

Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez"
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Industrial



Trabajo de Diploma
"Modelo dinámico para el análisis de la planeación
agregada en la Empresa de Productos Lácteos "Río
Zaza"

Diplomante: Dialys Aleman Rodríguez
Tutor: Ing. Manuel Hung Varela
Ing. Oslay Bravo Bernal

CURSO 2013-2014

La presente investigación se realizó en la Empresa de Productos Lácteos “Río Zaza”, perteneciente al Ministerio de la Industria Alimenticia (MINAL). Los planes generales de producción se cumplen, pero los planes por surtidos no se cumplen en su totalidad. Con sobre producciones en algunos productos planificados y no planificados se logra el cumplimiento global.

Se establece el procedimiento para modelar y simular sistemas propuesto por (Aracil, 1995). Se construyó un modelo dinámico para el análisis de la planeación agregada. La construcción y simulación del modelo permitió demostrar que las producciones pendientes tienden al incremento y que el sistema se comporta con retroalimentación positiva. Se utilizó el software especializado Vensim PLE, BEST FIT y el SPSS 15.0.

The present research was made at Empresa de Productos Lácteos “Río Zaza”, belonging Ministerio de la Industria Alimenticia (MINAL). Production arrangements general fulfill, but mixed programs are not totality. With high productions at some one programming products and others no programming products is possible the global fulfillment.

The procedure to modeling and simulating proposed by (Aracil, 1995) is establish . A dynamic model to aggregate planning analysis was built. The model's building and simulation was proving that pending production is increase and behavior system is positive feedback. It was use Vensim PLE, BEST FIT y el SPSS 15.0software.

Introducción	1
Capítulo I. Marco Teórico Referencial	5
1.1 Estrategia de investigación.....	5
1.2 Sistemas.....	6
1.2.1 Propiedades de los sistemas	7
1.3.2 Características de los sistemas.....	7
1.2.3 Clasificación de los sistemas	7
1.3 Planeación Agregada de la producción	8
1.3.1 Características fundamentales de la Planeación Agregada.....	10
1.3.2 Objetivos de la Planeación Agregada	12
1.3.3 Procedimientos para la Planeación Agregada	14
1.3.4 Métodos para la Planeación Agregada	15
1.4 Dinámica de sistemas.....	20
1.4.1 Causalidad y Diagramas de Bucle Causal	21
1.4.1.1 Componentes de un Diagrama de Bucle Causal	21
1.5 Simulación	24
1.5.1 Clasificación de los modelos de simulación	25
Capítulo II. Procedimiento para la modelación y simulación matemática	26
2.1 Definición del problema	27
2.2 Conceptualización del sistema	28
2.3 Formalización	32
2.4 Comportamiento del modelo.....	34
2.5 Evaluación del modelo.....	34
2.6 Explotación del modelo.....	40
Capítulo III. Análisis de la planeación agregada en la Empresa. de Productos Lácteos " Río Zaza" con un modelo dinámico.	42
3.1 Definición del problema.	42
3.2 Conceptualización del sistema	45
Alto	45
3.3 Formalización	50
3.4 Comportamiento del modelo.....	52

ÍNDICE

3.5 Evaluación del modelo.....	53
3.6 Explotación del modelo.....	54
Conclusiones.....	56
Recomendaciones	57
Referencias Bibliográficas	58
Anexos	1
Anexo # 1. Matrices cuadradas orientadas de influencias entre las variables.....	1
Anexo # 2. Ajuste de las variables estocásticas. Salidas del BEST FIT	5

Introducción

La Planeación Agregada de la producción constituye el puente entre las proyecciones empresariales a largo plazo y el trabajo operativo de la producción. Ella es decisiva en la empresa, la cadena de suministro y se hace patente desde el aprovisionamiento hasta la satisfacción de los clientes; esclarece el sentido de dirección a los directivos, establece propósito para los trabajadores y se afirma como base para el control (Chapman, 2006; Domínguez Machuca, Álvarez Gil, García González, Domínguez Machuca, & Ruíz Jiménez, 1995; Gaither & Frazier, 2000; Narasimhan, McLeavey, & Billington, 1997).

Por otra parte, por su importancia para la economía, política, y sociedad en general, la Planeación Agregada constituye un tema tratado a nivel internacional por varios especialistas del área del conocimiento (Arango Serna, Vergara Rodríguez, & Gaviria Montoya, 2009; Chase, Jacob, & Aquilano, 2009; Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008; Mula Bru, Poler Escoto, & Lario Esteban, 2002; Narasimhan, McLeavey, & Billington, 1997; Schroeder, Golstein, & Rungtusanatham, 2008).

Para Cuba, un país bloqueado económicamente y vigilado por el imperialismo norteamericano, la planificación, y específicamente la planificación de la producción, representa un factor de seguridad nacional y una garantía para el futuro. La importancia de la planificación de la producción se hace patente en la voluntad política así como en las legislaciones oficiales:

- Resolución 60 del 2011 sobre el Control Interno, sección primera “Ambiente de Control”, artículo 10 a). (Contraloría General de la República, 2011).
- Decreto Ley 281 del Sistema de información del Gobierno, capítulo 5 “Sistema Organización de Bienes y Servicios” establece la estructura general del sistema de producción en la empresa cubana, y enfatiza en la planificación de la producción y los planes, particularmente en el artículo 203.(Consejo de Estado, 2011)

- Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución, lineamientos generales 1, 7 y 8, así como el lineamiento 181 de la política agroindustrial (Partido Comunista de Cuba, 2011).

Las empresas cubanas productoras de alimento se enmarcan en un entorno reactivo poco estructurado con indicios de turbulencia (Menguzzato & Renau, 1991), donde la inestabilidad prima, las interacciones entre los actores son elevadas y los cambios son difíciles de predecir. Las empresas productoras de alimentos, presentan alta dependencia para su funcionamiento, de variables como: el aprovisionamiento de materias primas y materiales, tanto nacional como importado; la disponibilidad técnica y el mercado, que influyen en el logro del cumplimiento de los planes de producción (PNUD, 2014). En el país, el carácter de las variables mencionadas según el grado de certeza sobre el conocimiento de su comportamiento, clasifican como estocástico, es decir, solo se conoce o se puede llegar a conocer la distribución de probabilidad de ocurrencia (Hillier & Lieberman, 1997; Vélez Pareja, 2001; Winston, 2005b). En algunos casos, no se dispone información de la probabilidad de ocurrencia de las variables, y pasan al plano de la incertidumbre (Mula Bru, Poler Escoto, & Lario Esteban, 2002)

Situación Problemática

La Empresa de Productos Lácteos “Río Zaza” realiza la planeación agregada de la producción con modelos tradicionales de tipo heurísticos, con métodos empíricos. El enfoque para la planeación es estático y determinístico. La planeación a partir de los supuestos mencionados tiene como resultado el cumplimiento global de los planes de producción, pero no así con los planes por surtidos. De forma general se encuentra que:

- Como promedio, el 50% de los planes por surtidos no se cumplen.
- Los surtidos incumplidos, no superan el 65% (como promedio) de lo planeado.
- Los planes globales se cumplen con la sinergia de productos no planificados que se producen y con sobre cumplimientos en algunos surtidos planificados.

El propósito fundamental de la planeación agregada es establecer el equilibrio óptimo entre oferta y demanda, así como la obtención de planes de producción viables y creíbles (Chapman, 2006; Domínguez Machuca, et al., 1995; Gaither & Frazier, 2000), lo que evidentemente, no se cumple en la empresa objeto de estudio.

Las capacidades productivas, las demandas, y la planeación agregada tienen un carácter dinámico. El análisis del comportamiento del proceso de planificación de la producción en el tiempo, tiene un acierto mayor con un enfoque dinámico.

Problema científico:

La necesidad de un modelo dinámico para analizar la planeación agregada de la producción en la Empresa. de Productos Lácteos “Río Zaza”.

La hipótesis de la investigación es:

Si se diseña un modelo dinámico se podrá analizar la planeación agregada de la producción en la Empresa. de Productos Lácteos “Río Zaza”.

La investigación tiene como objetivo general, diseñar un modelo dinámico para analizar la Planeación Agregada de la producción en la Empresa. de Productos Lácteos “Río Zaza”.

Para el cumplimiento del objetivo general se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Construir el marco teórico referencial de la investigación a partir del estudio del estado del arte y la práctica de los sistemas, la Planeación Agregada de la producción como sistema, la dinámica de sistemas y la simulación como métodos de análisis y planeación.
2. Establecer el procedimiento de modelación dinámica para analizar la planeación agregada de la producción en la Empresa. de Productos Lácteos “Río Zaza”.
3. Analizar la planeación agregada en la Empresa. de Productos Lácteos “Río Zaza” con un modelo dinámico.

Como objeto de la investigación se tiene la planeación agregada de la producción y por campo de acción los modelos dinámicos para analizar la planeación agregada.

Para llevar a cabo los objetivos, la estructura del trabajo se ha diseñado de la siguiente forma:

_ Capítulo I. Marco Teórico Referencial. En este capítulo se plasma la búsqueda de las literaturas relacionadas con el tema a tratar (estado del arte), así como la teoría de utilidad e importancia para la investigación. Para ello se consultaron fuentes primarias y terciarias.

_Capítulo II. Procedimiento para el diseño del modelo y la simulación.

En este capítulo se establece el procedimiento a seguir para el diseño del modelo dinámico y la simulación para analizar la planeación agregada en la Empresa. de Productos Lácteos “Río Zaza”.

_ Capítulo III. Análisis de la planeación agregada en la Empresa de Productos Lácteos “Río Zaza”. En este capítulo se puede apreciar la construcción y simulación del modelo dinámico para el análisis de la planeación agregada como base para la futura toma de decisiones en esta área.

Para el desarrollo del mismo se hizo uso de paquetes informáticos especializados como el SPSS 15.0, BEST FIT, Vensim PLE.

Valor metodológico

La investigación ofrece la posibilidad de integrar coherentemente conceptos de diferentes orígenes y áreas del saber, con el objetivo de analizar la planeación agregada en la Empresa. de Productos Lácteos “Río Zaza”.

Valor práctico

La investigación ofrece los fundamentos matemáticos para el análisis y proyección de la planeación agregada en la Empresa. de Productos Lácteos “Río Zaza”.

Capítulo I. Marco Teórico Referencial

1.1 Estrategia de investigación

En el presente capítulo se abordaron los aspectos teóricos más importantes, relacionados con los sistemas, la planeación agregada como sistema, la dinámica de sistemas y la simulación como métodos de análisis y planeación; temas que constituyen el soporte teórico a la presente investigación.

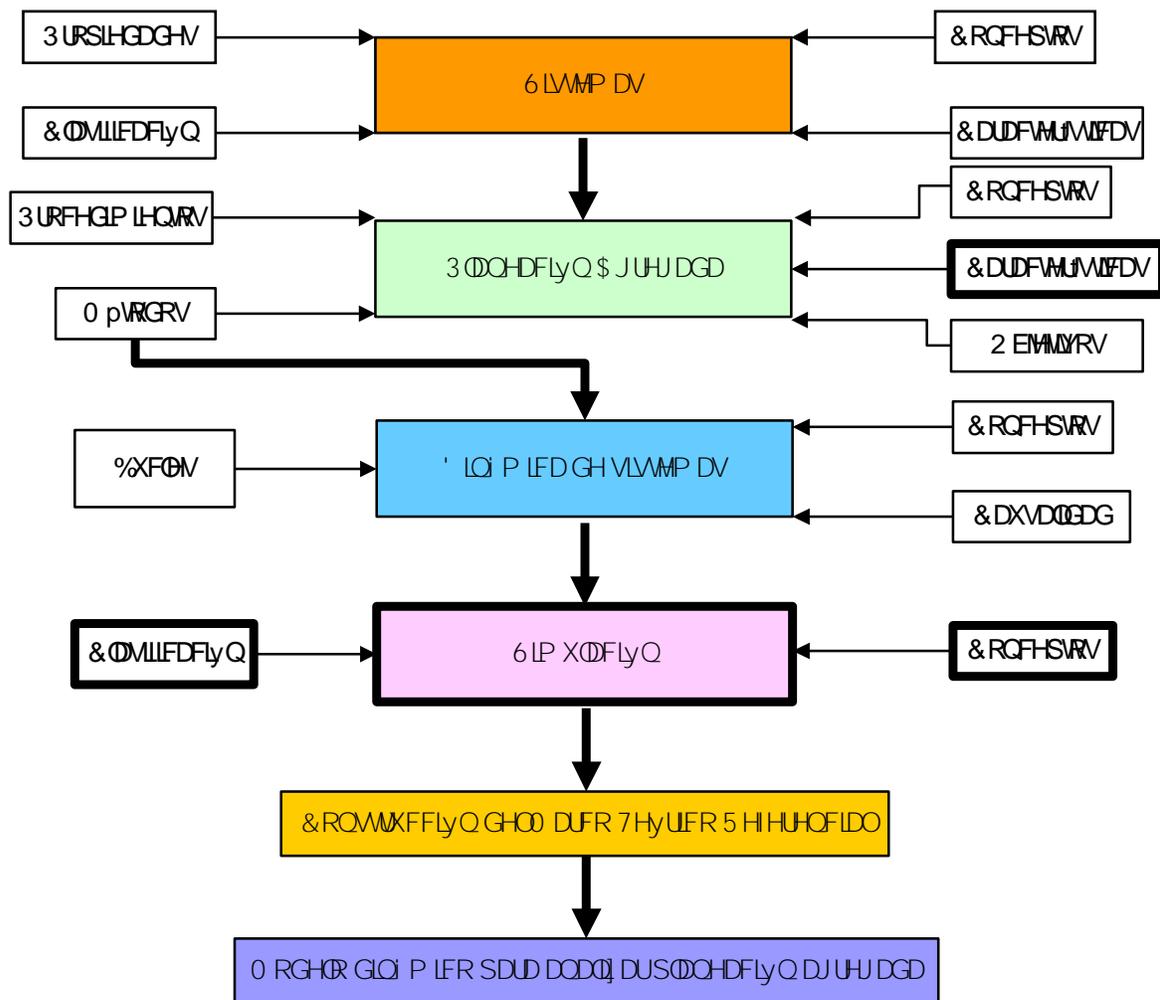


Figura 1.1: Hilo conductor del marco teórico. Fuente: Elaboración propia.

1.2 Sistemas

Desde que el hombre aparece sobre la tierra, su objetivo consiste en dominar el Universo, para lo cual, debe en primer lugar, comprenderlo. Esa comprensión se ve limitada por la propia capacidad del hombre y de sus medios, de forma que todo objeto, toda parte del Universo que somete a su observación y estudio es asimilada por él lo que crea una imagen o modelo del objeto, del entorno y de la relación entre ambos. Es decir, crea un sistema y, como es claro, cada hombre tiene una forma particular de percibir la realidad, podemos decir que los sistemas no existen en la naturaleza, sólo existen en la mente y en el espíritu del que los crea (Sarabia, 1995).

