

Cadena logística integrada un apoyo al sector agrícola

**Germán Méndez
Giraldo**

**Marco Pinzón
Castiblanco**

RESUMEN

Las empresas productoras del sector agrícola, han sufrido los impactos de la globalización y apertura económica, probablemente es el sector que más esfuerzos ha hecho y aún deba hacer por mejorar sus niveles de productividad encausando a incrementar su competitividad. Esfuerzos como la inclusión de los “cluster” como integración logística de las cadenas de transformación ha mostrado sus bondades, sin embargo, se debe incorporar más y mejores técnicas para la gestión empresarial, este artículo pretende no sólo encadenar las más novedosas técnicas de gestión como son la planeación de requerimientos de distribución (DRP) y la planeación de los requerimientos de materiales (MRP), sino que se basa en las más robustas técnicas de la investigación operacional clásica.

Palabras Claves: Cadena logística, DRP, MRP, Transporte, estructuras divergentes, grafos.

ABSTRACT

The agricultural sector companies, have suffered the impacts of the global market and economical opening, it probably is the sector that more efforts should make by improving their levels of productivity prosecuting to increment their competitiveness. Efforts like the inclusion of the cluster, like integration logistics of the chains of transformation has shown their kindness. However, it should incorporate more and better technical for the managerial administration, this article pretends, not only, shows the more technical of administration, like they are the distribution requirements planning (DRP) and the material requirements planning (MRP), but rather, it base an opinion on the most robust technical of the classical operational research.

Key words: Chain logistics, DRP, MRP, Transport, divergent structures, graphs.

0. INTRODUCCIÓN

La producción de un país se encuentra integrada por el volumen producido por todas las actividades económicas que se realizan en él. La producción global se ha dividido en tres sectores económicos que a su vez están integrados por varias ramas productivas. Estos son: Sector agropecuario o también llamado sector primario de la economía, conformado por la agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca.

El sector industrial, también llamado sector secundario de la economía. Se divide en dos subsectores: industria extractiva e industria de transformación. Y el sector servicios. También llamado sector terciario de la economía. Incluye todas aquellas actividades no productivas pero necesarias para el funcionamiento de la economía. Algunas ramas del sector servicios son: comercio, restaurantes y hoteles, transporte, comunicaciones, servicios financieros, servicios de educación, gobierno; etcétera. Los únicos sectores productivos de la economía son el agropecuario y el industrial que producen bienes tangibles. El sector servicios no es productivo, aunque sí necesario. Hay relaciones entre los tres sectores de la economía llamadas relaciones inter-sectoriales en que se basa la economía tradicional y que hoy por hoy también se le reconoce su valor [1].

Un caso bastante particular y no menos importante es la cadena alimenticia, para Clase Empresarial [2], a nivel industrial, según el Dane, los productos alimenticios aportan alrededor del 27 por ciento del valor agregado industrial, constituyéndose en el que mayor contribución hace al valor agregado manufacturero. Si bien la recesión ha tocado a todos los sectores de la economía, el de alimentos y todo lo relacionado con la cadena de comidas, continúa con su dinámica y aunque ha perdido impulso, se sostiene.

El consumidor final es quien ha protagonizado, en el negocio de las comidas rápidas, cambios significativos en un contexto que podría resumirse en: caída de la demanda, sostenimiento en ventas, reducción de márgenes de utilidades, la entrada de nuevos actores y la imposibilidad de incrementar precios al consumidor. Ante este panorama, las estrategias para seguir en escena, se resumen así: reducción de precios, según la competencia, promociones en todas las épocas del año, convenios extraordinarios con los proveedores tradicionales, incorporación de nuevos estándares de calidad para atraer o retener clientes e implementación de esquemas de motivación del personal y mejores métodos de gestión de recursos, en aras de mayor productividad.

La proliferación de convenios no es gratuita. Obedece a un cambio en la concepción de desarrollo regional, por ejemplo, con la creación de los *clusters* y el fomento de las cadenas productivas se dan las mejores alternativas para generar un crecimiento sostenido en las regiones. Según Clase Empresarial, los *clusters* son los conglomerados de empresas, que gracias a su cercanía geográfica y al encadenamiento de sus productos, se asocian para maximizar su productividad. Va más allá de la cadena, en una economía

Según el Dane, los productos alimenticios aportan alrededor del 27 por ciento del valor agregado industrial, constituyéndose en el que mayor contribución hace al valor agregado manufacturero.

Junto con el trigo, el maíz y el arroz, la papa integra los cuatro cultivos más importantes de la humanidad, no solo por su gran producción, sino también porque forma parte del consumo diario de alimentos de la casi totalidad de los habitantes de la tierra.

de red, en la cual cada elemento, proveedores, centros de investigación, universidades, logística, añaden valor.

