

# PLANEACIÓN AGREGADA: OBJETIVOS, PROCEDIMIENTOS Y MÉTODOS

**Dr. C. Raúl Comas Rodríguez<sup>1</sup>, Ing. Manuel Hung Varela<sup>2</sup>, Dr. C. Alberto Medina León<sup>3</sup>,  
Dra. C. Dianelys Nogueira Rivera<sup>4</sup>, MSc. Daylín Medina Nogueira<sup>5</sup>.**

<sup>1</sup> *Universidad de Sancti Spiritus, Sancti Spiritus, Cuba.*

<sup>2</sup> *Universidad de Sancti Spiritus, Sancti Spiritus, Cuba.*

<sup>3</sup> *Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca  
Km.3, Matanzas, Cuba.*

<sup>4</sup> *Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca  
Km.3, Matanzas, Cuba.*

<sup>5</sup> *Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca  
Km.3, Matanzas, Cuba.*

## Resumen

Los objetivos de la planeación agregada pueden variar de una organización a otra, no obstante, todos los autores coinciden en que el objetivo principal de la planeación agregada, independientemente de su contexto es establecer equilibrio entre oferta y demanda. El presente trabajo muestra una revisión de los principales autores que abordan la Planeación agregada en cuanto al estudio de los objetivos que se le atribuyen y los diversos procedimientos y pasos para su determinación.

**Palabras claves:** *objetivos de la planeación agregada, planeación agregada, determinación de planeación agregada.*

---

## ÍNDICE

Objetivo de la Planeación Agregada .....	3
Objetivos Empresariales. Clasificación y principios.....	3
Objetivo de la Planeación Agregada de la Producción .....	4
Procedimientos para la Planeación Agregada .....	5
Costos en la Planeación Agregada .....	10
Clasificación de los costos. Elementos esenciales de los costos de producción .....	10
Costos relevantes en la Planeación Agregada de la Producción .....	13
Métodos de la Planeación Agregada .....	16
Referencias Bibliográficas .....	28

## **Objetivo de la Planeación Agregada**

La palabra objetivo proviene de dos raíces: *Jartum*, que significa lanzado; y la preposición *ob*: hacia. Implica esta etimología, por lo tanto, que un objetivo es aquello que se lanza hacia una meta concreta y precisa.

Se pueden considerar como sinónimos de objetivo, las palabras: metas, goles y estándares, y sobre todo fines. Cuando se fija un objetivo no se hace otra cosa que no sea señalar el fin que se quiere alcanzar (Reyes Ponce, 1996).

## **Objetivos Empresariales. Clasificación y principios**

Los objetivos se clasifican en:

- **Objetivos individuales y colectivos.** Los individuales son los fines que persigue cada persona física. Por ejemplo, para un empleado, su objetivo principal puede ser colocarse en una senda o camino de progreso. El objetivo colectivo, por el contrario, es aquel que persiguen varias personas físicas. Si bien en conjunto, y a la larga, los objetivos individuales y los colectivos tienden a armonizarse, de hecho, en un problema concreto, es fácil, y aun frecuente, que se opongan, total o parcialmente.
- **Objetivos particulares y generales.** Los particulares forman parte de otros objetivos más amplios. Son generales aquellos que comprenden dentro de sí mismos el logro de varios objetivos particulares. Por ejemplo, los objetivos del Departamento de Ventas es particular en relación con los objetivos de la empresa, en tanto que el objetivo de la sección de Control de Vendedores, es particular en relación con el objetivo del Departamento de Ventas.
- **Objetivos subordinados y básicos.** Son subordinados aquellos que son meros medios para alcanzar los objetivos básicos o principales. Son objetivos básicos aquellos en que de alguna manera se detiene la intención de la persona o institución. Por ejemplo, los objetivos de la empresa, tales como obtener ganancias o prestar bien los servicios a los que está dedicada, son objetivos básicos, en tanto que los objetivos de la atención al personal, los del mantenimiento de la planta son objetivos subordinados.

- **Objetivos a corto y a largo plazo.** A corto plazo se consideran cuando tienen un horizonte de un año o menos. Por tanto, a largo plazo es cuando el horizonte es mayor de un año. Suelen denominarse los primeros objetivos operacionales y los segundos objetivos estratégicos (Reyes Ponce, 1996)

Los principios fundamentales de los objetivos son:

- **Principio de la precisión.** Los objetivos deben fijarse en forma tal, que no queden expuestos, por su vaguedad, a ser entendidos de distinto modo por personas diversas. Por ello, deben fijarse siempre que sea posible, cuantitativamente, esto es: determinado, a base de cifras y cantidades, cuándo debe considerarse que se han alcanzado y cuándo no. La cuantificación directa suele hacerse por tres medios fundamentales: por número, dinero o por porcentaje. La cuantificación indirecta se apoya en los efectos, programas y el tiempo. En algunos casos no es posible la precisión cuantitativa y se utiliza la precisión cualitativa.
- **Principio de la flexibilidad.** Para poder dar precisión a los planes y objetivos, sin perjuicio de su flexibilidad, se utilizan diversos sistemas. Algunos de los principales son: establecer máximos y mínimos y realizar planes substitutivos.
- **Principio de la participación.** En la fijación de los objetivos y en la determinación de los resultados que se esperan, deben participar todos los jefes.
- **Principio del realismo.** Los objetivos deben ser de tal naturaleza que sean posibles de alcanzar y al mismo tiempo que estimulen a alcanzarlos o superarlos.
- **Principio de la objetividad.** Este principio señala que para poder fijar con eficacia los objetivos, lo primero que se necesita es realizarlos sobre bases cuidadosamente estudiadas con fundamento en la realidad, y con apoyo en un análisis fundado (Reyes Ponce, 1996)

### **Objetivo de la Planeación Agregada de la Producción**

Los objetivos de la planeación agregada pueden variar de una organización a otra, no obstante, todos los autores coinciden en que el objetivo principal de la planeación agregada, independientemente de su contexto es establecer equilibrio entre oferta y demanda.

El objetivo fundamental de la planeación agregada es establecer un equilibrio entre la oferta y la demanda (Moreira, 1996)

(Chapman, 2006) plantea que el objetivo general de desarrollar una buena Planificación de Ventas y Operaciones consiste en encontrar la mejor alternativa para alinear los recursos y cumplir la demanda esperada bajo ciertas condiciones de operación.

(Nahmías, 2007) considera que el objetivo fundamental de la planeación agregada es balancear las ventajas de producir para cumplir con la demanda tan exactamente como sea posible y los problemas causados por el cambio de los niveles de producción. En la práctica esto se traduce en precisar la cantidad de trabajadores que deben emplearse y la cantidad de unidades agregadas que se necesitan producir en cada uno de los períodos de planeación.