El término sistema se utiliza habitualmente con múltiples sentidos, tantos que resulta difícil dar una definición única que los abarque todos y al mismo tiempo sea lo suficientemente precisa para servir a propósitos específicos. Se puede partir de la definición de sistema como conjunto de cosas que ordenadamente relacionadas entre sí contribuyen a determinado objetivo (Barceló, 1996).

En un sentido amplio, un sistema puede ser definido como un conjunto de partes interrelacionadas entre sí, en función de un fin. La estructura del sistema es el conjunto de las relaciones no fortuitas que ligan las partes entre ellas y el todo (Menguzzato & Renau, 1991).

Un sistema es un objeto formado por un conjunto de partes entre las que se establece alguna forma de relación que las articula en la unidad que es precisamente el sistema. Se manifiesta como un aspecto de la realidad dotado de cierta complejidad, precisamente por estar formado por partes en interacción. Esta interacción coordina a las partes y dota al conjunto de la una entidad propia (Aracil & Gordillo, 1997).

Todo sistema es viable, en el sentido de sobre vivencia autónoma, tiene alguna forma de vida y una complejidad más allá del alcance (Bravo Carrasco, 1998).

Sistema es un conjunto de elementos interdependientes e interactuantes o un grupo de unidades combinadas que forman un todo organizado. Es un conjunto o combinaciones de cosas o partes que forman un todo unitario (Chavienato, 2004).

1.2.1 Propiedades de los sistemas

Los sistemas reúnen una serie de propiedades:

- _ El homomorfismo, según la cual dos sistemas que tienen una parte de su estructura igual son homomórficos.
- _ El isomorfismo, que implica que dos sistemas que tengan una estructura idéntica son isomorfos. Esta propiedad permite, por ejemplo, utilizar el concepto de ciclo de vida de los seres vivos a los productos y a la propia empresa.
- _ La equifinalidad, que significa que un sistema puede alcanzar el mismo estado final a partir de diferentes condiciones iniciales y a través de una variedad de caminos.
- _ Entropía negativa, propiedad de los sistemas abiertos según la cual al poder recibir éstos más energía de la que consumen, pueden almacenarla y adquirir entropía negativa para sobrevivir.
- _ Sinergia, que supone que el todo (el sistema) es distinto a la suma de las partes (Menguzzato & Renau, 1991)

1.3.2 Características de los sistemas

- Propósito u objetivo. Todo sistema tiene uno o algunos propósitos u objetivos. Las unidades u elementos (u objetos), así como las relaciones definen un arreglo que tienen siempre como fin un objetivo o finalidad a alcanzar.
- Globalización o totalidad. Todo sistema tiene una naturaleza orgánica, por la cual una acción que produzca cambio en una de las unidades del sistema deberá producir cambios en todas sus otras unidades (Chavienato, 2004).

1.2.3 Clasificación de los sistemas

Existe variedad de sistemas y varias tipologías para clasificarlos. Los tipos de sistemas son:

En cuanto a su constitución, los sistemas pueden ser físicos o abstractos:

- Sistemas físicos o concretos. Se componen de equipos, maquinaria, objetos y cosas reales. Se denominan hardware. Pueden describirse en términos cuantitativos de desempeño.

- Sistemas abstractos o conceptuales. Se componen de conceptos, filosofías, planes, hipótesis e ideas. Aquí, los símbolos representan atributos y objetos, que muchas veces sólo existen en el pensamiento de las personas. Se denominan software.

En cuanto a su naturaleza, los sistemas pueden ser cerrados o abiertos:

- Sistemas cerrados. No presentan intercambio con el medio ambiente que los circunda, pues son herméticos a cualquier influencia ambiental. Siendo así, no reciben influencia del ambiente ni influyen en él. No reciben ningún recurso externo y nada producen que sea enviado afuera. En rigor, no existen sistemas cerrados en la acepción exacta del término. La denominación sistemas cerrados se da a los sistemas cuya conducta es determinística y programada y que operan con pequeño y conocido intercambio de materia y energía con el medio ambiente. También el término se utiliza para los sistemas estructurados donde los elementos y las relaciones se combinan de forma peculiar y rígida, producen una salida invariable. Son los llamados sistemas mecánicos, como las máquinas y los equipos.
- Sistemas abiertos. Presentan relaciones de intercambio con el medio ambiente por medio de innumerables entradas y salidas. Los sistemas abiertos cambian materia y energía regularmente con el medio ambiente. Se adaptan, para sobrevivir deben reajustarse constantemente a las condiciones del medio. Mantiene un juego recíproco con el ambiente y su estructura se optimiza cuando el conjunto de elementos del sistema se organiza a través de una operación de adaptación. La adaptabilidad es un continuo proceso de aprendizaje y de autoorganización (Chavienato, 2004)

1.3 Planeación Agregada de la producción

La planeación agregada de la producción, se conoce por varios nombres en la literatura especializada: planeación agregada, planificación de la producción, y planificación de ventas y operaciones.

(Domínguez Machuca, et al., 1995) lo enfocan desde su resultado con el nombre de Plan Agregado de Producción. Estos autores lo definen como un Plan de Producción a medio plazo, factible desde el punto de vista de la capacidad, que permita a su vez lograr el Plan Estratégico de forma eficaz en relación con los objetivos tácticos del subsistema de Operaciones.

(Chapman, 2006) trata a la planificación agregada como Planificación de Ventas y Operaciones, con un profundo enfoque sistémico. La considera como una parte de la más detallada planificación de recursos, incluyen el tipo y cantidad de estos, así como la oportunidad con que se cuenta con ellos.

(Gaither & Frazier, 2000) plantean que la planeación agregada es la encargada de desarrollar planes de producción a mediano plazo, en lo que se refiere a empleo, inventarios agregados, servicios generales, modificaciones a las instalaciones y a contratos de suministro de materiales.

(Heizer & Render, 2004) establecen que forma parte de un sistema más amplio de planeación de la producción. La información para llevar a cabo la planeación agregada incluye el pronóstico de demanda, finanzas, capacidad, personal y disponibilidad de materia prima.

(Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008) plantean que el Plan de Ventas y Operaciones es el proceso de planear los niveles futuros de recursos agregados para que la oferta esté en equilibrio con la demanda. Este plan es una declaración de las tasas de producción, niveles de mano de obra y existencias en inventario de una compañía o departamento, que concuerdan con los pronósticos de la demanda y las restricciones de capacidad. El plan de ventas y operaciones es progresivo y gradual, lo que significa que está proyectado para abarcar varios períodos en el futuro.

(Schroeder, Golstein, & Rungtusanatham, 2008) 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.

(Torres Cabrera & Urquiaga Rodríguez, 2007) la planificación agregada de la producción, que clasifica en el subsistema global, está referida a la relación entre la oferta y la demanda de producción a mediano plazo.

(Chase, Jacob, & Aquilano, 2009) plantean que el plan agregado especifica la combinación óptima de la tasa de producción, el nivel de la fuerza de trabajo y el inventario disponible. Donde:

- Tasa de producción: cantidad de unidades terminadas por unidad de tiempo.
- Nivel de la fuerza de trabajo: número de trabajadores necesarios para la producción (producción = tasa de producción*nivel de la fuerza de trabajo)
- Inventario disponible: inventario sin usar que es arrastrado del período anterior.

1.3.1 Características fundamentales de la Planeación Agregada

Los autores consideran varios factores en las características fundamentales de la planeación agregada. A continuación se muestran algunas características desde la perspectiva de varios autores.

(Schroeder, et al., 2008; Torres Cabrera & Urquiaga Rodríguez, 2007)

- Un horizonte de tiempo de aproximadamente 12 meses, con una actualización del plan en una base periódica, tal vez en forma mensual.
- Un nivel agregado de demanda por una categoría o un número pequeño de categorías de productos. Se supone que la demanda es fluctuante, incierta o estacional.
- La posibilidad de cambiar las variables tanto de oferta como de demanda.
- Una variedad de objetivos de la administración que podrían incluir inventarios bajos, buenas relaciones laborales, costos bajos, flexibilidad para incrementar los niveles futuros de producción y buen servicio a los clientes.
- Instalaciones que se consideran fijas y que no pueden ampliarse o reducirse.

(Krajewski, et al., 2008)

Se centran en la agregación, plantean que los planes agregados no son detallados para de esta forma tomar decisiones a nivel macro con mayor facilidad. En general, las compañías realizan la agregación con base en tres dimensiones: servicios o productos, mano de obra y tiempo.

- Familias de productos. Un grupo de clientes, servicios o productos que tienen requisitos de demanda similares y requisitos comunes de procesamiento, mano de obra y materiales. En algunas ocasiones, las familias de productos se relacionan con agrupaciones de mercado, o con procesos específicos.
- Mano de obra. Las compañías pueden agregar la mano de obra en diversas formas, según la flexibilidad de la fuerza de trabajo. La gerencia tiene la posibilidad de agregar a los empleados de acuerdo con familias de productos o puede considerar que todos sus empleados constituyen un grupo agregado.
- Tiempo. El horizonte de planificación que abarca un plan de ventas y operaciones típicamente es de un año, aunque puede variar en diferentes situaciones. Para evitar los gastos y el efecto negativo de los cambios frecuentes en las tasas de producción y las fuerzas de trabajo, por lo general se realizan ajustes mensuales o trimestrales. La compañía considera el tiempo en forma agregada (en meses, trimestres o temporadas) y no en días u horas.

(Domínguez Machuca, et al., 1995)

Se enfatiza en las unidades de medida para la agregación y el horizonte de tiempo.

- Unidades de medida de agregación. (Domínguez Machuca, et al., 1995) Ha de tenerse en cuenta que el Plan Agregado debe servir, entre otras cosas, para facilitar la comunicación y coordinación entre la alta Dirección y el Departamento de Producción, así como este último y el resto de las áreas funcionales. Debido a ello, es importante que las unidades empleadas sean significativas y agregadas, de forma tal que el Plan Agregado sea manejable y fácilmente comprensible por los distintos directivos de la firma.

- Horizonte de planificación. Está subdividido en períodos de tiempo llamados cubos de tiempo. Puede decirse que generalmente, se acepta un horizonte comprendido entre 6 y 18 meses, subdividido en meses o trimestres.

De forma general se puede decir que las características fundamentales de la planeación agregada son:

- Horizonte de planificación entre 6 y 18 meses con cubos de tiempos de 1 y 3 meses.
- Se planifican los productos por familias en unidades significativas y entendibles.
- Se planifica la fuerza de trabajo de forma agregada, según su nivel de flexibilidad.
- Existe la posibilidad de variar la oferta, la demanda o ambos.
- No es posible incrementar capacidades a través del redimensionamiento de las instalaciones.
- Se planifica con más de una meta u objetivo (inventarios, clientes, etc.)

1.3.2 Objetivos de la Planeación Agregada

Como ya se mencionó, el propósito fundamental de la Planeación Agregada es establecer un equilibrio entre la oferta y la demanda; no obstante, con su cumplimiento, se buscan otros objetivos.

(Domínguez Machuca, et al., 1995) plantea que sus objetivos básicos son:

- Permitir la conexión y comunicación del Departamento de Operaciones con la alta dirección y con el resto de las áreas funcionales.
- Ser el origen del proceso de planificación y control de producción a desarrollar por la dirección de Operaciones.
- Ser uno de los instrumentos de control del Plan Estratégico, en cuyo marco las distintas áreas acuerdan, en términos agregados, lo que va a producirse y lo que va a estar disponible para la venta.

(Chapman, 2006) plantean los siguientes objetivos:

- Medir y dar apoyo al plan de negocio
- Dar soporte al cliente
- Garantizar que los planes sean realistas
- Administrar efectivamente el cambio
- Administrar el inventario de bienes terminados y/o de reserva para dar mejor apoyo al servicio al cliente.
- Controlar costos
- Medir el desempeño
- Desarrollar el trabajo en equipo

(Gaither & Frazier, 2000) plantean que los objetivos fundamentales son:

- Instalaciones a plena carga, que minimice tanto sobrecargas como subcargas, para reducir los costos de producción.
- Capacidad adecuada de producción, para llenar la demanda acumulada esperada.
- Un plan para el cambio ordenado y sistemático de la capacidad de producción para cumplir con las altas y bajas de la demanda esperada de los clientes.
- Obtener la máxima producción, en función a los recursos disponibles, lo que es importante en tiempos con recursos de producción escasos.

De forma general, los objetivos principales de la Planeación Agregada son:

- Servir de puente comunicativo entre las diferentes áreas de la empresa.
- Optimizar producción
- Optimizar costos
- Optimizar capacidad
- Administrar inventarios
- Servir de apoyo para el control

1.3.3 Procedimientos para la Planeación Agregada

La Planeación Agregada implica la realización de 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:

(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.

(Krajewski, et al., 2008) visualiza el procedimiento con seis pasos, según se muestra en la siguiente figura:

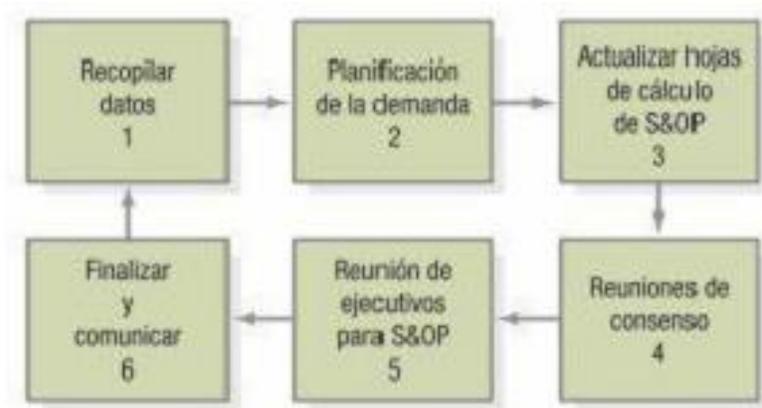


Figura 1.1. Procedimiento para la Planificación de Ventas y Operaciones.

Fuente: (Krajewski, et al., 2008)

(Domínguez Machuca, et al., 1995) 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 como origen de los nuevos planes alternativos.
6. Seguir el proceso hasta la obtención de un Plan Agregado Satisfactorio.

1.3.4 Métodos para la Planeación Agregada

(Domínguez Machuca, et al., 1995) clasifica 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.