Frente al reto de manejar aspectos de la logística en la cadena de abastecimiento cliente-proveedor, parece a simple vista, más conveniente manejar estos temas separadamente en cada eslabón de dicha cadena, frente a disponer de una estructura organizacional que centralice estas actividades, no obstante, existe múltiples ejemplos donde se demuestra como los objetivos particulares de una área funcional de la cadena logística se ve afectada por decisiones en otras instancias de la organización. Este artículo pretende resolver el problema de abastecimiento de materias primas de una manera integral y para ello se vale de un caso de suma importancia, riqueza teórica y práctica como es el de la papa y la actividad industrial de los pre congelados.

I. PROBLEMA DE ABASTECIMIENTO DE LA PAPA EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

Junto con el trigo, el maíz y el arroz, la papa (*Solanum tuberosum*) integra los cuatro cultivos más importantes de la humanidad, no solo por su gran producción, sino también porque forma parte del consumo diario de alimentos de la casi totalidad de los habitantes de la tierra. La producción mundial de papa -estimada en 260 a 270 millones de toneladas anuales- representa aproximadamente la mitad de la producción mundial de todas las raíces y tubérculos, en un área de cultivo próxima a los 18 millones de hectáreas. Este producto llega a mas de mil millones de consumidores de todo el mundo; dentro de este total, figuran 500 millones de consumidores de los países en vías de desarrollo (FAO, 1995).

En efecto, aunque hay múltiples variedades nativas que se cultivan en las zonas altas, más de 2000 metros, son de difícil comercialización a gran escala, por las precarias vías de acceso aunque constituyen fuente de trabajo de gran importancia y de realce en el sistema económico informal. Las principales dificultades del cultivo y comercio de la papa se pueden catalogar en factores: económicos, migración, abandono de las prácticas culturales, preferencia por otros productos. La utilización de semillas de baja calidad, y factores de orden fitopatogénos.

Un caso especial es la papa criolla (solanum phureja) que además de las irregularidades propias de la papa, se le añade dos grandes problemas frente a la papa de año o común, estos son: la alta perecibilidad, máximo dura tres días antes de echar raíces o descomponerse; y el otro factor, es que en la actualidad no se dispone de un sistema de producción estable, razón por la cual una buena alternativa es su uso pre congelado para garantizar mejores condiciones sanitarias y una oferta regular.

II. SISTEMAS MRP - DRP

1. Definición MRP

Las siglas MRP corresponden a material requirements planning o planificación de necesidades de materiales. Suele añadirse un uno (I), para distinguirlas de las siglas MRP II (manufacturing resources planning) utilizadas para designar un procedimiento más general que constituye, en cierta forma, su prolongación o perfeccionamiento. Los primeros desarrollos del MRP datan de 1950. Fue en 1954 cuando Andrew Vaszonyi describió el problema y presentó un enfoque basado en el álgebra matricial (bajo el nombre de método gozinto). A finales de los sesenta, Joseph Orlicky, desde IBM, empezó a popularizar el procedimiento, al que dio el nombre de MRP, constituyendo un momento culminante la publicación de su libro Material requirements planning en 1975. [4].

El MRP se basa en dos ideas básicas: 1) La demanda de la mayoría de los artículos no es independiente; únicamente la de los productos terminados, la demanda de los demás depende de la de éstos. 2) Las necesidades de cada artículo y el momento en que deben ser satisfechas estas necesidades, se pueden calcular a partir de unos datos bastante sencillos: las demandas independientes y la estructura del producto (enriquecido con los plazos de elaboración y de aprovisionamiento) [5], [6].

La arquitectura básica, ver figura 1(a), muestra un grafo orientado convergente donde en el nodo de nivel más alto se presenta el producto final y en los niveles intermedios los subproductos, ensambles hasta el último nivel (inferior) que denotan los materiales básicos o materias primas[7]. Para el arco $A(i,j)$, se les asocia dos vectores $R(i,j)$ y un vector $T(i)$ que representan el recurso necesario para una unidad de j del recurso i y el vector T es el lead time para un lote (i) [8]. Sin embargo en los sistemas MRPII que involucran las capacidades este vector T depende de la capacidad de trabajo de los diferentes sitios de trabajo y su correspondiente carga de trabajo [9].

