

Septo. COMPUTACION  
IBFOTECA  
F. C. E. N. - B. P. C.

MODELO DINÁMICO DE UNA COOPERATIVA AGROPECUARIA

CARRERA : LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

OBJETIVO: TESIS DE LICENCIATURA EN COMPUTACIÓN

ALUMNO : MARIO ALEJANDRO CASTAGNINO

L.U. : 489/87

DIRECTOR DE TESIS : LICENCIADO LUIS PEDRO LARA

CODIRECTORA : ANA RUEDIN

1998

## Indice Detallado

### I.-RESUMEN

### II.-INTRODUCCIÓN

### III.-CAPITULO 3

1.-Notación de Dinámica Industrial

2.-Construcción del Diagrama de Flujo de Materiales

3.-Elementos del Diagrama de Flujo de Materiales

4.-Construcción del Diagrama Estructurado de las Tasas

5.-Elementos de Diagrama Estructurado de las Tasas

### IV.-ALGORITMO Y SOFTWARE DE RESOLUCIÓN NUMÉRICA

1-Introducción al Algoritmo de Resolución

2.-Algoritmo de Calculo

3.-Matriz del Algoritmo

4.-Vector del Algoritmo

5.-Algoritmo

6.-Programa del Algoritmo ALGORITI

7.-Programas de Ayuda (NUMERAR1,ORDENAR)

### V.-EJEMPLO DE DINÁMICA INDUSTRIAL

1.-Introducción

2.-Enunciado del Problema

3.-Resolución del Modelo por Forrester

4.-Resolución del Modelo por la Matriz

5.-Observaciones al Método de Forrester

## VI.- MODELO APLICADO A UN ALMACENAMIENTO DE CEREAL

### 1.-Objetivo

### 2.-Estudio de la Empresa

- .-Contexto del Modelo

- .-El por que de una solución Temporal

- .-Análisis de Costos

- .-Descripción de los Destinos

- .-Datos

- .-Observaciones Sobre el Modelo

### 3.-Desarrollo del Modelo

- .-Diagrama de Flujo de Materiales

- .-Formulación de Políticas

- .-Diagrama Estructurado de las Tasas

- .-Constantes-VARIABLES Auxiliares-Tasas-Niveles

### 4.-Validación del Modelo

### 5.-Análisis con Distintos Datos de Entrada

### 6.-Cambios de Políticas en el Modelo

.-BIBLIOGRAFÍA

.-APÉNDICE

Apéndice

A Listados de Archivos y Programas en el Diskette

Apéndice en diskete

B Fuentes del Programa ALGORITI

C Fuentes del Programa MODTRI

D Fuentes del Programa ORDENAR

E Fuentes del Programa NUMERAR1

F Fuentes del Programa TRIDIANU

## I.-RESUMEN

Se realizó un modelo dinámico de una cooperativa agropecuaria , analizando el problema de como mejorar la distribución de su producción , cuya actividad es almacenar y distribuir cereal .

Persiguiendo este objetivo estudiamos la operatoria de esta empresa, sus capacidades físicas, las políticas que rigen su accionar, la retroalimentación de la información, sus costos, la relación con el entorno en el que actúa. Hemos encontrado que el modelo refleja satisfactoriamente los resultados de la realidad. Mediante el mismo hemos puesto en evidencia que la creencia empírica que la capacidad de secado es insuficiente no es correcta. Del análisis surge que modificando las políticas de transporte y almacenaje se podría haber mejorado el rendimiento económico de la empresa . Aun así , los resultados obtenidos en la campaña de Soja 1994 no están muy lejos de la solución mejor encontrada por nosotros . De esta forma hemos desarrollado un modelo que es aplicable a diferentes explotaciones y permite con gran sencillez determinar si las políticas empíricas adoptadas han sido correctas , y por otro lado forma un buen experimento para el entrenamiento de las toma de decisiones .

-Resumen en Inglés

## ABSTRACT

A dynamic model of an agricultural cooperative, has been developed , with the object of improving product distribution.

We determined the operations of this enterprise , its physical capacity, its decisions , the information feedback , its costs, and the relation with its environment .

We studied the behavior of the model toward variations in the input data .

Modifications in the policies of the model were introduced , and results were analyzed .

## II.-INTRODUCCIÓN

La dinámica industrial es una forma de estudiar el comportamiento de los sistemas productivos con el fin de mostrar como las políticas, las decisiones y la estructura se interrelacionan para influir en el desarrollo y la estabilidad . Forma una totalidad con las distintas áreas funcionales : dirección, comercialización, distribución, personal, producción y contabilidad. Cada una de estas funciones están reducidas a una base común, reconociendo que cualquiera actividad económica o de una empresa consiste en flujos de dinero, pedidos, materiales, personal y equipo de capital . Estos cinco flujos están integrados por una red de información.

Esta tesis propone una mejora de la notación y un algoritmo de resolución numérica .

Con esta nueva técnica se resuelve un problema de distribución y almacenamiento . El problema se plantea en la cooperativa agrícola Santa Rosa localizada en Artega provincia de Santa Fe . El problema es la distribución y almacenamiento de la cosecha de soja . El objetivo es encontrar la distribución de la soja mas conveniente . El costo de almacenamiento y comercialización cambia para distintos lugares de distribución .

Esta tesis esta organizada de la manera siguiente :

En el capitulo Numero 3 presentamos un nueva forma estructurada de construir los modelos de la Dinámica Industrial . La razón de esta nueva estructuración es la gran complejidad que presentan los

diagramas de Forrester en forma primitiva . Se plantea que se puede mejorar la forma en que se diagraman las estructuras del modelo, y también que se puede diagramar de otra forma mas eficiente la necesidades de información de las tasas del modelo .

En el capitulo Algoritmo y Software de Resolución Numérica se genera un algoritmo para un usuario inexperto en matemática, mediante el cual se puede evaluar sin mayores dificultades la evolución temporal del sistema. Dicho algoritmo, en base a los objetos del modelo y de una matriz que represente las interacciones de estos debe tener suficiente información para obtener los resultados numéricos requeridos .

En el capitulo Ejemplo de Dinámica Industrial , se modelizo un ejemplo tanto como con la Dinámica Industrial de Forrester como con la mejora y algoritmo propuesto .

En el capitulo Modelo Aplicado de Almacenamiento de Cereal , se desarrolla un modelo de la cooperativa agropecuaria Santa Rosa . La cooperativa Santa Rosa esta conformada por Cintia S.A. , Don Juan S.A. , Nelida Silvia S.A. , Cimar S.A. y otros socios . Las personas anteriores se han cooperativizado para manejar juntas ( por medio de una planta de silos alquilada ) su producción granaria . Con la integración se quiere obtener menores costos y mejores condiciones comerciales . Gracias al estudio de datos realizados, fue posible establecer distintas politicas . Se estudió una actividad fundamental para el desempeño económico del sector agrícola, actividad a la que

están abocadas 400 firmas cerealistas de las cuales dependen los 200.000 productores agrícolas del país, para el almacenamiento y acondicionamiento de su cereal .



### III.-Capítulo 3

#### 1.-Notación de Dinámica Industrial

En los modelos de Dinámica Industrial desarrollados por Forrester, se trabaja con un solo diagrama que incluye el movimiento de materiales y de información . Este diagrama se comienza a construir modelizando una estructura básica del sistema que contiene 4 rasgos esenciales ; niveles, flujos que transportan el contenido de un nivel a otro, funciones de decisión que controlan las tasas de flujo entre los niveles y canales de información que conecta las funciones de decisión con los niveles . Para cada flujo se enuncia las funciones de decisión de las tasas, y se van incluyendo en el diagrama los flujos de información y las variables auxiliares necesarias para el calculo, resultando un diagrama difuso y complejo, ya que muestra en un solo diagrama todas las interconexiones de materiales e información . Ejemplo de esto son el modelo propuesto en el capítulo 15 y siguientes de Dinámica Industrial de Forrester [FOR/72], donde se ve un modelo de un sistema comercial .

La solución propuesta por Forrester en la misma obra, fue cortar el diagrama en sectores, con lo que se perdía la visualización, las interconexiones de materiales e información entre ellos y ósea la interacción entre los sectores modelados.

Para mejorar estos inconvenientes hemos considerado mas sencillo escribir el gráfico en dos partes , uniendo los sectores y separando por tipo de información . Para ello se desarrollaron dos diagramas por separado. Uno llamado **Diagrama de Flujo Material**, que es igual que al de Forrester ( y con su misma simbología ) menos la red de información y las variables auxiliares, con lo que se consigue un modelo mas claro . El otro diagrama, llamado **Desarrollo Estructurado de las Tasas**, que partiendo de las funciones de las tasas, muestra como se van conformando las tasas, diseñándose un árbol de llamadas a variables auxiliares y niveles de donde va obteniendo la información necesaria para el calculo de la tasa .

Del Diagrama de Flujo de Material, se extrae la información de los niveles, sus flujos de entrada, sus flujos de salida y la tasas que hay en el modelo . Del Desarrollo Estructurado de las Tasas se obtiene las forma de calcular las tasas, la existencias de variables auxiliares y la forma de calculo de estas últimas . La construcción y simbología de estos diagramas se verán en los capítulos de Diagrama de Flujos de Materiales y Diagrama de Estructurado de las Tasas.

## 2.-Construcción del Diagrama de Flujo de Materiales

En el diagrama se crea una estructura de reservas o niveles interconectados por flujos controlados . A su vez estos flujos pueden tener demoras en trasladar su contenido de un nivel a otro. Los rasgos esenciales son : niveles, flujos que transportan el contenido de un nivel a otro, tasas que controlan la magnitud del flujo entre los niveles y demoras de los flujos en trasladar el contenido.

Las características de los elementos del diagrama son :

Niveles: son las acumulaciones dentro del sistema, entendiéndose por esta a lo inventarios, las mercaderías en tránsito, los saldos bancarios, el espacio físico de la fábrica y la cantidad de empleados . Se trata de los valores actuales de las variables que resultan de la diferencia acumulada entre los flujos de entrada y los de salida . Los flujos de entrada y los flujos de salida, conectados con un nivel, deben transportar el mismo tipo de ítem que se almacena en ese nivel . Como se ve en la Figura 1.1, existe un nivel que tiene un flujo de entrada y un flujo de salida .

Damos ejemplo de la fórmula de un nivel, a :

$$\text{NIVEL}(K+DT) = \text{NIVEL}(K) + ( \text{FLUJO\_ENTRADA}(K, K+DT) - \text{FLUJO\_SALIDA}(K, K+DT) ) * DT$$

En nivel en el momento  $K$  mas  $DT$  es igual al nivel en momento  $K$  mas la multiplicación de  $DT$  por la diferencia del flujo de entrada  $FLUJO\_ENTRADA$  menos el  $FLUJO\_SALIDA$ , en los momento  $K$  al  $K + DT$  .

Red: es un conjunto de niveles interconectados por flujos, y como los flujos transportan el contenido de un nivel a otro, han de tener todos los el mismo contenido. Para representar una actividad industrial se necesitan varias redes .

Las seis redes principales son : pedidos, materiales, dinero, personal y equipo de capital ( todas pueden ser interconectadas por la red de información ) .

La red de información ( en la Dinámica Industrial Clásica ) esta compuesta de los flujos de información necesaria para el calculo de las variables auxiliares. En el nuevo Diagrama de Flujo de Materiales que proponemos esta red no se incluye . De ella se conservan los niveles de información ( promedios y estadísticas ) .

Como ejemplo de red se puede ver la Figura 1.2.

Flujos: Simbolizan un movimiento habitual del contenido de un nivel a otro nivel o destino, por lo tanto tiene un origen y un destino . Tienen una tasa, que es la definición de los flujos a cada tiempo . Las tasas corresponden a la actividad de cada flujo, mientras que los niveles miden el estado resultante, al cual la

actividad ha llevado al sistema . Como Ejemplo se puede ver la Figura 1.3 .

Tasas: La política adoptada determina qué valores tomarán las tasas de los flujos . La información que necesita y la forma en que se calculan dichas tasas se deja para un diagrama siguiente . Dichas tasas se enuncian también en el diagrama de flujo de materiales, para el caso en que dos flujos distintos estén definidos por la misma tasa . Damos como ejemplo la Figura 1.4.

Demoras : Todo flujo tiene, en principio, una demora en completarse . No obstante, el introducir una demora de tiempo en todos los flujos conducirá a un modelo demasiado detallado y esto contribuiría muy poco a la comprensión del comportamiento del sistema. Siempre se utilizarán dos tipos de simplificaciones, las demoras cortas no se tendrán en cuenta y las demoras escalonadas se combinan en una sola demora .

Ejemplo de flujo con demora :

FL : Flujo con Demora de tiempo  $T_1$  .

FL\_DEMORADO : Nivel donde se acumulan los elementos demorados del flujo FL, este nivel tiene como flujo de entrada a FL y como flujo de salida FL\_SALIDA .

FL\_SALIDA : Flujo de salida del nivel FL\_DEMORADO, son los elementos que ya estuvieron demorados un tiempo T1. La tasa de este flujo es :

$$FL\_SALIDA(K,K+DT) = FL\_DEMORADO(K) / T1$$

En la Dinámica Industrial, cuando un flujo FL tiene una demora de tiempo T1 en concretarse, el flujo FL entra en el nivel FL\_DEMORADO . Este nivel solo tiene un flujo de salida FL\_SALIDA . La tasa de FL\_SALIDA se calcula en base, a la cantidad demorada del flujo FL en nivel FL\_DEMORADO y al tiempo de demora T1 .

En el Diagrama de Flujo de Materiales la demora en concretarse de un flujo, es vista como una particularidad del flujo . Ahora la tasa tendrá como una mas de sus características, una demora y un nivel de elementos en tránsito demorados .

Un ejemplo de este fenómeno se ve en la Figura 1.5 .

Figura 1:

Elementos del Modelo de Flujo de Materiales

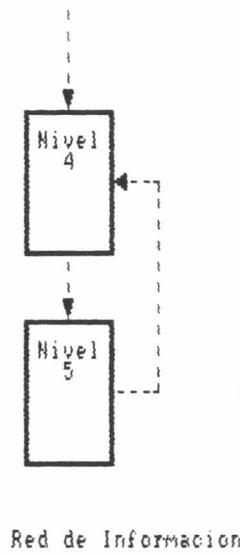
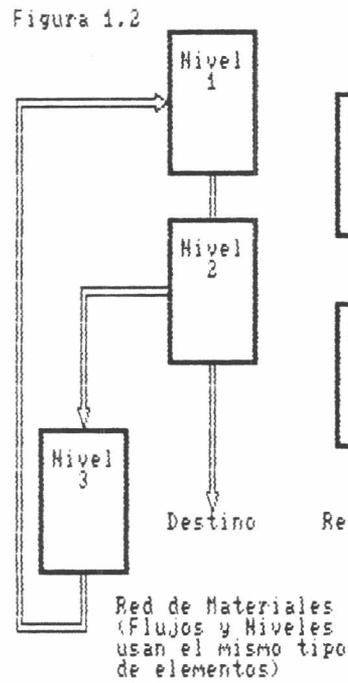
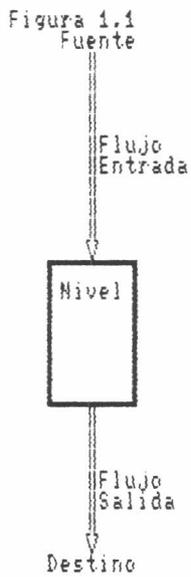


Figura 1.3 Tipos de origen y destinos de un Flujo

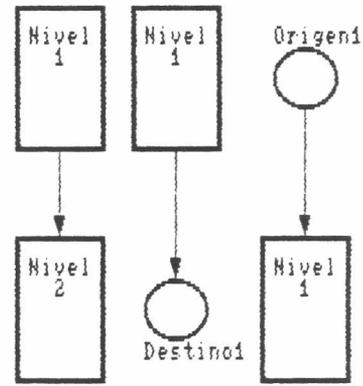


Figura 1.4

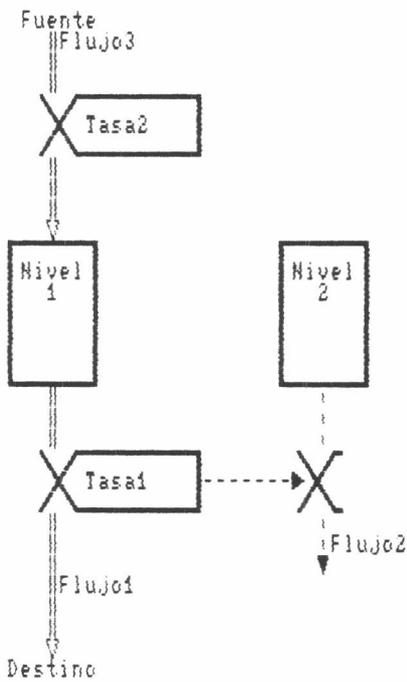
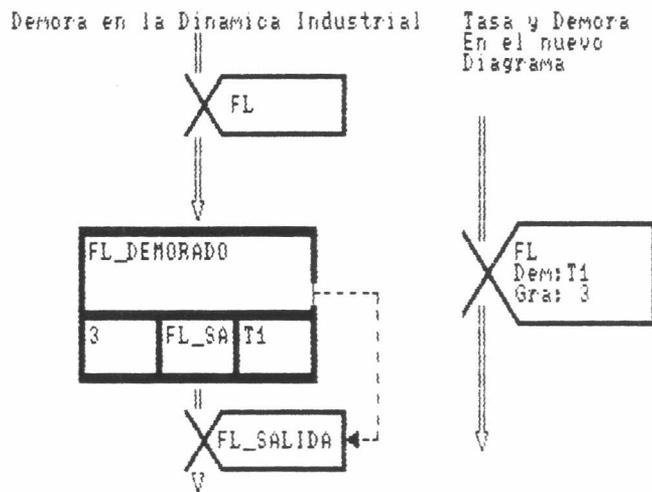


Figura 1.5 Las demoras



En este ejemplo TASA2 determina el Flujo3 y la Tasa1 determina los flujos Flujo1 y Flujo2.

Las figuras han sido extraídas del libro [FOR/72]

### 3.-Elementos del Diagrama de Flujo de Materiales

Los elementos del Diagrama de flujo de materiales y pedidos son:

#### Niveles:

Un nivel se representa por un rectángulo. Sobre la esquina izquierdo superior se escribe el nombre del nivel .

No es necesario efectuar ninguna distinción en el rectángulo, para distintas redes, porque las línea de flujo entrantes y saliente identifican el tipo de flujo ( aquí la línea llena se utiliza par el flujo de material ) . Las puntas de flecha indican la dirección del flujo hacia un nivel y desde el. Como se puede ver en la figura 2.