Autores	Año	Tipo
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	<i>Management Coefficient Model</i>
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	<i>Branch & Bound</i>
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

Tabla 1.1 Algunos modelos de Planeación Agregada.

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

(Heizer & Render, 2004) coincide con la clasificación dada por (Domínguez Machuca, et al., 1995). 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.

TÉCNICA	ENFOQUES DE SOLUCIÓN	ASPECTOS IMPORTANTES
Métodos de gráficos y diagramas	Prueba y error	Fáciles de entender y usar. Muchas soluciones; la solución elegida quizá 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.

Tabla 1.2 Comparación entre grupos de modelos.

Fuente: (Heizer & Render, 2004)

(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

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

(Mula Bru, et al., 2002) proponen cuatro grupos de modelos y métodos matemáticos para la Planeación Agregada:

- Programación estocástica (PE)

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

Programación Estocástica (PE)	
Autores	Descripción
Eppen y otros (1989)	Desarrollan un modelo para planificar las capacidades de un importante fabricante de automóviles. El modelo de PE se basó en escenarios de demandas con ciertas probabilidades. 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)	Analizan diferentes enfoques para la planificación de la producción y la capacidad a través de PE.
Mulvey y otros (1995)	Formulan un modelo que denominan Optimización Robusta, en el que consideran la incertidumbre de forma proactiva, en lugar de reactiva, como lo hace el análisis de sensibilidad tradicional.
Karabuk y Wu (1999)	Formulan un programa estocástico para resolver el problema de la planificación agregada de un importante fabricante de semiconductores. En este caso, la planificación de la capacidad debe considerar dos puntos de vista distintos, uno relativo al producto, y el otro, desde un punto de vista del proceso. Lo más novedoso de este modelo es que estudia el efecto de la descentralización en un entorno de toma de decisiones estocástico.
Teoría de los conjuntos difusos (<i>fuzzy sets</i>)	
Autores	Descripción

Bellman y Zadeh (1970)	Presentan la forma de aplicar la teoría de conjuntos difusos a la toma de decisiones con incertidumbre. Los autores cuestionan el uso del enfoque probabilista ya que, según ellos, la imprecisión que normalmente se encuentra en muchas situaciones no es lo mismo que aleatoriedad.
Modelos de simulación	
Autores	Descripción
Albritton y otros (1999)	Presentan un modelo de planificación de la producción con incertidumbre en la demanda con dos variantes del muestreo de Monte Carlo y que denominan Optimización basada en Simulación.

Tabla 1.3 Modelos de planeación agregada de la producción. Adaptado de (Mula Bru, et al., 2002)

(Mula Bru, Poler Escoto, & García Sabater, 2004) hace énfasis en la Teoría de Conjuntos Difusos. Plantea 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 los parámetros asociados con la capacidad productiva, los costes del retraso de la demanda o la pérdida de ventas.

(Albormoz & Ortiz-Araya; 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, los modelos y métodos para la Planeación Agregada se resumen en:

- Prueba y error. Métodos gráficos y otros.
- Analíticos. Optimización determinística, estocástica y heurísticos.
- Simulación.

1.4 Dinámica de sistemas

Según (Aracil, 1995), la dinámica de sistemas es la disciplina para el estudio de las relaciones entre la estructura y el comportamiento de un sistema con ayuda de modelos informáticos de simulación.

La dinámica de sistemas es un método de resolución de problemas complejos donde figura la tecnología, sin estar limitado a ella, en el contexto de los entornos físicos, sociales, económicos y culturales en los que estos problemas existen (Drew, 1995)

La Dinámica de Sistemas es una metodología para el estudio y manejo de sistemas de realimentación complejos. Una de las características de esta disciplina es el uso del computador para realizar sus simulaciones, lo que ofrece la posibilidad de estudiar el comportamiento y las consecuencias de las múltiples interacciones de los elementos de un sistema a través del tiempo (Morlán Santa Catalina, 2007)

La DS es una metodología de apoyo para pensar problemas en términos de sistemas. El objetivo es pensar acerca de sistemas complejos, en los cuales hay partes componentes e interacciones entre ellas. Para ello se utiliza un modelo

computacional que pone de manifiesto las relaciones entre la estructura o grafo del sistema y su comportamiento (Godoy & Bartó, 2002)

Dinámica de Sistemas es un nombre propio que designa un determinado método de construcción de modelos de sistemas sociales susceptibles de ser simulados por ordenador (Torrealdea, 2008)

1.4.1 Causalidad y Diagramas de Bucle Causal

El concepto de causalidad ha ocupado a científicos y pensadores durante más de dos mil años. Una de las preguntas de fondo es ¿puede el ser humano conocer las relaciones causales? Algunos autores consideran que las verdaderas causas no se pueden conocer; pero la experiencia repetida de cadenas de eventos (primero <X> luego <A>) conduce a atribuir causas. En dinámica de sistemas, se trabaja con atribuciones causales (Schaffernicht, 2009)

Se ha desarrollado un lenguaje de diagrama muy simple, que ha sido usado para describir lo esencial de modelos de simulación complejos, y que puede ser usado también para elaborar un modelo cualitativo preliminar: los diagramas de bucle causal (DBC). Muchos textos no técnicos, hacen uso extensivo de estos diagramas. Un diagrama de bucle causal consiste de bucles con una determinada polaridad; el conjunto de bucles opera a través de variables ligadas entre ellas por vínculos causales con una determinada polaridad. Tal diagrama debe contener todas las variables y todos los vínculos causales relevantes.

1.4.1.1 Componentes de un Diagrama de Bucle Causal

Los dos componentes elementales de los DBC son variable y vínculo causal.

Una variable es una entidad que se distingue del resto del mundo, al menos, desde el punto de vista del ser pensante que lo observa. Se asume que durante el tiempo considerado, la variable es estable: si bien sus valores pueden cambiar, la variable existirá sin excepción. Se pueden reconocer por el hecho de que son sustantivos, pueden ser objetos o atributos de objetos.

Un vínculo causal es una -hipotética- relación entre dos variables, que establece que un evento que ocurre en la variable causante tendrá un efecto distintivo en la variable afectada (Schaffernicht, 2009)

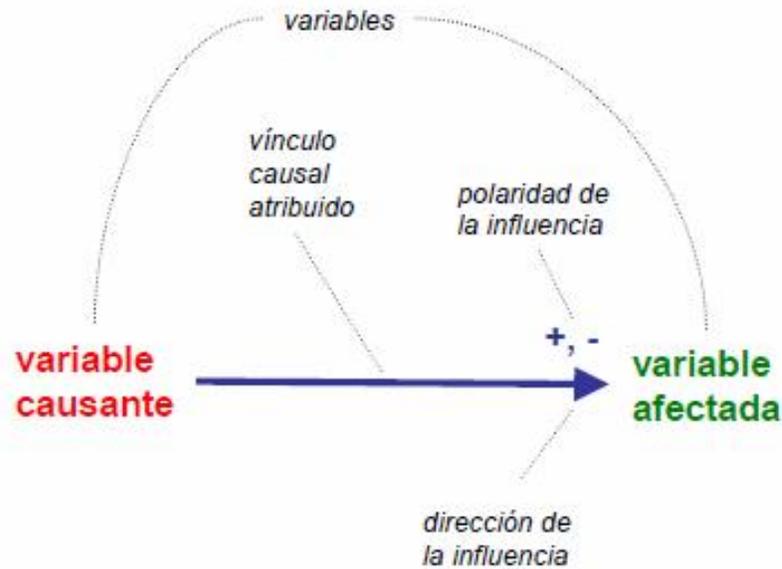


Figura 1.2 Vocabulario esencial de los diagramas de bucle causal.

Fuente: (Schaffernicht, 2009)

La polaridad expresa la relación entre los signos de cambio.

- Polaridad positiva: cuando la variable independiente cambia en un sentido (con signo positivo/negativo), entonces desde este momento en adelante, los valores de la variable dependiente serán más altos/bajos de lo que habrían sido (símbolo "+");
- Polaridad negativa: cuando la variable independiente cambia en un sentido (con signo positivo/negativo), entonces desde este momento en adelante, los valores de la variable dependiente serán más bajos/altos de lo que habrían sido (símbolo "-").

La idea de causalidad significa que un evento ocurrido en una variable tendrá un efecto en la otra; sin embargo, esto no dice nada sobre el tiempo que será necesario para que el evento de la variable causante llegue a tener efecto en la variable afectada. En el mundo material, esto siempre toma un tiempo no nulo.

La percepción del ser humano no es inmediata; hasta los reflejos automáticos se demoran. Por ejemplo, para que un automovilista empiece a frenar al ver un peatón saltar a la vereda, pasa hasta una décima parte de segundo, y si andaba a 100

Km./h, es decir 100.000 metros 3600 segundos, entonces su auto habrá avanzado de $100.000/36.000 =$ aproximadamente 3 metros en este tiempo.

En las empresas y las organizaciones, los eventos ocurren continuamente, pero el ritmo de los reportes a la gerencia es por semana, por mes y hasta periodos más largos. En el sistema educacional, se intenta medir la calidad cada 4 años (para un mismo curso). Los gobiernos se eligen cada 4 años.

Es importante señalar claramente los vínculos causales que son más lentos que los demás, en un diagrama causal. Se utiliza un símbolo distintivo para representar las demoras como se muestra a continuación:

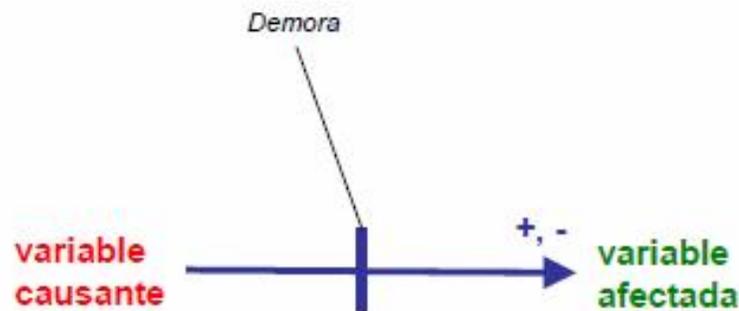


Figura 1.3 Representación gráfica de la demora en un DBC.

Fuente: (Schaffernicht, 2009)

Se distinguen tres tipos de variables en función de su propio cometido en el modelo. Variables de nivel, variables de flujo y variables auxiliares.

Los niveles suponen la acumulación en el tiempo de una cierta magnitud. Son las variables de estado del sistema, en cuanto que los valores que toman determinan la situación en la que se encuentra el mismo.

Los flujos expresan de manera explícita la variación por unidad de tiempo de los niveles. No es siempre inmediato decidir cuál de los tres tipos será el apropiado para representar a un elemento determinado del sistema real en estudio. Pensar en un cierto nivel de agua y en un grifo que lo abastece es una buena metáfora para mejor comprender los significados respectivos de estos dos tipos de variable.

Las variables auxiliares son, como su nombre indica, variables de ayuda en el modelo. Su papel auxiliar consiste en colaborar en la definición de las variables de flujo y en documentar el modelo haciéndolo más comprensible.

Además de las variables reseñadas, en todo modelo habrá también parámetros, o sea, variables que se mantienen constantes durante todo el horizonte temporal de ejecución del modelo (Torrealdea, 2008).

1.5 Simulación

La simulación es una poderosa herramienta utilizada en la toma de decisiones en áreas varias como la industria, medicina y el ejército. Es eficaz para el análisis de las capacidades productivas, ya que permite evaluar probables escenarios en el tiempo.

Simulación de Sistemas consiste en un seguimiento a lo largo del tiempo de los cambios que tienen lugar en el modelo dinámico del sistema. (Barceló, 1996)

La simulación es una técnica que imita la operación de un sistema del mundo real a medida que evoluciona con el tiempo. Esto normalmente se hace con el desarrollo de un modelo de simulación.

Se entiende por modelo de simulación el conjunto de suposiciones acerca de la operación del sistema, expresado como relaciones matemáticas o lógicas entre los objetos de interés del sistema (Winston, 2005a).

La simulación es la imitación de un sistema real en el tiempo a través de un modelo de computador, el cual tiene como objetivo evaluar los distintos escenarios para mejorar el desempeño del sistema. Así mismo esta herramienta es útil para visualizar, analizar y mejorar el desempeño de un sistema tanto de producción de bienes como de servicios (Calvo García & Motta Parra, 2011).

La simulación es una técnica de muestreo estadístico controlada para estimar el desempeño de sistemas estocásticos complejos cuando los modelos analíticos no son suficientes. Más que describir el comportamiento global de un sistema discretamente, el modelo de simulación describe la operación del mismo en términos de los eventos individuales de cada uno de los componentes del sistema (Hillier & Lieberman, 1997).

La simulación es una técnica numérica que se utiliza para realizar experimentos en una computadora, a partir de la construcción de un modelo lógico – matemático que describe el comportamiento de los componentes del sistema y su interacción en el tiempo (Marrero Delgado et al., 2002)

1.5.1 Clasificación de los modelos de simulación

Los modelos de simulación a su vez pueden ser clasificados según varios criterios:

- Según la evolución del tiempo

Estáticos: representan un sistema en un instante particular. A menudo, a este tipo de simulación se la denomina simulación de Monte Carlo.

Dinámicos: representan un sistema que evoluciona con el tiempo.

- Según la aleatoriedad

Deterministas: no incluyen variables aleatorias. Dados unos datos de entrada, existe un único conjunto posible de datos de salida.

Probabilistas o estocásticos: contienen variables aleatorias, las salidas son aleatorias (estimaciones de las verdaderas características).

- Según las variables de estado

Continuos: si todas las variables de estado cambian de forma continua con el tiempo.

Discretos: si todas las variables de estado cambian en determinados instantes de tiempo. Se definen como eventos aquellos sucesos que pueden producir un cambio en el estado del sistema. A estos modelos también se les llama modelos de simulación de eventos discretos.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que no siempre de un sistema discreto se hace un modelo discreto, hay casos en que por simplificar es mejor tratarlo como un sistema continuo. Un caso muy habitual son los modelos de tráfico, en que aunque los cambios son discretos, modelarlos como flujos continuos da mucho mejor resultado.

Híbridos o combinados: si incluyen variables de estado continuas y discretas (Begoña, 2012)

Capítulo II. Procedimiento para la modelación y simulación matemática

Para la construcción de un modelo dinámico que represente la planeación agregada en la Empresa de Productos Lácteos Río Zaza, así como la simulación matemática de dicho modelo el autor selecciona el procedimiento propuesto por (Aracil, 1995).

