to find the problems that affect it and then raise the model and rewrite it in the Gams software to determine the most feasible decision, taking into account the use of its raw material with Regarding the demand, the time dedicated to this activity, the capacity of its vehicles to transport the materials, the costs involved and the prices of the products. Finally, the results obtained are evaluated, emphasizing in the profits that are obtained per year, the exact quantities to be produced, the inventory and the amount to be requested of each material in its respective month to obtain an optimal production plan.

**Key words:** provisioning, supply chain, planning, mixed whole programming.

## **Introducción**

Actualmente, muchas empresas manufactureras presentan problemas en la planificación de su producción, debido a las constantes fluctuaciones del mercado, además del mal manejo que tienen en su cadena de suministro, el cual es parte fundamental para generar cambios en sus procesos productivos. Esto conlleva a que, en el mundo empresarial y sobre todo en el sector manufacturero, se note un evidente desconcierto en la falta de atención en la demanda de ciertos productos, siendo la indebida planeación de la producción, el desconocimiento de los problemas en su cadena y la fluctuante demanda en las temporadas del año las principales causas de esta desorganización. Es por ello que resulta importante conocer sobre la cadena de suministro, definida como el conjunto de personas u organizaciones que cooperan entre sí, gestionando cómo se mueve un producto o servicio en toda la cadena, además de las finanzas y la información de la fuente hasta el cliente (Simchi-Levi, 2001).

La cadena de suministros, a nivel mundial, en el sector manufacturero de puertas, ventanas y afines se ha basado en movimientos estocásticos periódicos debido al continuo cambio de la demanda en el mercado, viéndose obligados a cambiar drásticamente su planificación. Algunos estudios realizados en Irán evidencian que ciertas vidrierías han presentado problemas en su proceso productivo, conllevándolos a incursionar en la aplicación de modelos matemáticos para solucionar la problemática de la planificación de su producción, controlando precisamente la demanda por productos y la disminución de los costos (Govindan, 2015). No obstante, a nivel nacional se incurre en la misma incertidumbre, es por esto que, en diversos estudios, como el del V Congreso Internacional de Logística de la Universidad del Rosario, se comprueba que en Colombia existe la necesidad de establecer una mejora en la confiabilidad de sus cadenas de suministro.

El país carece de estructuras sólidas de centros de abastecimiento y esto es evidente en la falta de cumplimientos en un sector específico como es el manufacturero. De igual forma, a nivel departamental se ha evidenciado que son escasos los estudios enfocados en la cadena de suministros de este sector, esto ha sido el resultado de la ausencia de referencias encaminadas al desempeño logístico, puesto que la mayor parte de las empresas en el

departamento trabajan con técnicas tradicionales y sin moderación alguna: la gestión de su propia cadena es una réplica de otras dentro del país.

Un caso particular es la afectación en las vidrierías, debido a la falta de información, pues solo se cuenta con pequeñas fuentes como revistas, prensa y artículos que recopilan fragmentos de datos que no son oportunos ni actuales para el fin necesario. Asimismo, en los municipios donde se ejerce esta actividad del sector de la manufactura, se basan, en su mayoría, en fuentes empíricas de información. (Alianza Estratégica, 2015); (Universidad del Rosario, 2018)

Con base en lo anterior, y después de un análisis detallado en la cadena de suministro de una vidriería, se evidenció que esta cuenta con problemas de planeación, puesto que se desconoce cuánto pedir del material o insumo que se necesita para la elaboración de los productos solicitados frecuentemente. Esto sucede porque, en su proceso de planeación, específicamente en el pedido de insumo a los proveedores, los pedidos no llegan a tiempo (retrasos) y generan un atraso en la entrega del producto final, debido a que la empresa maneja un sistema de producción bajo pedido. A su vez, la mala distribución de las cargas y el trabajo excesivo de los empleados en algunos meses del año generan pérdida del tiempo productivo, lo cual repercute en esta misma situación.