#### Flujo:

El símbolo para la línea de flujo distingue los seis tipos de sistemas de flujo. Es una línea que partiendo de un nivel o fuente se dirige a un nivel o destino. Siempre esta regulado por una función de decisión. Tienen un origen cierto y un único destino. Se puede ver en la figura 2.

#### Funciones de decisión (Ecuaciones de tasa):

Las funciones de decisión determinan la tasas de flujo. Actúan como válvulas en los canales de

flujo . Si la tasa tiene una demora no despreciable tiene que partirse el cuadro e indicarse el tiempo y grado de la demora.

Fuentes y destino final:

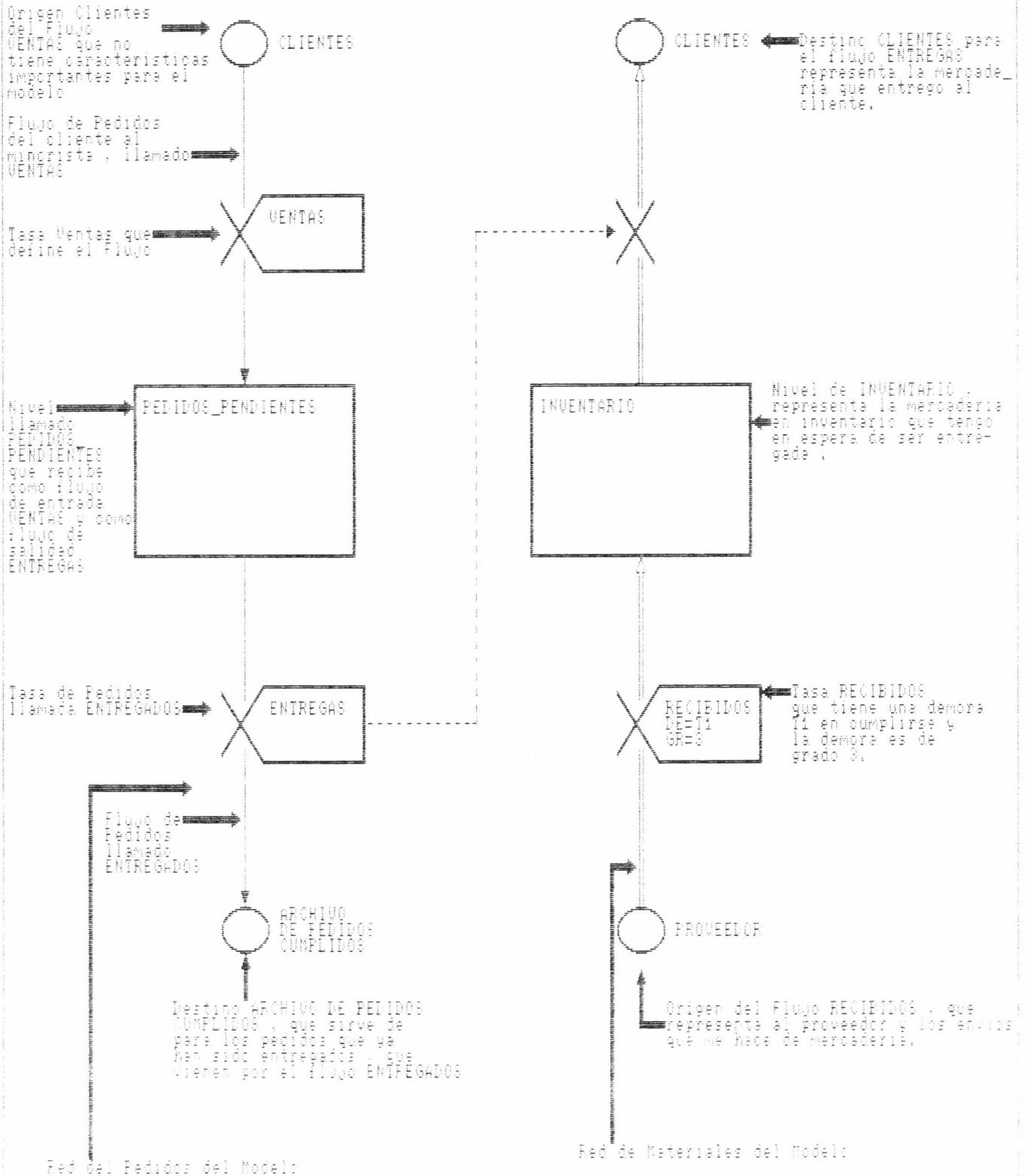
Debe controlarse que fuente o destino se deja fuera de las consideraciones del modelo. Por eso se representa con círculos donde se inician o terminan flujos.

Por ejemplo : el flujo de pedidos de venta debe comenzar de algún punto y terminar en algún otro . Correctamente se considera que los pedidos comienzan a partir de una fuente de formularios de pedido. De igual forma : los pedidos ya procesados deben descartarse del sistema y colocarse en un archivo de pedidos completos . Por lo común la disponibilidad de formularios y la capacidad de archivos contables no tiene característica dinámicas significativas , por ello se descartan del modelo.

En un modelo muchas veces es justificable conjeturar que las característica de la fuente o el destino no entran en el comportamiento del sistema. En tales circunstancias, el flujo encontrado proviene de una fuente o se dirige a un destino final que no tiene mayor efecto sobre el sistema.

Figura 2:

Elementos del Diagrama de Flujo de Materiales  
 Figura Extraída del Libro [GOM/80]



#### 4.-Construcción del Diagrama Estructurado de las Tasas

Este diagrama sirve para resolver los problemas de la red de información, que presentan los diagramas de Forrester, permitiendo construir un árbol para describir el calculo de las tasas .

Se inicia poniendo todas las tasas de decisión consideradas como padres de los distintos árboles de componentes, como se ve en la figura 3 . Las tasas son aditivas, o sea suman sus componentes, que pueden ser niveles, tasas o variables auxiliares . Estos se consideran como "hijos" . Estos componentes pueden verse multiplicado por una constante, que se indica junto a la línea que lo une con el padre, como se puede ver en la figura 3, que representa los pasos llevados a cabo para realizar un diagrama estructurado de las tasas en base a un diagrama de flujo de materiales .

Ejemplo de lo explicado puede verse en la figura 4 .

$$-TASA1(K, K+DT) = NIVEL1(K) * CONSTANTE1$$

El árbol estructurado sería el padre TASA1 con un hijo nivel llamado NIVEL1, que tiene asociado en la unión del padre y el hijo la constante CONSTANTE1.

$$-TASA2(K, K+DT) = NIVEL2(K) * CONSTANTE2 + VA2(K, K+DT)$$

El árbol estructurado sería el padre TASA2 con dos hijos, uno es el hijo nivel llamado NIVEL1, que tiene asociado en la unión la constante CONSTANTE1, y el otro hijo es la variable auxiliar VAR2 .

$$-TASA3(K, K+DT) = VA1(K, K+DT) * CONSTANTE2$$

El árbol estructurado sería el padre TASA3 con un hijo variable auxiliar VA1, que en su unión tiene una constante CONSTANTE2.

Los niveles nunca tienen hijos ya que su cálculo depende de los flujos de entrada y salida representado en el modelo anterior .

Las variables auxiliares pueden ser vueltas a explotar, como las tasas .

Estas variables pueden ser de adición o de factorización, lo que significa que pueden o sumarizar o factorizar los elementos que la componen .

Ejemplo de esto último es ( se puede ver en la figura 4 ):

$$- VA2(K, K+DT) = TASA1(K) * CONSTANTE3$$

En el árbol anterior de la TASA1, el hijo VA2 tendría un hijo mas : nivel TASA1, que se ve multiplicado por la constante CONSTANTE3

$$-VA1(K, K+DT) = NIVEL7(K) * C1 / VA2(K, K+DT)$$

El padre variable auxiliar VA1 seria de factorización, y tendría dos hijos, uno el nivel NIVEL7 que estaría afectado por la constante C1, y el otro hijo seria la variable auxiliar VA2 .

Tasas y variables auxiliares, pueden ser de decisión, lo que quiere decir que ambas pueden tomar distintos valores de acuerdo a una función booleana . En ese caso se pone un rombo en el cuadrado, para mostrar su característica de objeto condicionado .

Ejemplo de este último esta ( se puede ver en la figura 4 )

```
      [ VA2(K,K+DT)      SI NIVEL5(K)>VA2(K,K+DT)
TASA5(K,K+DT) =[
      [ NIVEL5          SI NIVEL5(K)<VA2(K,K+DT)
```

Entonces el padre TASA5 es una tasa de decisión que tiene dos hijos, el primero una variable auxiliar VA2 y el segundo el nivel NIVEL5.

Figura 3:  
 Construcción del Diagrama Estructurado de Tasas

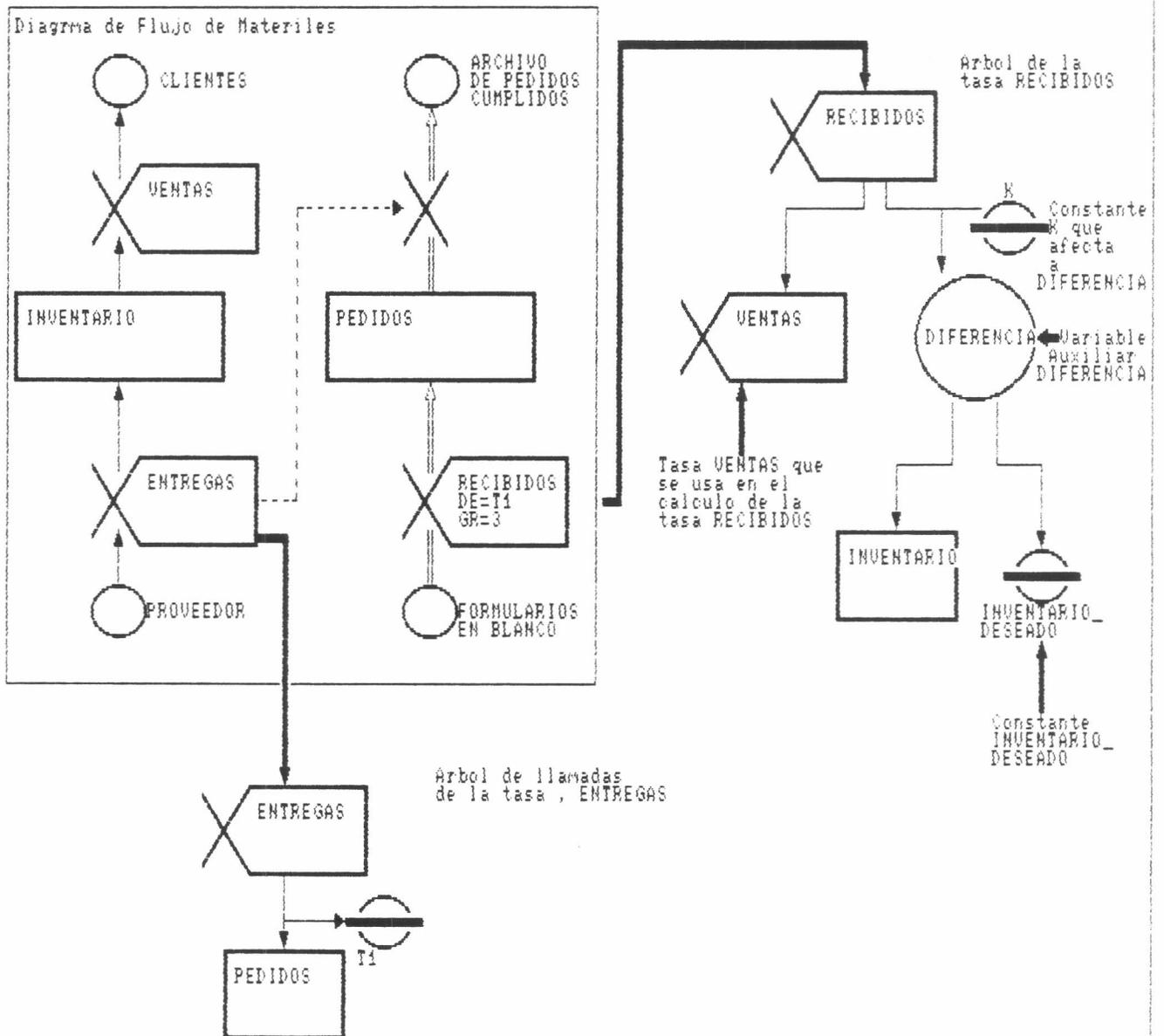


Figura 4  
 Construcción del Diagrama Estructurado de Tasas

$$TASA1(K,K+DT) = NIVEL1(K) * CONSTANTE1$$

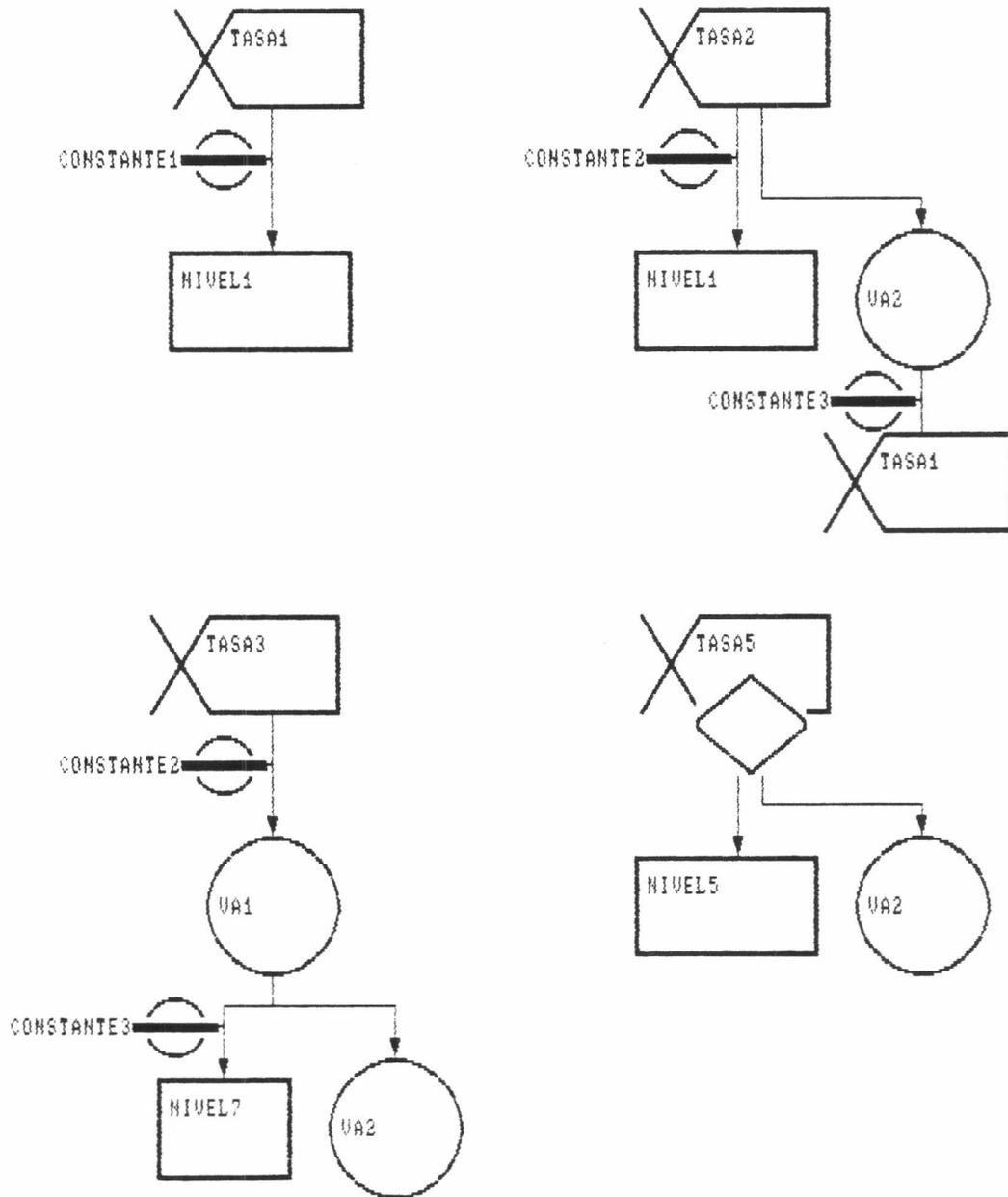
$$TASA2(K,K+DT) = NIVEL2(K) * CONSTANTE2 + UA2(K,K+DT)$$

$$TASA3(K,K+DT) = UA2(K,K+DT) * CONSTANTE2$$

$$UA2(K,K+DT) = NIVEL3(K) * CONSTANTE3$$

$$UA1(K,K+DT) = NIVEL7(K) * C1 / UA2(K,K+DT)$$

$$TASA5(K,K+DT) = \begin{cases} UA1(K,K+DT) & \text{SI } NIVEL5(K) > UA1(K,K+DT) \\ NIVEL5(K) & \text{SI } NIVEL5(K) < UA1(K,K+DT) \end{cases}$$



## 5.-Elementos de Diagrama Estructurado de las Tasas

Los elementos del diagrama son :

### Tasas de Decisión:

Se usa el mismo símbolo que Forrester, este incluye un rombo en su parte inferior cuando es una tasa que se desdobra por una decisión . Se ponen líneas que apuntan a los elementos de los cuales usa para el calculo, estos pueden ser niveles, variables auxiliares o otras tasas . Si una de estos elementos se ven afectados por una constante, de la misma línea se saca otra línea que termina en el nombre de la constante. Se puede dar el caso que la tasa se utiliza a si misma para calcularse.

### Niveles:

Para calcular las tasas y las variables auxiliares son necesarios los niveles . Estos se representan por el mismo símbolo que utiliza Forrester .

Los niveles no tienen hijos ya que la forma en que se calcula un nivel esta implícita en el Diagrama de Flujo de Materiales .

### Variabes auxiliares:

Son conceptos que se han subdividido de las funciones de decisión , porque tienen significado independiente o porque hacen más simple el cálculo de la tasa. Se representan con un círculo y tiene como hijos tasas, niveles u otras variables auxiliares. Las variables auxiliares pueden ser de factorización ( multiplican los elementos que la componen ) o de agregación ( suman los elementos que la componen ). En el primer caso las líneas de sus descendientes llegan todas a un mismo punto y en el segundo las líneas parten de puntos separados . También los elementos que la componen pueden ser afectados por una constante, en cuyo caso tienen la misma característica que una tasa.

#### Constantes :

Muchos valores numéricos que describen las características de un sistema se consideran constantes, por lo menos mientras dura la computación de una sola pasada del modelo . Son elementos que se usan para multiplicar o elevar los componentes de una tasa o variable auxiliar, por ello se conecta la línea que une a la tasa o variable auxiliar con el referido componente.