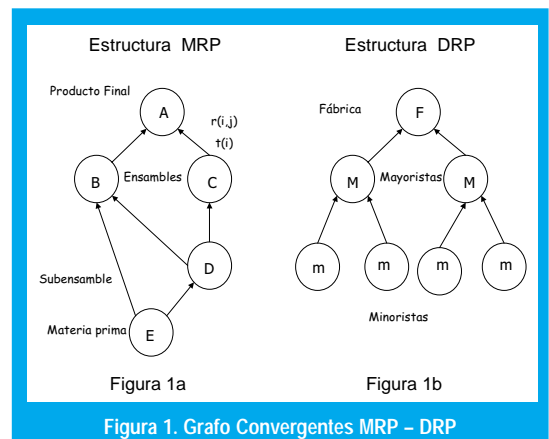


Figura 1. Grafo Convergentes MRP - DRP

2. Definición DRP

El DRP se define como la planeación de requerimientos de distribución, al igual que en el MRP sus estructuras se basan en un grafo orientado en donde los nodos representan los distintos puntos de una cadena logística de distribución.

Su estructura convergente define como se integran (suman) los requerimientos de las demandas en los eslabones, esto puede representar sistemas de pronósticos verticales o cualquier otra forma de planeación de demandas [10].

El DRP es entonces un proceso administrativo que determina las necesidades de inventario en las distintas localidades y asegura que las fuentes de abastecimiento sean capaces de conocer la demanda. Una vez que se ha desarrollado los pronósticos, se puede usar la planeación de requerimientos de distribución permite coordinar el reabastecimiento de los inventarios de distribución. El DRP tiene el mismo formato y lógica que el MRP, pero usa vectores de cantidad detallada de necesidades, en tránsito, y los embarques planificados.

Los arcos son del tipo $A(r)$ donde r es el requerimiento de productos en el nodo de distribución en el nodo i . Desde luego que este vector puede ser n -dimensional donde se puede consignar información como el tipo de producto, la cantidad y el momento en el tiempo de la necesidad, ver figura 1(b).

3. Integración MRP-DRP

Uno de los principios claves de MRP es que se trabaja sobre la base del tiempo desfasado; en cierto sentido el DRP es un espejo del MRP ya que en ambos se determinan los requerimientos para los productos finales. El énfasis se da en la identificación y anticipación de los requerimientos de los clientes en el punto de la demanda y este nivel “jalona” los requerimientos hacia abajo en la estructura del producto. En términos reales no es tan fácil integrar los dos sistemas ya que se trabajan un sinnúmero de requisitos entre los que se destaca la calidad en los canales de comunicación con los clientes y los proveedores; este sistema integral abarca toda la cadena logística de manufactura.

Además del volumen de información exigido y del cual se habla más adelante, requiere de un sistema flexible tanto en los subsistemas de manufactura como de distribución, esto implica conciliar las decisiones entre lotes y costos (efectos de economía de escala) [11]; es posible trabajar con grandes corridas de producción mediante la incorporación de mejores formas de trabajo tales como la automatización o la tecnología de grupos. También requiere flexibilidad en la distribución para no desbordar los niveles de seguridad en aras de mejorar la función de servicio al cliente.

El contacto con el proveedor y el cliente requiere de un trabajo más estrecho, de esta manera se tiene una mejor visión de los requerimientos futuros y un mejor dominio del mercado, de manera análoga requiere una estrecha relación con los proveedores. Esto garantiza una mejor planeación de recursos en todos los niveles del negocio, un mejor control del flujo de materiales, desde los componentes hasta los productos finales y finalmente ocasionando una reducción en los inventarios y por ende en los costos.

III. METODOLOGÍA

A continuación se presenta un caso de orden teórico que se basa en los conceptos de cadena, es decir que se supone un arreglo institucional entre diferentes agentes: Productores de papa criolla, fabricantes de papa pre congelada y comercializadores de productos terminados, así mismo se supone la integración en la medida que las decisiones de un agente debe estar en concordancia con las de otros agentes, esto es, que mientras el fabricante requiere producir en un momento dado, debe garantizar el suministro de papa y para ello el productos (campesino) debe anticiparse en su siembra; de igual manera existe esta sincronización entre el comercializador y el fabricante.

1. Definición del Problema

Como se ha mencionado, el problema consiste en asegurar el correcto suministro de los productos terminados, como son: colas, anillos, dedos y figuras de papa criolla pre congelada en distintas unidades de empaque y de distintos tamaños, en general, para ello se acoge a los distintos estudios de mercado. Estos suministros pasan a los distintos centros de distribución, que además de variar geográficamente, pueden cambiar por el tamaño y volumen del suministro, principalmente se trabaja la región Cundi-Boyacence en tiendas de cadena, supermercados y puntos de distribución minoristas.

De esto se debe calcular los requerimientos de material, pero para este trabajo sólo se incluye el material básico, es decir la papa criolla, otros materiales como aceites, colorantes, preservativos y los de empaque; se trabajan convencionalmente como un MRP. Para ello, se determinan los requerimientos brutos y la planeación del suministro, mediante el análisis de proveedores, es decir, determinar las distintas extensiones a cultivar en las distintas épocas del año. Desde luego que esto requiere también utilizar otras herramientas que garanticen los costos mínimos de transporte desde las fincas a la fábrica.