Teniendo en cuenta la situación descrita, se identificó la necesidad de utilizar la programación entera mixta, basándose específicamente en el empleo de un modelo matemático para describir los limitantes del sistema. El adjetivo “entera mixta” denota que todas las funciones matemáticas del modelo han de ser de tipo entera y/o binaria; y, en esencia, el término programación es sinónimo de sistematización, planificación o planeación. De esa forma, “la programación entera mixta involucra la planeación de actividades para obtener el resultado más factible” (Hillier & Lieberman, 2010).

Debido a lo anterior, el objetivo de esta investigación es proponer un modelo de planificación de la producción, entendiéndose como un método para determinar la cantidad a fabricar de los productos, con respecto a lo que demande el mercado y las utilidades que desea tener la empresa, teniendo en cuenta la capacidad de material, transporte y tiempo que posee

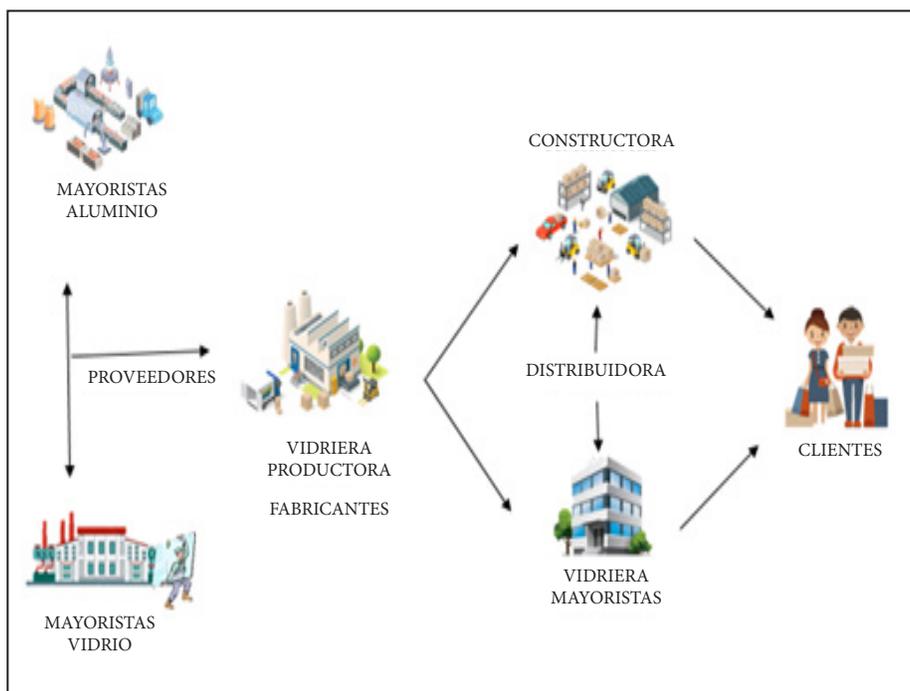
la organización; para establecer así los objetivos acerca de los planes de venta que se tienen, controlar los altos costos y conseguir ser eficientes.

## Metodología

### Definición del sistema

Se realizó una visita a una vidriería cuya actividad comercial es la fabricación, distribución y venta de puertas, ventanas, entre otros productos a base de vidrio y aluminio, la cual está ubicada en el municipio de Corozal, departamento de Sucre. En esta se identificó su cadena de suministro (figura 1), además de los diferentes eslabones y actores que la conforman; se evidenció que se encuentra ubicada en el segundo eslabón de esta cadena, dentro de la cual se logró conocer las causas de las distintas problemáticas que repercuten en el desempeño óptimo de la empresa.