#### IV. ALGORITMO Y SOFTWARE DE RESOLUCIÓN NUMÉRICA

##### 1.-Introducción al Algoritmo de Resolución

Hemos implementado el algoritmo de Forrester de manera tal que tal que dada una matriz y un vector , con los valores iniciales de los niveles, pueda , por la interrelación de ambos , llegar a conocer las ecuaciones diferenciales del modelo y resolverlas numéricamente.

El objetivo es construir un programa que , además de resolver numéricamente modelos de dinámica industrial, resuelva en forma simple el problema de las demoras de grado n y que sea accesible para un usuario sin conocimientos matemáticos . Por ello nos planteamos que los ingresos al algoritmo no deben ser ecuaciones sino parámetros, y que los parámetros necesarios sean fáciles de obtener , en base a los diagramas del modelo .

Para obtener dicho algoritmo empezamos estudiando la dinámica industrial clásica, donde el modelo conducía a un sistema de ecuaciones que indicaban como generar el estado del sistema en una fecha dada , partiendo de las condiciones en la fecha anterior .La evaluación , en forma repetida , de las ecuaciones genera los valores de niveles y tasas del sistema .

Se ve que la información básica es el estado de los OBJETOS ( variables auxiliares, tasas y niveles ) en un momento  $K$  y la interrelación de estos , para llegar a través del algoritmo a saber cuales serán los valores de estos objetos en un momento  $K + DT$  .

La forma de ingreso al algoritmo serán una matriz , con los parámetros del modelo y un vector con los valores iniciales de los niveles . Por ello debemos obtener 3 elementos :

1-Matriz : la que debe obtenerse de forma automática, ingresando los parámetros del Diagrama de Flujo de Materiales y del Diagrama Estructurado de Tasas, de modo que estén representadas todos los elementos de calculo del modelo .

2-Vector : el que debe obtenerse de la mismo forma la matriz , en vector deben estar presentes todos los elementos de sistema, y debe describirse sus particularidades , que pueden ser demoras, tipos, niveles iniciales y otros características a definir .

3-Algoritmo : que en base a los dos elementos anteriores deben describir , la situación del sistema en un momento dado .

Mediante este algoritmo puede repetirse el calculo de las condiciones la cantidad de veces que sea necesario. En cada repetición se debe evaluar la totalidad de los elementos del sistema , teniendo en

cuenta las características particulares de los que se esta evaluando

Definición de términos que utilizaremos a partir de aquí , definimos los términos para mejorar la comprensión , definimos a :

-OBJETO como las tasas, variables auxiliares y niveles del modelo.

-ELEMENTO como los valores de la matriz  $(A_{ij})$  , puede ser una constante o una formula con funciones definidas externamente.

-MATRIZ a un conjunto de ELEMENTOS . Cada ELEMENTO de la matriz tiene una fila X y una columna Y , cada X e Y tienen asociado un solo OBJETO .

-VECTOR un arreglo unidimensional de un registro que esta compuesto por los campos :

X tipo numérico

OBJETO VALOR\_INICIAL tipo numérico

NOMBRE tipo carácter

DEMORA\_TIEMPO tipo numérico

DEMORA\_GRADO tipo numérico .

## 2.-Matriz del Algoritmo

Es una matriz cuadrada, cuya dimensión esta dada por la cantidad de objetos del modelo ( objetos que son las variables auxiliares, tasas y niveles ) . La dimensión de la matriz esta dada de modo tal que todo objeto tenga una fila y una columna, por eso se suman la cantidad de variables auxiliares, tasas y niveles para saber cuantas filas y columnas necesito .

Cada columna y fila de la matriz esta asociado con un objeto ( variable auxiliar o tasa o nivel ) .

Por ejemplo : Supongamos un modelo que tiene una cantidad  $V$  de variables auxiliares, una cantidad  $T$  de tasas y una cantidad  $N$  de niveles . Este modelo necesita una matriz cuadrada de dimensión  $V+T+N$  , para que cada objeto ( variables auxiliares, tasas y niveles ) tenga una fila y una columna propia . Todo objeto  $O_i$  ( que puede ser una variable auxiliar, tasa o nivel ) tiene asociado un numero  $K$  .  $K$  que es menor a  $V+T+N$  .  $K$  es la columna y fila de la matriz para el objeto  $O_i$  .

En una columna todos sus elementos ( que son elemento de la matriz ) no nulos implican que el objeto de esa fila interviene en el calculo

del objeto de la columna correspondiente . Si se recorre la fila todos los elementos no nulos implican que el objeto de la fila es usado para calcular el objeto de la columna .

Por ejemplo : para una matriz  $M(i,j)$  ( $i$  la fila y  $j$  la columna), y para un valor  $O$  asociado al objeto ( variable auxiliar, tasa o nivel )  $O_0$ , y si  $N$  es la suma de la cantidad de objetos ( variables auxiliar, tasas y niveles ) . Entonces  $N$  es la dimensión de la matriz cuadrada  $M$  .

Todos los  $M(i,j)$  con  $i=1..N$  y  $j=0$  ( cuando recorremos la columna ) que no sean nulos implican que el objeto ( variable auxiliar, tasa o nivel )  $O_i$  asociado al valor  $i$  es usado para calcular el objeto  $O_0$  que esta asociado al valor  $O$  .

Todos los  $M(i,j)$  con  $i=0$  y  $j=1..N$  ( ahora recorremos la fila ) que no sean nulos implican que el objeto ( variable auxiliar, tasa o nivel )  $O_j$  asociado al valor  $j$  se usa para calcular el objeto  $O_0$  que esta asociado al valor  $O$  .

Se puede ver en la figura 5 un ejemplo sencillo de una matriz.

Como se sabe el orden de calculo en los modelos de dinámica industrial comienzan, con un estado inicial de los niveles en el

momento  $T_k$ , de los cuales se calculan primeros los valores de las variables auxiliares y de las tasas. Luego calculan los niveles para el momento  $T_k + dt$ , y así sucesivamente . El orden de calculo de los objetos es :

1- Niveles Iniciales

2- Variables Auxiliares y Tasas (se debe respetar un orden secuencial)

3- Niveles (independientes entre si)

4- ( se vuelve al a paso 2)

El algoritmo se inicia conociendo el valor de los niveles en el momento  $T_0$  y la matriz . Se empieza calculando los valores de la variables auxiliares y tasas para el intervalo  $[T_0, T_0+DT]$ , que se basan en los valores de los niveles en el momento  $T_0$  y de los valores de las variables auxiliares en el intervalo  $[T_0, T_0+DT]$ . Por último se calculan los valores de los niveles en el momento  $T_0+DT$ , que se basan el los valores de la tasas , en el intervalo  $[T_0, T_0+DT]$  y de las variables auxiliares en el intervalo  $[T_0, T_0+DT]$  . Y utilizaremos los valores en de los niveles , en el momento  $T_0+DT$  , se reinician los cálculos para calcular para hallar variables auxiliares , en el intervalos  $[T_0+DT, T_0+2*DT]$  y así sucesivamente . Si se quiere

comenzar a calcular , recorriendo de las primeras columnas a las últimas, el orden de los objetos debe ser tal que se vayan calculando primero los objetos que van a ser usados para el calculo de los posteriores .

Por ejemplo supongamos que tenemos un modelo con una variable auxiliar V, con una tasa T y con una nivel N . El modelo tendrá una matriz de 3X3 .La variable auxiliar V , por ser la primera en calcularse , se le asocia el valor 1 y a la tasa T el valor 2 y al nivel N el valor 3 . El modelo tiene , en consideración , la siguiente matriz asociada :

Matriz	V	T	N
	1	2	3
-----			
V 1	0	C2	0
-----			
T 2	0	0	C4
-----			
N 3	C1	C3	0
-----			

Se calcula entonces , el valor de la variable auxiliar V para el intervalo [TK,TK+DT], recorriendo la columna 1 ( la variable auxiliar V tiene asociado el valor 1 para su columna y fila ) y los elementos no nulos de esa columna , precisamente el elemento  $M(3,1)=C1$ , hace que el valor de V para el intervalo [TK,TK+DT] sea igual al valor de C1 por el valor del nivel N en el momento TK. Esto se debe a que la fila , del elemento no nulo , es la fila 3 y elemento asociado a esa

fila es la tasa N que tiene asociado para su columna y fila el numero 3 . Entonces para calcular el objeto , variable auxiliar V , la formula seria :

$$V[TK,TK+DT] = C1 * N[TK]$$

Se sigue calculando el valor de la tasa T para el intervalo [TK,TK+DT], y recorriendo la columna 2 ( la tasa T tiene asociado el valor 2 para su columna y fila ) y sus elementos no nulos son el  $M(1,2)=C2$  y el  $M(3,2)=C3$  , lo que hace que el valor de T para el intervalo [TK,TK+DT] sea igual a al constante C2 por el valor del nivel V ( si  $M(1,2)=C2$ , el elemento de la fila es la variable auxiliar, ya que V variable auxiliar tiene asociado el valor 1 para su fila y columna ) en el intervalos [TK,TK+DT] ( que se acaba de calcular ) mas la constante C3 por el valor del nivel N en el momento TK . La formula en definitiva seria :

$$T[TK,TK+DT]= C2 * V[TK,TK+DT] + C3 * N[TK]$$

Por último se calcula el valor de N en el momento TK + DT, recorriendo la columna 3 ( el nivel N tiene asociado el valor 3 para su columna y matriz ), los elementos no nulos de la columna 3 de la matriz solamente es el elemento  $M(2,3)=C4$ , si el valor asociado a la fila de este elemento no nulo es la tasa T ( la tasa T tiene asociado la fila y columna 2 ) . El nivel N , en el momento TK+DT es igual a C4 por el valor de T en el intervalo [TK,TK+DT].

Para asociar los numeros de fila y de columnas de la matriz a los objetos (variables auxiliares, tasas y niveles ), se empieza asociando los numeros mas bajos a las variables auxiliares y tasas ( que son las primeras utilizados en el calculo ), luego se continua con todos los niveles .

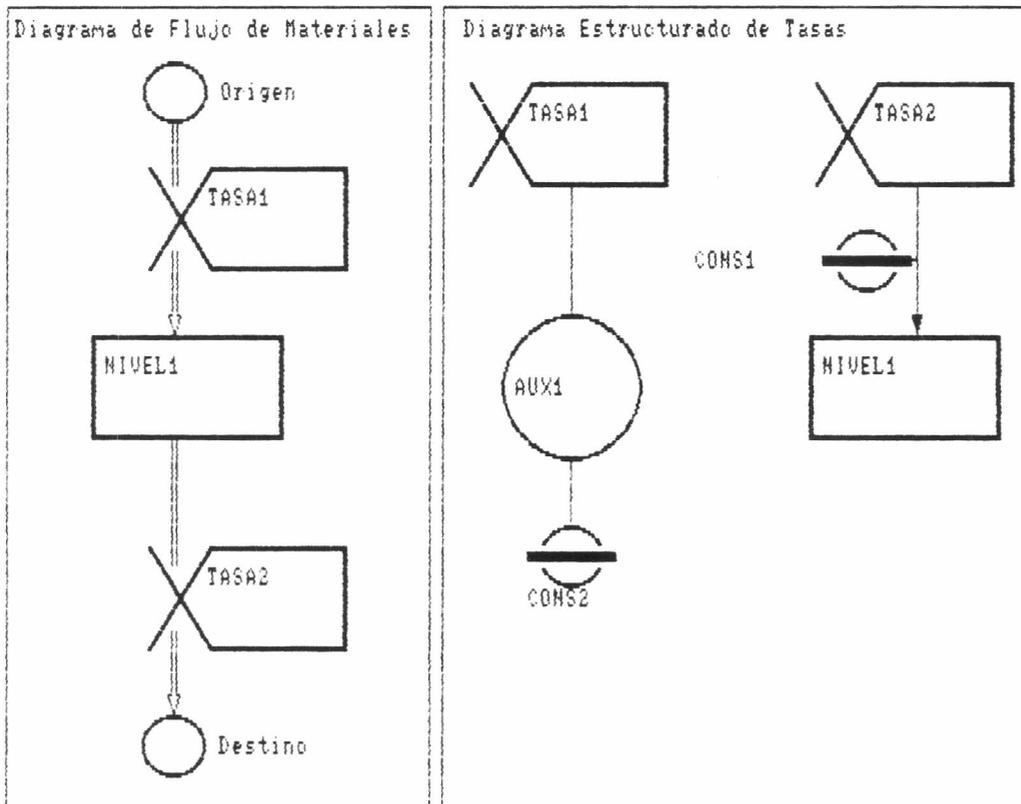
Es de extrema importancia el orden que se asignan (las filas y las columnas ) a los objetos , ya que el algoritmo va a ir evaluando de la primera columna hasta la última y la evaluación de una columna significa que ya se obtuvo el nuevo valor del objeto asociado a esa columna .

Es posible que las variables auxiliares tomen como datos otras variables auxiliares o tasa por ello es importante que el orden de estas tenga en cuenta la prioridad de calculo dentro de ellas .

Los niveles son independientes entre si, por lo tanto no importa el orden en que han sido asignados entre ellos .

Los elementos , dentro de la matriz , son constantes numéricas, o funciones aplicadas a constantes, salvo dos excepciones : primero los casos en que se quiere que el objeto que corresponde a la fila no debe ser multiplicado sino dividido por el objeto de la columna , en cuyo caso se pone el signo  $\wedge$  ; segundo en el caso que se utilice una función booleana que "testea" los valores cambiantes de la condición lógica.

Figura 5



Listado de Objetos de la Matriz

Matriz

Variable Auxiliar

AUX1

Tasas

TASA1

TASA2

Nivel

NIVEL1

	AUX1	TASA1	TASA2	NIVEL1
AUX1	CONS2	1		
TASA1				1
TASA2				-1
NIVEL1			CONS1	

### 3.-Matriz del Algoritmo

El diseño de la matriz ha sido realizado en forma tal que , mediante a una simple lectura secuencial de los diagrama , se capta la información para cargar la matriz. Naturalmente la información de las variables auxiliares y de las tasas se obtienen del diagrama estructurado de las tasas y la información de los niveles del diagrama de flujo de materiales .

El primer paso en el llenado de la matriz, es darle a cada variable auxiliar, tasa o nivel el numero de columna en la matriz que le corresponde . Se empiezan numerando las variables auxiliares , entre ellas se asignan los numeros mas bajos a las que están mas abajo en el árbol de calculo de las tasas, o sea se recorre el árbol en profundidad , poniendo la numeración a medida que vamos encontrando una variables auxiliar . Siguiendo con el orden correlativo numeramos todas las tasas y para terminar todos los niveles . Podemos ver este proceso en la figura 6.

La metodología de obtención de los elementos de la matriz que se utiliza es la adecuada al objeto y es si dicho objeto es :

-Variable Auxiliar o Tasa : se considera el árbol de calculo de la tasas , y se lo recorre de la raíz para abajo, para cada elemento X , que es padre de otro elemento , Y la unión de estos elementos

tiene un coeficiente COEF ( de no tener ningún número se toma que 1 ). Se pone en la matriz en el lugar X,Y, el COEF. Solo se pueden dar dos casos particulares :

i- El padre X, que puede ser tasa o variable auxiliar, tiene un rombo, lo que significa que es una decisión. En ese caso tiene 1 o más hijos Y, entonces para ese caso se repite para cada elemento X,Y de la matriz la función IFF( condición, coef-si\_es\_verdad, coef-si\_es\_falso ). El primer argumento de la función IFF corresponde al valor que hace que se ejecute esa posibilidad y en coef-si\_es\_verdad el valor del coeficiente, de la unión de X con ese hijo Y particular , y por lo general el coef-si\_es\_falso se pone siempre en 0 .

ii- Si el padre X, es una variable auxiliar de multiplicación y sus hijo Y tiene el símbolo ^, se pone como elemento X,Y de la matriz el valor ^ .

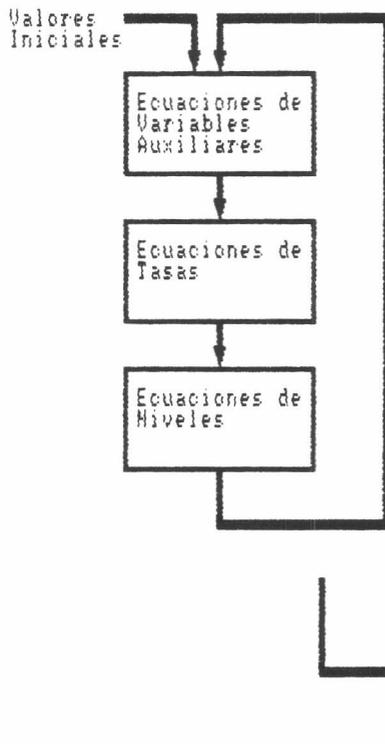
- Nivel : Se busca en el diagrama de flujo de materiales y para cada nivel X y sus tasa Y1 que es de entrada al nivel , se pone , para el elemento X,Y1 de la matriz , el valor +1 y para cada Y2 , que es de salida se , pone , para el elemento X,Y2 de la matriz , el valor -1 .

Para todos los otros elementos de la matriz se pone valores 0.

Lo anterior se puede ver en la figura 7

Figura 6

Orden de Calculo de la Dinamica Industrial



Matriz

El algoritmo recorre las columnas en esta direccion .

	OBJETO1	OBJETO2	OBJETO3	OBJETO4	OBJETO5
OBJETO1	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
OBJETO2					
OBJETO3					
OBJETO4					
OBJETO5					

- (1) Recorro la columna para calcular el nuevo valor del objeto OBJETO1
- (2) Recorro la columna para calcular el nuevo valor del objeto OBJETO2
- (3) Recorro la columna para calcular el nuevo valor del objeto OBJETO3
- (4) Recorro la columna para calcular el nuevo valor del objeto OBJETO4
- (5) Recorro la columna para calcular el nuevo valor del objeto OBJETO5

Por la direccion de recorrida de la matriz por el algoritmo y la necesidad de respetar el orden de caculo de la dinamica industrial , necesito que los primeros objetos sean variables auxiliares , los segundos tasas y los ultimo niveles . Como se ve en el ejemplo.