El procedimiento se muestra en la siguiente figura:

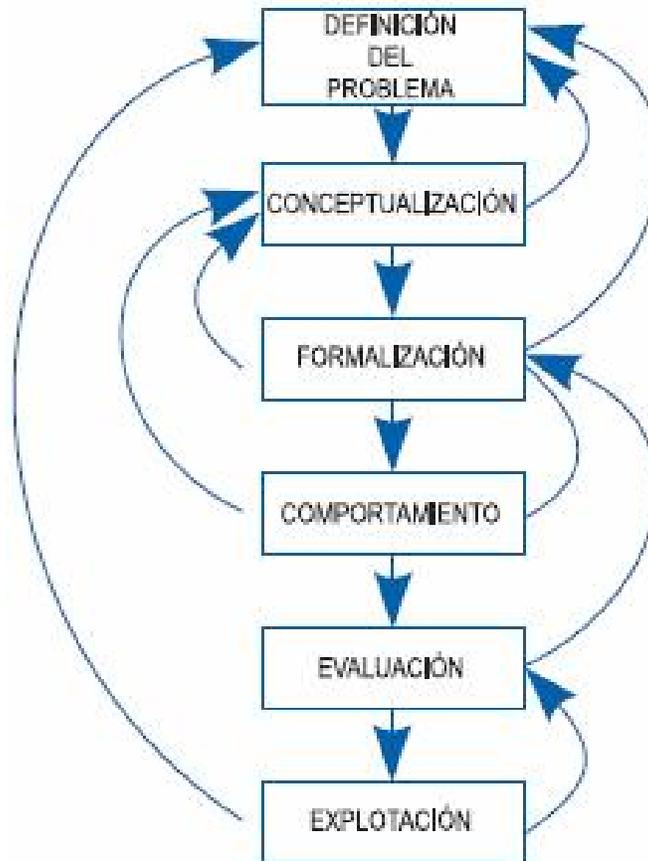


Figura 2.1 Procedimiento para la construcción de modelos dinámicos.
Fuente: (Aracil, 1995)

El procedimiento propuesto consta de seis etapas. A continuación se describe.

2.1 Definición del problema

En esta primera fase se trata de definir claramente el problema y de establecer si es adecuado para ser descrito con los útiles sistémicos que hemos desarrollado.

Para ello el problema debe ser susceptible de ser analizado en elementos componentes, los cuales llevan asociadas magnitudes cuya variación a lo largo del tiempo se desean estudiar. Entre estos elementos se producen relaciones de influencia.

Para la construcción de un modelo se parte de información de dos tipos fundamentalmente. Por una parte, se tienen registros numéricos de las trayectorias seguidas en el pasado por las magnitudes correspondientes.

Por otra, se dispone de una información, de naturaleza muy variada, con relación a cómo se producen las interacciones en el seno del sistema. Según la importancia relativa que se dé a estos dos tipos de información, se tienen diferentes métodos de modelado. En los métodos basados en la estadística, se considera que la única información relevante es la del primer tipo y, por tanto, en estos métodos de modelado se trata de realizar un ajuste numérico de los modelos a esos datos.

Por otra parte, en métodos como la dinámica de sistemas se asume que la información relevante es la del segundo tipo. Es decir, información con respecto a cómo se producen las interacciones en el seno del sistema, aunque sea en principio cualitativa. Esta información, mediante el proceso de conceptualización, conduce al diagrama de influencias. Este diagrama se reelabora para construir el de Forrester. Sólo entonces, de acuerdo con este método, empieza a tener interés la consideración de la información numérica.

Cada modelo es una construcción humana en la que aparecen solamente algunos aspectos del mundo (los que son relevantes). No todas las cosas que podrían ser descritas (y modeladas) son relevantes. Por ejemplo:

- Un modelo de un avión para evaluar sus características de aerodinámica, no requiere una representación de los elementos interiores del avión

- Un modelo de la inflación en un país no requiere la representación de cada actor económico
- Un modelo de gestión de bodega de una librería no requiere representación de cada texto individual.

Lo que define este ámbito es el propósito del modelo: comprender la aerodinámica del avión, explicar la inflación de un país, optimizar una bodega de libros.

Si un modelo debe permitir elaborar respuestas, entonces el primer paso imprescindible es definir muy claramente cuál es la pregunta.

¿Cuál es el problema que resolver? ¿Cuál es la pregunta a responder?(Schaffernicht, 2009)

Propósito, conveniencia y frontera

- ¿Cuál es el propósito del modelo?
- ¿Cuál es la frontera? ¿Están los ítems importantes siendo tratados de manera endógena? ¿Qué variable importante ha sido asumida como exógena o excluida? ¿Se ha excluido a variables por falta de datos “duros”?
- ¿Cuál es el horizonte de tiempo relevante? ¿El modelo contiene las entidades que pueden cambiar de manera significativa en este periodo?
- ¿Es el nivel de agregación coherente con el propósito?(Schaffernicht, 2009)

2.2 Conceptualización del sistema

Una vez asumida, en la fase anterior, la adecuación del lenguaje sistémico elemental para estudiar el problema, en esta segunda fase se trata de acometer dicho estudio, se definen los distintos elementos que integran la descripción, así como las influencias que se producen entre ellos. El resultado de esta fase es básicamente el establecimiento del diagrama de influencias del sistema.

Una vez que el propósito del modelo queda definido y el comportamiento de referencia con él, se trata de proponer una primera aproximación a la estructura detrás de estos comportamientos.

Se tienen que declarar variables y conexiones causales entre ellas, de manera de para poder dar cuenta de cómo se generan los comportamientos problemáticos. Para ello, se dispone de tres fuentes de información: la experiencia de las personas

involucradas (su base de información mental), fuentes escritas diversas y datos numéricos publicados (Schaffernicht, 2009)

Para (Aracil, 1995) los tres tipos de información que se pueden encontrar se muestran en la siguiente figura:

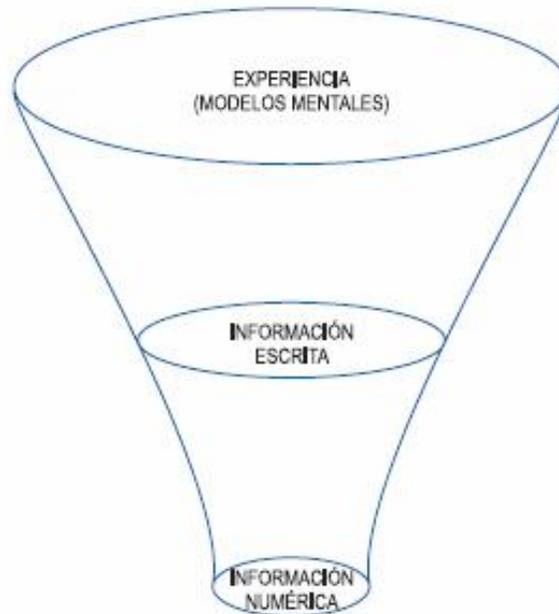


Figura 2.1 Fuentes de información para la construcción de un modelo dinámico. Fuente: (Aracil, 1995)

De los diferentes problemas que existen, la información más amplia de la que se suele disponer es la que suministran los modelos mentales de esas situaciones. Estos modelos sintetizan, de forma más o menos intuitiva, la experiencia que se tiene con respecto a esas situaciones y se encuentran evaluados por los resultados que se han alcanzado previamente al emplearlos como base de las decisiones. Por otra parte, la información escrita de la que se suele disponer es considerablemente menor. Por último, la información cuantitativa es relativamente escasa. Sin embargo, se deben tomar decisiones, especialmente con relación a problemas complejos, se tienen en cuenta esos tres tipos de información. Por tanto, conviene integrarlas. Eso es lo que permite la dinámica de sistemas.

Es importante que los destinatarios del modelo (los clientes, los usuarios) tengan la oportunidad de intervenir en este proceso, propongan, revisen, critiquen: ellos son

parte de un sistema que genera su problema, ellos deben comprender el modelo, ellos deberán aceptar sus consecuencias.

(Godoy & Bartó, 2002) plantean que los enfoques de adquisición del conocimiento más habituales son:

- Entrevistas: se consideran separadas las funciones del experto y la del desarrollador quien es el encargado de realizar las entrevistas con el fin de traducir los conocimientos a la representación elegida. Se usa un proceso de prototipado, en el que se expone al experto al funcionamiento del sistema y éste se modifica a medida que se explora la estructura del conocimiento.
- Aprendizaje por interacción: el experto interactúa directamente con un sistema de adquisición asistida que lo guía en la construcción del sistema. En particular la generación del código de implementación evita la generación de errores de sintaxis y los aspectos estructurales pueden deducirse en un proceso de consulta guiada.
- Aprendizaje por inducción: el conocimiento se extrae de bases de datos de ejemplos tomados de casos reales por medio de mecanismos de inducción. Tanto la participación del experto como del desarrollador pueden reducirse según que se empleen técnicas supervisadas o no supervisadas, como las redes neuronales o la inducción lógica. Este tipo de sistemas ha cobrado gran difusión en el desarrollo de estrategias en las organizaciones a partir de los datos de su propia operación, al punto de hablarse de gestión del conocimiento.

La primera aproximación puede tomar la forma de un “diagrama de bucle causal” o de un “diagrama de flujos y acumuladores”. El trabajo con diagramas causales requiere menos conocimientos técnicos, pero ha sido criticado por ser menos riguroso. La diferencia es que los diagramas causales como articulación de las creencias que se tienen, pueden usarse de modo “*top down*”, lo que fácilmente conduce a la incorporación de suposiciones (o “pre-juicios”) que no han sido cuestionados. Ello es problemático, ya que la dinámica de sistemas postula un

pensamiento operacional, que parte desde la detección de los elementos hacia las estructuras menos directas, de modo “*bottom-up*”.

Un buen compromiso parece ser el uso de los llamados “diagramas de influencia” que son básicamente diagramas de bucle causal donde para cada variable, se indica si es de tipo flujo o acumulador.

Se recomienda:

- Identificar todos los factores que se creen importantes (técnicos, legales, económicos, psicológicos y otros). El modelo sólo podrá generar descubrimientos con el material que se pone en él. Un factor que no se coloca corta todos los bucles de retroalimentación que pasan por él e influye, por lo tanto, en las posibilidades de comportamiento. Es preferible una estimación aproximada a la decisión de excluir algo importante (el análisis de sensibilidad ayudará a absorber la inseguridad resultante).
- Preservar la estructura circular de las retroalimentaciones. El modelo se comportará como el sistema modelado, a condición que estos bucles sean parte de él. No siempre habrá evidencia empírica a priori de su existencia; hay que basarse en la convicción de quienes conocen bien el sistema.

Aunque algunos autores que trabajan en la metodología de Dinámica de sistemas coinciden en dar indicaciones muy generales para la caracterización inicial de un problema y abordar la selección de variables y la construcción del diagrama causal: discusiones con personas del entorno del sistema, complementado por información histórica, recopilación de datos, entrevistas y observación directa o la participación.

En general los métodos empleados por los investigadores para el modelado de sistemas, son principalmente metodologías que involucran la participación de expertos y/o personas que están muy relacionadas con el problema particular analizado.

En algunos casos la participación de los expertos se articula mediante métodos de prospectiva, entre los más utilizados están el método Delphi y el método de análisis estructural.

El método Delphi consiste fundamentalmente en la realización de varias rondas de consulta a expertos para llegar a un consenso en los aspectos relevantes a incluir en el análisis o investigación, y se utiliza principalmente en la selección de las variables.

El método de análisis estructural parte de la reflexión colectiva de un grupo de expertos, quienes en primer lugar debaten para seleccionar y definir las variables que son parte del sistema, posteriormente evalúan la influencia directa que ejerce cada una de las variables sobre las demás y finalmente se procesa estas interrelaciones mediante algún *software* especializado que ayuda en la selección de las variables esenciales para la evolución del sistema (Quintero Posso & López Muriel, 2010)

2.3 Formalización

En esta fase se pretende convertir el diagrama de influencias, alcanzado en la anterior, en el de Forrester. A partir de este diagrama se pueden escribir las ecuaciones del modelo (algunos entornos informáticos permiten hacerlo directamente). Al final de la fase se dispone de un modelo del sistema programado en un computador.

Un diagrama de bucle causal es interesante y su análisis (cualitativo) muchas veces genera ideas y descubrimientos interesantes. Sin embargo, necesitamos la ayuda de herramientas para llegar a comprender estos modelos. En el caso de la dinámica de sistemas, esto significa la formulación de un modelo formal, con variables de flujo y de nivel, representadas internamente como ecuaciones diferenciales y simuladas por algoritmos de integración.

La cuantificación pasa por la elaboración de los flujos físicos y de las políticas en términos de estas variables, la estimación de las funciones que enlacen a las variables y la estimación de los valores de parámetros.

Se recomienda:

- Representar la distorsión de la información. Tenemos que imitar la situación real: si un gerente debe decidir en base de información con “ruido”, así tiene que hacerlo nuestro modelo. El peligro es de modelar algo que no

es, y por lo tanto perder toda posibilidad de validar el modelo o de descubrir algo con relevancia práctica.

- Representar los retardos (las demoras). Si en el sistema real, un gerente se basa en un informe mensual de ventas, es importante incluir esto en el modelo (y no hacer depender la decisión del flujo de los datos de venta día por día, por ejemplo). El mismo peligro de modelar algo irreal existe también aquí.
- Cada variable debe referirse a una entidad identificable en el mundo real. Modelamos para intervenir en el sistema. Por lo tanto, se busca evaluar lo que pasará probablemente. Para esto, es importante no introducir componentes *ad-hoc* al modelo: si parece necesario introducir algo, es porque el modelo no se comporta como el sistema; pero si esto ocurre, significa que aún no se comprende suficientemente bien el sistema, y no se podrá, por lo tanto, averiguar sobre posibles futuros (ni logramos reproducir el pasado).
- La unidad de medida de la variable deberá ser la de la entidad real. En el mundo, las cosas son las cosas: si hay que usar minutos de emisión televisiva para influir en los consumidores, son “minutos de emisión”, no el valor de estos minutos en pesos u otras monedas.
- Distinguir cantidades actuales de cantidades conocidas. Muchos de los procesos en el mundo son secuencias fluidas de micro-eventos que ocurren constantemente. En general, nuestras decisiones no se basan en ellos, sino que en alguna transformación:
- No suponer a priori que el sistema es estable o lineal. En el ámbito de los sistemas sociales, hay buenas razones para asumir que existen muchos efectos no lineales y no todos los sistemas tienden a ser estables *per se*. Presuponer la linealidad y la tendencia hacia la estabilidad es entonces quitarse posibilidades a priori (Schaffernicht, 2009)

De forma general:

- ¿El modelo observa las leyes básicas de la física, como por ejemplo la conservación de la materia? ¿Las ecuaciones son consistentes en su dimensionalidad y sin artefactos arbitrarios de conversión?
- ¿La estructura de niveles y flujos es explícita y coherente con el propósito?
- ¿El modelo asume que el sistema esté en equilibrio todo el tiempo o permite dinámicas fuera del equilibrio?
- ¿Se han tomados en cuenta las demoras, restricciones y cuellos de botella?
- ¿Se supone que las personas sean “racionales” y optimicen su rendimiento? ¿Se toman en cuenta las limitaciones cognitivas, restricciones organizacionales, motivaciones no económicas y factores políticos?
- ¿Las decisiones tomadas en el modelo se basan en las mismas informaciones que tienen los tomadores de decisión reales? ¿Hay demoras, distorsión y ruido?