**Figura 1**  
*Cadena de suministro.*



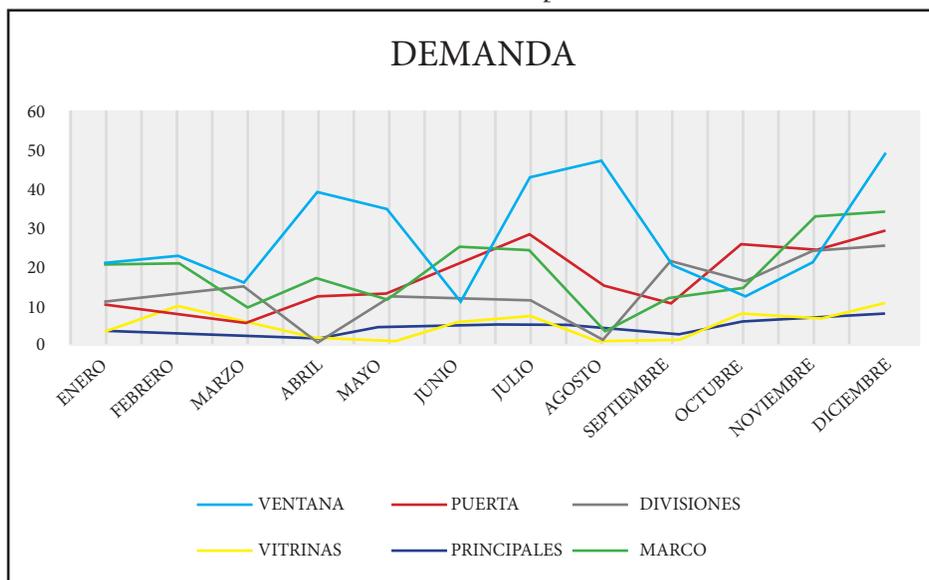
*Nota.* Fuente: construcción propia.

## Formulación del modelo

Para el diseño fue necesario plantear una serie de parámetros y variables como los productos terminados, la demanda, unidades de materia prima, tiempo de procesamiento, tiempos disponibles y costos generados, así como la evaluación de cada uno de los eslabones partícipes de la cadena de suministro, tomando aspectos que los afectan como la demanda y los costos, los cuales se relacionan a continuación:

**Demanda.** La pronosticación de la demanda fue una herramienta clave para el diseño del modelo, se empleó con el fin de determinar un mínimo a producir en cada mes, atendiendo a las variaciones estadísticas de los mismos. Este dato representa un parámetro del mercado que surge del análisis de un reporte histórico brindado por la empresa. A través del criterio de la suavización exponencial se asigna  $\alpha=0,35$  a la demanda del próximo periodo, para lo cual se muestra a continuación la demanda histórica y el respectivo pronóstico.

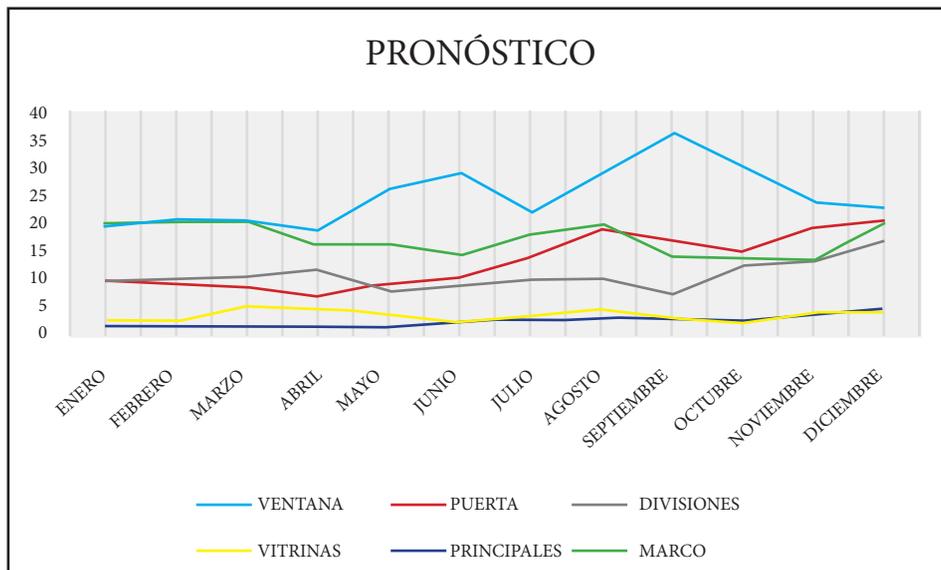
**Figura 2**  
 Demanda histórica de productos.



Nota. Fuente: construcción propia.

La demanda de cada producto necesitó de un diagnóstico futuro para que todo el sistema fuera equivalente en el modelamiento.

**Figura 3**  
Pronóstico de la demanda.



Nota. Fuente: construcción propia.