Lo anterior puede ser expresado mediante un grafo divergente-convergente como el que se observa en la figura 2. En este se ha simplificado los niveles de las estructuras pero en cualquier caso, los sistemas de información deberán ser capaces de representarlos.

El problema consiste en asegurar el correcto suministro de los productos terminados, como son: colas, anillos, dedos y figuras de papa criolla pre congelada en distintas unidades de empaque y de distintos tamaños.

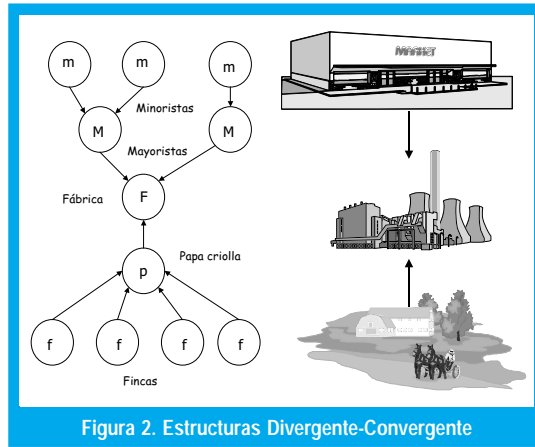


Figura 2. Estructuras Divergente-Convergente

2. Generación del Modelo DRP

La construcción del modelo para la planeación de requerimientos de distribución en poco se difiere de la tradicional, se busca determinar los diferentes niveles en las cadenas de abastecimiento, para el caso de la papa criolla precongelada se tienen 3 niveles como ya se mencionó: Minoristas, mayoristas y varias fábricas de producción. Las variables utilizadas para el modelo son:

- D_{kmt} : Demanda del producto k para el minorista m en el período t .
- RB_{kmt} : Requerimiento bruto del producto k para el minorista m en el período t .
- IAM_{kmt} : Inventario a mano del producto k para el minorista m en el período t .
- RN_{kmt} : Requerimiento neto del producto k para el minorista m en el período t .
- PCO_{kmt} : Plan de colocación de órdenes del producto k para el minorista m en el período t .
- PRO_{kmt} : Plan de recepción de órdenes del producto k para el minorista m en el período t .
- RB_{kMt} : Requerimiento bruto del producto k para el mayorista M en el período t .
- IAM_{kMt} : Inventario a mano del producto k para el mayorista M en el período t .
- RN_{kMt} : Requerimiento neto del producto k para el mayorista M en el período t .
- PCO_{kMt} : Plan de colocación de órdenes del producto k para el mayorista M en el período t .
- PRO_{kMt} : Plan de recepción de órdenes del producto k para el mayorista M en el período t .
- RB_{kFt} : Requerimiento bruto del producto k para la fábrica en el período t .
- IAM_{kFt} : Inventario a mano del producto k para la fábrica en el período t .
- RN_{kFt} : Requerimiento neto del producto k para la fábrica en el período t .
- PCO_{kFt} : Plan de colocación de órdenes del producto k para la fábrica en el período t .
- PRO_{kFt} : Plan de recepción de órdenes del producto k para la fábrica en el período t .
- RB_{Ft} : Requerimiento bruto de papa para la fábrica en el período t .

- IAM_{Ft} : Inventario a mano de papa para la fábrica en el período t .
- RN_{Ft} : Requerimiento neto de papa para la fábrica en el período t .
- PCO_{Ft} : Plan de colocación de órdenes de papa para la fábrica en el período t .
- PRO_{Ft} : Plan de recepción de órdenes de papa para la fábrica en el período t .

El modelo matemático utilizado para el caso de los minoristas es el siguiente:

- D_{kmt} para cada tipo de producto k , para cada tipo de minorista m y para cada período t . Dada por el pronóstico de cada producto en cada mes t .
- $RB_{kmt} = (D_{kmt} + SS_{kt})$ para cada tipo de producto k , para cada tipo de minorista m y para cada período t .
- Se ajusta el pronóstico sumando (si se requiere) un inventario de seguridad para cada tipo de producto, en cada período t .
- $IAM_{kmt} = IAM_{kmt-1} + PRO_{kmt-1} - RN_{kmt-1}$ para cada tipo de producto k , para cada tipo de minorista m y para cada período t . Depende del inventario anterior más la llegada menos el requerimiento neto del producto k en cada período.
- $RN_{kmt} = RB_{kmt} - IAM_{kmt}$ para cada tipo de producto k , para cada tipo de minorista m y para cada período t . Es el requerimiento bruto menos el inventario a mano para cada minorista, producto y período.
- $PCO_{kmt-lt} = Mayor_Entero (RN_{kmt}/Tl_k)$ para cada tipo de producto k , para cada tipo de minorista m y para cada período t . Es el requerimiento neto pero lt unidades de tiempo anticipado, lt significa el tiempo de reposición que le da el mayorista al minorista m . También se ajusta al mayor entero siguiente dividiendo la demanda más la seguridad por el tamaño de lote que representa l a una unidad de empaque.
- $PRO_{kmt} = PCO_{kmt-lt}$ para cada tipo de producto k , para cada tipo de minorista m y para cada período t . Es el mismo pedido colocado pero lt tiempo más tarde.