El objetivo de equilibrar es también propuesto por (Schroeder, et al., 2008) que plantean que el Plan de Ventas y operaciones es un proceso que consiste en acoplar la oferta de la producción con la demanda a un mediano plazo.

También (Chase, et al., 2009) plantean que está diseñada para ayudar a una compañía a equilibrar la oferta y la demanda y mantenerlo a través del tiempo.

Como se puede observar, el objetivo de la Planeación Agregada es EQUILIBRAR. Este objetivo se clasifica, según los criterios de (Reyes Ponce, 1996) en:

- Colectivo
- Particular
- Subordinado
- A corto plazo

### **Procedimientos para la Planeación Agregada**

La realización de la planeación agregada implica un conjunto de actividades ordenadas, en ocasiones repetitivas y concurrentes. El tratamiento que un grupo de autores le dan al tema, se muestra a continuación:

(Domínguez Machuca, et al., 1995b) plantean que la planeación agregada implica:

1. Determinar las cantidades a producir mensual o trimestralmente para el horizonte de planificación considerado.
2. Hacer un plan factible, es decir, que pueda ser ejecutado. Para ello se establecen las medidas correspondientes de ajuste transitorio de capacidad/demanda; es necesario determinar, por período, el valor de las distintas variables utilizadas. Dichas medidas deben ser compatibles con las limitaciones marcadas por el entorno y por la política de la empresa.
3. Facilitar la consecución del Plan Estratégico, para lo cual deberá responder a las necesidades de producto derivadas del Plan de Producción a Largo Plazo, de las previsiones de venta a medio y corto plazo, de la cartera de clientes y de otras posibles fuentes de demanda.
4. Lograr la mayor eficacia posible en relación con los objetivos tácticos.

Para alcanzar lo que se planteó anteriormente, proponen las fases siguientes:

1. Calcular las necesidades de producto para cada uno de los períodos del horizonte de planificación de acuerdo con el punto 3.
2. Determinar las posibles opciones de ajuste transitorio y sus límites de empleo.
3. Elaborar varios planes de producción alternativos.
4. Evaluar dichos planes en relación con los objetivos planteados, normalmente coste y cumplimiento de demanda.
5. Si no se obtiene un plan satisfactorio, seleccionar el que mejor cumpla los objetivos y volver a la fase 3, se toma este como origen de los nuevos planes alternativos.
6. Seguir el proceso hasta la obtención de un Plan Agregado Satisfactorio.

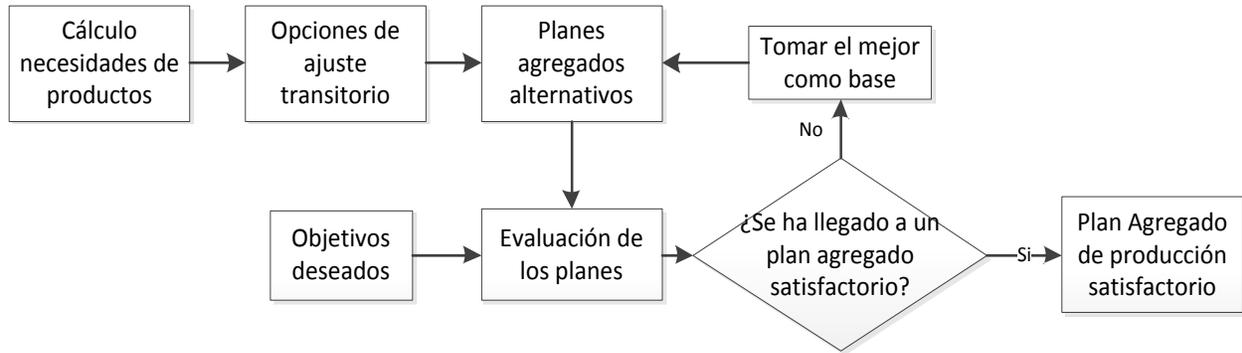


Figura 2. Procedimiento para la Planeación Agregada. Fuente (Domínguez Machuca, et al., 1995b)

(Moreira, 1996) expone tres etapas:

1. Previsión de la demanda para un período entre seis y doce meses.
2. Propuesta de alternativas (influir sobre demanda o sobre la producción) posibles para establecer el plan.
3. Selección de la alternativa para cada período.

(Gaither & Frazier, 2000) exponen las siguientes actividades:

1. Realizar un pronóstico de ventas para cada producto que indique las cantidades a vender en cada período (generalmente semanas, meses o trimestres) durante el horizonte de planeación (generalmente de 6 a 18 meses).
2. Totalizar todos los pronósticos de productos o servicios en una demanda agregada. Si los productos no se pueden sumar por ser unidades heterogéneas, se debe seleccionar una unidad homogénea de medición que permita que los pronósticos se sumen y que los resultados agregados se vinculen con la capacidad de producción.
3. Transformar la demanda agregada de cada período en trabajadores, materiales, máquinas y otros elementos de capacidad de la producción requeridos para satisfacerla.
4. Desarrollar esquemas alternativos de recursos para suministrar la capacidad necesaria de producción que de apoyo a la demanda agregada.

5. Seleccionar entre las alternativas consideradas el plan de capacidad que satisfaga la demanda agregada y que cumpla mejor con los objetivos de la organización.

Nota: El paso 5 supone que el sistema de producción está obligado por política gerencial a producir el pronóstico de ventas. Hay ocasiones en que la capacidad no puede incrementarse lo suficiente o es más redituable producir menos que lo previsto en el pronóstico de ventas.

(Torres Cabrera & Urquiaga Rodríguez, 2007) desarrollan un procedimiento de diez etapas:

Etapa 1. Analizar la variación de inventario

Etapa 2. Calcular la cantidad total a producir

Etapa 3. Calcular la cantidad de trabajadores necesarios para laborar tiempo regular o normal.

Etapa 4. Calcular la cantidad a producir en cada período.

Etapa 5. Determinar el inventario por período.

Etapa 6. Determinar el costo correspondiente al salario de los trabajadores que laboran tiempo regular o normal.

Etapa 7. Calcular el costo que equivale al salario de los trabajadores que laboran tiempo extra. Sólo válido para la estrategia cantidad fija de fuerza de trabajo y uso de tiempo extra en los períodos de mayor demanda.

Etapa 8. Determinar el costo que se deriva de contratar o despedir trabajadores.

Etapa 9. Calcular el costo de mantener el inventario.

Etapa 10. Deducir el costo total de la estrategia.

(Krajewski, et al., 2008) conciben el procedimiento con seis pasos, según se muestra en la figura 2.