**Materia prima.** Teniendo en cuenta el bloque de la demanda, que repercutirá en la cantidad de productos que se van a producir al mes, es claro que la producción del mismo se verá afectada por la cantidad de suministro en material que puede traer su proveedor.

Para el proceso productivo son claves la cantidad de material necesaria para el producto, así como la cantidad disponible de este en el mes. Cada uno de los 6 productos se desempeña con mínimo un material en cierta cantidad medida en metros cuadrados.

Este parámetro se centró principalmente en la parte de producción de la empresa. Por lo tanto, el tiempo de registro mensual hace referencia a la capacidad operativa dada en horas de los artículos en los diferentes meses del año, sin considerar otras actividades como la instalación, se tienen en cuenta las estimaciones de días de trabajo y la cantidad de trabajadores, en cada periodo. Es fundamental tener un tiempo estándar para la producción que está fijado a través de un estudio de tiempo, empleado por medio de la recolección de tiempos observados, ciclos de elaboración, el cálculo del tiempo normal y el establecimiento de holguras o fatigas por operación. Es por esto que resulta necesario el establecimiento de estándar promedio por

el empleo repetitivo de este parámetro para el cálculo del tiempo operativo total en el mes.

**Transporte.** La capacidad de los vehículos de transporte es un limitante de las cantidades de materia prima que puede traer la empresa desde sus proveedores. Como esta es una mediana empresa, no posee tanta capacidad de transporte ya que su producción está basada por pedido, es decir, no poseen muchos medios para traer el material y, por ende, algunas veces se ve en la necesidad de contratar algún extra.

**Precio de venta.** El precio de venta representa la cantidad fijada por la empresa para recaudar lo invertido y obtener ganancia en la producción de su artículo. Pese a las fluctuaciones estadísticas de la demanda, la vidriería intenta acomodar los precios a sus clientes en los distintos meses del año (temporadas) para hacer circular sus inventarios de forma dinámica.

**Costos.** Presentados como costos de operación, implican una inversión en la producción representada en costos de materiales, costos de transporte, algunos costos extras de un vehículo de transporte de materia prima y horas extras trabajadas, los cuales se generan de acuerdo a la cantidad de productos que se necesitan producir.

## **Codificación del modelo en PC**

Para llevar a cabo la compilación del modelo, se hizo necesario el uso de herramientas como Excel y Statgraphics, con el fin de ejecutar el análisis de la información copiada. Se examinó su cadena de suministro y cada uno de los objetos involucrados para así realizar la modelación en el software GAMS, que define el comportamiento del proceso con cada una de las posibles soluciones.

## **Modelo de programación entera mixta para el aprovisionamiento y la planeación de producción**

El modelo de programación empleado en este artículo está dirigido principalmente a generar un plan de producción, con el fin de satisfacer la demanda utilizando los recursos disponibles y, de esta forma, maximizar las utilidades.

A continuación, se presentan los conjuntos del modelo; por consiguiente, se determinan las variables de decisión, la función objetivo y el planteamiento de las restricciones a las cuales se ajusta.

### **Conjuntos**

$P$  = Productos

$M$  = Meses

$K$  = Tipo de materiales

$V$  = Vehículos

### **Parámetros**

$DEM_{PM}$  = Demanda pronosticada del producto  $P$  en el mes  $M$

$COSALQ_M$  = Costos fijos en pesos del mes  $M$

$COM_{VM}$  = Costos por utilizar el vehículo  $V$  en el mes  $M$

$COSVEX_M$  = Costo de utilización del vehículo extra

$COSALQ_M$  = Bonificación por trabajar horas extras en el mes  $M$

$COSTMA_{MK}$  = Costos de láminas del material  $K$  en los meses  $M$

$T_p$  = Tiempo de elaboración del producto  $P$

$TDM_M$  = Capacidad de tiempo disponible en horas en el mes  $M$

$MAXHE_M$  = Horas extras disponibles en el mes  $M$

$INVMIN_p$  = Invenatrio de seguridad necesario del producto  $P$

$REQ_{KP}$  = Cantidad de material  $K$  requerido para fabricar el producto  $P$