Listado de Objetos de la Matriz

Variable Auxiliar

AUX1

Tasas

TASA1

TASA2

Nivel

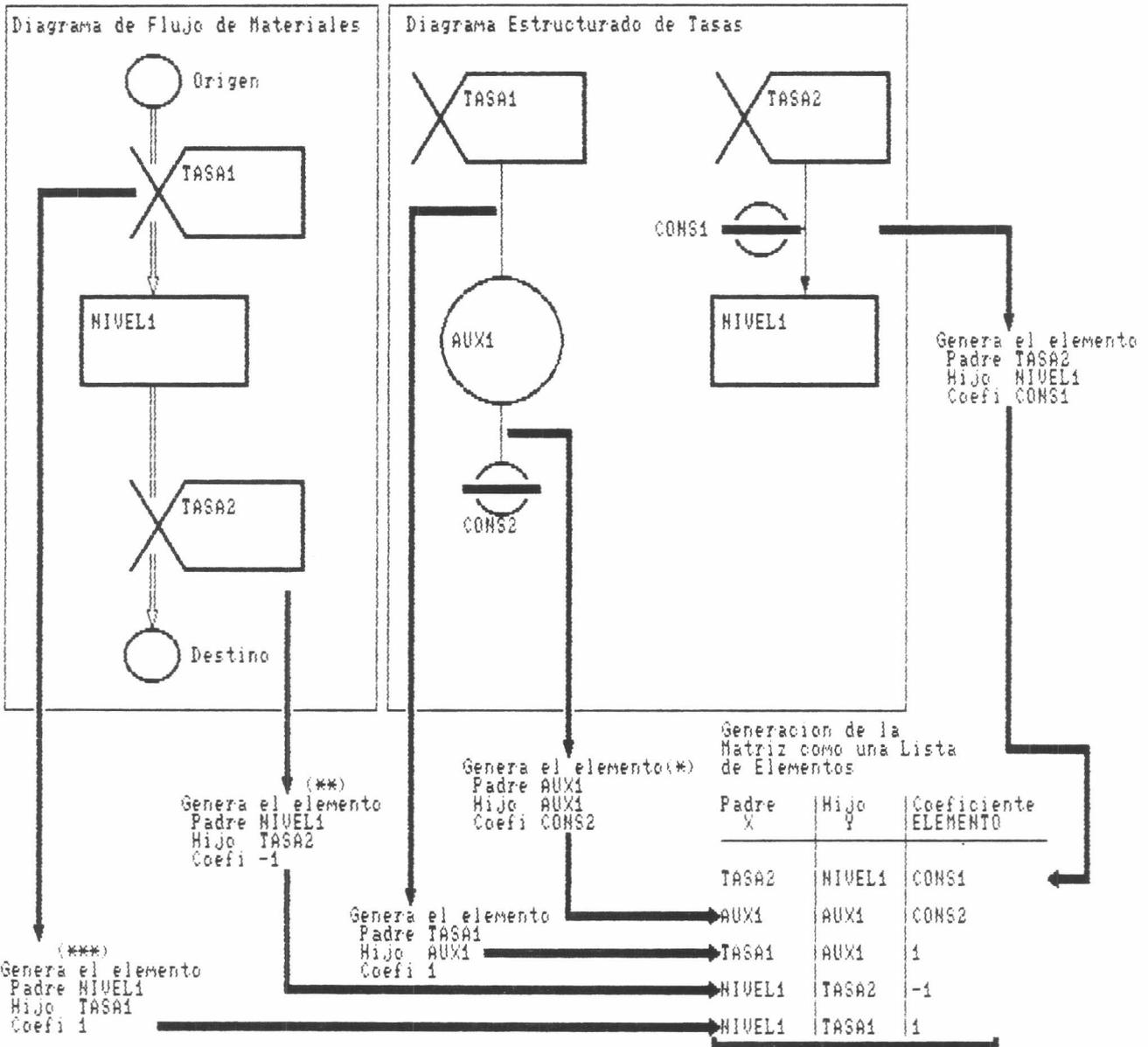
NIVEL1

Matriz

Orden de Calculo de los Objetos

	Variables Auxiliares	Tasas		Niveles
	AUX1	TASA1	TASA2	NIVEL1
AUX1	CONS2	1		
TASA1				1
TASA2				-1
NIVEL1			CONS1	

Figura 7



Notas

- (\*) Cuando genero un elemento del diagrama estructurado de tasas, y no se tiene hijos como este caso, sino que esta asociado a una constante CONS2, se crea el elemento con la columna y la fila con el mismo objeto AUX1.
- (\*\*) Con el diagrama de flujo de materiales obtengo los flujos de salida y entrada a los niveles, por lo que en este diagrama el NIVEL1 tiene como flujo de salida al flujo TASA2, por eso lo pongo con coeficiente -1
- (\*\*\*) Del diagrama de flujo de materiales obtengo los flujos de salida y entrada a los niveles, por lo que en este diagrama el NIVEL1 tiene como flujo de entrada el flujo TASA1, por eso lo pongo con coeficiente 1

Listado de Objetos de la Matriz

- Variable Auxiliar
- AUX1
- Tasas
- TASA1
- TASA2
- Nivel

Numero para crear la matriz	AUX1	1
	TASA1	2
	TASA2	3
	NIVEL1	4

Matriz

	AUX1 1	TASA1 2	TASA2 3	NIVEL1 4
AUX1	1 CONS2	1		
TASA1	2			1
TASA2	3			-1
NIVEL1	4		CONS1	

#### 4.-Vector del Algoritmo

Se define un vector, cuya función principal es la de guardar el valor del objeto ( variable auxiliar, tasas o nivel ) en el momento dado . El vector tiene la misma dimensión que la matriz, y para cada objeto de la matriz, coincide su numero de columna en la matriz con su numero de posición en el vector, de esta forma para rescatar el valor de un elemento solo tengo que referirlo con su numero de columna en el vector . Lo mismo cuando obtengo nuevo valor lo guardo en su lugar respectivo del vector.

El vector contiene además del valor del objeto en el momento presente los siguientes características del mismo :

-Tipo : este parámetro es necesario para que el algoritmo sepa como calcular su nuevo valor, que puede ser:

T : Tasa

N : Nivel

V+: Variable auxiliar de Suma

V\*: Variable auxiliar de Multiplicación

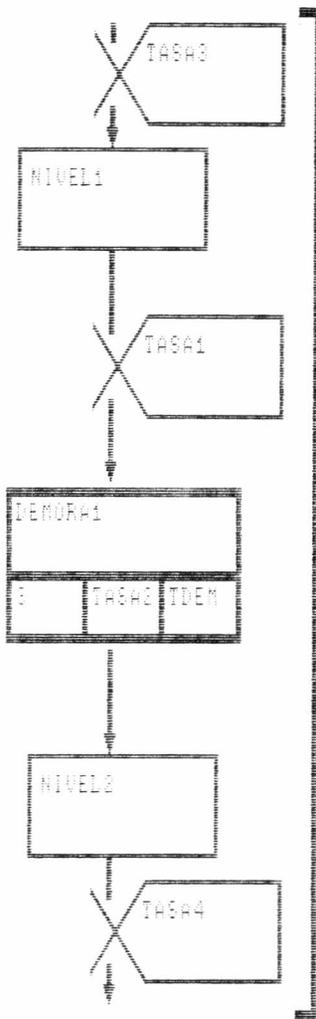
-Valor Inicial : Cuando se inicia el calculo, los niveles deben tener un valor inicial, este valor el algoritmo lo obtiene de este parámetro .

-Demora : Solo si el elemento es una tasa ( T ), y si tiene una demora pongo valor no nulo al parámetro demora-tiempo, demora-grado, demora-valor-inicial, estos respectivamente son el tiempo de la

demora, el grado de la demora y el valor inicial de lo demorado .  
También incluyo un campo que es valor-de-entrada-de-la-tasa ya que la  
tasa ahora tiene un valor de entrada y uno de salida ( de la demora  
incluida dentro de ella ), la explicación de estos parámetros se  
puede ver en la figura 8 .

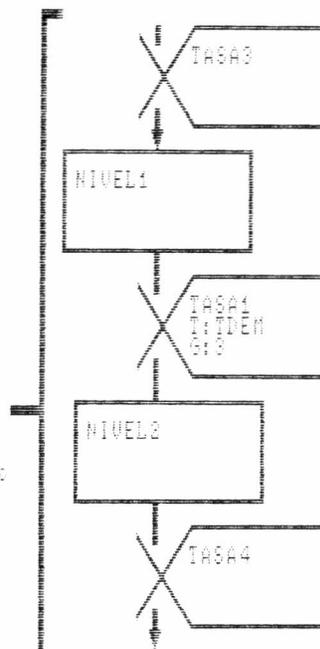
Figura 8

Diagrama de la Dinamica Industrial



Si en mi diagrama las demoras son vistas como una característica de la tasa, en este caso la TASA1, debe sin embargo para el celudlo del NIVEL2 saber cual se el flujo de salida de la demora de la TASA1, por eso existe la TASA3 en la dinamica clasica. Pero en el algoritmo ya no tengo ese flujo por eso tengo los parametros FLUJO\_DE\_ENTRADA y FLUJO\_DE\_SALIDA que representan las tasas TASA1 y TASA3 respectivamente.

Diagrama de Flujo de Materiales Resultante



## 5.-Algoritmo

Teniendo ahora la Matriz y el Vector inicializados, se inicia la corrida, del algoritmo . El algoritmo tiene un bloque que de acuerdo al tipo de objeto ( información que se encuentra en el vector ) calcula su nuevo valor . El nuevo valor se calcula en base a los datos que obtiene de la matriz. Los nuevos valores reemplazan a los viejos en el vector, al final de la evaluación del vector, la situación del modelo corresponde a un incremento DT en el tiempo . Para lograr una mejor comprensión de los temas anteriores y del funcionamiento del algoritmo, nos vamos a referir a un ejemplo muy sencillo que se explica en la figura 9 .

Estructura de cada iteración :

- Seteo de sus valores iniciales en el vector. Primero doy valor a las constantes del sistema, luego valor del objeto toma su valor del valor inicial y para el caso de las tasas que tengan demoras pongo como valores iniciales de los niveles de la demora ( si tiene grado mayor que 1 tiene mas de 1 ) el demora-valor-inicial dividido el grado de la demora . Como en la fig 10 .
- Cada repetición de este bloque significa que avanzo un ciclo de tiempo

-Para todos los objetos del vector empezando desde el primero hasta el última :

-Si el objeto es  $V^*$  ( variable auxiliar de multiplicación ) le doy valor 1 y para todos los elementos no nulos de su columna en la matriz lo empiezo a multiplicar por el coeficientes y el valor del objeto de la fila . Si el coeficiente es  $^{\wedge}$  lo divido por el valor del objeto de la fila.

Cuando termino pongo al valor calculado como nuevo valor del objeto que estaba calculando.

-Si el objeto es  $V$  ( variable auxiliar de suma ) le doy valor 0 y para todos los elementos no nulos de su columna en la matriz lo empiezo a sumar la multiplicación de su coeficientes y el valor del objeto de la fila . Cuando termino pongo al valor calculado como nuevo valor del objeto que estaba calculando.

-Si el objeto es del tipo  $N$  nivel empiezo tomando su valor anterior y recorro los elementos no nulos de su columna en la matriz . Si el coeficiente es  $+1$  le sumo el valor del objeto de la fila, si el coeficiente es  $-1$  ( ose es una tasa de salida del nivel ) le resto el valor del objeto de la fila,

teniendo en cuenta que sea su valor de salida de la tasa ( como las tasas tienen las demoras incluidas, tienen dos valores, uno de entrada a la tasa y otro de salida, para los niveles debemos tomar uno o otro si es de salida o de entrada la tasa ) .

-Si el objeto es T ( tasa ) empiezo tomando su valor como 0 y recorro los elementos no nulos de su columna en la matriz . Sumando al valor los valores de los objetos de la fila multiplicados por el elemento . El nuevo valor de la tasa es asignado como valor\_de\_entrada . En base al valor\_de\_entrada y a las características de la demora de la tasa ( tiempo de demora en entregar lo que recibí ) calculo el valor\_de\_salida . Ver figura 10 .

Figura 9

Valores constantes para todas la iteraciones				
Constantes	1	2	3	
Nombre	CONSI	CONSA	DT	
Valor	20	.1	1	

Matriz	1	2	3	4
1	CONSA	1		
2				1
3				-1
4			CONSI	

Vector	1	2	3	4
X	1	2	3	4
Nombre	AUX1	TASA1	TASA2	NIVEL1
Tipo	V	T	T	N
Inicial				100
Valor				
Val.Sali				
DemTiem				
DemGrado				

Los unicos datos que son alterados a traves de las iteracione del algoritmo

Primera iteracion del Algoritmo

Segunda iteracion del Algoritmo

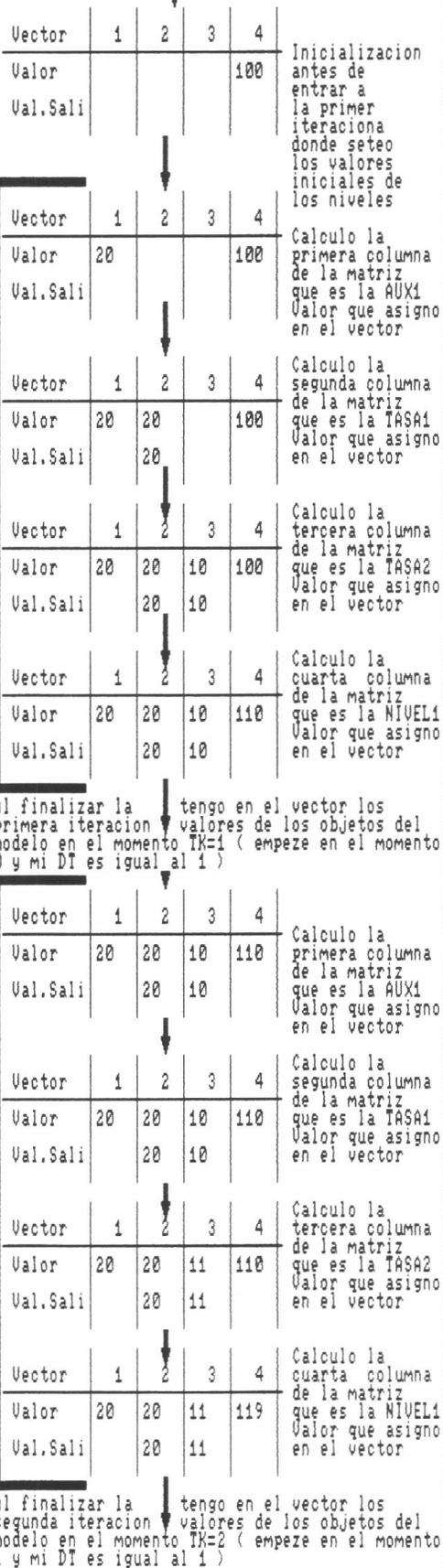
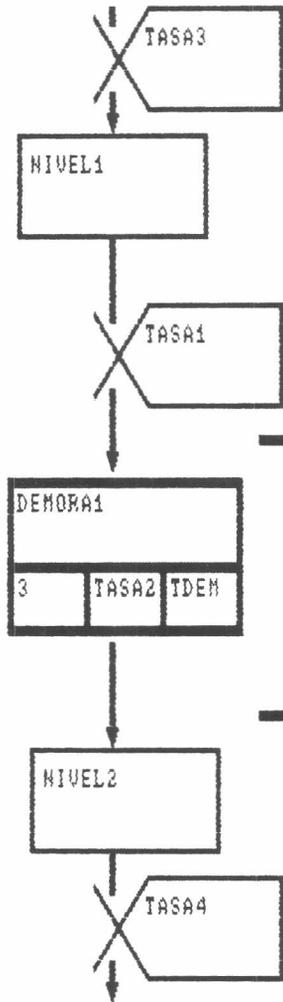
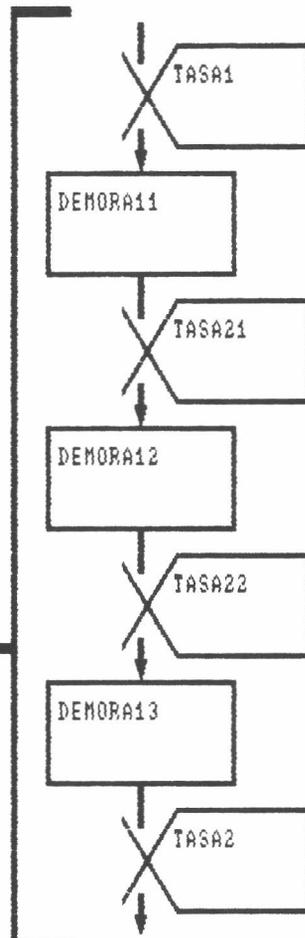


Figura 10



Como es una demora de grado 3 para conseguir sacar los valores debo hacer la siguiente estructura de 3 demoras de grado 3

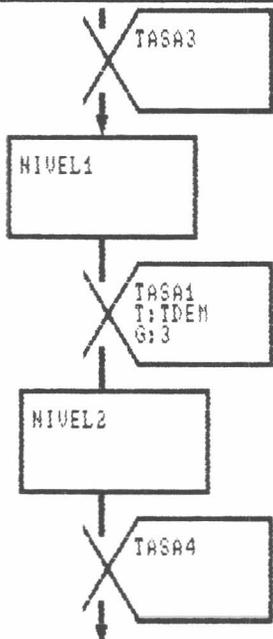


$$\begin{aligned}
 DEMORA11[TK+DT] &= DEMORA11[TK] + (TASA1[TK, TK+DT] - TASA21[TK, TK+DT]) * DT \\
 TASA21[TK, TK+DT] &= DEMORA11[TK] / (TDEM/3) \\
 DEMORA12[TK+DT] &= DEMORA12[TK] + (TASA21[TK, TK+DT] - TASA22[TK, TK+DT]) * DT \\
 TASA22[TK, TK+DT] &= DEMORA21[TK] / (TDEM/3) \\
 DEMORA13[TK+DT] &= DEMORA13[TK] + (TASA22[TK, TK+DT] - TASA2[TK, TK+DT]) * DT \\
 TASA2[TK, TK+DT] &= DEMORA13[TK] / (TDEM/3)
 \end{aligned}$$

Las ecuaciones solo de los niveles NIVEL1, NIVEL2

$$\begin{aligned}
 NIVEL1[TK+DT] &= NIVEL1[TK] + (TASA3[TK, TK+DT] - TASA1[TK, TK+DT]) * DT \\
 NIVEL2[TK+DT] &= NIVEL2[TK] + (TASA2[TK, TK+DT] - TASA4[TK, TK+DT]) * DT
 \end{aligned}$$

Por mas que la TASA2 no es mas lo que sale de la TASA1 despues de estar demorado, no se ve asi sino como una tasa independiente.



El algoritmo resuelve el problema de la demoras internamente, quitandole complejidad al usuario, haciendo que la demora se una característica de la tasa. En este caso en particular la tasa TASA1 tendria un demora interna de tiempo TDEM y grado 3

Diagrama de Flujo de Materiales Resultante

## 6.-Programa del Algoritmo ALGORITI

Uso la base de datos FOXPRO, para programar el algoritmo, por la facilidad de uso de datos y la capacidad de generar informes .

La elección del Foxpro se basa en las posibilidades que tiene este lenguaje para utilizar gran cantidad de datos, para imprimirlos hacia distintos formatos ( para usarlos en graficadores y editores de texto ) . Y fundamentalmente la posibilidad de definir una ecuación como una cadena de caracteres para luego obtener el valor de la ecuación que representa . Es posible definir nuevas funciones externas que agrega facilidades de calculo al sistema. La funciones externas tienen que ser usadas para las funciones exogenas del modelo .