De igual manera se trabaja el modelo matemático en el caso de los mayoristas:

- $RB_{kMt} = \sum_k RB_{kmt}$ para cada tipo de producto k , para cada tipo de mayorista M y para cada período t . Se totaliza para todos los minoristas que tiene cada mayorista y por cada tipo de producto en cada período de tiempo.
- $IAM_{kMt} = IAM_{kMt-1} + PRO_{kMt-1} - RN_{kMt-1}$ para cada tipo de producto k , para cada tipo de mayorista M y para cada período t . Depende del inventario anterior más la llegada menos el requerimiento neto del producto k en cada período.
- $RN_{kMt} = RB_{kMt} - IAM_{kMt}$ para cada tipo de producto k , para cada tipo de mayorista M y para cada período t . Es el requerimiento bruto menos el inventario a mano para cada minorista, producto y período.
- $PCO_{kMt-lt} = Mayor_Entero (RN_{kMt}/Tl_k)$ para cada tipo de producto k , para cada tipo de mayorista M

y para cada período t . Es el requerimiento neto pero lt unidades de tiempo anticipado, este lt ahora es el tiempo de reposición que le da la fábrica al mayorista. También se ajusta al mayor entero siguiente dividiendo la demanda más la seguridad por el tamaño de lote que representa la una unidad de empaque.

- $PRO_{kMt} = PCO_{kMt-lt}$ para cada tipo de producto k , para cada tipo de mayorista M y para cada período t . Es el mismo pedido colocado pero lt tiempo más tarde.

Para la fábrica se trabaja el siguiente modelo matemático:

- $RB_t = \sum_M \sum_k RB_{kMt} \cdot q_k$ para cada tiempo de planeación t . Se totaliza para todos los mayoristas y por cada producto, el requerimiento de papa criolla, para esto se utiliza una norma de consumo marginal por cada producto k , en cada período de tiempo.
- $IAM_t = IAM_{t-1} + PRO_{t-1} - RN_{t-1}$ para cada tiempo de planeación t . Depende del inventario anterior más la llegada menos el requerimiento neto en cada período.
- $RN_t = RB_t - IAM_t$ para todo tiempo de planeación t . Es el requerimiento bruto menos el inventario a mano.
- $PCO_{t-lt} = Mayor_Entero (RN_t / Tl)$ para cada tiempo de planeación t . Es el requerimiento neto pero lt unidades de tiempo anticipado, este lt ahora es el tiempo de reposición que las fincas productoras le dan a la fábrica. También se ajusta al mayor entero siguiente dividiendo la demanda más la seguridad por el tamaño de lote que representa la una unidad de empaque, en este caso puede ser el bulto, la arroba o cualquier otra.
- $PRO_t = PCO_{t-lt}$ para cada tiempo de planeación t . Es el mismo pedido colocado pero lt tiempo más tarde.

En este momento se ha homogeneizado los requerimientos a un solo tipo de producto, esto es, papa criolla (solanum phureja). Hasta este momento concluye los requerimientos para la distribución y comienza el trabajo de los requerimientos de material.

3. Generación del Modelo MRP

La construcción del modelo para la planeación de requerimientos de materiales, como ya se mencionó sólo utiliza la papa criolla, aunque después puede ser ampliado a los demás requerimientos de material tales como insumos y material de empaque. En este modelo si existen modificaciones sustanciales con los modelos clásicos e incluso es interrelacionado con otras técnicas de la investigación de operaciones. Las variables utilizadas para el modelo son:

- PR_t : Cantidad de papa criolla requerida en el período t .
- PRS_t : Cantidad de papa criolla requerida como máximo en el período t .
- PRI_t : Cantidad de papa criolla requerida como mínimo en el período t .

- Rto : Es el Rendimiento de una hectárea de siembra de papa criolla.