$CAPVE_{VM}$  = Capacidad de los Vehículos  $V$  en unidades de láminas

$CAPVEH$  = Capacidad del vehículo extra en unidades de láminas

### **Variables de decisión**

$X_{PM}$  = Cantidad de productos  $P$  a producir en el mes  $M$

$U_{MK}$  = Cantidad de material  $K$  a pedir en el mes  $M$

$INV_{PM}$  = Inventario del producto  $P$  en el mes  $M$

$Y_M =$  Se trabajan horas extras o no en el mes  $M$

$W_M =$  Se contrata el vehículo extra o no en el mes  $M$

### Función objetivo

$$\begin{aligned}
 MAX Z = & \left( \sum_P \sum_M X_{PM} \times FO_{PM} \right. \\
 & - \left( \sum_M COSALQ_M \right. \\
 & + \sum_V \sum_M COM_{VM} + \sum_M COSVEX_M \times W_M + \sum_M COSHE_M \times Y_M \\
 & \left. \left. + \sum_M \sum_K COSTMA_{MK} \times U_{MK} \right) \right) \quad (1)
 \end{aligned}$$

### Restricciones

$$X_{PM} \geq DEM_{PM} \quad \forall P, M \quad (2)$$

$$\sum_P T_P \times X_{PM} \leq TDM_M + MAXHE_M \quad \forall M \quad (3)$$

$$(\sum_P T_P \times X_{PM}) - TDM_M \leq MAXHE_M \times Y_M \quad \forall M \quad (4)$$

$$INV_{PM1} = INV1_P + X_{PM1} - DEM_{PM1} \quad \forall P, M \quad (5)$$

$$INV_{PM} = INV_{PM-1} + X_{PM} - DEM_{PM} \quad \forall M > 1, P \quad (6)$$

$$INV_{PM} \geq INVMIN_P \quad \forall P, M \quad (7)$$

$$U_{MK} = \sum_P X_{PM} \times REQ_{PK} \quad \forall M \quad (8)$$

$$\sum_P U_{MK} \leq \sum_V CAPVE_{VM} + CAPVEH \quad \forall M \quad (9)$$

$$\sum_P U_{MK} - \sum_V CAPVE_{VM} \leq CAPVEH \times W_M \quad (10)$$

$$X_{PM}; U_{MK}; INV_{PM} \geq 0 \quad (11)$$

$$Y_M \begin{cases} 1 & \text{Si se contrata el vehículo extra} \\ 0 & \text{No se contrata el vehículo extra} \end{cases} \quad (12)$$

$$W_M \begin{cases} 1 & \text{Si se trabajan horas extras} \\ 0 & \text{No se trabajan horas extras} \end{cases} \quad (13)$$

## Definición del modelo matemático

**Conjuntos.** El modelo fue diseñado en referencia a 6 distintos tipos de productos, su desempeño mensual durante un año, cuatro tipos de materiales y tres vehículos fijos.

### Variables

**Variables enteras:** estas variables determinan el marco de la planeación de producción, están representadas por unidades de material o producto en los distintos meses del año.

**Variables binarias:** las variables binarias son las que activan ciertos tipos de costos extras en la función objetivo, estas determinan si se realiza o no la acción para generar un valor adicional por adquisición o utilización.

**Función objetivo.** Este modelo brinda un resultado óptimo en el que maximizan las utilidades, esto se logra teniendo como base las ventas de sus productos. La ecuación (1) relaciona el precio de venta de los productos, es decir, los ingresos y los costos fijos y variables de producción en cada mes del año. Algunos de estos costos son adicionados al llevar a cabo una labor extra ya sea obteniendo una bonificación mensual por horas o el alquiler de un vehículo.

**Restricciones.** Para el modelamiento del plan de producción se tuvo en cuenta una serie de restricciones para el modelamiento, la capacidad en horas operacionales, la capacidad de almacenamiento de producto terminado, la cantidad disponible de los distintos tipos de materiales, la capacidad de vehículo y otros factores que se encuentran sujetos al modelamiento.