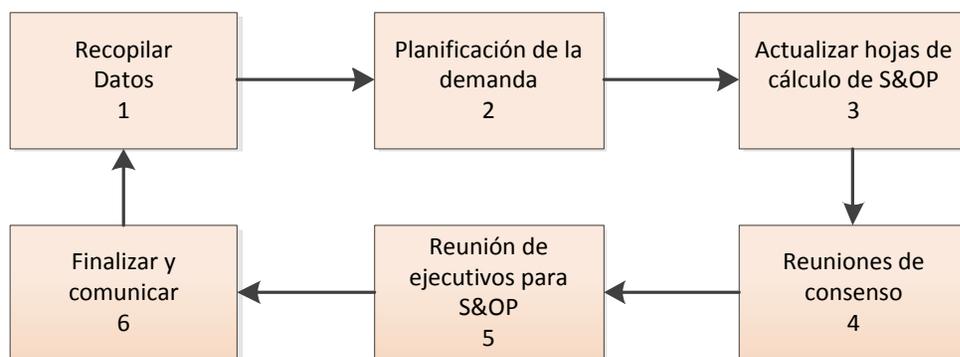


Figura 3. Procedimiento para la Planificación de Ventas y Operaciones. Fuente (Krajewski, et al., 2008)

Este procedimiento está diseñado para el trabajo con hojas de cálculo.

1. Transferir el plan al nuevo horizonte de planificación. Comienza el trabajo preliminar cuando termina el mes. Actualiza los archivos con los datos reales de venta, producción, inventarios, costos y restricciones.
2. Participar en la elaboración de pronósticos y planificación de la demanda para crear los pronósticos de demanda autorizados. En el caso de proveedores de servicios, los pronósticos se refieren a la necesidad de personal en cada grupo de fuerza de trabajo.
3. Actualizar la hoja de cálculo del plan de ventas y operaciones por cada familia, se tiene en cuenta las restricciones y costos pertinentes, la disponibilidad de los materiales de los proveedores, capacidad de la maquinaria, etc.
4. Celebrar una o más reuniones con los interesados para llegar a consenso respecto a cómo equilibrar mejor la oferta y la demanda.
5. Presentar las recomendaciones por familia de productos en la reunión ejecutiva de planificación de ventas y operaciones.
6. Actualizar las hojas de cálculo para que reflejen el plan autorizado, y comunicar los planes a los interesados para su implementación. Los destinatarios incluyen a quienes planifican los recursos.

## **Costos en la Planeación Agregada**

La empresa es una entidad que realiza una actividad encaminada a un fin socioeconómico, por lo tanto aquella que logre una mayor armonía y coordinación de los factores y recursos productivos disfrutará de una mejor posición económica.

La posición financiera y económica de un negocio solo puede ser emitido después de terminado su estudio o análisis que se enfocan principalmente a determinar sus costos de producción, los costos de mano de obra, el manejo de los procesos y el manejo de los estándares.

En una empresa industrial pueden distinguirse tres funciones básicas: producción, ventas y administración. Para llevar a cabo cada una de estas tres funciones la empresa tiene que efectuar ciertos desembolsos por pago de salarios, arrendamientos, servicios públicos, materiales, etc. Estas erogaciones reciben, respectivamente, el nombre de costos de producción, gastos de administración y gastos de venta, según la función a que pertenezcan.

Los costos de producción se transfieren (capitalizan) al inventario de productos terminados. En otras palabras, el costo de los productos terminados está dado por los costos de producción en que fue necesario incurrir para su fabricación. Por esta razón a los desembolsos relacionados con la producción es mejor llamarlos costo y no gastos, puesto que se incorporan en los bienes producidos y quedan, por tanto, capitalizados en los inventarios hasta tanto se vendan los productos.

Los gastos de administración y ventas, por el contrario, no se capitalizan sino que, como su nombre lo indica, se gastan en el período en el cual incurren y aparecen como tales en los estados de resultados (Cadavid Fonnegra, 2008).

## **Clasificación de los costos. Elementos esenciales de los costos de producción**

Según (Cadavid Fonnegra, 2008), los costos se clasifican en:

### ***Según la función en que se incurre:***

- Costos de producción (costos). Son los que se generan en el proceso de transformación de las materias primas o materiales en productos elaborados o productos terminados. Son tres

elementos los que integran el costo de producción: material directo, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación.

- Costos de distribución (gastos). Son los que se originan en el área que se encarga de llevar los productos terminados, desde la empresa hasta el último consumidor.
- Costos de administración (gastos). Son los que se originan en el área administrativa, o sea, los relacionados con la dirección y manejo de las operaciones generales de la empresa.
- Costos financieros (gastos). Son los que se originan por la obtención de recursos ajenos que la empresa necesita para su desenvolvimiento.

***Según su identificación:***

- Costos directos. Son aquellos que se pueden identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados o con departamentos o áreas específicas.
- Costos indirectos. Son los costos que no se pueden identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados, con departamentos o áreas específicas.

***Según el período en que se llevan al estado resultado:***

- Costos del producto o costos inventariables (costos). Son aquellos costos que están relacionados con la función de producción. Éstos se incorporan a los inventarios de materias primas o materiales, productos en proceso y productos terminados y se reflejan como activo dentro del balance general. Los costos del producto se llevan al estado de resultados, cuando y a medida que los productos elaborados se venden, lo que afecta el renglón costo de los artículos vendidos.
- Costos de período o costos no inventariables (gastos). Son aquellos que se identifican con intervalos de tiempo y no con los productos elaborados. Se relacionan con las funciones de distribución y administración y se llevan al estado de resultados en el período en el cual se incurren.

***Según su comportamiento respecto del volumen de producción o venta de productos terminados:***

- Costos fijos. Son aquellos costos que permanecen constantes en su magnitud, dentro de un período determinado, independientemente de los cambios registrados en el volumen de operaciones realizadas.
- Costos variables. Son aquellos cuya magnitud cambia en razón directa al volumen de las operaciones realizadas.
- Costos semifijos, semivariantes o mixtos. Son los que tienen un componente de costos fijos y otro de costos variables.

***Según el momento en que se determinan los costos:***

- Costos históricos. Son aquellos costos que se determinan con posterioridad a la conclusión del proceso productivo o del período de costos.
- Costos predeterminados. Son aquellos que se determinan con anterioridad al proceso productivo o al período de costos.

En el caso de los costos de producción tiene tres los elementos esenciales que lo integran: materiales, mano de obra y costos indirectos de producción.