### Entradas Salidas del Programa

Los datos de entrada al sistema serán las bases de datos de la matriz , el vector y las constantes . Definimos con esas tres bases de datos todo la información del modelo . Los datos de salida del sistema pueden salir en dos configuraciones . Configurado en forma detallado son impresos los valores de los niveles y los de los flujos para cada iteración del modelo . Configurado en forma simple sale impresos los valores de los niveles para cada iteración .

### Datos de Configuración

Los datos son :

TIEMPO : Defino hasta que iteración calculo . El programa iterara hasta la superar el valor TIEMPO .

TIPO\_DE\_SALIDA : Defino que tipo de salida quiero , para la salida detallada debemos poner .f. , para la salida simple debemos poner .t.

ARCHIVO\_DE\_SALIDA : Si queremos que la salida , no solo salga en la pantalla sino que también se archive en un archivo ASCII debemos poner el nombre del archivo a crear .

### Datos de Entrada

Para ello creo tres bases de datos con los datos del modelo, la de la Matriz, la del Vector y la de las Constantes .

Matriz : Es una base de dato que contiene la matriz, como una lista de los elementos de la matriz ordenados por el X y por el Y . Tiene un campo para el coeficiente de calculo, ósea para el X, Y posición de la matriz con valor Z tal que Z no sea 0, creo un elemento en la base de datos con el campo X igual a X el campo Y igual Y.u el campo coeficiente igual a Z .

Para mayor claridad en el uso de la matriz agrego a la base de datos los campos NOMX y NOMY . Para que cada elemento tenga el nombre del objeto X en NOMX y del objeto Y en NOMY .

Los campos de la base de datos de la Matriz

Nombre: MATRIZ.DBF

Field Name	Type	Width	Dec	Index
X	Numeric	5		
XNOM	Character	5		
Y	Numeric	5		
YNOM	Character	5		
COEFICIENT	Character	100		
COEFICIEN1	Character	100		

Como ejemplo de estos último para la siguiente matriz :

Matriz	V	T	N
	1	2	3
V 1	0	C2	0
T 2	0	0	C4
N 3	C1	C3	0

La base de datos resultante seria

Campos	X	NOMX	Y	NOMY	COEFICIENT
Registro 1	V	3	N		C1
Registro 2	T	1	V		C2
Registro 3	2	T	3	N	C3
Registro 4	3	N	2	T	C4

Vector : Esta base de dato que contiene los datos de los objetos ( variables auxiliares, tasas y niveles ) que componen el modelo, para ello sus campos son : **X** valor de la fila y columna que se asigne al objeto, **NOMBRE** del objeto, **TIPO** que describe de que tipo es el objeto ( V variable auxiliar aditiva, V\* variables auxiliar multiplicativa, T si es tasa y N si es nivel ), **INICIAL** valor inicial del objeto, **VALOR** numérico del objeto , **DEMGRADO** , **DEMTIEMPO** , **DEMNIVEL** , **DN1** , **DN2** , **DN3** , **DN4** para una tasa que tenga que demora en concretarse ; debo ingresar el tiempo y grado de la demora.

Los campos de la Base de Dato del Vector

Nombre: VECTOR.DBF

Field Name	Type	Width	Dec	Index
NOMBRE	Character	5		
X	Numeric	5		
TIPO	Character	2		
VALOR	Numeric	7	2	
INICIAL	Character	20		
VALORENTRA	Numeric	7	2	
DEMTIEMPO	Numeric	7	2	
DEMGRADO	Numeric	7	2	
DEMNIVEL	Numeric	7	2	

DN1	Numeric	7	2
DN2	Numeric	7	2
DN3	Numeric	7	2
DN4	Numeric	7	2

Constantes : Es una base de dato que contiene el valor de las constantes del sistema , contiene una lista con el nombre de las constantes y su valor, el valor puede ser un numero o una definición matemática que involucre a numeros o otras constantes antes definidas . El valor de la constante puede asignarle una función , formula o constante .

Campos de la Base de Datos de las Constantes :

Nombre: CONSTANT.DBF

Field Name	Type	Width	Dec	Index
NOMBRE	Character	4		
VALOR	Numeric	8	2	

#### Datos de Salida

**Salida Simple** : La salida simple tiene el siguiente formato . Los datos salen ordenados por iteración de tiempo , y para los niveles salen sus valores en la iteración .

Ejemplo :

T , NIVEL1 , NIVEL2 ,  
0 , 200 , 300 ,  
1 , 123 , 345 ,

Para el momento 0 , el nivel NIVEL1 tiene valor 200 , el nivel NIVEL2 tiene valor 300 . Para el momento 1 , el nivel NIVEL1 tiene valor 123 , el nivel NIVEL2 tiene valor 345 .

**Salida Detallada** : Las salida detalla tiene el siguiente formato . Los datos están ordenados por iteración de tiempo , y para cada iteración , describo el valor de los niveles en ese momento y para cada nivel describo los valores de los flujos de entrada y de salida .

Ejemplo :

T : 2 , NIVEL1 = 601, NIVEL2 = 628,  
NIVEL1 = - TA1 0.00 + TA2 0.00  
NIVEL2 = - TA3 56.52 + TA4 233.78

Iteración = 2 , Nivel **NIVEL1** para el momento 2 es = **601** , el nivel **NIVEL2** para el momento 2 es = **628** . En la iteración para llegar al momento 2 , el nivel **NIVEL1** tiene un flujo de salida **TA1** de valor **0** y un flujo de entrada **TA2** de valor **0** y el nivel **NIVEL2** tiene un flujo de salida **TA3** de valor **56.52** y un flujo de entrada **TA4** de **233.78** .

## 7.-Programas de Ayuda (NUMERAR1, ORDENAR )

Para automatizar la tarea de asignar los numeros de las filas y de las columnas a los objetos del modelo hemos creados dos programas de auxilio :

NUMERAR1 : Se puede ingresar al vector una asignación tentativa le los numeros de columna y fila a los objetos del modelo y se ingresa a la matriz los nombres de los objetos en vez de su numero asignado.

El programa NUMERAR1 en base a estos dos últimos datos cambia en los nombres de los objetos en la matriz por los valores asignados en el vector, sin modificar la previa de los nombres de los objetos en la matriz . De forma que si quiero probar otra numeración tentativa conserve los nombre para cambiarlos por los nuevos valores asignados.

ORDENAR : Verifica que el numeración de los objetos sea la correcta para un calculo secuencial, de no ser así lo informa por pantalla.

## V. EJEMPLO DE DINÁMICA INDUSTRIAL (extraído del [FOR/72])

### 1.-Introducción

Desarrollaremos un ejemplo simple, que trabaja con unos pocos flujos de información y materiales en un sistema de comercialización. Aunque el sistema es general en su naturaleza y puede representar muchas situaciones, se dirá para simplificar que se trata de la venta de bienes durables para el consumidor. Comenzamos con un

sistema de comercialización, en parte porque es mas simple de describir que muchas otras funciones empresariales, las pautas posibles de comportamiento y la base para la toma de decisiones principales son mas evidentes y también porque la venta y la compra son las tareas económicas fundamentales en la mayoría de las empresas.

El objetivo del ejemplo es estudiar como las practicas de un comercio tienden a acentuar o modificar las perturbaciones externas con que se enfrenta el modelo.

Para ello deben incluirse las demoras y los factores de amplificación en el modelo, ya que son críticos en lo que atañe a la inestabilidad del sistema de realimentación informativa .

## 2.-Enunciado del Problema

Consideremos un comercio minorista que vende bienes durables de consumo, para ello recibe de los clientes Notas de Pedidos semanales (RRR) que archiva (UOR). El comercio tiene un stock de productos (IAR) con los que cumple los pedidos de los clientes (SSR). Esto se realiza teniendo en cuenta una demora mínima administrativa (DHR) para cumplir los requisitos de la entrega y una demora (DUR) por la cantidad de artículos en stock con respecto a la cantidad de artículos distintos manejados por la firma . Esto se debe a que si la firma maneja una gran diversidad de artículos y tiene un stock mínimo, podría ser no factible que tenga artículos para satisfacer todos los pedidos .

Otra función del comercio minorista debe ser entonces generar un flujo de pedidos (PDR) al distribuidor para reponer mercadería en su inventario, para ello se debe tener en cuenta :

1- Las ventas (RRR) para reponer del inventario.

2- El comerciante tiene un nivel de inventario deseado (IDR), que se obtiene en función del promedio de las ventas últimas (RSR) y una cantidad fija de semanas (AIR) que es constante. El comerciante agrega o resta pedidos en función de mantener el inventario (IAR) lo mas cercano posible a (IDR).

3- Se calcula una cantidad deseada de pedidos pendientes (UNR), que se obtiene en función del promedio de las ventas últimas (RSR) y la demora mínima administrativa (DHR) y las condiciones normales fuera de stock (DUR). El comerciante agrega o resta pedidos en función de mantener la cantidad de pedidos pendiente (UAR) lo mas cerca de los deseados (UNR).

4- Se calcula la cantidad deseada de pedidos a cumplir en lo del distribuidor (LDR), que es el producto del promedio de las ventas últimas (RSR) por la constante demora promedio que tiene el distribuidor en cumplirlo (DFD) .

El comerciante agrega o resta pedidos en función de mantener la cantidad de pedidos no satisfechos en lo del distribuidor (UOD) lo mas cercano posible a (LDR).

Por lo tanto si se nota un aumento en la tendencia de las ventas, se deben aumentar los pedidos para no solo reponer en el stock el faltante por entregas a los clientes, sino para llevar el inventario (IAR), los pedidos pendientes de cumplimiento (UOR), los pedidos que no han sido entregados aun por el distribuidor (UOD) y los pedidos en tránsito, a nuevos niveles de acuerdo a las últimas ventas (RSR).

El distribuidor recibe los pedidos del minorista, los archiva (UOD) y en un tiempo promedio (DFD) los despacha (SSD), teniendo una demora

entre el envío del pedido y la recepción en el inventario del minorista (DTR) que no es más que las demoras de transporte .

### 3.-Resolución del Modelo por Forrester

Comenzaremos con dos ecuaciones simples : una que representa el nivel de pedidos no satisfechos y la otra el inventario de las mercaderías . Dado que IAR es un inventario de mercaderías, las doble líneas que representan los flujos de materiales entran y salen . Dado que UOR es el nivel de pedidos no satisfechos, las líneas cortadas entran en el rectángulo y salen de el. La ecuación para UOR es del tipo standard para definir un nivel simple en el cual fluye una sola tasa de ingreso y del cual fluye una sola tasa de egreso.

$$UOR.K = UOR.J + (DT) ( RRR.JK - SSR.JK )$$

UOR Pedidos pendiente en el nivel minorista ( medidas en unidades de mercancías por pedido )

RRR Pedidos recibidos en el nivel minorista ( unidades / semana )

SSR Despachos enviados por el minorista ( unidades / semana )

DT Delta Tiempo ( semanas ), intervalo de solución

La ecuación calcula el numero de pedidos pendientes en el tiempo presente K, basada en los pedidos pendientes calculados la última vez, en el tiempo J, y en las tasas de entrada de flujo y salidas de flujo durante el intervalo de tiempo JK . Las tasas de entrada y salida de flujo se presumen constantes durante el intervalo JK ( el intervalo de tiempo debe ser lo suficientemente corto como para hacer

de esto una presunción satisfactoria ) . La longitud del intervalo de tiempo DT multiplicado por la tasa de flujo de entrada RRR.JK da los nuevos pedidos recibidos en el intervalo JK. De igual forma (DT) (SSR.JK) da los pedidos enviados en el intervalo JK . Las dimensiones de la ecuación que deben ser idénticas entre todos los términos son las siguientes :

$$\text{Unidades} = \text{Unidades} + (\text{Semana}) ( \text{Unidades/Semanas} - \text{Unidades/Semanas} )$$

$$(UOR) = (UOR) + (DT) (RRR) (SSR)$$

Después de efectuar el producto de la derecha, cada termino de esta ecuación se mide en "unidades" del producto pedido.

(DT) multiplicado por (RRR) representa una magnitud de tiempo multiplicada por una tasas de flujo que da por resultado los pedidos pendiente agregados al archivo de pedidos durante el intervalo de tiempo precedente. Así mismo, (DT) multiplicado por (SSR) representa los pedidos cumplidos y sacados del archivo de los pendientes durante el período anterior . El intervalo de tiempo de solución DT debe ser corto comparado con las demoras que han de representarse en el sistema. En este ejemplo, corresponderá a una pequeña fracción de una semana.

Formulando de esta manera la ecuación, las tasas de flujo se miden en sus unidades convencionales, como por ejemplo la tasa semanal y la ecuación se establecen correctamente en forma

independiente de la longitud del intervalo de solución DT . Esto permite que el intervalo de tiempo de solución DT se elija en forma arbitraria, de acuerdo con el criterio que vemos mas adelante, sin influir en la validez de la ecuación.

La segunda ecuación, que describe el nivel del inventario en el sector minorista, es totalmente similar :

$$IAR.K = IAR.J + (DT) ( SRR.JK - SSR.JK )$$

IAR Inventario real en el nivel minorista

SRR Despachos recibidos (unidades/semana)

SSR Despachos enviadas por el minorista (unidades/semana)

Esta establece que el inventario actual es igual al inventario previo mas las unidades recibidas menos las unidades enviadas.

Definición de las ecuaciones para las tasas : en ellas se expresan los mecanismos de decisión del sistema , pues representan ( nuestra comprensión de/) los factores que determinan las acciones. Tales decisiones, que controlan las tasas y son ecuaciones de tasa, deben formularse de manera que continúen siendo posibles y adecuadamente correctas en las variaciones extremas que pueden encontrarse en los valores cambiantes de las variables del sistema.

Comenzaremos considerando la tasa de los envíos del minorista al cliente SSR. Aquí la tasa de entrega de mercaderías a los clientes se presume como un tasa implícita. Esto significa que esta controlada por el estado del sistema y no por una decisión gerencial libre.

Aunque es bastante posible imaginar un decisión de no entregar mercaderías disponible, no es frecuente y debe descartarse. La tasa de entrega de las mercaderías a los clientes debe depender de la existencia de un conjunto de pedidos pendientes listos para procesamiento. De igual forma, la capacidad de despacho de mercaderías debe depender de la existencia de un inventario a partir del cual puede efectuarse la entrega. Se toma la tasa de entrega en base a los pedidos pendientes y las demoras mínimas para despachar.

$$\text{SER.K} = \text{UOR.K} / \text{DFR.K}$$

SSR Tasa de despacho para ser probada en el nivel minorista  
(unidades/semana)

UOR Pedidos pendientes a nivel minorista (unidades)

DFR Demora (variable) en cumplir con los pedidos en el nivel minorista (semanas)

El valor de SER todavía no ha sido aceptado como una tasa dentro del sistema. Su posición en la secuencia computacional seguirá a la variable auxiliar DFR. A menudo existe una secuencia requerida para la computación de variables auxiliares.

$$\text{DFR.K} = \text{DHR} + \text{DUR} ( \text{IDR.K} / \text{IAR.K} )$$

DFR Demora en cumplir con los pedidos en el nivel minorista  
(semanas)

DHR Demora ocasionada por el tiempo mínimo de manipuleo requerido en el nivel minorista (semanas)

DUR Demora media en los pedidos pendientes en el nivel minorista, por causa de los ítemes fuera de stock cuando el inventario es "normal" (semanas).

IDR Inventario deseado en el nivel minorista (unidades)

IAR Inventario real en el nivel minorista.

La variable auxiliar DFR es la suma de dos demoras, la primera es la demora mínima en despachar un pedido y la segunda es una demora que refleja que el cumplimiento promedio de los pedidos estará inversamente relacionada con la capacidad de satisfacer pedidos. La capacidad de satisfacer pedidos esta basada en el tamaño del inventario , a menor mercadería en este pueden cumplirse cada vez menos pedidos , e inversamente con un inventario mas grande, la demora experimentada por el pedido promedio se aproximara a la demora mínima necesaria en el manejo del pedido promedio . A medida que el inventario agregado total decrecer una cantidad mayor de pedidos se encuentra con condiciones fuera de stock. Mientras estos pedidos esperan a los despachos entrantes de los ítem adecuados, contribuyen a incrementar la demora promedio experimentada por todos los pedidos. A medida que el inventario se aproxime a cero, la demora necesariamente debe crecer con rapidez y aproximarse a "infinito" .

Con esto queremos decir que siempre que la condición de no inventario persiste no habrá posibilidades de efectuar un despacho.

Antes de aceptar la tasa propuesta de despacho SER como el valor correcto para la tasa de despacho SSR, compararemos el valor de SER con la tasa de despacho que haría negativa el inventario. Esta tasa se da en la siguiente ecuación :

$$NIR.K = IAR.K / DT$$

NIR Limite de inventario negativo en el nivel minorista

IAR Inventario real en el nivel minorista (unidades)

DT El intervalo de tiempo de solución (semana)

Estamos ahora listos para escribir nuestra ecuación para la tasa de despacho:

$$\{ SER.K \quad \text{si } NIR.K \geq SER.K$$

$$SSR.K = \{$$

$$\{ NIR.K \quad \text{si } NIR.K < SER.K$$

SSR Despachos enviados por el minorista (unidades/semana)

NIR Limite de inventario negativo en el nivel minorista  
(unidades/semana)

SER Tasa de despacho para ser probada en el nivel minorista  
(unidades/semana)

La tasa de envíos de mercaderías remitidas por el minorista que existirá durante el intervalo de tiempo subsiguiente K indica que si la tasa limite NIR.K es mayor o igual a la tasa de despacho deseada

SER.K, se utilizará como tasa a SER.K . Si NIR.K es menor que SER.K se utilizará la tasa NIR como tasa de despacho .

El inventario anhelado, nivel que podemos considerar como "ideal" o "aspirado" del inventario, es un concepto muy importante . Se utilizará aquí de dos formas. Como se discutía anteriormente, es una referencia con la cual puede compararse el inventario real a fin de determinar la capacidad de satisfacer pedidos. También el nivel deseado de inventario será mas adelante uno de los ingresos de la decisión de pedido para generar los pedidos de compra para un nuevo stock. El uso de inventario ideal como componente de la reposición de mercadería lo convierte en un concepto importante en el comportamiento dinámico del sistema.