La demanda tiene fluctuaciones durante todo el año, se propone un pronóstico como forma de alcance o diagnóstico de esta. La ecuación (2) representa la cantidad mínima a producir de cada producto mensualmente

para atender al mercado. La ecuación (3) hace referencia al tiempo disponible para la elaboración de los productos al mes, este tiene que ser menor o igual al tiempo disponible regular más el tiempo de horas extra. Además, en la ecuación (4) se anexa una variable binaria para indicar que, en caso de no ser suficiente la capacidad horaria mensual para la producción, se activen las horas extras.

La ecuación (7) establece un mínimo de los productos que, por políticas de la empresa, se pueden tener en inventario, para esto se hace un balance del inventario; por lo cual la ecuación (5) hace referencia al inventario del mes 1, considerando un supuesto de un inventario inicial de cero. Cabe aclarar que la ecuación (6) modela el inventario de los meses siguientes.

Cada producto requiere de materiales específicos, por ende, la ecuación (8) plantea que las cantidades de materiales a pedir van a ser iguales a las cantidades a fabricar de un producto específico por su material requerido. La ecuación (9) centra esfuerzos en la capacidad de materia que pueden transportar los vehículos (láminas de vidrio o aluminio) a la empresa y la ecuación (10) da la asignación de uno extra en caso de que los materiales a pedir sobrepasen la capacidad normal.

La ecuación (11) hace referencia a la no negatividad, es decir, que ninguna de las variables de decisión en el modelo puede ser negativa y, por último, las ecuaciones (12) y (13) nos indican que las variables presentadas deben ser binarias, deben dar 0 o 1.

## **Validación del modelo**

Para validar el modelo matemático se tomó un conjunto de datos contruidos con el fin de confirmar que los resultados de la asignación sean congruentes con la realidad, por medio de la incorporación de distintos parámetros o variables tomados en cuenta, como los tipos de productos, número de materiales, número de vehículos fijos y los costos de producción para realizar la codificación en el software GAMS. Se observó qué tan veraz era el modelo, con el propósito de obtener valores teóricos que luego se compararon con los valores reales. Esta comparación se elaboró con el objeto de verificar si concuerda el desempeño entre el modelo y el escenario real.

## Resultados y discusión

Una vez modelado matemáticamente el problema evidenciado en el artículo, por medio de la programación entera mixta en el software optimizador GAMS, se logró presentar una solución óptima en la cual se maximizan las utilidades en una cantidad monetaria de \$103,147.000. Asimismo, esto arrojó como resultado una planificación más adecuada para poder llevar a cabo este objetivo.

**Tabla 1**  
*Plan de producción del primer semestre del año.*

	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>
<b>P1</b>	23	20	26	19	26	29
<b>P2</b>	32	11	24	8	24	29
<b>P3</b>	32	41	8	12	8	9
<b>P4</b>	6	20	22	32	22	6
<b>P5</b>	18	2	2	2	2	2
<b>P6</b>	24	22	18	24	18	96

**Tabla 2**  
*Plan de producción del segundo semestre del año.*

	<b>M7</b>	<b>M8</b>	<b>M9</b>	<b>M10</b>	<b>M11</b>	<b>M12</b>
<b>P1</b>	23	30	36	30	24	24
<b>P2</b>	30	21	19	16	29	32
<b>P3</b>	30	15	9	16	29	20
<b>P4</b>	4	6	4	2	4	6
<b>P5</b>	20	13	15	18	21	19
<b>P6</b>	20	20	14	14	14	20

*Nota.* Fuente: construcción propia.

Con estos resultados se propone un plan base de producción en el que se evidencia la cantidad a producir mensual por cada producto, respetando todas las restricciones que presenta el modelo. Este permite tomar mejores decisiones administrativas cuantificables respecto a la producción para atender a la demanda fluctuante del mercado.

Cabe resaltar que este modelo le prevé información a la vidriera sobre su stock en almacenamiento, lo que le permite controlar las cantidades a producir en sus próximos periodos, entendiéndose así un modelo real de

planeación de la producción. Los inventarios arrojados por el programa se muestran a continuación:

**Tabla 3**  
*Inventarios de los productos finales en los meses del año.*

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
<b>P1</b>	3	3	3	3	3	3
<b>P2</b>	22	23	23	23	38	57
<b>P3</b>	22	53	53	53	53	53
<b>P4</b>	3	20	47	74	92	95
<b>P5</b>	16	16	16	16	16	16
<b>P6</b>	4	6	6	14	15	96

*Nota.* Fuente: construcción propia.