- Materiales. Son las materias primas que serán sometidas a operaciones de transformación o manufactura para su cambio físico y/o químico, antes de que puedan venderse como productos terminados. Se dividen en:
  - Materiales directos. Son todos los materiales sujetos a transformación, que cumplen simultáneamente dos condiciones: plena identificación en el producto terminado y representan un alto valor en el producto terminado. Ejemplo: la madera en la industria de muebles.

- Materiales indirectos. Son todos los materiales sujetos a transformación, que no se pueden identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados; por ejemplo: el barniz para la industria de los muebles.
- Mano de obra. Es el esfuerzo humano que interviene en el proceso de transformación de los materiales en productos terminados. Se divide en:
  - Mano de obra directa. Es valor remunerado por cualquier concepto (salarios, prestaciones sociales, bonificaciones, incentivos, horas extras, recargos nocturnos, auxilio de transporte) a todos los trabajadores de fábrica o planta de producción denominados operarios, que son los que transforman el material en producto terminado.
  - Mano de obra indirecta. Es el valor remunerado a todas aquellas personas que participan en el proceso productivo en forma indirecta; no transforman absolutamente nada.
- Costos indirectos de fabricación. Además de los materiales directos y de la mano de obra directa, hacen falta para la fabricación de los productos otra serie de costos tales como los servicios públicos, los arrendamientos, los impuestos, los seguros, etc.

Todos estos costos, junto con los materiales indirectos y la mano de obra indirecta, conforman el grupo de los llamados Costos indirectos defabricación, que constituyen el tercer elemento integral del costo total del producto terminado (Cadavid Fonnegra, 2008).

### **Costos relevantes en la Planeación Agregada de la Producción**

Los costos de la planeación agregada están estrechamente vinculados a las estrategias seleccionadas. Cada estrategia genera decisiones específicas sobre los recursos y la demanda que traen consigo costos de importancia para la empresa.

(Narasimhan, et al., 1996) trata los costos siguientes:

1. Costo del tiempo extra y de la nómina regular. Estos se deben en gran medida al salario de los trabajadores a tiempo completo.
2. Costo por cambiar la tasa de producción. Estos se deben fundamentalmente a los cambios en el tamaño de la fuerza laboral.

3. Costos de inventarios, de órdenes pendientes y faltantes. El costo anual de llevar inventario por lo regular varía de 5 a 50% del valor de las partidas. En el caso de los faltantes o ventas perdidas es muy difícil de estimar su costo.
4. Costos de subcontratación.

(Nahmías, 2007) menciona varios costos:

1. Costo de suavizamiento. Es el costo en que se incurre al cambiar los niveles de producción de un período a otro.
2. Costos por mantener inventario. Fundamentalmente cuando se decide estabilizar o equilibrar con inventarios.
3. Costos por faltantes. El costo por no disponer de inventario en un momento necesario.
4. Costo de tiempo regular. Costo por producir en horas normales de trabajo.
5. Costos de tiempo extra y subcontratación. Costo por producir fuera del tiempo normal establecido y costo por adquirir los productos de un proveedor respectivamente.
6. Costo de tiempo libre. Se refiere a la subutilización.

(Schroeder, et al., 2008) hacen mención a dos grupos de costos: costos de **mano de obra** y costos de **inventario**. A continuación se muestran:

### **Mano de obra**

1. Costos por contratación y despidos. Costos de reclutamiento, selección y capacitación fundamentalmente.
2. Costos por tiempo extra y tiempo reducido. Sueldos regulares más una prima por tiempo extra.
3. Costos de subcontrataciones. Precio que se paga a otra empresa por la producción de las unidades.

4. Costos de la mano de obra de tiempo parcial. Debido a las diferencias en los beneficios y las tasas por hora, los costos de la mano de obra de tiempo parcial generalmente son inferiores al costo de la mano de obra regular.

### **Inventario**

5. Costos del mantenimiento del inventario. Costo de capital, costo de obsolescencia, deterioro.
6. Costos de faltantes de inventario o de pedidos atrasados. El costo de un faltante de inventario debe reflejar el efecto de una reducción en el servicio al cliente.

(Chase, et al., 2009) agrupa los costos importantes para la planeación agregada en cuatro:

1. Costos básicos de producción. Se trata de los costos fijos y variables en que se incurren para fabricar un cierto producto en un período determinado.
2. Costos ligados a cambios en la tasa de producción. Costos necesarios para contratar, capacitar y despedir personal.
3. Costos por mantener inventario. Obsolescencia, impuestos y otros.
4. Costos de pedidos atrasados acumulados o faltantes. Son difíciles de medir, incluyen costos de expedición, pérdida de ingresos por ventas como consecuencia de atraso en el surtido de los pedidos.

A partir del criterio de los autores consultados, los costos relevantes de la Planeación Agregada de la Producción se pueden resumir en:

- Costos de mano de obra. Estos incluyen sueldos regulares, tiempo extra y subutilización o tiempo libre, así como los costos asociados al cambio de niveles de producción: contratación, capacitación y despidos.
- Costos de subcontratación.
- Costos de inventario.
- Costos por faltantes y atrasos.

Se puede decir que los costos asociados a la planeación agregada de la producción clasifican como costos de producción mixtos, según los criterios de (Cadavid Fonnegra, 2008).

### **Métodos de la Planeación Agregada**

Las fundamentación científica de los planes de producción tienen un vínculo directo con los métodos utilizados en su elaboración. Más que un grupo de métodos, existe un sistema de métodos que contribuye a la solidez de los planes si se utiliza de forma interrelacionada (Fundora Miranda, Taboada Rodríguez, Cuellar, Urquiaga Rodríguez, & Sánchez Lara, 1987)

(Buffa & G, 1984) plantean que los métodos para la planeación de la producción son de tres tipos: las que garantizan reglas de decisión matemáticamente óptimas respecto del modelo, las basadas en reglas heurísticas y las que emplean métodos de búsqueda con computadora. Los métodos de regla de decisión matemáticamente óptima producen decisiones óptimas para el modelo, no obstante, generalmente el modelo se basa forzosamente sobre una estructura simplificada de los complejos problemas del mundo real. Los métodos heurísticos y de búsqueda por computadora permiten una representación muy realista del problema real aunque no brindan una garantía de solución óptima.

### **Reglas de decisión del óptimo matemático**

En este grupo se mencionan los métodos de ritmo de reacción óptima, la regla lineal de decisión (LDR) y la programación lineal.