2.4 Comportamiento del modelo

Esta cuarta fase consiste en la simulación informática del modelo para determinar las trayectorias que genera.

2.5 Evaluación del modelo

En esta fase se somete el modelo a una serie de ensayos y análisis para evaluar su validez y calidad. Estos análisis son muy variados y comprenden desde la comprobación de la consistencia lógica de las hipótesis que incorpora hasta el estudio del ajuste entre las trayectorias generadas por el modelo y las registradas en la realidad. Así mismo, se incluyen análisis de sensibilidad que permiten determinar la sensibilidad del modelo, y por tanto, de las conclusiones que se extraigan de él, con relación a los valores numéricos de los parámetros que incorpora o las hipótesis estructurales.

¿Cómo llegamos a confiar en el modelo? La pregunta es delicada: nos proponemos intervenir en el sistema modelado, en base a recomendaciones que derivan del modelo. Si el modelo corresponde lo suficiente al sistema, entonces las consecuencias de nuestra intervención en el modelo (probablemente) serán

similares a las consecuencias en el sistema representado. Entonces, ¿cómo podemos saber que el modelo es confiable?

Hay una amplia gama de pruebas que en su conjunto ayudan a delimitar el ámbito de validez de un modelo.

Robustez y sensibilidad respecto de supuestos

- ¿El modelo es robusto respecto de variaciones extremas en los valores de “input” o en las políticas de decisión?
- ¿Las recomendaciones derivadas, son sensibles con respecto a variaciones plausibles en los supuestos, valores de parámetros, agregación y fronteras?

Pragmatismo y uso del modelo

- ¿Se documentó el modelo? ¿La documentación está públicamente disponible? ¿Se puede usar el modelo en su computador?
- ¿Qué tipos de datos se usaron para desarrollar y probar el modelo?
- ¿Cómo se ha descrito el proceso de modelar usado para desarrollar y probar el modelo, y cómo establecieron su confianza en él? ¿Terceros independientes y críticos han revisado el modelo?
- ¿Los resultados son reproducibles? ¿Los modeladores han usado algún artefacto (no documentado) para obtener sus resultados?
- ¿Cuánto cuesta ejecutar el modelo? ¿El presupuesto permite un análisis de sensibilidad serio?
- ¿Cuánto tiempo se requiere para revisar y actualizar el modelo?
- ¿El modelo es usado por sus modeladores o por terceros?
- ¿Cuáles son los sesgos, ideologías y agendas políticas de los modeladores y de los usuarios? ¿Cómo podrían éstos influir – intencionalmente o no – los resultados?

(Godoy & Bartó, 2002) plantean que la construcción de modelos de simulación computacional se presenta como una actividad cognitiva en sí misma, ya que permite conocer los sistemas del mundo real, así como entender su comportamiento en una manera en la que un enfoque analítico puro (en sentido matemático) no podría. Pero esta particular visión enfrenta al modelista con el problema

epistemológico y computacional de validar sus resultados siendo que, en la mayoría de los sistemas que se abordan para simularlos, se carece de teorías científicas que los sustenten.

En los modelos de la Dinámica de Sistemas se pasa de una visión de las relaciones estructurales entre los componentes, mediatizada por conceptos como realimentación positiva o negativa y otras construcciones más complejas, a sistemas dinámicos caracterizados por sistemas de ecuaciones diferenciales cuya solución, analítica o numérica, proporciona el comportamiento deseado en forma de respuesta del sistema.

Criterios informales de validación

En general, los criterios informales recurren a la opinión de expertos como forma de evaluar la calidad del modelo. Hay varias maneras de emplearlos:

- Entrevistas: es un proceso superficial y cualitativo que puede consistir de entrevistas entre los desarrolladores y los expertos en el dominio de conocimientos para discutir la validez de cada conclusión alcanzada por el sistema.
- Panel de expertos: para tratar de eliminar las opiniones diferentes se pueden presentar los resultados ante un equipo de validación en conjunto y buscar el acuerdo entre los expertos. Los expertos logran ponerse de acuerdo con bastante facilidad. De cualquier manera se pueden presentar sesgos positivos y negativos de los expertos respecto de los sistemas de simulación. Para evitarlo se pueden incorporar otros expertos o usuarios que no hayan participado del desarrollo y puedan tener una actitud menos comprometida. Esta metodología de casos de prueba puede fracasar en el momento de acordar criterios de validez entre diferentes expertos y para el caso de sistemas muy complejos el producto cartesiano de todas las alternativas del modelo puede hacerlo intratable en forma completa.
- Test de Turing. Una tercera técnica, que es característica de la Inteligencia Artificial, es la aplicación del Test de Turing, que consiste en enfrentar a los usuarios a ciegas con el sistema o con los expertos, sin que puedan distinguirlos, y que den su opinión respecto de la validez.

Criterios objetivos de validación

Como en otros modelos de simulación, los criterios objetivos de validación consideran los resultados intermedios, los resultados finales y algunas combinaciones de ambos.

Los investigadores que trabajan en el campo de la Dinámica de Sistemas han reflexionado acerca de su propia práctica, especialmente sobre la validez de los modelos.

- Criterio de correspondencia entre estructuras. Como la Dinámica de Sistemas parte del concepto que el comportamiento de un sistema está determinado por su estructura, entonces un indicador lícito es asociar la validez con la correspondencia entre estructuras: la estructura que se ha dado al modelo comparado con la estructura del sistema que está siendo modelado. Cada elemento del modelo debe tener su contraparte en el mundo real, y cada factor importante en el sistema real debe estar reflejado en el modelo.
- Criterio de correspondencia entre comportamientos. En casos en los que hay evidencia empírica sobre la evolución del sistema real en el tiempo es posible establecer indicadores sobre la relación con el comportamiento que el modelo predice. Si las condiciones iniciales del modelo se ajustan al estado del sistema que se modela en algún tiempo del pasado, entonces el comportamiento del modelo debería replicar los datos históricos entre ese tiempo y el presente, se incluyen los lapsos de tiempo de las áreas de comportamiento que resultan de interés. Además, los datos históricos a veces no son perfectos ni mucho menos. Si los datos son pobres, se tendrá que ser razonables en nuestro juicio y el investigador deberá decidir cuan cercano debe estar el comportamiento del modelo al del sistema real.
- Criterio de correspondencia entre fenómenos. ¿El modelo puede representar el tipo de fenómeno que se observa en forma permanente o excepcional en el mundo real? Por ejemplo, fenómenos como enclavamiento del mercado deben ser reproducidos por un modelo que intente representar mercados con esas características (Godoy & Bartó, 2002).

En la práctica rara vez se trabaja en las correspondencias mencionadas. Los datos empíricos se emplean para ajustar el modelo, no para validarlo. Deberían por ello seleccionarse casos para ajuste y casos para validación (similar a lo que se hace para el entrenamiento de una red neuronal). Si se pretende aumentar la confianza en el modelo, la mayor parte de los casos disponibles deberían usarse como validación, no como ajuste. Como caso particular puede ser de interés someter el modelo a condiciones que se denominan extremas: si el modelo se desarrolla con la pretensión de trabajar en cierto rango de variables, de qué forma responde cuando se sitúa en los extremos del intervalo, o cuando las variables adoptan valores asociados a máximos, mínimos, etc.

Abandono de criterios objetivos de validación

Muchos autores abandonan la idea de verdad en la Dinámica de Sistemas. No hay modelos que sean completamente válidos ya que los modelos son algo menos que el sistema que está siendo modelado. Los autores que abandonan el concepto de verdad y generalmente lo sustituyen por el concepto de progreso en una disciplina, o por el concepto de novedad.

- Criterio de utilidad. Dado que se reconoce el carácter no objetivo de los modelos, surge la cuestión práctica de utilidad como un sustituto de la verdad. Pero la utilidad depende en gran medida del propósito con el cual se desarrolló el modelo, de la elección acerca del nivel de detalle al cual se va a enfocar el modelo, de los límites que se han establecido para llevar a cabo el estudio. Si el modelo fue desarrollado para crear escenarios alternativos y tomar decisiones, entonces la utilidad depende de si el modelo logra construir el escenario adecuado, si puede establecerse que el escenario es realista (como opuesto a fantasioso) y si permite tomar decisiones informadas. El segundo aspecto (escenario realista) es difícil de evaluar, dado que se ha abandonado la idea de representación de la realidad, y por lo tanto debe encontrarse un sustituto.
- Criterio de confianza. Si se adoptan decisiones en base a escenarios contruidos, el comportamiento del sistema modificado en base a decisiones ¿producirá una respuesta semejante a la que produciría el sistema real? Pero

este es el motivo por el cual se produce un modelo, de modo que rara vez se puede realizar esta confrontación directa con el mundo real. Pero si se supone que se dispone de nueva información del sistema real en el nuevo escenario, y el comportamiento es similar al del modelo. ¿En qué medida esa nueva respuesta se produjo asociada a la estructura interna del modelo que refleja la realidad, y no a otros factores no incluidos en el modelo y que resultaron ser fundamentales? Los usuarios y destinatarios del modelo pueden desarrollar confianza o desconfianza en un modelo por una variedad de razones. La confianza en el modelo puede estar por eso basada en la ignorancia o en el conocimiento generado por el modelo. Nuevamente, la confianza no parece ser el resultado objetivo de la validación del modelo sino que es una apreciación no objetiva.

- Criterio relativista epistemológico. Una epistemología relativista puede dar un marco adecuado para la justificación de los modelos, en los cuales la justificación es contextual y relativa a los intereses y propósitos de los participantes en el proceso de construcción del modelo.

El realismo interno

La relación entre el modelo y su comportamiento, aunque esté sustentado empíricamente, no resulta condición suficiente para aceptar al modelo como una representación de la realidad. Este problema ha sido abordado por varios autores que utilizan la perspectiva del realismo interno. Esta perspectiva permite considerar como aceptables a los modelos mentales contruidos a partir de la intuición de los expertos y permite dar sentido a algunas clases de realismo. La explicación y la comprensión son posibles aun cuando no hay un único modelo o conjunto de modelos privilegiado, que sea capaz de capturar cada aspecto particular de un sistema real y aunque no haya restricciones formales (lógicas o matemáticas) que permitan seleccionar y justificar la peculiar estructura de ciertos modelos en vez de la de otros que son capaces de generar el mismo comportamiento.

Este realismo podría caracterizarse por las siguientes tesis:

- La realidad objetiva existe independientemente de que la conozcamos o no.

- La realidad objetiva independiente tiene en sí misma algún grado de organización o estructura.
- El conocimiento humano, y en especial el conocimiento científico, pretende conseguir una representación adecuada de la realidad objetiva.
- Es posible alcanzar, a través de la investigación científica, representaciones adecuadas, aunque parciales e incompletas, de la realidad objetiva.

Esta versión del realismo no incorpora la teoría ingenua de la verdad como correspondencia (criterios objetivos), o mejor aún, como propia o reflejo de la verdad.

Se acepta como legítima la pretensión que el conocimiento científico pueda ser una representación adecuada, aunque parcial e incompleta del mundo real. El realismo interno no es incompatible con la relatividad conceptual, pero sí con el relativismo epistemológico o cultural que proponen otros filósofos, porque afirma que no se trata de una convención (Godoy & Bartó, 2002).

2.6 Explotación del modelo

En esta última fase el modelo se emplea para analizar políticas alternativas que pueden aplicarse al sistema que se estudia. Estas políticas alternativas se definen normalmente mediante escenarios que representan las situaciones a las que debe enfrentarse el usuario del modelo.

(Schaffernicht, 2009) plantea que se necesita un modelo explicativo, con el propósito de hacer experimentos de cambio. Se dice de la simulación que compacta el tiempo y el espacio: podemos simular en segundos y en una pequeña pantalla lo que en el mundo físico toma años y pasa a miles de kilómetros de distancia.

Una vez que se tenga confianza en el modelo, se elaborarán diferentes escenarios de cambio, y se someterán a series de simulación para averiguar su sensibilidad. Así se podrá establecer lo que muy probablemente pasará cuando se implemente cada una de las diferentes alternativas, y se pueda derivar una recomendación: ¿cuál es el cambio que probablemente más conviene para superar el problema inicial?

(Aracil, 1995) plantea que todo modelo se construye con el fin de ayudar a resolver un problema concreto. En consecuencia, la explotación del modelo consistirá precisamente en valerse de él para resolver ese problema. Sin embargo, esa explotación puede tomar formas variadas. En algunos casos, el modelo permite hacer predicciones. Es decir, alcanza un nivel de precisión tan elevado que permite emplearlo para predecir con exactitud qué valores tomarán algunas magnitudes en un instante de tiempo determinado del futuro. Estos modelos predictivos presuponen que el modelo tenga una gran precisión, tanto por lo que respecta a los valores de los parámetros, como a las relaciones funcionales que incluye. Este grado de precisión se alcanza normalmente en las ciencias físicas, por lo que es en este ámbito donde se dan con mayor frecuencia este tipo de modelos. Ello no excluye que en determinados problemas de las ciencias sociales puedan hacerse también predicciones, pero estas no suelen tener el grado de aceptación de las que se logran en las ciencias físicas.

Otra de las posibles utilizaciones de los modelos, especialmente cuando incorporan una cierta imprecisión, consiste en emplearlos no tanto para hacer predicciones concretas de valores numéricos precisos para determinadas magnitudes, sino para analizar las tendencias de evolución de esas magnitudes. Así, se trata de establecer si una magnitud tiende a crecer, a decrecer, a oscilar, o a permanecer invariable. Se tratan de predicciones más laxas. En realidad, en este caso se está más próximo a hacer previsiones que propiamente predicciones.

Por último, el tercer uso posible de los modelos consiste en emplearlos como instrumentos para analizar los distintos modos de comportamiento que puede mostrar ese sistema. De acuerdo con este uso, los modelos no tratan de ayudar a anticipar el porvenir, sea en forma precisa o en forma más laxa, sino de suministrar elementos para una reflexión disciplinada sobre los posibles modos de desenvolverse el sistema que se estudia. Este uso se encuentra en la actualidad muy generalizado y consiste en emplearlos como bancos de prueba para el aprendizaje.