Es una práctica industrial muy común la de elevar y disminuir los inventarios a medida que el nivel de ventas sube y baja. Esto es esencialmente el concepto de llevar el inventario igual a un numero especificado de semanas de venta. Dado que dicha práctica se sigue en muchos lugares, comenzaremos introduciendo una relación proporcional entre el inventario deseado y las ventas promedio de la siguiente forma :

$$IDR.K = (AIR) (RSR.K)$$

IDR Inventario deseado en el nivel minorista (unidades)

AIR Constantes de proporcionalidad entre el inventario y el promedio de ventas en el nivel minorista (semanas)

RSR Pedidos ajustados en el nivel minorista, es decir, ventas promedio (unidades/semana)

La constante AIR representa la cantidad de semanas de ventas promedio que se quiere tener como inventario deseado .

Dada que la tasa de ventas corrientes RRR fluctuará día a día y no presentar un flujo de información ajustada es necesario promediar los datos de ventas reales para obtener una cifra sobre la cual basar los planes de inventario y de pedido. Cuanto mas "ruidosos" sea los datos de venta, mas prolongado deberá ser el tiempo promedio. Cuanto mas largo sea el tiempo promedio, mas se demorará la estimación del promedio detrás de los acontecimientos ciertos.

$$RSR.K = RSR.J + (DT) (1/DRR) (RRR.JK - RSR.J)$$

RSR Pedidos ajustados en el nivel minorista (unidades/semana)

RRR Pedidos recibidos en el nivel minorista, tasa de ventas actuales

(unidades/semana).

DRR Demora en ajustar los pedidos en el nivel minorista, la constante de tiempo de ajuste (semanas).

Enunciaremos la ecuación de la tasa de compra al distribuidor, la primera tarea consiste en identificar las principales fuentes de información de las cuales deberá depender la tasa de compra. Ya hemos decidido emitir cualquier método de pronostico así como los efectos menores. Primero en la lista de

prioridades se encuentra la reposición de las mercaderías que se venden. Por encima de esto, los pedidos son necesarios para corregir las diferencias entre el inventario real y el ideal. También, de una forma u otra hay que reconocer las demandas ineludibles para llenar los pedidos pendientes al distribuidor, es necesario que el total de pedidos sean proporcionales al nivel de la actividad comercial. Si no, se insertan los pedidos en tránsito con este propósito. Estos factores se reconocen en la siguiente ecuación :

$$PDR.K = RRR.JK + ( 1 / DIR ) [ ( IDR.K - IAR.K ) + ( LDR.K - UOD.K ) + ( UOR.K - UNR.K ) ]$$

PDR Decisión de tasa de compra en el nivel minorista (unidades/semana)

RRR Pedidos recibidos en el nivel minorista (unidades/semana)

DIR Demora en el ajuste del inventario ( y canal ) en el nivel minorista (semanas)

IDR Inventario deseado en el nivel minorista ( unidades )

IAR Inventario real en el nivel minorista ( unidades )

UOD Pendientes de cumplimiento en lo del Distribuidor ( unidades )

LDR Ordenes Pendientes de Cumplimiento en lo del Distribuidor Deseadas (unidades)

UOR Pedidos Pendientes en el Nivel Minorista ( unidades )

UNR Pedidos Pendientes, normales, en el nivel minorista ( unidades )

El primer término de la tasa, no necesita explicación ya que es la reposición de lo pedido, los términos de la ecuación escritos entre corchetes representan el "vacío de compromiso de stock" . Mediante el reagrupamiento ( IDR.K + LDR.K + UOR.K ) se representaría los niveles deseados del comercio, respectivamente, inventario deseado, pedidos pendientes en el distribuidor y los pedidos a satisfacer con las existencias. Para compensar esto, estará el término negativo ( IAR.K + UOD.K + UNR.K ) que representa los compromisos que no necesitan satisfacerse, el inventario actual, los pedidos no cumplidos por el distribuidor y los pedidos que no cumplidos se consideran normales .

Se calculan respectivamente :

$$\text{LDR.K} = \text{RSR.K} * \text{DFD}$$

LDR Pedidos deseados pendientes en lo del distribuidor

RSR Pedidos ajustados en el nivel minorista (ventas promedio)  
(unidades/semana)

DFD Demora en cumplir los pedidos de parte del distribuidor ( semana )

$$\text{UNR.K} = ( \text{RSR.K} ) ( \text{DHR} + \text{DUR} )$$

UNR Pedidos pendientes normales en el nivel minorista ( unidades )

RSR Pedidos ajustados en el nivel minorista (ventas promedio)  
(unidades/semana)

DHR Demora ocasionada por el tiempo mínimo de manipuleo  
requerido en el nivel minorista (semanas)

DUR Demora media en los pedidos pendientes en el nivel  
minorista, por causa de los ítem fuera de stock cuando el inventario  
es "normal" (semanas).

Para completar las definición de las tasas y niveles falta  
definir el nivel de pedidos pendientes en lo del distribuidor y la  
tasa de entrega de este al comercio, las cuales son respectivamente :

$$UOD.K = UOD.J + ( DT ) ( PSR.JK - SSD.JK )$$

UOD Pedidos pendientes de cumplimiento en lo del distribuidor  
(unidades)

RRD Pedidos que arriban al distribuidor del comercio  
(unidades/semana)

SSD Entrega de mercadería al comercio de parte del distribuidor  
(unidades/semana)

$$SSD.JK = UOD.K / DFD$$

SSD Entrega de mercadería al comercio de parte del distribuidor  
(unidades/semana)

UOD Pedidos pendientes de cumplimiento en lo del distribuidor  
(unidades)

DFD Demora constante que tarda el distribuidor en entregar la mercadería ( semana )

Para terminar de definir el modelo faltan definir las demoras . Se consideran dos demoras distintas : en la colocación de pedidos de compra y en el despacho de mercaderías desde el distribuidor hacia el minorista.

$$CPR.K = CPR.K + ( DT ) ( PDR.JK - PSR.JK )$$

$$PSR.K = DELAY3( PDR.JK, DCR )$$

CPR Pedidos en proceso administrativo ( unidades )

PDR Tasa de compra ( unidades / semana )

PSR Pedidos de compra enviados por el comercio (unidades / semana )

DCR Demora administrativa en colocar los pedidos (semanas )

DELAY3 Es una función que representa una demora de tercer orden

$$MTR.K = MTR.K + ( DT ) ( SSD.JK - SRR.JK )$$

$$PSR.K = DELAY3( SSD.JK, DTR )$$

CPR Mercadería en tránsito ( unidades )

SSD Tasa de entrega de mercadería por parte del distribuidor (unidades / semana )

SRR Mercadería llegada al comercio (unidades / semana )

DCR Demora del transporte (semanas )

DELAY3 Es una función que representa una demora de tercer orden



#### 4.-Resolución del Modelo por la Matriz

Para resolver el ejemplo anterior debemos realizar los modelo de flujo de materiales y el modelo estructurado de las tasas, y de ello se obtiene, con los métodos antes mencionados , un vector de 18 componentes , ya que hay 9 variables auxiliares, 5 tasas y 4 niveles y una matriz cuadrada 18X18 .

El vector esta enunciado a continuación, el nombre se pone solo para fines descriptivos.Hay dos variables auxiliares de multiplicación con código V\* y dos tasas con demoras de grado 3 .

Vector

##### -Variables Auxiliares

Col	Nombre	Tipo
1	IDR	V
2	DFR2	V*
3	DFR3	V
4	DFR1	V
5	SER	V*
6	NIR	V
7	UNR	V
8	LDR	V
9	LAR	V

##### -Tasas

Col	Nombre	Tipo	Valor-Inicial	Demora Lapso	Grado
10	RRR	T			
11	SSR	T			
12	SSR	T			
13	SSD	T	RRI*DTR	DTR	3
14	PRD	T	RRI*DCR	DCR	3

##### -Niveles

Col	Nombre	Tipo	Valor-Inicial
15	IAR	N	RRI*AIR
16	UOR	N	(DHR+DUR)*RRI

```

17 RSR    N    RRI
18 UOD    N    DFD*RRI

```

La matriz obtenida del modelo estructurado de las funciones de decisión , es una matriz de 18X18 con 32 elementos no nulos, estos están puestos como duplas de X,Y,COEF . El valor de X indica la componente del vector que estamos calculando.

-Variables Auxiliares

```

X--  Y--  Coeficiente-----
1   17  AIR
2   15  ^
2   1   DUR
3   3   DHR
4   2   1
4   3   1
5   16  1
5   4   ^
6   15  DT
7   17  DHR+DUR
8   17  DFD
9   18  1

```

-Tasas

```

X--  Y--  Coeficiente-----

```

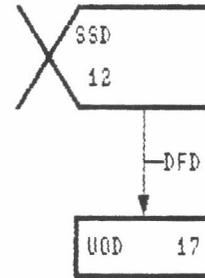
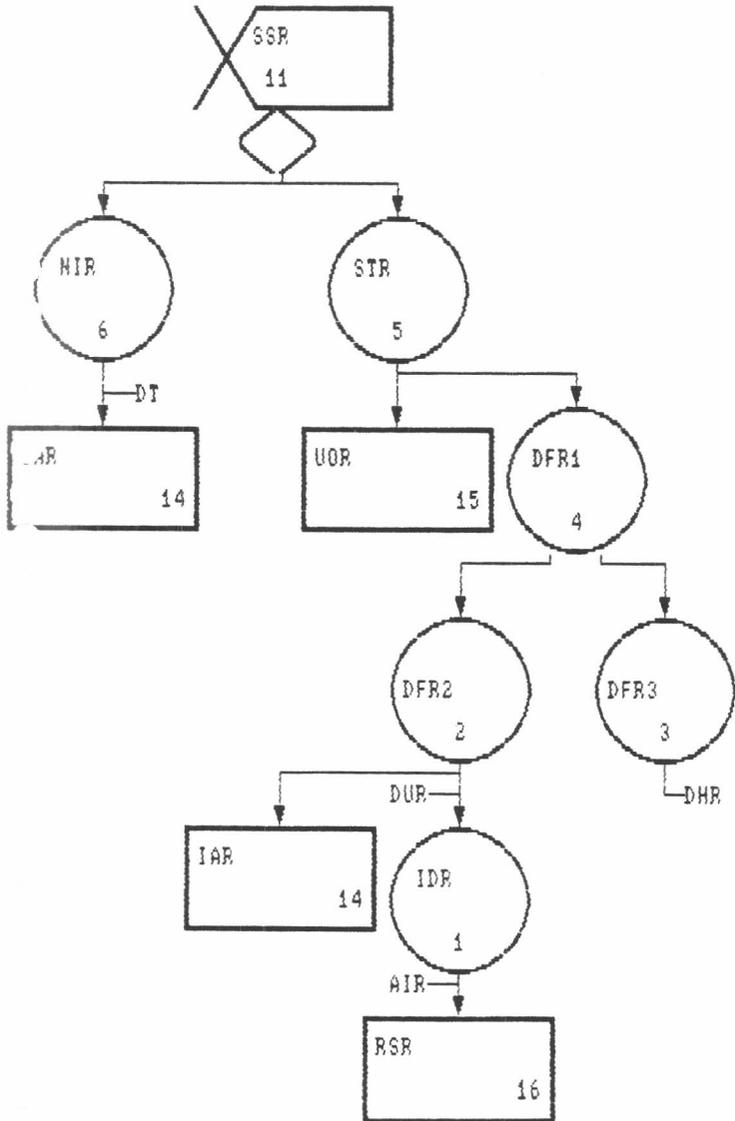
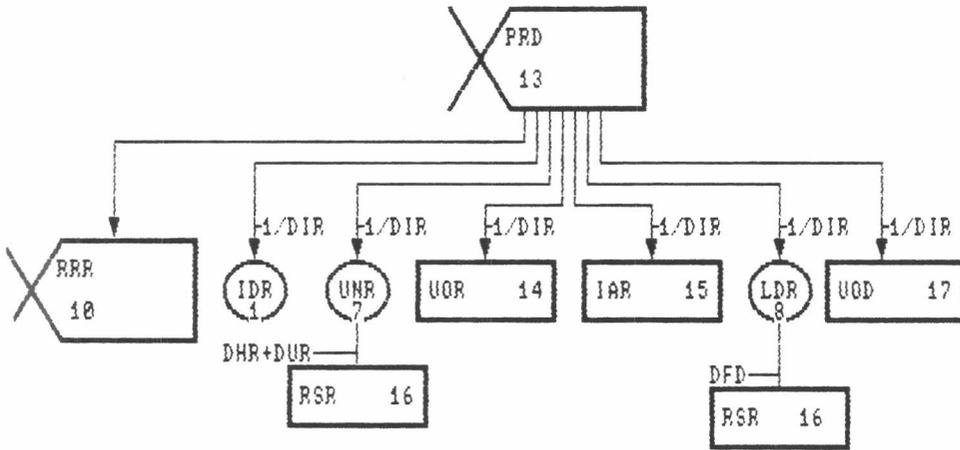
10	10	IIF(COT<10,RRI,RRI*1.2)
11	6	IIF(V(6)<V(5),1,0)
11	5	IIF(V(6)>=V(5),1,0)
13	18	1/DFD
14	10	1
14	1	1/DIR
14	7	1/DIR
14	15	-1/DIR
14	16	-1/DIR
14	8	-1/DIR
14	9	1/DIR

-Niveles

X--	Y--	Coeficiente-----
15	11	-1
15	13	1
16	10	1
16	11	-1
17	10	(1/DRR)
17	17	-(1/DRR)
18	13	-1
18	14	1



Elementos de Modelo Estructurado de las Funciones de Decision



## Observaciones al Método de Forrester

.-Se logro un diagrama que es mas comprensible que el diagrama original de Forrester , en donde las estructuras y movimientos físicos dentro de la empresa se reflejan mas claramente. Las características del calculo de las tasas son representadas en otro diagrama . A diferencia de Forrester , se elaboró un diagrama para representar en forma mas explícita el desarrollo de las tasas .

.-Los diagramas desarrollados aumentan la visualización de la interacción de sus componentes . En la dinámica industrial se representan por componente . Por ejemplo para una empresa se diagramará : el sector personal , el sector producción , el sector de inventario , el sector de ventas . La interacción entre ellos se ve separadamente .

.-Los diagramas son estructurados de una forma tal que a través de una simple lectura secuencial de los mismos se puede obtener la información necesaria para evaluar la evaluación temporal del modelo. Sin que ello requiera un conocimiento de ecuaciones de diferencia , lo cual también constituye , un diferencia significativa con el

esquema de Forrester para el cual se requiere que el modelador escriba las ecuaciones del modelo.

.-La forma de cálculo de las tasas es descripta en el diagrama estructurado de las tasas . Para calcular una tasa se necesita saber cuales son los elementos componentes y su interacción . Toda esta información aparece detallada en el diagrama estructurado de las tasas . Sin embargo , en el diagrama de Forrester solo se obtiene los datos componentes .

.-En los nuevos diagramas se ven bien separadas las redes componentes del sistema . En el diagrama de dinámica industrial de Forrester la existencia de las redes se escondían entre las distintas divisiones del diagrama.

.-El software permite que se trabaje con constantes definidas . En el modelo interesa cambiar el valor de las constantes. Por eso , las constantes son definidas en una base de datos . Esto último permite que se pueda cambiar su valor . Lo importante es que se puede cambiar su valor sin demasiado esfuerzo .

.-El software permite definir las tasas exógenas como funciones externas del sistema . Las tasas exógenas pueden ser programadas como funciones que devuelven el valor deseado.

.-Se encontró que se puede ingresar la mecánica de un modelo a través de una planilla de cálculo , lo cual tiene innumerables ventajas , dada la gran difusión de estas últimas .

.-La entrada de datos al algoritmo es una matriz y un vector . Esto se diferencia con los otros sistemas de resolución . En otros sistemas de resolución es necesario introducir un código o pseudocódigo . En cambio , en este algoritmo con solo codificar los datos se obtiene la evaluación requerida .

.-Las demoras son de fácil resolución , por ser tratadas como una características de las tasas . Una demora de grado 3 tratada por Forrester , era visto como un conjunto de 3 niveles con 3 flujos asociados . Por eso al tratar la demora como una característica del flujo , a los modelos se ven simplificados al reducir la cantidad de niveles y tasas .

.-El algoritmo permite visualizar , para cada iteración , el estado de los niveles y los flujos de entrada y salida .

## VI- MODELO APLICADO A UN ALMACENAMIENTO DE CEREAL

### 1.-Objetivo

Las empresas de acopio de cereal deben resolver el almacenamiento , acondicionamiento , transporte y comercialización del cereal con el menor costo posible . El cereal llega al acopio en pocos días . La cantidad de cereal que llega es varias veces superior a la capacidad de almacenamiento y transporte del acopio.

Los sectores del acopio que influyen en los resultados a obtener son los que están encargados del almacenamiento y distribución del cereal , del uso de la capacidad de transporte y los encargados de pedir contratos de entrega a puerto ( destino final de toda la cosecha ) . Probaremos , en el modelo , distintas políticas de distribución , almacenamiento y transporte para mejorar el costo total de la operación . Las políticas serán variaciones de las políticas actuales . Probaremos que , con distintas políticas pero con las mismas capacidades , podemos mejorar la distribución de las existencias . Estudiaremos que factores actuales son fundamentales para obtener el resultado deseado .

La meta principal es minimizar los costos de almacenamiento y comercialización , a partir de maximizar el flujo de cereal a puerto .

## 2.-Estudio de la Empresa

### .-Contexto del Modelo

La zona que se extiende alrededor de Rosario es una de las principales zonas agrícolas del país . Dicha zona comprende el Norte de Buenos Aires, Sur y Centro de Santa Fe y SudEste de Córdoba . Esta compuesta en su mayoría por tierras con grandes aptitudes agrícolas la cual es utilizada, en general, para la producción intensiva de cereales u oleaginosas . En esta zona predominan explotaciones pequeñas y medianas . Las grandes extensiones de tierra no son comunes por el proceso de subdivisión de la misma .

Las pequeñas explotaciones sirven de base para la acción cooperativa . Las cooperativas cumplen funciones de almacenamiento y comercialización del cereal de los asociados .

Una de las alternativas mas rentables, que tienen las explotaciones agrícolas de la zona, es sembrar soja ( con rindes de 25 quintales por hectárea, y un precio de 20 \$ por quintal, se tiene ingresos brutos de 500 \$ por hectárea ) . Esta oleaginosa se siembra entre octubre y enero y se cosecha entre abril y mayo .

La soja tiene gran cantidad de aplicaciones y derivados . El principal uso es el aceite de soja para exportación . Argentina es el tercer productor mundial de soja después de Estados Unidos y Brasil, y el principal exportador de aceite de soja .

Las aceiteras mas grandes del país ( Buyati, Vizentin, Indo, Santa Clara, Cargill, etc ) se encuentran en Rosario . Los puertos de Rosario y San Lorenzo constituyen la mayor puerta de salida de la producción agrícola . Las características anteriores hacen que toda la producción de soja, de la región circundante a Rosario, tenga a esta ciudad como destino final . En la Bolsa de Comercio de Rosario hay continuamente demanda de contratos de soja . Estos contratos son obligaciones de entrega y recepción del cereal . Las operatoria normal pueden ser tanto de venta inmediata, como a fijar ( modalidad en que la mercadería se entrega en el momento y el entregador se guarda la opción de fijar el precio mas adelante ) .