Los métodos de ritmo de reacción óptima se fundamentan sobre dos variables fundamentales que la administración puede manejar: la frecuencia de ajuste de niveles de producción y el ritmo de reacción de ajuste para cambiar los pronósticos de ventas del período próximo inmediato. El ritmo de reacción de ajuste de los niveles de producción determina la magnitud del ajuste para cada fluctuación dada de la demanda. Si se ajustan los niveles de producción planificada en el valor total de la variación de las ventas del pronóstico se tiene un ritmo de reacción de 100%, y las fluctuaciones de las ventas quedarán transmitidas directamente a la producción. Una reacción 100% conduce a la contratación, capacitación y despido de fuerza de trabajo, lo que constituye un costo elevado de fluctuación de la producción. Si se ajustan los niveles de producción solo en la mitad del cambio indicado por la fluctuación de la demanda se tiene un régimen de reacción del

50% y costos más moderados de la fluctuación de la producción. Los bajos ritmos de reacción conducen a una producción estable pero a mayores niveles de inventario. La otra variable, la frecuencia de revisión tiene un efecto recíproco. Los períodos breves conducen a fluctuaciones pequeñas y a menores inventarios para cada tipo de reacción dada.

La regla lineal de decisión (LDR) tiene en cuenta la suma de cuatro funciones de costos: costos normales de personal, costos de contratación y despido, costos de horas extras y los costos de conservación de inventarios, devoluciones avería y paralizaciones de máquinas. La metodología matemática se basa sobre el hecho de que la ecuación de costos diferenciales totales responde a una diferenciación parcial respecto de la cantidad de personal y al ritmo de producción y las funciones resultantes se reducen a cero para derivar el punto mínimo óptimo. El resultado: dos reglas lineales de decisión óptima, una para calcular la cantidad de personal y la segunda para determinar el ritmo de producción. Ambas reglas requieren como datos de entrada el pronóstico de todos los períodos del horizonte de planificación en términos globales, la cantidad final de personal y el nivel de inventario del último período.

### **Programación Lineal**

Se hace énfasis en el modelo del transporte. La estructura del modelo se considera simple donde el objetivo es asignar unidades de capacidad productiva de manera tal que la producción combinada más los costos de almacenamiento queden minimizados y satisfaga la demanda de venta, dentro de las limitaciones de capacidad.

### **Reglas heurísticas de decisión**

En este grupo se menciona el modelo de coeficientes de administración y el planeamiento paramétrico de la producción. En el primer caso, la esencia es establecer la forma de reglas de decisión mediante análisis rigurosos, y en cambio establecer coeficientes de las reglas de decisión mediante análisis estadístico de las decisiones anteriores de la propia administración. Esto contrasta con la LDR que determina la forma y los coeficientes por análisis matemático. En el caso del planeamiento paramétrico de la producción depende de dos reglas lineales de decisión con retroacción, una para la cantidad de personal y otra para el ritmo de producción.

### **Regla de búsqueda para decisión SDR**

Consiste en un programa principal y dos subrutinas que contienen la rutina de búsqueda y el modelo de costo. El programa principal recurre la rutina de búsqueda que a su turno explora de manera sistemática la superficie de respuestas del modelo de costos hasta que alcanza el límite del número de evaluaciones del modelo, o hasta que no puede encontrar un punto mejor.

La clasificación de los métodos que ofrece (Fundora Miranda, et al., 1987) es la siguiente:

- Métodos de balance
- Métodos económico-matemáticos
- Métodos estadísticos
- Método normativo

#### **Métodos de balance**

Consiste en la confrontación cuantitativa entre las fuentes y los destinos (posibilidades y necesidades) hasta obtener un equilibrio entre ambos. La condición de balance es la siguiente:

$$\sum_{i=1}^n F_i = \sum_{j=1}^m D_j$$

Donde  $F_i$  es la cantidad de recursos disponibles en la fuente y  $D_j$  es la cantidad de recursos necesarios para el destino.

#### **Métodos económico-matemáticos**

En este grupo el autor incluye:

- Método de optimización
- Método de Simulación
- Método matricial

## Métodos estadísticos

Entre los métodos estadísticos destaca los siguientes:

- Regresión
- Correlación
- Pronóstico
- Análisis de varianza

## Método Normativo

Se encarga de establecer y actualizar el sistema de normas necesarias para la elaboración del plan. Este método tiene en cuenta normas tales como:

- Normas técnico-económicas: Consumo y empleo de los recursos y pueden ser de gastos de objetos de trabajo y utilización de los medios de trabajo.
- Normas técnico-organizativas: Reflejan el grado de organización del proceso de producción, tales como duración del ciclo de producción.

(Companys Pascual, 1989) menciona fundamentalmente los métodos heurísticos, fundamentalmente los métodos gráficos y tabulares, por ejemplo las tablas de costos.

(Monks, 1994) resumen los métodos para la planeación agregada como se muestra en la tabla 3:

Tabla 3. Métodos para la Planeación Agregada.

Enfoque	Programación lineal	Regla de decisión lineal (RDL)	Coefficiente administrativo	Modelos de investigación por computadora
Aplicación	Reduce los costos de empleo, tiempo extra e inventarios sujeto a cubrir la demanda	Usa funciones de costo cuadrático para derivar reglas para el tamaño de la fuerza de trabajo y el número de	Desarrolla modelos de regresión que incorporan decisiones de administraciones para predecir necesidades	La rutina de computadora busca numerosas combinaciones de capacidad y selecciona aquella

		unidades	de capacidad	con el costo mínimo
Fuerzas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprensible</li> <li>• Proporciona un plan óptimo</li> <li>• Es potente e inclusiva</li> <li>• Es flexible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite funciones de costo no lineal</li> <li>• Proporciona un plan óptimo</li> <li>• Valor teórico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay limitaciones en las funciones de costo o restricciones</li> <li>• Incorpora experiencia pasada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acepta un amplio rango de funciones de costos</li> <li>• Es flexible</li> <li>• Es fácilmente cambiante</li> </ul>
Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere funciones de costo lineal</li> <li>• Los resultados requieren interpretación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es complejo y difícil de entender</li> <li>• Requiere funciones de costo cuadráticas</li> <li>• Los resultados no siempre son reales</li> </ul> variables restringidas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No es óptima, pero si razonablemente cercana</li> <li>• Confía en la experiencia de la administración individual</li> <li>• Es un modelo no directamente transferible a otros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No es óptima, pero resulta buena comparada con otras reglas</li> <li>• No siempre localiza el mínimo global</li> </ul>

Fuente: (Monks, 1994)

(Domínguez Machuca, et al., 1995b) clasifican en tres grupos los métodos o modelos para la planeación agregada:

- Intuitivos o de prueba y error, que constituyen según el autor, la aproximación más utilizada en la práctica.
- Analíticos, que se basan en modelos matemáticos de dos tipos: Basados en la programación matemática que buscan una solución óptima, y los heurísticos que persiguen llegar a una solución juzgada satisfactoria.
- Simulación, normalmente por ordenador.