Capítulo III. Análisis de la planeación agregada en la Empresa. de Productos Lácteos " Río Zaza" con un modelo dinámico.

3.1 Definición del problema.

La Empresa de Productos Lácteos Río Zaza, se encuentra ubicada en la Carretera a Zaza Km 1 y 1/2, municipio Sancti Spíritus, provincia de Sancti Spíritus.

Esta Empresa fue creada con el nombre de Combinado Alimenticio "Río Zaza", por la Resolución No. 344-76 del 15 de Diciembre de 1976, emitida por el Ministerio de la Industria Alimenticia. Con fecha 26 de Noviembre de 1988 es dictada la Resolución No.119 – 88, la cual deja creada la Unión Láctea subordinada al Ministerio de la Industria Alimenticia y es a partir de este momento que recibe el nombre de Empresa de Productos Lácteos "Río Zaza". Tiene dos mercados fundamentales: mercado en divisa (cadenas hoteleras, cadenas de tiendas, un pequeño sector empresarial) y un mercado en moneda nacional (canasta básica, sectores protegidos y cadena de mercaditos). Los productos que se obtienen son:

- Leche fluida sencilla y cruda(MN)
- Leche en polvo en diferentes formatos (MN y CUC)
- Quesos blancos, fundidos, Mérida y frescal (MN y CUC)
- Queso crema en pastillas, tarrinas, cubos y cajas (MN y CUC)
- Mantequilla en pastillas y bloques (MN y CUC)
- Yogurt de leche en bolsas (MN)
- Yogurt de leche en potes, bolsas y cubos (CUC)
- Yogurt de soya granel y en bolsas (MN)
- Helado en cubetas (MN y CUC)
- Lactosoya en bolsa (MN)
- Chicolé en bolsas (MN)
- Pasta untable en cubetas (MN)
- Leche saborizada (MN)
- Batido en polvo (MN)
- Natilla (MN)

- Lactogel (MN)

La planeación agregada no es eficaz actualmente. Los planes por surtidos distan de los reales obtenidos. Algunos ejemplos gráficos se muestran a continuación:

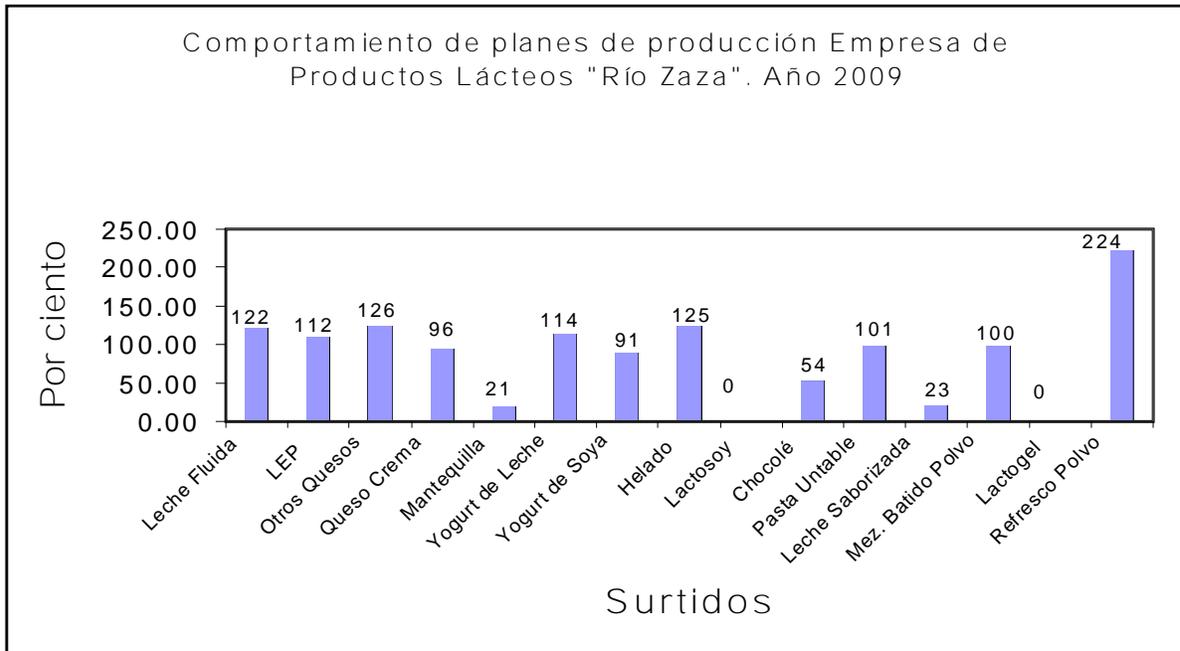


Gráfico 3.1 Comportamiento de los planes por surtidos en la Empresa de Productos Lácteos "Río Zaza". Año 2009.

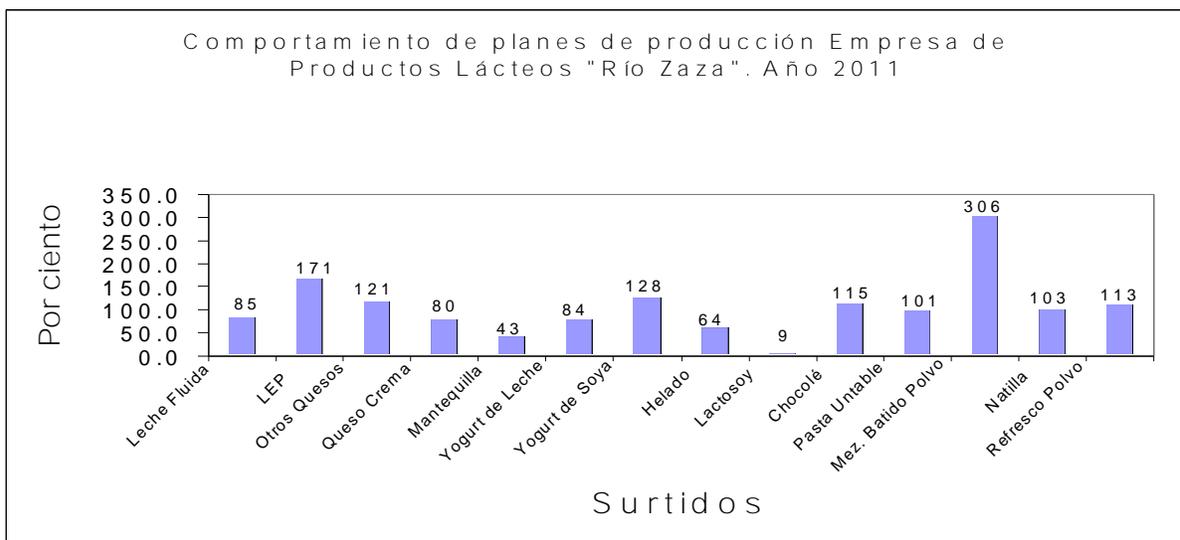


Gráfico 3.2 Comportamiento de los planes por surtidos en la Empresa de Productos Lácteos "Río Zaza". Año 2011.

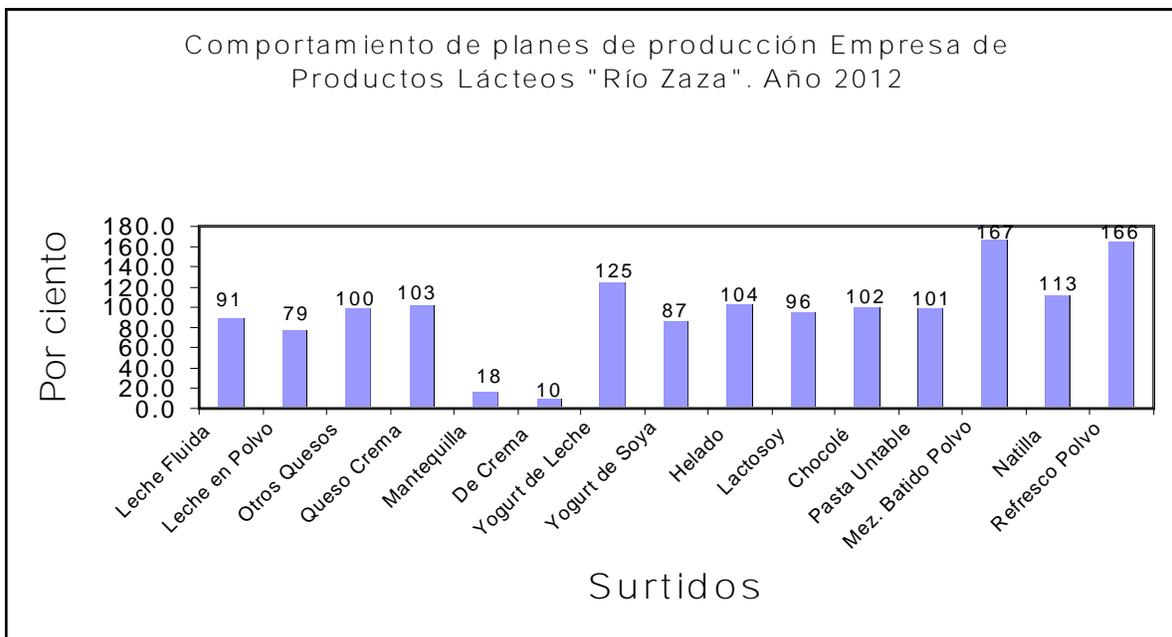


Gráfico 3.3 Comportamiento de los planes por surtidos en la Empresa de Productos Lácteos "Río Zaza". Año 2012.

El cumplimiento global de los planes es aceptable, pero sustentado en la sobreproducción de algunos productos dentro y fuera de la planificación, que hace sinergia con los surtidos que no logran lo planificado. Esto constituye una medida a corto plazo que a largo plazo agrava la situación, con una continua planeación ineficaz. Esta situación coincide con uno de los arquetipos establecidos por (Senge, 1995), conocido como "Desplazamiento de la Carga". Los síntomas son atenuados temporalmente con medidas superficiales hasta que el problema se presente nuevamente.

Límites del sistema a modelar

El sistema tiene sus límites en las etapas iniciales (establecimiento de demandas y capacidades) y finales (obtención y ejecución del plan) de la planeación agregada. El sistema clasifica como sistema blando y presenta variables, flujos, retroalimentación, por tanto clasifica para analizar mediante la dinámica de sistemas.

Propósito del modelo

Determinar la tendencia en el tiempo de los planes versus reales así como la variable o variables que causan el problema.

Sólo se analizará con el modelo, el comportamiento de la leche fluida.

Horizonte de tiempo

El horizonte de tiempo para el análisis es de un año, con bloques de tiempo mensuales. La unidad de medida agregada es de l/mes.

3.2 Conceptualización del sistema

Para conceptualizar el sistema se utilizó el método de expertos propuesto por (De Mendoza Fernández, 2003).

1. Confeccionar un listado de posibles expertos

El número de posibles expertos es de nueve.

2. Valoración de experiencia. Escala del 1 al 10

Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1							X			
2									X	
3						X				
4								X		
5							X			
6									X	
7								X		
8									X	
9							X			

Tabla 3.1 Autoevaluación de los expertos potenciales en la Empresa de Productos Lácteos “Río Zaza”

3. Calcular coeficiente de conocimiento Kc

Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kc	0.7	0.9	0.6	0.8	0.7	0.9	0.8	0.9	0.7

Tabla 3.2 Valor Kc para los expertos potenciales en la Empresa de Productos Lácteos “Río Zaza”

4. Evaluación del nivel de argumentación

Fuentes de argumentación o fundamentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted	0.3	0.2	0.1

Su experiencia obtenida	0.5	0.4	0.2
Trabajos de autores nacionales	0.05	0.05	0.05
Trabajos de autores extranjeros	0.05	0.05	0.05
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero	0.05	0.05	0.05
Su intuición	0.05	0.05	0.05

Tabla 3.3 Tabla patrón para evaluar argumentación. (Fuente: De Mendoza Fernández, 2003).

No.	I1	I2	I3	I4	I5	I6	Ka
1	0.3	0.4	0.05	0.05	0.05	0.05	0.9
2	0.3	0.5	0.05	0.05	0.05	0.05	1
3	0.1	0.2	0.05	0.05	0.05	0.05	0.5
4	0.3	0.4	0.05	0.05	0.05	0.05	0.9
5	0.2	0.4	0.05	0.05	0.05	0.05	0.8
6	0.2	0.5	0.05	0.05	0.05	0.05	0.9
7	0.3	0.4	0.05	0.05	0.05	0.05	0.9
8	0.2	0.4	0.05	0.05	0.05	0.05	0.8
9	0.3	0.4	0.05	0.05	0.05	0.05	0.9

Tabla 3.4 Valor Ka para los expertos potenciales en la Empresa de Productos Lácteos "Río Zaza"

5. Obtención del coeficiente de competencia

$$K = 0.5 * (Kc + Ka)$$

No.	Kc	Ka	K	Valoración de K
1	0.7	0.9	0.8	Alto
2	0.9	1	0.95	Alto
3	0.6	0.5	0.55	Medio
4	0.8	0.9	0.85	Alto
5	0.7	0.8	0.75	Medio
6	0.9	0.9	0.9	Alto
7	0.8	0.9	0.85	Alto
8	0.9	0.8	0.85	Alto
9	0.7	0.9	0.8	Alto

Tabla 3.5 Valor K para los expertos potenciales en la Empresa de Productos Lácteos "Río Zaza"

$$n = \frac{p^* (1 - \alpha) T_{\alpha, k/2}}{i^2} = \frac{0.01 * (1 - 0.01) * 21.27}{0.1^2} = 175.68 \approx 176$$

$$p = 0.01$$

$$\alpha = 0.01$$

$$K = 6.6564$$

$$i = 0.1$$

$$n = \frac{p^* (1 - \alpha) T_{\alpha, k/2}}{i^2} = \frac{0.01 * (1 - 0.01) * 21.27}{0.01^2} = 6.589 \approx 7$$

Se necesitan siete expertos. Se toman los siete candidatos con alta calificación.

Para la identificación clasificación y selección de las variables se utilizó el método del análisis estructural.