El modelo matemático utilizado para el caso de los suministros es el siguiente:

- $PR_t = PCO_t$ para cada período t de planeación. Dada por el plan de colocación de órdenes para la fábrica en cada mes t .
- $PRS_t = PR_t \cdot Fs$ para cada período t de planeación. Se ajusta el requerimiento de papa a un límite superior Fs ; este valor puede ser 1.1 que indica un 10% más allá del requerimiento neto; esto se usa para proteger los niveles de pedidos de productos terminados o como factor de seguridad para suplir demandas no contempladas en el DRP.
- $PRI_t = PR_t \cdot Fi$ para cada período t de planeación. Se ajusta el requerimiento de papa a un límite inferior Fi ; este valor puede ser 0.9 que indica un 10% menos del requerimiento neto; esto se usa para absorber el aumento de la productividad de la papa o para disminuir en los requerimientos de productos terminados dados en las demandas del DRP.
- Rto = Como factor de rendimiento este varía de época a época, de la calidad de la semilla y de otras condiciones ambientales para el caso ilustrativo se tiene 11.5 toneladas por hectárea cultivada.

4. MODELO DE COSTO MÍNIMO

Para determinar las cantidades de hectáreas a sembrar en cada momento del tiempo, además de indicar que cantidad se transporta a qué fábrica para efectos de minimizar los costos totales de cultivo y de transporte. En el modelo asociado utiliza las siguientes variables de decisión:

- Y_{it} : Decisión de sembrar en la región i para el período $t1$, existe M regiones o centros de acopio dedicados a la siembra, en este caso pueden ser de carácter cooperativo o de libre tenencia. El número de períodos de siembra $t1$ varían hasta $T1$ que es el máximo número de cosechas por año.
- X_{it} : Cantidad de Hectáreas a sembrar en la región i y en el período $t1$.
- Q_{ijt} : Cantidad de Hectáreas de papa a transportar desde la región i hasta la fábrica j en el período $t2$. Donde el número de fábricas de proceso varía a N y el período de consumo $t2$ varía hasta el horizonte de planeación, $T2$.

Los parámetros son:

- Cpr_{it} : Costo de preparación de la región i para el período $t1$.
- Cs_{it} : Costo de sembrar una hectárea en la región i para el período $t1$.
- Ct_{ijt} : Costo de transportar una hectárea de papa desde la región i a la fábrica j en el período $t2$.
- Cap_{it} : Capacidad de siembra en hectáreas de la región i en el período $t1$.
- Dem_{jt} : Cantidad requerida en hectáreas de papa en la fábrica j para el período $t2$.
- Cp : Tiempo que dura la cosecha de papa.

En este modelo si existen modificaciones sustanciales con los modelos clásicos e incluso es interrelacionado con otras técnicas de la investigación de operaciones.

El modelo matemático es el siguiente:

$$\text{MIN } F(Y, X, Q) = \sum_{i=1}^M \sum_{t1=1}^{TS} Cpr_{its} Y_{its} + \sum_{i=1}^M \sum_{t1=1}^{TS} Cs_{its} X_{its} + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{t2=1}^{TC} Ct_{ijt2} Q_{ijt2}$$

s.a. :

$$X_{it1} \leq Cap_{it1} Y_{it1} \quad \text{para cada región } i \text{ y para cada período de siembra } t1.$$

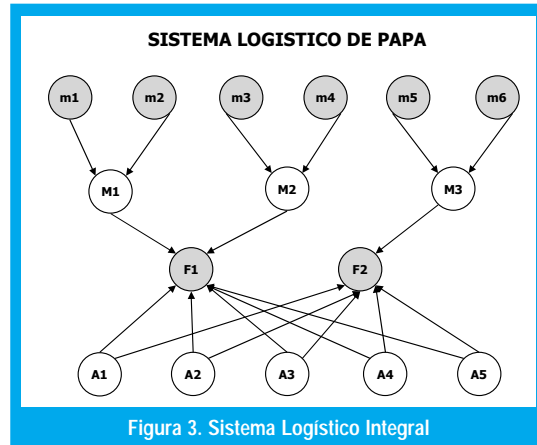
$$\sum_{i=1}^N \sum_{k=w}^{K=W} Q_{ijk} \leq X_{it1} \quad \text{para cada región } i \text{ y para cada período de siembra } t1.$$

El valor del índice k se calcula mediante la recursividad dada por w en donde este es el valor del período de siembra anterior más uno y W es el valor de w más el período de cosecha, para este caso se toma de 4 meses.

$$\sum_{i=1}^N Q_{ijt2} = Dem_{jt2} \quad \text{para cada fábrica } j \text{ en cada período de consumo } t2.$$

5. CASO ILUSTRATIVO

Este caso ilustrativo consiste en 6 minoristas, 3 mayoristas, 2 fábricas y 5 centros de acopio de papa. Los consumos se homogeneizan a kilos de papa pre congelada por mes para los minoristas, mayoristas y la fábrica, mientras que para los centros de acopio se decodifica a hectáreas de cultivo.