El autor ordena un grupo de modelos matemáticos desarrollados para la Planeación Agregada.

Tabla 4. Algunos modelos matemáticos para la Planeación Agregada.

<b>Autores</b>	<b>Año</b>	<b>Tipo</b>
Holt, Modigliani, Muth y Simon	1955	Programación cuadrática
Holt, Modigliani, Muth y Simon	1955	Reglas de decisión lineal
Bowman	1956	Programación lineal. Transporte.
Manne	1958	Programación lineal
Bowman	1963	<u>Management Coefficient Model</u>
Dzielinski-Gomory	1965	Lineal y simulación
Jones	1967	Paramétrica
Shwimer	1972	Programación lineal
Lasdon-Terjung	1974	Heurístico
Goodman	1974	Programación por objetivos
Gelders-Kleindorfer	1974	<u>Branch&amp;Bound</u>
Goldvin	1975	Programación lineal
Bitran-Hax	1977	Programación lineal
Candea	1977	Programación lineal
Mellichamp y Love	1978	Heurístico (P.S.H)
Axsäter	1979-1984	Varios modelos basados en programación matemática
Baker y Collins	1986	Programación lineal
Roundy y otros	1988	Programación por objetivos
Lin-Moodie	1989	Programación por objetivos

Fuente: (Domínguez Machuca, et al., 1995b)

(Narasimhan, et al., 1996) agrupa los métodos para tratar la planeación agregada de la siguiente forma:

- Métodos no cuantitativos o intuitivos. El plan previo se ajusta hacia arriba o hacia abajo con el fin de satisfacer la situación actual. Este método no es aceptado.

- Métodos gráficos y de diagramación. Son fáciles de comprender y convenientes. Funcionan con varias variables a la vez, con base en la prueba y el error. Requieren un mínimo esfuerzo de cálculo.
- Programación matemática y métodos tabulares. Modelos tradicionales de programación matemática donde hace énfasis en el modelo de transporte.
- Regla de decisión lineal. Es un método sencillo cuando los costos se pueden estimar por medio de funciones cuadráticas en forma de U.
- Modelo del coeficiente de la gerencia. Utiliza el análisis estadístico de la regresión. Incorpora decisiones gerenciales previas.
- Métodos de búsqueda directa y simulación. Se utilizan para buscar soluciones óptimas en una superficie de respuesta.

(Gaither & Frazier, 2000) resume los métodos de planeación agregada y plantea tres tipos de modelos:

- Programación lineal
- Reglas lineales de decisión (LDR)
- Búsqueda por computadora

(Heizer & Render, 2004) coincide con la clasificación dada por (Domínguez Machuca, et al., 1995b). Es más específico al hablar de las técnicas gráficas y diagramas como una opción en el grupo de intuitivos o de prueba y error. El autor propone un procedimiento de cinco pasos para el método gráfico:

- Determinar la demanda para cada período.
- Determinar la capacidad del tiempo normal, tiempo extra y subcontratado para cada período.
- Encontrar los costos de mano de obra, contratación y despido, así como los costos de mantener inventario.

- Considerar la política de la compañía que se aplica a los trabajadores o a los niveles de inventario.
- Desarrollar planes alternativos y estudiar sus costos totales.

Este autor realiza una comparación entre algunos grupos de métodos como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Comparación entre grupos de modelos matemáticos.

<b>Técnica</b>	<b>Enfoques de solución</b>	<b>Aspectos importantes</b>
Métodos de gráficos y diagramas	Prueba y error	Fáciles de entender y usar. Muchas soluciones; la solución elegida quizás no sea la óptima.
Método de transporte de programación lineal	Optimización	Software de PL disponible; permite el análisis de la sensibilidad y restricciones nuevas; las funciones lineales pueden no ser realistas.
Modelo de coeficientes administrativos	Heurístico	Sencillo y fácil de aplicar; intenta imitar el proceso de toma de decisiones del administrador; usa regresión.

Fuente: (Heizer & Render, 2004)

(Krajewski, et al., 2008) hace mención a las hojas de cálculo como una herramienta de apoyo y se centra en el Método del Transporte.

(Chase, et al., 2009) consideran básicamente dos grupos de métodos: los gráficos y/o tabulares y los de optimización. Plantean que la programación lineal (como técnica de optimización) es apropiada cuando el costo y las relaciones entre las variables son lineales o se pueden recortar en segmentos lineales. La actitud de la empresa es determinante en la selección del método. Si es una empresa donde el modelado es una forma de vida se utilizarán métodos avanzados, en las empresas que sucede lo contrario, seguramente se utilizan los gráficos y tablas.

(Mula Bru, Poler Escoto, & Lario Esteban, 2002) sugieren cinco grupos de modelos matemáticos para la Planeación Agregada:

- Programación estocástica (PE)

- Teoría de los conjuntos difusos
- Programación dinámica
- Modelos de simulación

Estos autores mencionan ejemplos de modelos matemáticos para algunos grupos de métodos, como se observa en la tabla 6.

Tabla 6. Algunos modelos matemáticos para la Planeación Agregada

<b>Programación Estocástica (PE)</b>	
<b>Autores</b>	<b>Descripción</b>
Eppen y otros (1989)	Desarrollan un modelo para planificar las capacidades de un importantefabricante de automóviles. El modelo de PE se basó en escenarios de demandas con ciertasprobabilidades. Además, se incorporó un análisis de riesgo.
Escudero y Kamesan (1993)	Presentan un modelo de PE para el problema del MRP ( <i>Material Requirements Planning</i> ) con incertidumbre en la demanda.
Escudero y otros (1993)	Analizandiferentes enfoques para la planificación de la producción y la capacidad utilizan PE.
Mulvey y otros (1995)	Formulan un modelo que denominan Optimización Robusta, en el queconsideran la incertidumbre de forma proactiva, en lugar de reactiva, como lo hace el análisisde sensibilidad tradicional.
Karabuk y Wu (1999)	Formulan un programa estocástico para resolver el problema de laplanificación agregada de un importante fabricante de semiconductores. En este caso, laplanificación de la capacidad debe considerar dos puntos de vista distintos, uno relativo alproducto, y el otro, desde un punto de vista del proceso. Lo más novedoso de este modelo esque estudia el efecto de la descentralización en un entorno de toma de decisiones estocástico.
<b>Teoría de los conjuntos difusos (<i>fuzzy sets</i>)</b>	
<b>Autores</b>	<b>Descripción</b>
Bellman y Zadeh (1970)	Presentan la forma de aplicar la teoría de conjuntos difusos a la tomade decisiones con incertidumbre. Los autores cuestionan el uso del enfoque probabilista yaque, según ellos, la imprecisión que normalmente se encuentra en muchas situaciones no es lomismo que aleatoriedad.
<b>Modelos de simulación</b>	

<b>Autores</b>	<b>Descripción</b>
Albritton y otros (1999)	Presentan un modelo de planificación de la producción conincertidumbre en la demanda con dos variantes del muestreo de Monte Carlo y quedanominan Optimización basada en Simulación.