Todos los años, desde principios de Abril a fin de Mayo, todas las explotaciones agrícolas que hayan sembrado soja, comienzan a recolectarla . La recolección se debe hacer lo mas rápido posible . Pues debido a los cambios climáticos, los retrasos ocasionan pérdidas de producción . Por medidas tomadas por el INTA [MAR/93] se puede definir como pérdidas de cosecha entre el 6% y el 8%, de estos un 20 % se deben a pérdidas precosecha, o sea se cayeron de las plantas por efectos climáticos, del 80% restante el 71 % corresponde a pérdidas de cabezal , que se debe a la apertura de las vainas en el momento de la trilla. Por lo expuesto, se ve que un 76 % de las perdidas de cosecha se deben a la cantidad de veces a la que el cereal se vio afectado por las condiciones climáticas, de forma que al dilatarse la

cantidad de días necesarios para levantar la producción, aumentan las pérdidas de los lotes . Por lo anterior la producción se cosecha en la condición en que se encuentre .

Debido a la capacidad actual de trilla, en pocos días se debe almacenar un gran volumen de soja . Para almacenar la producción diaria se tienen distintas alternativas : planta de silos propia, silos transitorios, mandar directo a puerto y mandar a acopio .

Antes de poder mandar la soja al puerto, esta tiene que estar en condiciones cámara ( el cereal esta en condición cámara cuando su humedad no supera los 13,5\_, esta limpio de chamico, insectos vivos, granos dañados, etc ) . Sin embargo es factible trillarla y mandarla a una planta que tenga instalaciones para acondicionarla . La principal instalación para acondicionar cereal es una secadora ,la cual permite bajar los grados de humedad del mismo , consiguiendo entonces , tenerlo en condiciones .

Como se ha comentado anteriormente , se tiene cuatro destinos posibles para lo trillado :

- planta de silos propia
- silos transitorios propios
- destinado a puerto en tiempo de cosecha
- a acopio

Los destinos han sido ordenados en forma ascendente de acuerdo con los costos de comercialización respectivos . "Destinado a puerto en

tiempo de cosecha" tiene un costo mayor que "planta de silos propia" por ser los fletes a puerto más caros en tiempo de cosecha. Pero la capacidad de trillar es muchas veces superior a la capacidad de almacenamiento propio ( planta de silos propia y silos transitorios propios ), por lo que gran cantidad de quintales tienen que ser destinados a puerto o acopio . Para que el cereal pueda ir a puerto debe : estar en condiciones cámara y conseguirse el medio de transporte ( camión disponible ) que lo lleve .En la época en que se trilla la soja ,la capacidad de transporte se satura , debido a que todos los productores en los días de trilla requieren este servicio , y este es insuficiente. En esta situación , la única alternativa posible es mandar cereal a acopio , aceptando el mayor costo .

En este trabajo cuando nos referimos a destino puerto puede ser indistintamente tanto un puerto como una aceitera . Ya que las condiciones de las aceiteras tienden a igualarse con las de los puertos.

Todo el cereal cosechado tiene por destino final un puerto o una aceitera .Una vez pasado el tiempo de cosecha , el precio de flete a puerto disminuye y las condiciones de recepción en puerto mejoran. Por ello hay diferencia en precio entre guardarlo en silos propios o mandarlo a puerto en época de trilla.

.-El por que de una Solución Temporal

Esquemáticamente el problema a resolver es : minimizar las pérdidas de producción y minimizar los costos de comercialización . El objetivo debe ser alcanzado con la menor inversión de capital ( en capacidad de elevación, almacenamiento, acondicionamiento, transporte ) . Con los métodos tradicionales podemos obtener cuanto debemos invertir de capital, en cada capacidad, para optimizar los resultados . Sin embargo los métodos tradicionales no pueden estimar la eficiencia de las distintas políticas de uso ;por ejemplo : usar la planta de acondicionamiento como reserva entre la producción y los envíos al puerto, hacer un uso mas dinámico de los silos transitorios o adecuar el ritmo de la trilla de acuerdo a la capacidad de elevación y acondicionamiento, etc .

Se debe tener en cuenta que el cereal trillado no tiene una condición uniforme . Por su humedad se puede separar en dos clases : cereal en condición cámara ( cereal cuya humedad no supera los 13,5\_, esta limpio de chamico, insectos vivos, granos dañados, etc ) y cereal húmedo o que no está en condiciones ( se supone que principalmente no tiene condiciones de humedad ) . La forma y costo de comercialización y almacenamiento cambia radicalmente de un tipo al otro . El grado de humedad es realmente importante . El costo de secada de cereal con 17 grados de humedad es 0.55 \$ por quintal .

Si el precio esperado en la cosecha de soja es de 20 \$ por quintal , el costo de secada agrega un costo de 2,75 % sobre el ingreso bruto . También las posibilidades de almacenamiento y flete son completamente distintas, es habitual que en los puertos no se reciba cereal fuera de condiciones, pues este solo se puede almacenar en silos que estén provistos de adecuados sistemas de aireación .

La composición de la producción en estas dos clases de cereal depende de varios factores . El mas importante es el régimen de lluvia para los meses Abril-Junio . Sin embargo los vientos, las temperaturas, la nubosidad, el estado de las malezas, las fechas de siembra, el ataque de plagas, son efectos secundarios pero no despreciables a la hora de definir las posibilidades de trilla de un lote . Por ello hay gran rango de variabilidad de los días de cosecha y la humedad de lo trillado . A pesar de que mientras mas días pasen se pierde mayor producción , algunas veces es conveniente parar la trilla ; como por ejemplo : cuando la humedad excesiva del cereal hace que las pérdidas de cabezal aumenten , cuando las condiciones de humedad hacen imposible el tránsito de las máquinas sobre los lotes , cuando por condiciones de precio se espera un equipo especial de trilla , etc.

En función de estos argumentos se debe tener en cuenta la variable tiempo y su aporte en la política de distribución y estructura de recolección y almacenamiento .

## .-Análisis de Costos

El costo que se genera por la distribución y almacenamiento del cereal es de dos tipos :

1-Costo de Comercialización : es el precio que cobran terceros por los servicios de transporte, acondicionamiento y venta del cereal .

2-Costo de Silos :es el costo semifijo que se tiene por el acondicionamiento de cereal en la planta propia.

Explicados mas detalladamente :

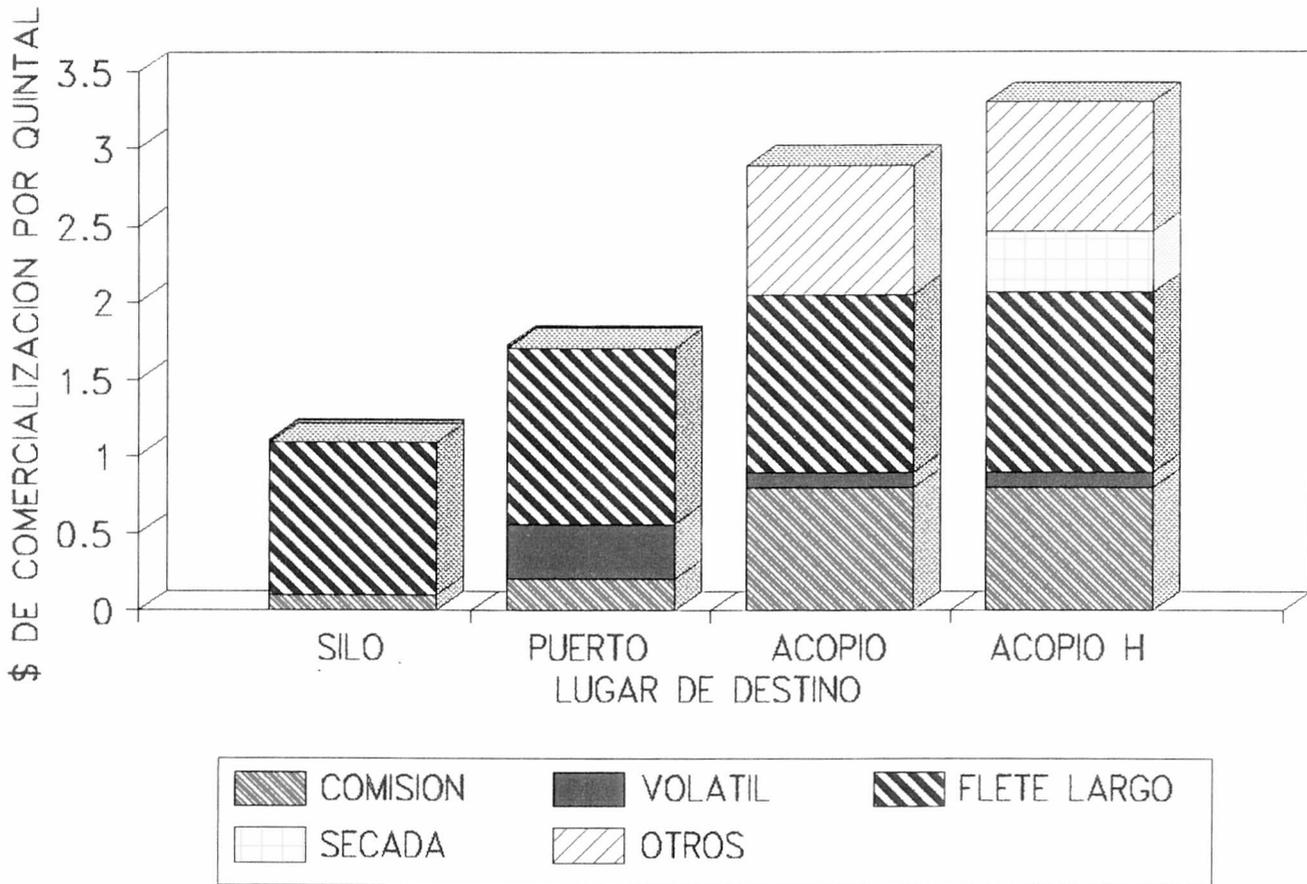
1-El costo comercialización es la cantidad de dinero que va a ser descontada del precio de venta . Estos descuentos dependen de la condición que se consiga en cada lugar donde se deja la producción almacenada . Como se describió anteriormente , existen cuatro posibles lugares : silos, silos transitorios, puerto y acopio .

Tabla de Costos de Comercialización en \$ por Quintal según el destino:

COSTO DE	SILO-- PUERTO ACOPIO ACOPIO			
				HÚMEDO
COMISIÓN	.10	.20	.80	.80
VOLÁTIL		.36	.10	.10
PARITARIAS			.35	.35
FLETE CORTO			.50	.50
SECADO				.40
FLETE LARGO	1.02	1.17	1.17	1.17
TOTAL COSTO \$ POR QUINTAL	1.12	1.73	2.92	3.32

# COSTOS

## \$ DE COMERCIALIZACION POR QUINTAL



Las condiciones de la tabla anterior han sido extraídas de la siguiente manera : para SILO , de los costos de comercialización de la Campaña de Soja de 1994 de la cooperativa Santa Rosa ; para PUERTO , del promedio de condiciones dadas por las firmas Roagro S.A. , Aceitera General Deheza y Cargill para la Campaña de Soja de 1994 ; para ACOPIO y ACOPIOH , del promedio de condiciones dadas por los acopios Pesichini S.R.L. , Martín Arrondo S.R.L. , Agroital S.A. , Campo Lindo S.R.L y El Trigal S.A. para la Campaña de Soja de 1994 .

La condición de ACOPIO HÚMEDO es , cuando el acopio recibe el cereal fuera de condición , y cobra en consecuencia un servicio de secada , que en promedio es de 0.40 \$ por quintal .

La condición SILO es cuando se almacena tanto en silos propios como en silos transitorios propios.

Los destinos silo y silo transitorio tienen las mismas condiciones de comercialización, lo cual significa que se debe pagar una comisión mínima a un corredor , que es el intermediario entre el exportador y las cooperativas agrarias , y además el flete del camión al puerto .

Esto se ve reflejado en el cuadro de "Costos de Comercialización en \$ por Quintal según el Destino" . En el cuadro la primera columna "SILO" representa esta situación, que a un precio esperado de 20\$, con una comisión del 0.5% y un costo de flete a puerto de 1.02\$, se tiene un costo total de 1.12\$ por quintal .

Si el destino es el puerto debemos pagar una comisión y un flete más caro , ya que estos quintales son trasladados en época de cosecha , cuando los servicios de transporte son muy demandados, y en consecuencia aumentan el precio . Como se ve en el cuadro, en la columna "PUERTO" el costo total por quintal es de 1.73 \$ .

Por último , si se manda a acopio , los costos son completamente distintos : primero , la comisión asciende al 4 % y se cobra un rebaja llamada volátil del 0.5 % , segundo , por quintal descargado debemos pagar 0.35 \$ de paritarias y tercero ,el flete corto a la planta del acopio del 0.50 \$ . Además si el cereal que se manda fuera húmedo , se debe hacer frente al costo de la secada del mismo , que asciende a 0.40 \$ por quintal . Por lo que el costo como se ve en las columnas "ACOPIO" y "ACOPIOH" es de 2.92 \$ y 3.32 \$ respectivamente.

Otro dato a considerar es que existe un sistema de cupos en el puerto , por lo cual hay ocasiones en las que necesariamente se debe pasar por un acopiador intermediario.

2-El costo de silos está conformado por lo que cuesta mantener los almacenamientos y realizar la operatoria de almacenar y acondicionar el cereal . Debemos adicionar el costo de amortización de las instalaciones, silos, silos transitorios y chimangos .

También debemos tener en cuenta el costo del capital invertido tanto en la operatoria antes mencionada como el del capital invertido en instalaciones, para compararlo con un retorno adecuado de los activos . Los costos antes mencionados se pueden dividir en Costos Fijos, Costos Variables y Costo de Oportunidad .

Los Costos Fijos son los independientes de la cantidad de quintales que manejamos, como por ejemplo : la electricidad, mano de obra y reparaciones .

Los Costos Variables son aquellos asociados a la capacidad de quintales que se poseen , entre ellos están el gasoil, el alquiler del silo, las amortizaciones de los silos transitorios y de los chimango .

El Costo de Oportunidad es un interés fijo sobre el capital invertido .

Los Costos Fijos están compuestos por :

Mano de Obra : basándose en el salario mínimo con sus cargas sociales de un silero encargado ,se estimo en 6.000 \$ . Teniendo en

cuenta que la planta se llena y se vacía dos veces en el año, para el trigo y la soja , la mitad del costo corresponde a la soja .

Electricidad : se estima en 8.000 \$ .

Reparaciones : Para mantener la planta en funcionamiento teniendo en cuenta las reparaciones de los motores eléctricos de las norias , de los ventiladores , de las ollas de descarga, se calcula 6.000 \$ por campaña.

Los Costos Variables están compuestos por gastos que están a relacionados a los quintales procesados , a saber :

Gasoil : este gasto es directamente proporcional a la cantidad de quintales secados ; se calcula que la secadora consume un litro de gasoil por quintal . El precio del gasoil industrial es de 0.17 \$ . El gasoil industrial es gasoil diesel rebajado con parafina , por eso su precio es sensiblemente menor.

#### Costos de los Silos y Silos Transitorios

##### Fijos

Electricidad	8,000.00
Mano de Obra	6,000.00
Reparaciones	6,000.00

##### Variables

(en \$ por Quintales de Capacidad o Uso )

Gasoil	0.17	Quintales Húmedos secados
Alquiler Silo	0.88	Quintales de Capacidad de Silo
Amortización Silo Tran	0.29	Quintales de Capacidad de Silo
Amortización Chimango	0.32	Quintales de Capacidad Diaria

##### Costo de Oportunidad

Costo de Silo Transitorio	2.00	Quintales de Capacidad de Silo
Costo de Chimango	2.22	Quintales de Capacidad Diaria
Interés del Capital Invertido	0.10 %	de Interés de lo invertido

Alquiler Silo : El precio standard del alquiler de una planta de silos con capacidad de 12.000 quintales , con secadora e instalaciones secundarias, es de 800 quintales de soja anuales. Si estimamos en 20 \$ el quintal de soja , el alquiler es de 16.000 \$ . Teniendo en cuenta que se utiliza dos veces en el año y que tiene 12000 qq de capacidad se toma como precio de alquiler de silo 0.88 \$ por quintal .

Amortización del Silo Transitorio : a diferencia de la planta de silo, los silos transitorios son propios, por lo que debemos contar con la amortización de estos, que se calcula como un % sobre el capital invertido, para ello se debe estimar el costo de almacenaje de un quintal en un silo transitorio que se calcula en 2.00 \$ .

Amortización del Chimango : es propio , se calcula su amortización en 2.22 \$ por quintal de capacidad de chimango.

Costo de Oportunidad : se calcula este costo como un % sobre los costos fijos , costos variables , y el capital invertido en silos transitorios y en capacidad de chimangos . El principio de este costo es considerar que el dinero usado en toda la operación podría dar una rentabilidad si se lo invierte en otro lugar (por ej. un plazo fijo ).

Como un ejemplo de todos los costos mencionados calculamos el costo de la realidad (I) ( campaña 94 ) y se la compara con algunas distribuciones de cereal ( casos extremos ) :

II- Todo a Acopio , no se usa silo ni se envía a puerto y se manda todo a acopio ( Esta es la opción más cara ).

III- Teniendo una planta de silos , se puede mandar todo lo que no entre en esta al puerto , suponiendo que no hay limitaciones en el transporte ni en la recepción del puerto .

IV- Sin tener una planta de silo , se puede mandar todo a puerto , en caso ideal .

Las opciones III y IV son ilustrativas pero nunca podrían darse en la realidad.