**Tabla 4**  
*Inventarios de los productos finales en los meses del año.*

	M7	M8	M9	M10	M11	M12
<b>P1</b>	3	3	3	3	3	4
<b>P2</b>	73	75	76	77	87	98
<b>P3</b>	73	77	78	82	97	100
<b>P4</b>	96	97	98	98	98	99
<b>P5</b>	33	42	54	69	86	100
<b>P6</b>	98	98	98	99	99	99

*Nota.* Fuente: construcción propia.

Por otra parte, el modelo nos indica que en los meses de agosto, septiembre y octubre se hace necesario requerir horas extras para poder cubrir con la demanda. Asimismo, en los meses de enero, julio, noviembre y diciembre se requiere la subcontratación de otro vehículo para poder transportar materiales debido a que la capacidad de los dos caminos no es suficiente, es decir, los materiales solicitados superaron la capacidad de los vehículos. Lo anterior permite cumplir con el plan de producción de una forma factible. Adicionalmente, este modelo le permite a la empresa conocer las cantidades de materia prima a pedir dependiendo de la demanda y el material requerido, lo cual incide en la reducción de inventarios y la mejora de la atención a los clientes.

Es importante mencionar que la empresa cuenta con una diversidad de parámetros que afectan sus utilidades, algunos de estos son representaciones reales que no se ven evidenciados en los modelamientos matemáticos o pueden ser empleados como supuesto; la vidriería anualmente percibe utilidades aproximadas de \$80,658.000 (valor del año anterior brindado por los libros contables), esto es consecuencia de una forma empírica de planeación, formada por decisiones basadas solo en supuestos de los administrativos sobre la demanda que tienen de los productos de la empresa.

Con el modelo propuesto en este artículo, se prevé que la vidriería tenga un aumento de la utilidad de aproximadamente \$22,489.000 anuales, que es una diferencia monetaria significativamente amplia en relación a su método actual de planeación.

## **Conclusiones**

Mediante el modelamiento matemático en el software de optimización GAMS, se logra plasmar situaciones problemas de la vida real atendiendo a una gran similitud, como es el caso de la vidriería. A través de este artículo se revisó el modelamiento del proceso productivo para la elaboración de un sistema de multiproducto, el cual evidenció la falta de planificación de la producción relacionada a la carencia de medidas logísticas para manejar su inventario de material, las cantidades a pedir de este mismo y, a su vez, la disponibilidad de horas de trabajo y vehículos, aspectos que repercuten en la atención a la demanda y el retraso de los pedidos. Para llevar a cabo esto, se tuvo como objetivo la maximización de utilidades que encasillaron parámetros como los ingresos de la venta de los artículos, los costos fijos y variables propias de desarrollar la actividad productiva. Todo con el fin de obtener un resultado óptimo para la toma de decisiones de gestión logística y productiva de la empresa.

Los resultados obtenidos mediante este modelo pueden usarse como una guía cuantitativa de todas las decisiones que quiera tomar la empresa con respecto a su producción, o también pueden convertirse en una base para investigaciones futuras que quiera hacer la compañía con respecto a la continua optimización de los procesos que realice para el beneficio de la misma.

## Referencias

- Alianza Estratégica. (2015). Tecnoglass, como un vidrio templado (Revista Dinero).
- Govindan, K. &. (2015). Investigating risk and robustness measures for supply chain network design under demand uncertainty: A case study of glass supply chain. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092552731500>.
- Hillier, S., & Lieberman, G. (2010). Introducción a la programación lineal. In *En Introducción a la Investigación de Operaciones* (pp. 21-22). México: McGraw Hill/Inter Americana Editores.
- Simchi-Levi. (2001). *Defining supply chain management*. *Journal of bussines logistics*. Retrieved from [http://web.nchu.edu.tw/~pfsum/SCM/Wiki\\_SCM.pdf](http://web.nchu.edu.tw/~pfsum/SCM/Wiki_SCM.pdf)
- Universidad del Rosario. (2018). Negocios. *Colombia debe dejar de atomizar la cadena de suministro*. Colombia.