Las tablas de datos básicos para este caso se muestran a continuación, la tabla N°1 representan las demandas para los seis minoristas, la tabla N°2 representan los lotes de seguridad y tiempo de reposición para los minoristas, mayoristas y las fábricas. La tabla N°3 muestra los requerimientos agregados de papa criolla en toneladas/mes, una vez se ha aplicado el DRP, las tablas N°4 y 5 son el resumen de los requerimientos de hectáreas de siembra, aparecen los valores promedio, optimista y pesimista. Finalmente en las tablas N°6 y N°7 se muestran los costos y demás parámetros utilizados para los centros de acopio.

Tabla N° 1. Demandas Pronosticadas de Productos Precongelados (Tn/Mes)

Minorista	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
m1	1178	1490	1552	1527	1392	1149	1667	1296	1918	1675	1848	1969
m2	1271	1009	923	1149	1179	1060	1164	1192	1157	972	911	1176
m3	1378	1355	1142	1414	1051	1354	1272	1363	1332	1479	1458	1354
m4	1926	1619	1937	1892	1364	1669	1771	1877	1690	1472	1603	1822
m5	947	1177	911	1191	957	950	960	920	921	1054	914	935
m6	1887	1992	1613	1506	1904	1729	1776	1596	1414	1746	1534	1561

Tabla N° 2. Parámetros utilizados en el DRP

Parámetros	m1	m2	m3	m4	m5	m6	M1	M2	M3	F1	F2
SS (Tn)	1000	2500	250	250	1800	600	1000	1000	1200	1000	1000
IAM (Tn)	2000	4000	200	180	2400	2500	3000	2000	4000	3000	2000
LT (Mes)	1	2	0	0	1	2	1	1	1	1	1

Tabla N° 3 Demanda de Papa Criolla por Fábrica (Tn/Mes)

Tiempo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
F1	10297	5467	5355	7910	5672	6927	7192	7225	6180	6507	4555	0
F2	11326	6013	5890	8701	6239	7619	7911	7947	6798	7157	5010	0
TOTAL	10193	5411	5301	7830	5615	6857	7119	7152	6118	6441	4509	0

Tabla N° 4 Requerimiento de Hectáreas de Siembra de Papa Criolla Fábrica I

Tiempo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PR	429	609	668	605	592	645	560	671	597	664	285	0
PRS	471	669	734	665	651	709	616	738	656	730	313	0
PRI	386	548	601	544	532	580	504	603	537	597	256	0

Tabla N° 5 Requerimiento de Hectáreas de Siembra de Papa Criolla Fábrica II

Tiempo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PR	190	350	448	389	395	370	338	386	375	358	135	0
PRS	209	385	492	427	434	407	371	424	412	393	148	0
PRI	171	315	403	350	355	333	304	347	337	322	121	0

Tabla N° 6. Costos de los Centros de Acopio en (Millones de pesos)

Centro de Acopio	Costo de Preparación	Costo de Explotación	Ha. Disponibles
1	50	1.5	900
2	65	1.8	1000
3	45	1.6	750
4	50	2.0	800
5	75	1.7	1000

Tabla N° 7. Costos de Transporte en (Millones de pesos)

De	A	F1	F2
CA1		1.1	1.3
CA2		1.7	1.5
CA3		1.4	1.8
CA4		2.0	2.1
CA5		1.9	1.7

Aplicando el modelo de costo mínimo a este caso ilustrativo se generan 150 variables de decisión, de los cuales 15 son de carácter binario y 55 restricciones. Ejecutando este modelo se realizan 103 iteraciones y se obtiene un valor objetivo de 32048.8 millones de pesos.

Los resultados de cantidad de hectáreas a sembrar por período en cada centro de acopio y la cantidad a transportar a cada fábrica se muestran en la tabla 8 y 9 respectivamente.

Tabla 8. Cantidad a sembrar en cada Centro de Acopio

Siembra	Sí	Centro Tiempo	Cantidad en Ha.	Siembra	Sí	Centro Tiempo	Cantidad en Ha.
Y11	1	X11	900	Y32	1	X32	750
Y12	1	X12	900	Y33	1	X33	750
Y13	1	X13	900	Y41	1	X41	38
Y21	1	X21	1000	Y42	1	X42	307
Y22	1	X22	1000	Y51	1	X51	1000
Y23	1	X23	764	Y52	1	X52	1000
Y31	1	X31	750				

Tabla 9. Cantidad a transportar de un Centro de Acopio a una Fábrica de Procesamiento

Variable	Valor	Variable	Valor	Variable	Valor	Variable	Valor
Q1,1,1	429	Q3,1,5	340	Q1,1,10	199	Q5,2,5	395
Q3,1,2	609	Q3,1,6	410	Q3,1,10	465	Q5,2,6	370
Q3,1,3	45	Q5,1,6	235	Q3,1,11	285	Q2,2,7	338
Q5,1,3	623	Q2,1,7	276	Q5,2,1	190	Q2,2,8	386
Q1,1,4	471	Q4,1,7	284	Q2,2,2	350	Q2,2,9	375
Q3,1,4	96	Q1,1,8	648	Q2,2,3	261	Q2,2,10	358
Q4,1,4	38	Q4,1,8	23	Q5,2,3	187	Q1,2,11	104
Q1,1,5	252	Q1,1,9	597	Q2,2,4	389	Q2,2,11	31