Adaptado de (Mula Bru, et al., 2002)

(Mula Bru, Poler Escoto, & García Sabater, 2004) enfatizan en la Teoría de Conjuntos Difusos. Plantean que en los problemas de Planificación de la Producción, las situaciones reales son, frecuentemente, imprecisas o inciertas. Debido a la falta de información, el estado futuro del sistema puede no ser completamente conocido. Este tipo de incertidumbre (de carácter estocástico) se ha gestionado, tradicionalmente, mediante la teoría de la probabilidad y la estadística denominada este tipo de imprecisión como incertidumbre estocástica en contraste con la imprecisión presente en la descripción del significado semántico de los eventos, fenómenos o sentencias, que denomina borrosidad (*fuzziness*). La borrosidad está presente en todas las áreas en los que los criterios humanos, la evaluación y las decisiones son importantes, como es el caso de la Planificación de la Producción. La Planificación de la Producción *fuzzy* permite la vaguedad o imprecisión que puede existir en las previsiones de la demanda del mercado y/o losparámetros asociados con la capacidad productiva, los costes del retraso de la demanda o la pérdida de ventas.

(Albormoz & Ortiz-Araya, 2010; Arango Serna, Vergara Rodríguez, & Gaviria Montoya, 2009; Moya Navarro, 2011) tratan el tema de la incertidumbre en la Planeación Agregada a través de la programación lineal aunque se mantienen vigentes los modelos de programación lineal de tipo determinísticos (Viveros & Salazar, 2010)

Otros autores aplican la Teoría de los Conjuntos Difusos a modelos ya conocidos como el *Material Requirements Planning* (MRP) (Arango Serna, Urán Serna, & Pérez Ortega, 2010)

De forma general, en la literatura especializada se pueden apreciar siete grupos de métodos para la Planeación Agregada. Esto se observa en la tabla 7.

Tabla 7. Grupos de métodos para la Planeación Agregada. Elaboración propia.

<b>Autores</b>	<b>Grupos</b>	<b>Métodos</b>
Buffa& G, 1984	<b>Heurísticos</b>	Coeficiente de Administración (CA)

		Planeamiento Paramétrico
	<b>Optimización</b>	Regla Lineal de Decisión (RLD)
		Programación Lineal (PL)
	<b>Búsqueda por ordenador</b>	Regla de Búsqueda por Decisión (RBD)
Fundora Miranda, et al., 1987	<b>Heurísticos</b>	Balance
		Normas técnico-económicas
		Normas técnico-organizativas
		Matricial
	<b>Optimización</b>	
	<b>Simulación</b>	
	<b>Estadísticos</b>	Regresión
Companys Pascual, 1989	<b>Heurísticos</b>	Gráficos
		Tabulares
Monks, 1994	<b>Heurísticos</b>	Coficiente de Administración
	<b>Optimización</b>	Regla Lineal de Decisión (RLD)
		Programación Lineal (PL)
Domínguez Machuca, et al., 1995b	<b>Intuitivos</b>	
	<b>Heurísticos</b>	
	<b>Optimización</b>	
	<b>Simulación</b>	
Narasimhan, et al., 1996	<b>Intuitivos</b>	
	<b>Heurísticos</b>	Gráficos
		Coficiente de Administración
	<b>Optimización</b>	Programación Lineal (PL)
		Regla Lineal de Decisión (RLD)
	<b>Búsqueda por ordenador</b>	
<b>Simulación</b>		
Gaither&Frazier, 2000	<b>Optimización</b>	Programación Lineal (PL)

		Regla Lineal de Decisión (RLD)
	<b>Búsqueda por ordenador</b>	
Heizer&Render, 2004	<b>Intuitivos</b>	Gráficos
	<b>Heurísticos</b>	Coficiente de Administración
	<b>Optimización</b>	Programación Lineal (PL)
Krajewski, et al., 2008	<b>Optimización</b>	Programación Lineal (PL)
Chase, et al., 2009	<b>Heurísticos</b>	Gráficos
		Tabulares
	<b>Optimización</b>	Programación Lineal (PL)
Mula Bru, Poler Escoto, &LarioEsteban, 2002	<b>Optimización</b>	Programación Dinámica (PD)
		Programación Estocástica (PE)
	<b>Difuso</b>	Lógica Fuzzy
	<b>Simulación</b>	

En el caso de la búsqueda por ordenador es también conocido como optimización a través de la simulación o meta heurística. Dentro de dicho grupo existen varias alternativas. El resumen gráfico de los grupos y sus respectivos métodos, a partir de la tabla anterior se muestran en figura 4.

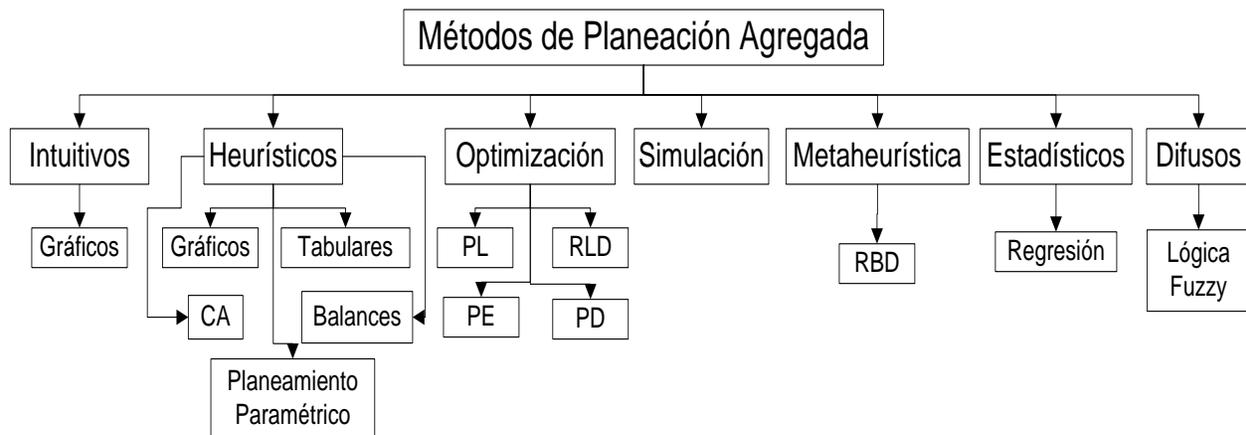


Figura 4. Grupos de métodos para la Planeación Agregada. Elaboración propia.