1. Identificación y selección de variables

A través de una tormenta de idea se determinó inicialmente que las variables que afectan el cumplimiento de los planes por surtido son las siguientes:

- Variable 1: Suministro plan. Es el suministro (acopio) de leche según plan mensual.
- Variable 2: Suministro real. Es el suministro (acopio) de leche real mensual.
- Variable 3: Pérdidas varias. Son las producciones planificadas no realizadas por razones varias en la industria (fallos, contaminación, calidad de la leche en el recibo, etc.)
- Variable 4: Producción real. Son las producciones reales mensuales.
- Variable 5: Reactivos. Es el suministro de reactivos.
- Variable 6: Producción Plan. Son las producciones mensuales planificadas.
- Variable 7: Producción pendiente. Producciones pendientes que se acumula en el plan de un mes para otro.
- Variable 8: Plan actualizado. Es el plan mensual más las producciones pendientes.
- Variable 9: Planificación centralizada. Es la dependencia para la elaboración y aprobación de los organismos superiores.

Para la clasificación de las variables se utiliza la siguiente escala de evaluación de la influencia:

Escala	Evaluación
3	Fuerte
2	Media
1	Débil
0	Nula

Tabla 3.6 Escala de evaluación de influencia.

Fuente: (Quintero Posso & López Muriel, 2010)

Cada experto elaboró una matriz cuadrada de influencias entre variables como se puede observar en el Anexo # 1. Se realizó la prueba de concordancia de Kendall y se comprobó que existí concordancia entre los expertos. Los resultados obtenidos con el paquete estadístico SPSS 15.0 se muestran a continuación:

Rangos

	Rango promedio
V1	8.36
V2	7.50
V3	8.14
V4	5.00
V5	1.07
V6	6.00
V7	3.50
V8	3.50
V9	1.93

Estadísticos de contraste

N	7
W de Kendall ^a	.987
Chi-cuadrado	55.297
gl	8
Sig. asintót.	.000

a. Coeficiente de concordancia de Kendall

Tabla 3.7 Salida del SPSS 15.0. Test de Kendall

H0: El juicio no es consistente

H1: El juicio es consistente

Para $\alpha = 0.05$ no existe evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula.

Los clasificación de las variables a partir de la evaluación de los expertos y los criterios de (Quintero Posso & López Muriel, 2010) se muestra a continuación:

Variabes	Clasificación
Variable 1: Suministro plan	Poder
Variable 2: Suministro real	Poder
Variable 3: Pérdidas varias	Poder
Variable 4: Producción real	Enlace
Variable 5: Reactivos	Autónoma
Variable 6: Producción Plan	Respuesta
Variable 7: Producción pendiente	Respuesta
Variable 8: Plan actualizado	Enlace
Variable 9: Planificación centralizada	Autónoma

Tabla 3.8 Clasificación de las variables del modelo.

Las variables autónomas son desechadas del modelo.

A partir de la información obtenida se elabora el diagrama causal.

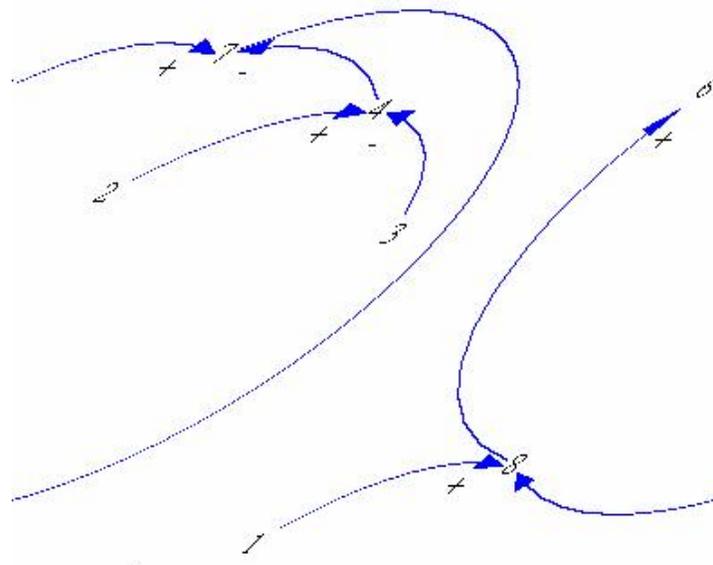


Gráfico 3.4 Diagrama causal para la planeación agregada en la Empresa de Productos Lácteos "Río Zaza".

RANDOM UNIFORM(300, 500, 1)

Units: l/mes

(04) Plan actualizado=

Suministro Plan+Producción Pendiente

Units: l/mes

(05) Producción Pendiente= INTEG (

IF THEN ELSE(Producción Plan>Producción Real, Producción Plan-
Producción Real

, 0),

0)

Units: l/mes

(06) Producción Plan=

Plan actualizado

Units: l/mes

(07) Producción Real=

Suministro Real-Pérdidas varias

Units: l/mes

(08) SAVEPER =

TIME STEP

Units: Month [0,?]

The frequency with which output is stored.

(09) Suministro Plan=

RANDOM UNIFORM(956.979, 5294.12, 1)

Units: l/mes

- (10) Suministro Real=
 RANDOM UNIFORM(999.305, 5077, 1)
 Units: l/mes
- (11) TIME STEP = 0.0625
 Units: Month [0,?]
 The time step for the simulation.

Tabla 3.9 Programación del modelo en Vensim PLE.

Para el ajuste del comportamiento de las variables estocásticas se utilizó el *software* especializado BEST FIT. Los resultados se muestran en el Anexo # 2. De forma general, las variables se ajustan a la distribución Uniforme, aunque pueden ser explicadas por la distribución Beta también.

3.4 Comportamiento del modelo

El modelo se simula para un horizonte de un año, ya que es el horizonte de planeación en Cuba.

El comportamiento de la producción pendiente tiende al incremento con el tiempo y por consiguiente la producción planificada acumulada.

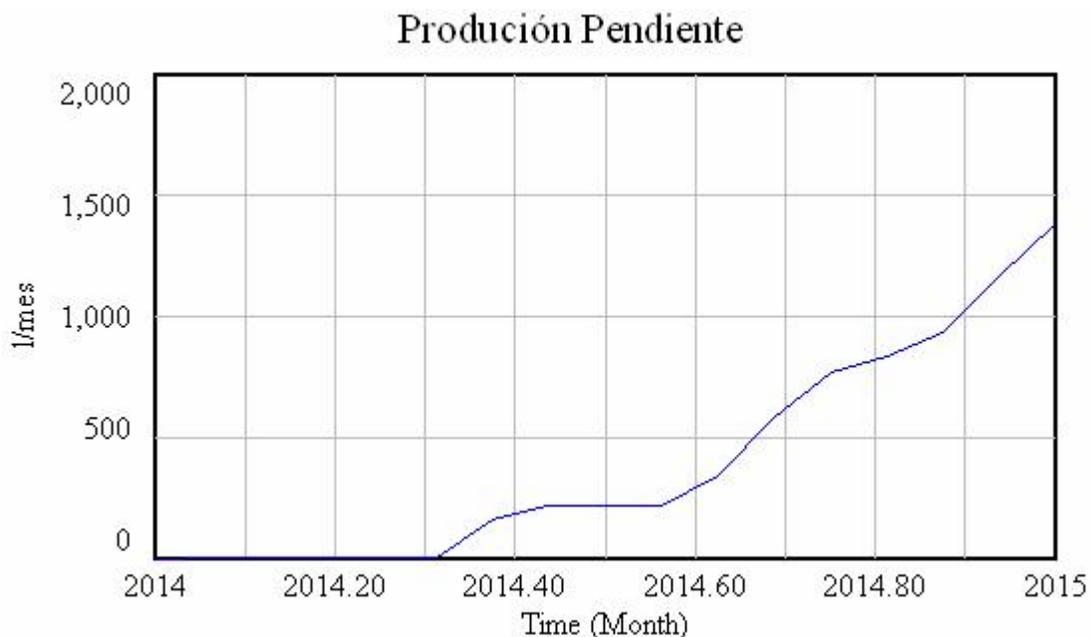


Gráfico 3.6 Comportamiento de la producción pendiente en el modelo para la planeación agregada en la Empresa de Productos Lácteos “Río Zaza”.



Gráfico 3.7 Comportamiento de la producción mensual planificada en el modelo para la planeación agregada en la Empresa de Productos Lácteos “Río Zaza”.

El comportamiento del modelo es el esperado del sistema real.

3.5 Evaluación del modelo

La evaluación del modelo se realiza a la estructura y al comportamiento. La estructura se asume adecuada para la representación del sistema a partir de los criterios de los expertos. En cuanto al comportamiento se hace uso de las series de tiempo para comparar los resultados del sistema real y los del modelo.

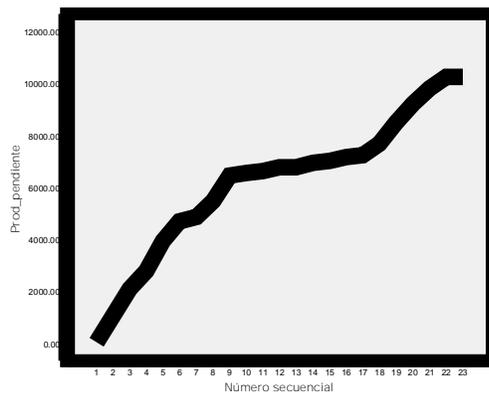


Gráfico 3.8 Comportamiento de la producción pendiente en la Empresa de Productos Lácteos “Río Zaza”. Salida del SPSS 15.0

Como se observa, el comportamiento de la producción pendiente en el sistema es similar al que ofrece el modelo en el gráfico 3.6.

La evaluación se realiza solamente a esta variable ya que es una de las más importante (variable de estado del modelo) y además, no se cuenta con información suficiente y clara para comprobar otras variables.

A partir de esta comprobación, así como la aceptación de los expertos, el modelo queda validado.

3.6 Explotación del modelo

No se proponen políticas alternativas para el sistema que se modela, solamente se realiza en esta etapa un seguimiento causal del modelo.

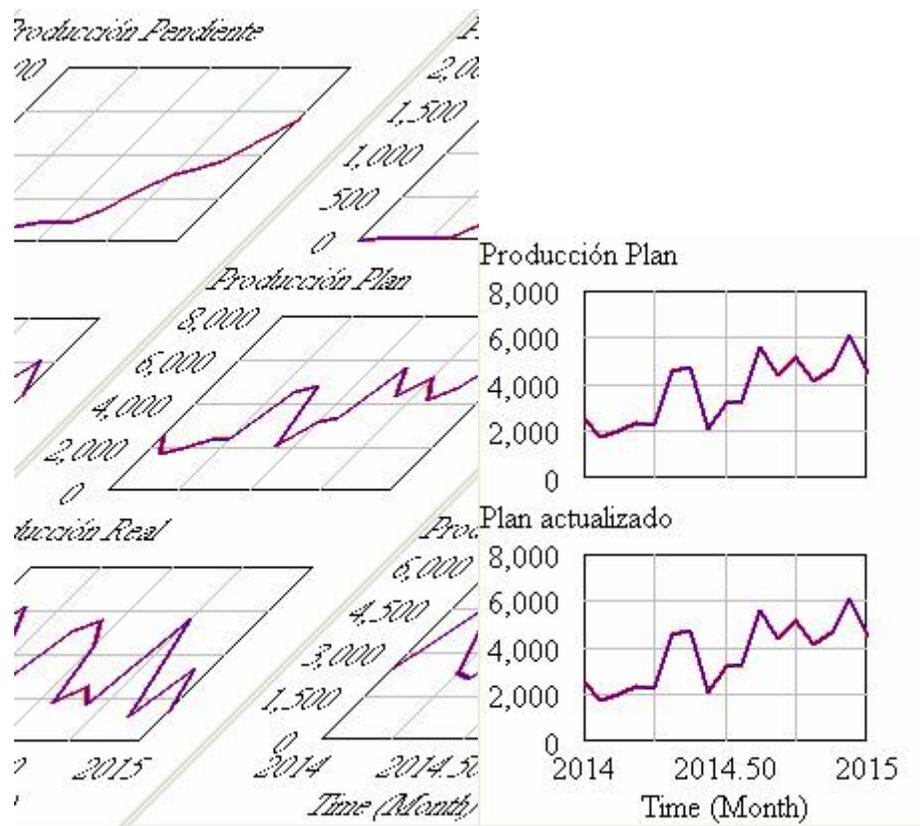


Gráfico 3.9 Comportamiento de la Producción pendiente y variables asociadas en el modelo para la planeación agregada en la Empresa de Productos Lácteos “Río Zaza”.

Como se observa, la tendencia al incremento de la variable de estado es una característica también de la variable Producción Plan, no así para la variable Producción Real. Un seguimiento de la variable Producción Plan resulta en la variable Plan actualizado, a su vez, esta variable tiene el comportamiento afectado como se observa en el siguiente gráfico:

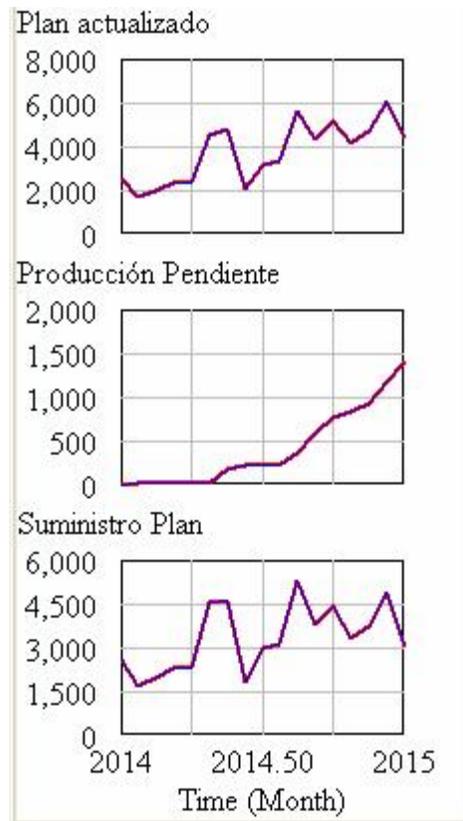


Gráfico 3.10 Comportamiento del Plan actualizado y variables asociadas en el modelo para la planeación agregada en la Empresa de Productos Lácteos “Río Zaza”.

Como se observa, la Producción Pendiente tiene carácter de causa y también de efecto, típico de las retroalimentaciones positivas como en este caso, conocido también como “efecto bola de nieve”. Las producciones pendientes refuerzan el efecto actuando como causa raíz. No obstante el Suministro plan también muestra ligera tendencia al incremento influyendo (en menor medida) sobre los resultados finales.

Conclusiones

1. El estudio bibliográfico demostró la existencia de una amplia base conceptual sobre la planeación agregada, aunque pocas investigaciones con enfoque dinámico.
2. El procedimiento de (Aracil, 1995) permitió la construcción de un modelo dinámico válido para la planeación agregada en la Empresa de Productos Lácteos “Río Zaza”
3. La simulación del modelo dinámico permitió analizar el comportamiento de la planeación agregada en la Empresa de Productos Lácteos “Río Zaza” y comprobar la tendencia al incremento de las producciones pendientes.