De estos valores se desprende la necesidad de utilizar permanentemente los centros de acopio de una manera racional y ordenada para satisfacer los requerimientos de papa criolla a las fábricas de procesamiento; sin embargo, todos los esfuerzos se deben encaminar a darle factibilidad a cultivos a menor plazo y a lo largo del horizonte de planeación, esto puede implicar mejorar la papa de semilla, adecuar los centros de cultivo y otros más que serán tema de especialistas en el campo agronómico.

También es importante rescatar que este modelo puede aún ser ampliado a más centros de acopio, fábricas, hasta incluir si se requiere variables como medios de transporte. También puede adicionarse restricciones para que los centros de acopio se siembren en un rango mínimo de hectáreas para garantizar a los propietarios la racionalidad económica. En general este modelo base puede ser adaptado según los requerimientos de cada caso en particular.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La integración en la cadena logística, además de buscar una mejora en la función de servicio que satisfaga al cliente a mayor calidad, menor costo y plazo de entrega; debe propender por convertirse en una metodología de trabajo, que facilite la gestión de recursos que establezca coherencia en el proceso de

decisión. Así mismo, esta integración se puede llevar al campo de las herramientas de la investigación de operaciones que de una forma u otra también coadyuvan a mejorar el proceso de gestión, en este caso, la administración de inventarios.

Pero estas técnicas no sólo son aplicables a los procesos convencionales de manufactura, si no que se pueden implementar en sectores menos tradicionales, aunque bastante interesantes y necesarios, como es el sector agrícola; trayendo además de las bondades en la función de decisión, permiten favorecer el desarrollo económico del sector y de los actores que en él, intervienen. No en vano se mejora la utilización de recursos asignados a los cultivos además de garantizar acuerdos comerciales entre los distintos actores de la cadena de abastecimiento.

Con la aplicación de estas técnicas también se invita a mejorar los procesos tecnológicos y de administración, que tradicionalmente son en general, deficientes ya que intentan mejorar localmente la respuesta sin incluir otros factores importantes en el sistema analizado globalmente. Estos desarrollos logísticos permiten establecer mecanismos operacionales para los famosos cluster que han demostrado su valor económico en otros países un tanto más avanzados.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Méndez, José. (1990). Fundamentos de economía. Ed. McGrawHill. México
- [2] Cómo está el sector de alimentos en Colombia. Clase Empresarial. N° 49. Julio 1997.
- [3] La Clave Regional. Clase Empresarial. N°101. Febrero 2000.
- [4] Companys, R. Fonollosa, J. (1989). Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT. Ed. Marcombo, Boixareu. Macchi. Barcelona, España.
- [5] Silver, E. Peterson, R. (1985). Decision systems for inventory management and production planning. Ed. John Wiley and sons. New York, USA.
- [6] Vollmann, T. Et al. (1994). Sistemas de planificación y control de la fabricación. Ed. IRWIN. España.
- [7] Kalenatic, Dusko. (1987). Técnicas de planeación de redes. Fondo Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.
- [8] Ahuja, R. Et. Al. (1993). Networks flows, Theory, Algorithms, and applications. Ed. Prentice Hall. New Jersey, USA.
- [9] Martinich, Joseph. (1997). Production and Operations Management. John Wileyand Sons. Missouri, USA
- [10] Braidot, Nestor. (1992). Marketing total. Ed. Macchi. Buenos Aires, Argentina.
- [11] Méndez, Germán. (2000). Gerencia de Manufactura. Función de planeación. (en Publicación).

Germán Andrés Méndez Giraldo

Dr. en Ciencias Técnicas Universidad Central de las Villas Marta Abreu. MSc. Ing. Industrial Universidad de los Andes. Esp. Informática Industrial Universidad Distrital. Profesor Asociado Universidad Distrital. Consultor empresarial.

Marco Antonio Pinzón Catiblanco

Doctor en Ciencias Técnicas Universidad Central de las Villas Marta Abreu. MSc. En Ciencias Políticas Universidad Javeriana, Esp. Ingeniería de Producción Universidad Distrital. Rector Universidad Distrital.

Con la aplicación de estas técnicas también se invita a mejorar los procesos tecnológicos y de administración, que tradicionalmente son en general, deficientes ya que intentan mejorar localmente la respuesta sin incluir otros factores importantes en el sistema analizado globalmente.