## Referencias Bibliográficas

- ALBORMOZ, V. M., & ORTIZ-ARAYA, V. Planificación jerárquica de la producción bajo incertidumbre. Retrieved from [http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F236260693\\_Planificacin\\_Jerrquica\\_de\\_la\\_produccion\\_bajo\\_incertidumbre%2Ffile%2F60b7d5176b104b94f0.pdf&ei=oZctU8rOKq3K0AHaj4GgBA&usg=AFQjCNHV2-d3LkxiGM2dAMAdyEE2-rVnAQ&bvm=bv.63556303,bs.1,d.dmQ](http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F236260693_Planificacin_Jerrquica_de_la_produccion_bajo_incertidumbre%2Ffile%2F60b7d5176b104b94f0.pdf&ei=oZctU8rOKq3K0AHaj4GgBA&usg=AFQjCNHV2-d3LkxiGM2dAMAdyEE2-rVnAQ&bvm=bv.63556303,bs.1,d.dmQ)
- ALBORMOZ, V. M., & ORTIZ-ARAYA, V. (2010). PLANIFICACIÓN JERÁRQUICA DE LA PRODUCCIÓN BAJO INCERTIDUMBRE. *5th Americas International Conference on Production Research*.
- ARANGO SERNA, M. D., URÁN SERNA, C. A., & PÉREZ ORTEGA, G. (2010). Fuzzy mathematical programming applied to the materials requirements planning (MRP). 33. Retrieved from <http://www.scielo.org.ve/pdf/rtfiuz/v33n1/art10.pdf>
- ARANGO SERNA, M. D., VERGARA RODRÍGUEZ, C., & GAVIRIA MONTOYA, H. (2009). MODELIZACIÓN DIFUSA PARA LA PLANIFICACIÓN AGREGADA DE LA PRODUCCIÓN EN AMBIENTES DE INCERTIDUMBRE. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v77n162/a39v77n162.pdf>
- BUFFA, E. S., & G, N. R. (1984). *Administración de Producción* (3ra ed.). Argentina: LIBRERÍA "EL ATENEO" EITORIAL.
- CADAVID FONNEGRA, M. D. J. (2008). Contabilidad de Costos Retrieved from <http://www.funlam.edu.co/administracion.modulo/NIVEL-03/ContabilidadDeCostos.pdf>
- COMPANYS PASCUAL, R. (1989). *Planificación y Programación de la Producción* (1ra ed.). Barcelona, España: MARCOMBO S.A.
- CHAPMAN, S. N. (2006). *Planificación y control de la producción* (1ra ed.). México: PEARSON Educación.
- CHASE, R. B., JACOB, F. R., & AQUILANO, N. J. (2009). *Administración de Operaciones. Producción y Cadena de Suministros* (12ma ed.). China: McGraw-Hill EDUCACIÓN.
- DOMÍNGUEZ MACHUCA, J. A., ÁLVAREZ GIL, M. J., GARCÍA GONZÁLEZ, S., DOMÍNGUEZ MACHUCA, M. A., & RUÍZ JIMÉNEZ, A. (1995b). *Dirección de Operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. España: McGraw-Hill.
- FUNDORA MIRANDA, A., TABOADA RODRÍGUEZ, C., CUELLAR, H., URQUIAGA RODRÍGUEZ, A. J., & SÁNCHEZ LARA, A. (1987). *ORGANIZACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN* (1ra ed. Vol. II). La Habana, Cuba: Editora ISPJAE.

- GAITHER, N., & FRAZIER, G. (2000). *Administración de producción y operaciones* (8va ed.): International Thomson Editores.
- HEIZER, J., & RENDER, B. (2004). *Principios de Administración de Operaciones* (5ta ed.). México: PEARSON Educación.
- KRAJEWSKI, L., RITZMAN, L., & MALHOTRA, M. (2008). *Administración de Operaciones*. México: Pearson Educación.
- MONKS, J. G. (1994). *Administración de Operaciones* (1ra ed.). México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE MÉXICO S.A. de C.V.
- MOREIRA, D. A. (1996). *ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO E OPERAÇÕES* (2da ed.). Brasil: LIVRARIA PIONEIRA EDITORA.
- MOYA NAVARRO, M. (2011). Planeación de la producción mediante la programación lineal con incertidumbre: Uso del programa OR Brianware Decisión Tools. 24. Retrieved from [http://www.tec-digital.itcr.ac.cr/servicios/ojs/index.php/tec\\_marcha/article/viewFile/159/157](http://www.tec-digital.itcr.ac.cr/servicios/ojs/index.php/tec_marcha/article/viewFile/159/157)
- MULA BRU, J., POLER ESCOTO, R., & GARCÍA SABATER, J. P. (2004). Aplicaciones de la Teoría de los Conjuntos Difusos en la Planificación de la Producción: Un Estudio de la Literatura. Retrieved from <http://www.adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2004/101-110.pdf>
- MULA BRU, J., POLER ESCOTO, R., & LARIO ESTEBAN, F. C. (2002). Modelos y Métodos para la Planificación de la Producción de la Cadena de Suministro bajo Incertidumbre: Una Introducción al Estado del Arte. Retrieved from [http://adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2002/gestion\\_produccion/C053.pdf](http://adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2002/gestion_produccion/C053.pdf)
- NAHMÍAS, S. (2007). *Análisis de la Producción y de las Operaciones* (5ta ed.). México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A. de C.V.
- NARASIMHAN, S. L., MCLEAVY, D. W., & BILLINGTON, P. J. (1996). *PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CONTROL DE INVENTARIOS*. México: PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA, S.A.
- REYES PONCE, A. (1996). *Administración por Objetivos* (1ra ed.). México: EDITORIAL LIMUSA, S.A. DE C.V.
- SCHROEDER, R. G., GOLSTEIN, S. M., & RUNGTUSANATHAM, M. J. (2008). *Administración de Operaciones. Conceptos y casos contemporáneos*. (5ta ed.). México.
- TORRES CABRERA, L., & URQUIAGA RODRÍGUEZ, A. J. (2007). *Fundamentos teóricos sobre gestión de producción*. La Habana: Félix Varela.

VIVEROS, R., & SALAZAR, E. (2010). Modelo de Planificación de Producción para un sistema Multiproducto con Múltiples Líneas de Producción. Retrieved from <http://www.dii.uchile.cl/~ris/RISXXIV/Viveros89.pdf>