Recomendaciones

1. Proponer políticas alternativas para incrementar la eficacia de la planeación agregada en la Empresa de Productos Lácteos “Río Zaza”.
2. Seleccionar la mejor alternativa a través de la explotación del modelo dinámico.

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=0C4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F236260693%2F60b7d5176b104b94f0.pdf&ei=oZctU8rOKq3K0AHaj4GgBA&usq=AFQjCNHV2-d3LkxiGM2dAMAdyEE2-rVnAQ&bvm=bv.63556303,bs.1,d.dmQ>
- Aracil, J. (1995). *Dinámica de Sistemas* (1ra ed.). Madrid, España: Isdefe.
- Aracil, J., & Gordillo, F. (1997). *Dinámica de sistemas*: Alianza Editorial.
- 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/rftiuz/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>
- Barceló, J. (1996). *Simulación de Sistemas Discretos*. Madrid, España: Isdefe.
- Begoña, V. (2012). *Modelos y métodos de simulación estocástica. Aplicación en la valoración de acciones financieras*. <http://www.dc.uba.ar/materias/escuela-complutense/2012/estocasticos.pdf>
- Bravo Carrasco, J. (1998). *Análisis de sistemas*. Santiago de Chile: Evolución S.A.
- Calvo García, J., & Motta Parra, C. A. (2011). *Simulación de un evento discreto aplicada a una empresa multinacional xyz en el sector de alimentos*. Tesis de grado, Universidad ICESI, Santiago de Cali.
- Consejo de Estado. (2011). Decreto Ley 281. Del sistema de información del gobierno. *Gaceta Oficial de la República*, CIX(10), 29-33.
- Contraloría General de la República. (2011). Resolución 60. Normas del Control Interno. *Gaceta Oficial de la República*, CIX(13), 39-50.

- 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 la producción y operaciones para una ventaja competitiva (10ma ed.)*: McGraw-Hill Interamericana.
- Chavienato, I. (2004). *Introducción a la teoría general de la administración*. México DF: McGraw Hill/Interamericana.
- Domínguez Machuca, J. A., Álvarez Gil, M. J., García González, S., Domínguez Machuca, M. A., & Ruíz Jiménez, A. (1995). *Dirección de Operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. España: McGraw-Hill.
- Drew, D. R. (1995). *Dinámica de Sistemas Aplicada (1ra ed.)*. Madrid, España: Isdefe.
- Gaither, N., & Frazier, G. (2000). *Administración de producción y operaciones (8va ed.)*: International Thomson Editores.
- Godoy, L. A., & Bartó, C. A. (2002). Validación y valoración de modelos en la Dinámica de Sistemas. Retrieved from http://www.ing.unrc.edu.ar/raei/archivos/img/arc_2011-11-23_21_00_45-54.pdf
- Heizer, J., & Render, B. (2004). *Principios de Administración de Operaciones (5ta ed.)*. México: PEARSON Educación.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (1997). *Introducción a la Investigación de Operaciones (6ta ed.)*. México: McGraw-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de Operaciones*. México: Pearson Educación.
- Marrero Delgado, F., Abreu Ledón, R., Taborda Figueroa, B., Bravo Valencia, F. M., Mejía Ramírez, D. I., & Grau Ávalos, R. (2002). *Simulación de Sistemas*
- Menguzzato, M., & Renau, J. J. (1991). *La Dirección Estratégica de la Empresa*. Barcelona: Editorail ARIEL.
- Morlán Santa Catalina, I. (2007). Modelo de Dinámica de Sistemas para la implantación de Tecnologías de la Información en la Gestión Estratégica

- Universitaria. Retrieved from
<http://www.ehu.es/i.morlan/tesis/memoria/TesisIM02.pdf>
- 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
- 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
- Narasimhan, S., McLeavey, D. W., & Billington, P. J. (1997). *Planeación de la Producción y Control de Inventarios* (2da ed.): Pearson Education.
- Partido Comunista de Cuba. (2011). *Líneamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución*. La Habana: Editora Política.
- PNUD. (2014). *Programa de apoyo al fortalecimiento de cadenas agroalimentarias a nivel local (AGROCADENAS)*.
- Quintero Posso, D. A., & López Muriel, S. M. (2010). Análisis estructural: un apoyo para el modelado con dinámica de sistemas. *vol. 7,*. Retrieved from
www.redalyc.org/pdf/1331/133117498018.pdf
- Sarabia, Á. A. (1995). *La teoría general de sistemas* (1ra ed.). Madrid, España: Isdefe.
- Schaffernicht, M. (2009). Indagación de situaciones complejas mediante la dinámica de sistemas Retrieved from
http://editorial.ugal.cl/docs/ebook/dinamica_sistemas.pdf
- Schroeder, R. G., Golstein, S. M., & Rungtusanatham, M. J. (2008). *Administración de Operaciones. Conceptos y casos contemporáneos*. (5ta ed.). México.

- Senge, P. (1995). *La Quinta Disciplina*. México: Editorial Verdana.
- Torrealdea, J. (2008). *Dinámica de sistemas. Elementos y estructura de un modelo*. Departamento de Ciencias de la Computación e I.A. Universidad de Granada. Granada. Retrieved from <http://www.bioygeo.info/pdf/Elementos%20y%20estructura%20de%20un%20modelo.pdf>
- Torres Cabrera, L., & Urquiaga Rodríguez, A. J. (2007). *Fundamentos teóricos sobre gestión de producción*. La Habana: Félix Varela.
- Vélez Pareja, I. (2001). 10 Decisiones bajo incertidumbre. Retrieved from http://www.javeriana.edu.co/decisiones/libro_on_line/capitulo10ries.pdf
- 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>
- Winston, W. L. (2005a). *Investigación de Operaciones. Aplicaciones y algoritmos* (4ta ed.). México: International Thomson Editores, S.A.
- Winston, W. L. (2005b). *Investigación de Operaciones. Aplicaciones y algoritmos*. (4ta ed.). México: International Thomson Editores

Anexos

Anexo # 1. Matrices cuadradas orientadas de influencias entre las variables

Experto # 1

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
1	0	2	1	3	0	3	3	3	1	16
2	2	0	1	3	0	3	3	3	1	15
3	1	1	0	3	1	3	3	3	1	16
4	1	1	2	0	0	2	2	2	1	11
5	0	0	1	1	0	1	1	1	0	5
6	2	1	2	2	1	1	2	2	0	13
7	1	1	1	2	0	1	1	3	0	10
8	1	1	1	1	0	2	2	1	1	10
9	1	1	1	1	1	1	1	1	0	8
TOTAL	9	8	10	16	3	17	18	19	5	

Experto # 2

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
1	0	2	1	3	0	3	3	3	1	16
2	2	0	2	3	0	3	3	3	1	16
3	1	1	0	3	1	3	3	3	1	16
4	1	1	2	0	0	2	2	2	1	11
5	0	0	1	1	0	1	1	1	0	5
6	2	1	2	2	1	1	2	2	0	13
7	1	1	1	2	0	1	1	3	0	10
8	1	1	1	1	0	2	2	1	1	10
9	1	1	1	1	0	1	1	0	0	6
TOTAL	9	8	11	16	2	17	18	18	5	

Experto # 3

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
1	0	2	1	3	0	3	3	3	1	16
2	2	0	1	3	0	3	3	3	1	15
3	1	1	0	3	1	2	3	3	1	15
4	1	1	2	0	0	2	2	2	1	11
5	0	0	1	1	0	1	1	1	0	5
6	2	1	2	2	1	1	2	2	0	13
7	1	1	1	2	0	1	1	3	0	10
8	1	1	1	1	0	2	2	1	1	10
9	1	1	1	1	0	1	1	0	0	6
TOTAL	9	8	11	16	2	16	18	18	5	

Experto # 4

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
1	0	1	1	3	0	3	3	3	1	15
2	2	0	1	3	0	3	3	3	1	15
3	1	1	0	3	1	3	3	3	1	16
4	1	1	2	0	0	2	2	2	1	11
5	0	0	1	1	0	1	1	1	0	5
6	2	1	2	2	1	1	2	2	0	13
7	1	1	1	2	0	1	1	3	0	10
8	1	1	1	1	0	2	2	1	1	10
9	1	1	1	1	0	1	1	0	0	6
TOTAL	9	7	11	16	2	17	18	18	5	

Experto # 5

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
1	0	2	1	3	0	3	3	3	1	16
2	2	0	2	3	0	3	3	3	1	16
3	1	1	0	3	1	3	3	3	1	16

4	1	1	2	0	0	2	2	2	1	11
5	0	0	1	1	0	1	1	1	0	5
6	2	1	2	2	1	1	2	2	0	13
7	1	1	1	2	0	1	1	3	0	10
8	1	1	1	1	0	2	2	1	1	10
9	1	1	1	1	0	1	1	0	0	6
TOTAL	9	8	11	16	2	17	18	18	5	

Experto # 6

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
1	0	2	1	3	0	3	3	3	1	16
2	2	0	1	3	0	3	3	3	1	15
3	1	1	0	3	1	2	3	3	1	15
4	1	1	2	0	0	2	2	2	1	11
5	0	0	1	1	0	1	1	1	0	5
6	2	1	2	2	1	1	2	2	0	13
7	1	1	1	2	0	1	1	3	0	10
8	1	1	1	1	0	2	2	1	1	10
9	1	1	1	1	0	1	0	0	0	5
TOTAL	9	8	11	16	2	16	17	18	5	

Experto # 7

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
1	0	2	1	3	0	3	3	3	1	16
2	2	0	1	3	0	3	3	3	1	15
3	1	1	0	3	1	3	3	3	1	16
4	1	1	2	0	0	2	2	2	1	11
5	0	0	1	1	0	1	1	1	0	5
6	2	1	2	2	1	1	2	2	0	13
7	1	1	1	2	0	1	1	3	0	10

8	1	1	1	1	0	2	2	1	1	10
9	1	1	1	1	1	1	1	0	0	7
TOTAL	9	8	10	16	3	17	18	18	5	

Anexo # 2. Ajuste de las variables estocásticas. Salidas del BEST FIT

Rank/Distribution	Chi-Square	Kolmogorov-Smirnov	Anderson-Darling
10. Lognorm2	32.146516	0.150038	1.320469
11. Uniform	12.94581	0.180445	1.350381
12. Logistic	48.179992	0.172048	1.318725
13. PearsonIV	36.027	0.159562	1.60079

	Lognorm2	Uniform	Logistic	PearsonV	ExtremeValue	Expo
Parameter 1	7.85874	956.97884	2955.363889	3.519072	2315.80695	2955.
Parameter 2	0.538725	5294.12116	778.359523	7849.283556	1108.014308	
Parameter 3						
Formula	Lognorm2(7.86,0.54)	Uniform(9.57e+2,5.29e+	Logistic(2.96e+3,7.78e+	PearsonV(3.52,7.85e+3)	ExtremeValue(2.32e+3,1	Expo
Minimum		956.97884				
Maximum		5294.12116				
Mean	2992.464427	3125.55	2955.363889	3115.942613	2955.363889	2955.
Mode	1936.263151	956.97884	2955.363889	1736.923795	2315.80695	0.0
Median	2588.257361	3125.55	2955.363889	2459.09456	2721.90851	2048.
Standard Deviation	1736.475562	1252.025143	1411.788008	2528.135121	1421.083562	2955.
Variance	3.015347e+6	1.567567e+6	1.993145e+6	6.391467e+6	2.019478e+6	8.734
Skewness	1.936246	0.0	0.0	2.73381	1.139547	2.0
Kurtosis	10.330374	1.8	4.2	13.443	5.4	9.0
Histogram						
Minimum	966.4	966.4	966.4	966.4	966.4	966.4
Maximum	5284.7	5284.7	5284.7	5284.7	5284.7	5284.
P1	3.381515	3.58436	1.684179	3.962034	2.417442	3.525
P2	4.857368	3.58436	2.566986	5.731223	4.017838	3.046
P3	5.115633	3.58436	3.613298	5.479191	4.997872	2.632
P4	4.630926	3.58436	4.551235	4.50044	5.109188	2.274
P5	3.864291	3.58436	4.988849	3.484472	4.572991	1.965

BestFit - [Statistics UNTITLED]

File Edit Input Execute Graph Statistics Window Help

New Open Save Print AutoFit Wizard Results Stats Help Copy RiskView

Rank/Distribution	Chi-Square	Kolmogorov-Smirnov	Anderson-Darling
1. Beta	12.795617	0.098998	0.464458
2. Rayleigh	36.428885	0.14336	1.089088
3. PearsonVI	38.659827	0.171093	1.41146
4. InverseGaussian	36.631399	0.175418	1.460505

	Input Distribution	Beta	Rayleigh	PearsonVI	InverseGaussian	Weib
Parameter 1		0.532619	2128.522967	14.603634	2707.216111	2.225
Parameter 2		0.739026		4.58851	8613.307287	3070.
Parameter 3				692.157201		
Formula		Beta(0.53,0.74) * 4.08e+	Rayleigh(2.13e+3)	PearsonVI(14.60,4.59,6.	InverseGaussian(2.71e+	Weib
Minimum	1000.3	999.304812				
Maximum	5076.0	5076.995188				
Mean	2707.216111	2707.216111	2667.707927	2816.770558	2707.216111	2719.
Mode	1204.085	999.304812	2128.522967	1684.859205	1716.660986	2348.
Median	2627.8	2499.713766	2506.144275	2318.728089	2345.724519	2604.
Standard Deviation	1334.800521	1334.800521	1394.472826	1954.060457	1517.747123	1291.
Variance	1.781692e+6	1.781692e+6	1.944554e+6	3.818352e+6	2.303556e+6	1.667
Skewness	0.28911	0.303123	0.631111	2.225602	1.681891	0.458
Kurtosis	1.451856	2.196277	3.245089	10.032578	7.714593	2.847
Histogram	Histogram(1000.3,5076.0)					
Minimum	1000.3	1000.3	1000.3	1000.3	1000.3	1000.
Maximum	5076.0	5076.0	5076.0	5076.0	5076.0	5076.
P1	12.0	6.44222	3.322897	4.421042	4.316651	2.981
P2	2.0	3.974659	3.918574	5.561467	5.420465	3.804
P3	2.0	3.235383	4.169785	5.241244	5.21676	4.293
P4	2.0	2.870107	4.103096	4.349457	4.458419	4.408
P5	3.0	2.665899	3.782342	3.403767	3.588066	4.175

Inicio 2 Ex... Tesis v... Repro... Vensim... PLAN ... 2 NT... 12:40 a.m.