Tabla de Costos Totales para las distintas opciones

I-Realidad

Costo Comercialización	Quintales	\$/QQ	\$ Totales
Silos	16,500	1.12	18,480
Puerto	15,800	1.73	27,334
Acopio	10,700	2.92	31,244
Acopio Húmedo	1,400	3.32	4,648
Costo Planta			
Costo Fijos			
Electricidad			8,000
Mano de Obra			6,000
Reparaciones			6,000
Costos Variables			
Gasoil	28,822	0.17	4,842
Alquiler Silo	12,000	0.88	10,560
Amort Silo Transitorio	6,200	0.29	1,771
Amortización Chimango	1,800	0.32	571
Costo de Oportunidad	54,145	0.10	5,414
Total Costos			124,865

II-Todo a Acopio

Acopio	14,200	2.92	41,464
Acopio Húmedo	30,200	3.32	100,264
Total Costo			141,728

III-Planta de silos propia y puerto

Costo Comercialización			
Silos	18,200	1.12	20,384
Puerto	26,200	1.73	45,326
Costo Planta			
Costo Fijos			
Electricidad			8,000
Mano de Obra			6,000
Reparaciones			6,000
Costos Variables			
Gasoil	30,200	0.17	5,074
Alquiler Silo	12,000	0.88	10,560
Amort Silo Transitorio	6,200	0.29	1,771
Amortización Chimango	1,800	0.32	571
Costo de Oportunidad	54,376	0.10	5,438
Total Costos			109,124

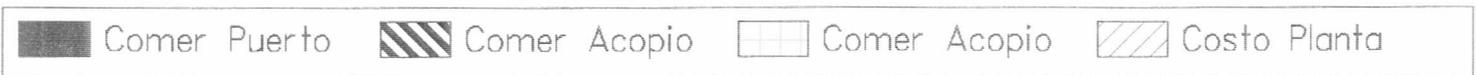
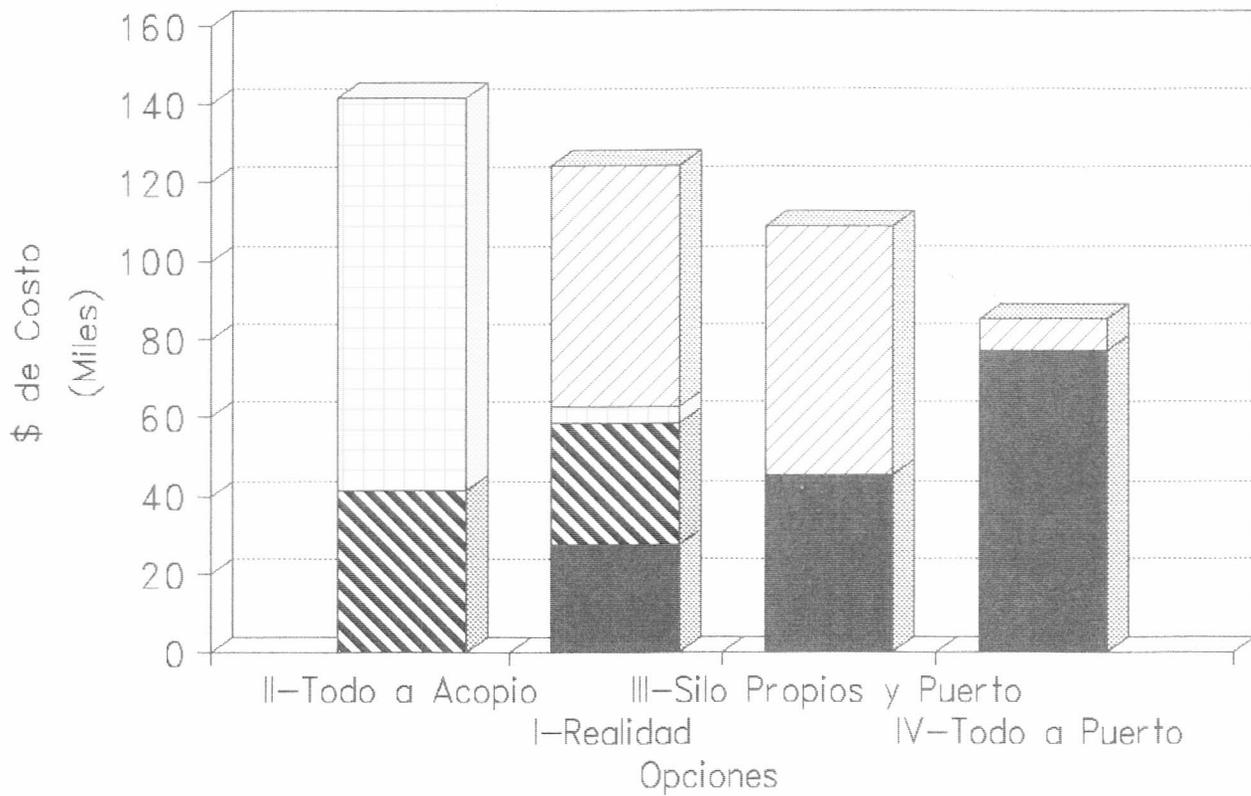
IV-Todo a puerto

Costo Comercialización			
Puerto	44,400	1.73	76,812
Costo Planta			
Costos Variables			
Gasoil	30,200	0.17	5,074
Alquiler Silo	3,000	0.88	2,640
Amor Silo Transitorio	0	0.29	0
Amortización Chimango	0	0.32	0
Costo de Oportunidad	7,714	0.10	771
Total Costos			85,297

Resumen de la Alternativas ordenadas según costo total

	II	I	III	IV
Puerto		27,334	45,326	76,812
Acopio	41,464	31,244		
Acopio Húmedo	100,264	4,648		
Planta		61,639	63,798	8,485
Total	141,728	124,865	109,124	85,297

# Costo de distintas Opciones



Analizando los resultados , se ve que se pueden realizar ahorros del orden de los \$ 15.000, considerando dicho ahorro como la diferencia entre el costo real y el costo III suponiendo condiciones ideales .

### .-Descripción de los Destinos

Planta de Silos Propia : es una instalación de silos que tiene medios de elevación propios, silos con capacidad de almacenamiento de fácil llenado y vaciado. Además , por lo general tiene una secadora, ( sirve para secar el cereal ) , lo que permite recibir el cereal húmedo como el seco, secar el primero y cargar todo a un destino .

Entonces esquemáticamente una planta de silos es por lo general la unión de una capacidad de silos, una capacidad de elevación y una capacidad de acondicionamiento .

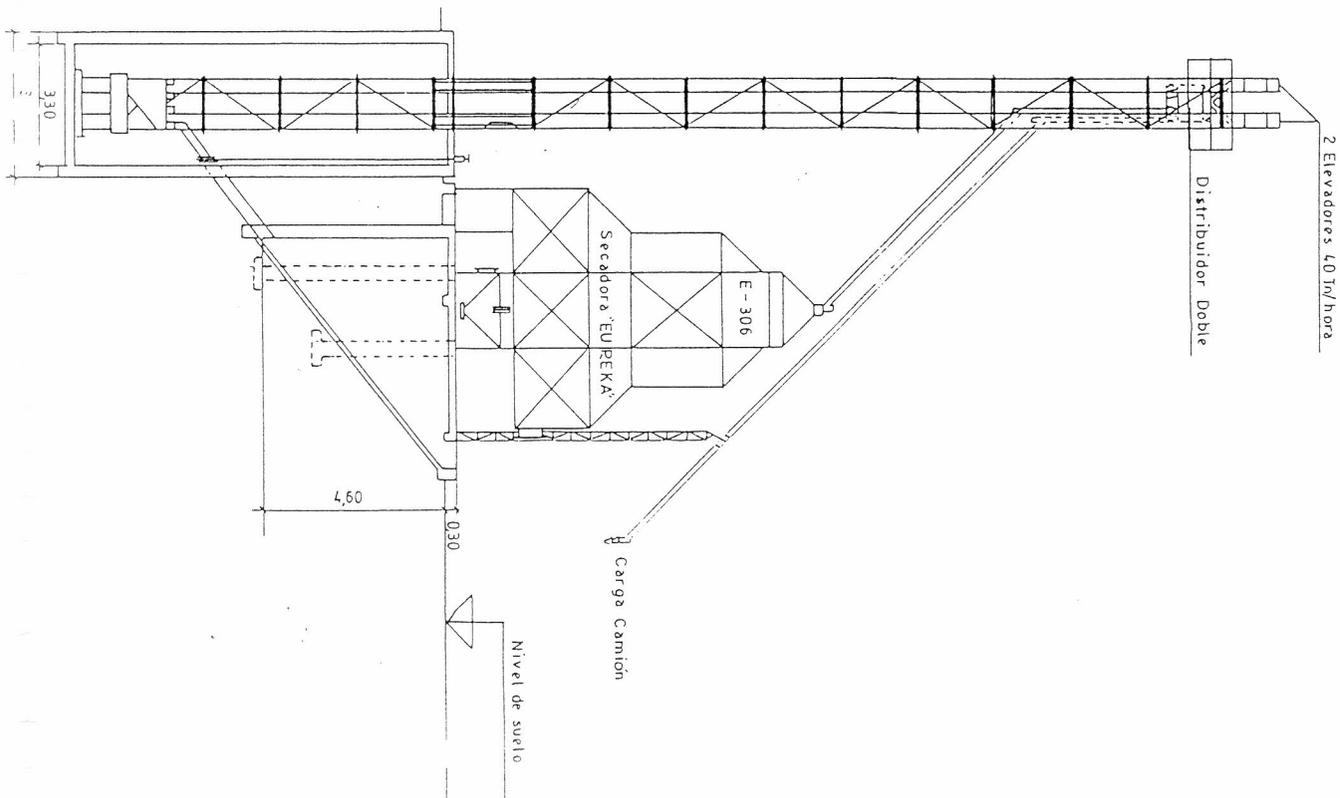
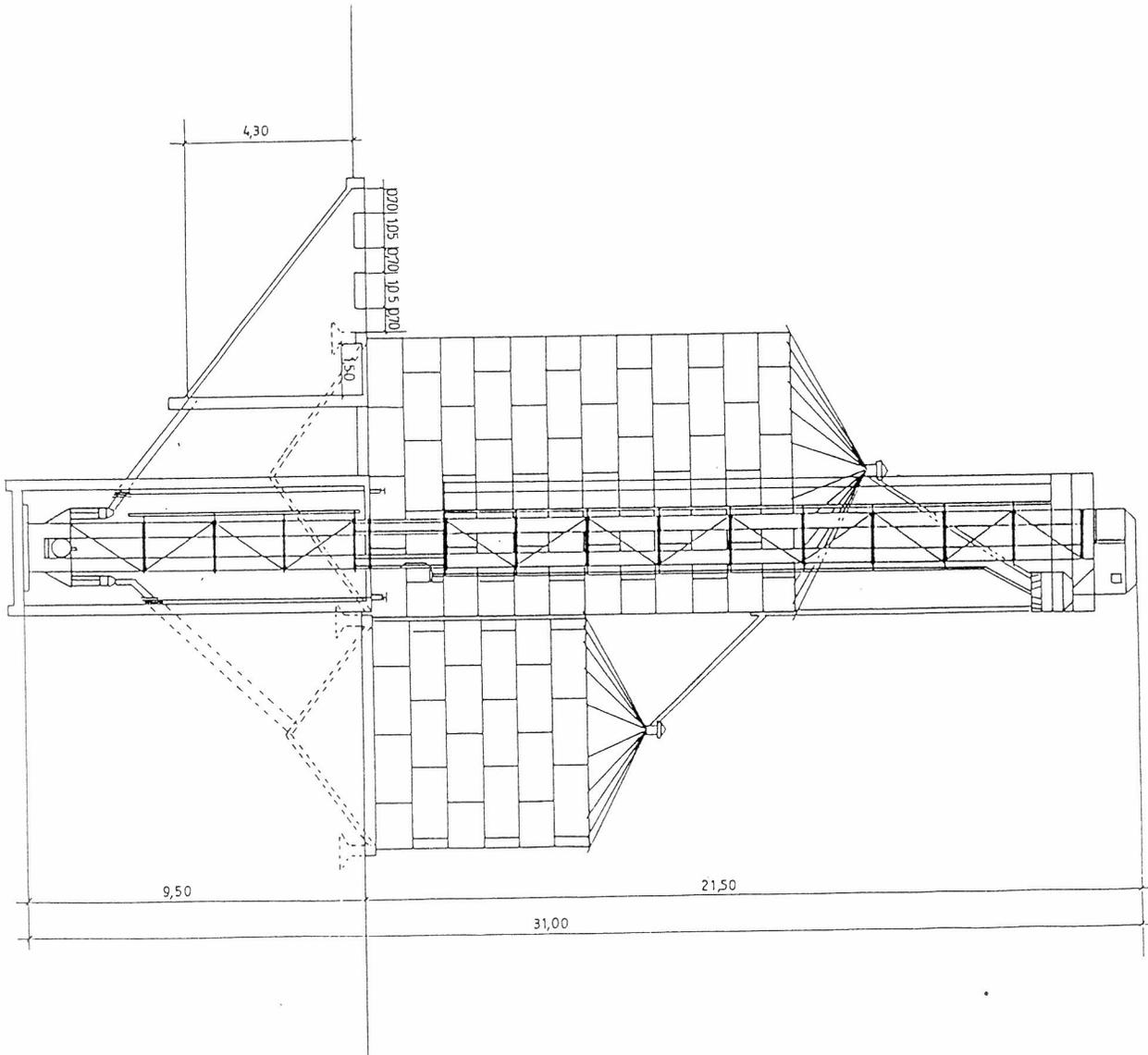
La capacidad de silos es la máxima cantidad de quintales que puede contener una planta en un momento determinado , existiendo una capacidad que se asigna a los quintales que están secos y una capacidad a los quintales que están húmedos.

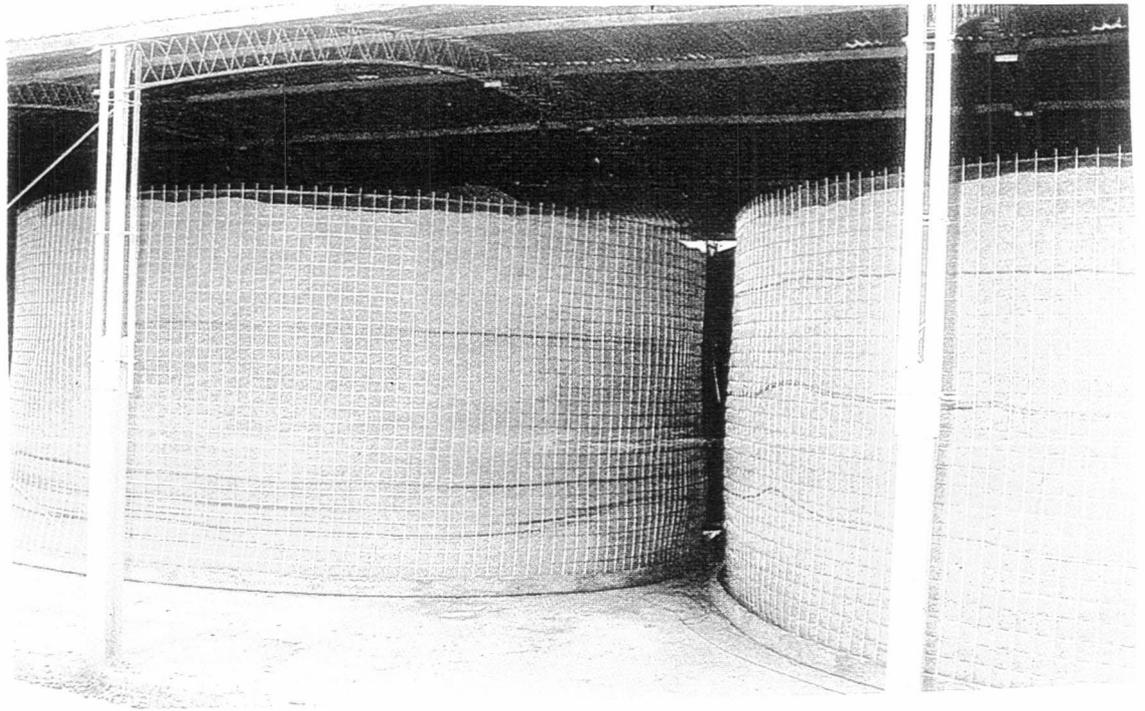
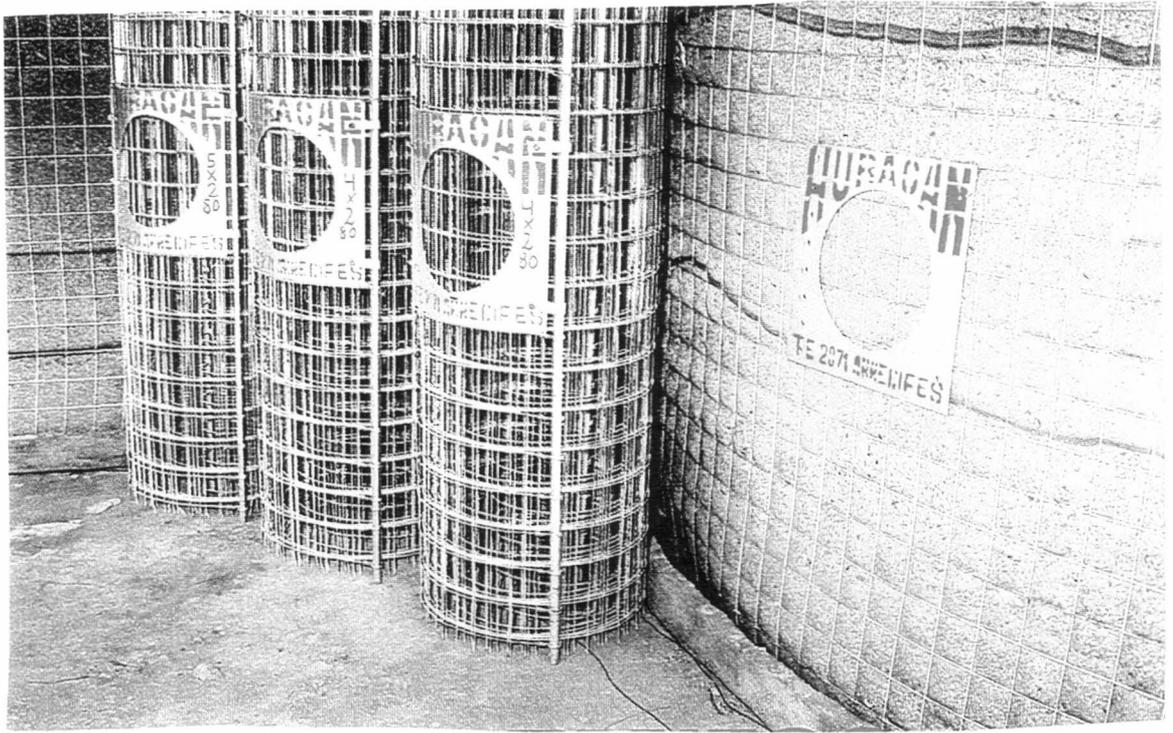
La capacidad de elevación es la cantidad de quintales que pueden elevar las norias diariamente , pasar un quintal por la secadora consume dos quintales de capacidad de elevación ( Ver Dibujo ) .

La capacidad de la secadora es la cantidad de quintales que pueden pasar por ella diariamente. La secadora es un sistema de conductos por el cual pasa el cereal a una velocidad regulable. Dichos conductos son calentados por medio de mecheros que funcionan a gasoil y se calcula que se consume un litro de este combustible por quintal secado. Esta cantidad depende de la humedad inicial y de la humedad final a la que se quiere llegar al cereal. Se estima que si la humedad de la soja es

de 22° , se pueden pasar 25 toneladas diarias , y si es de 15° se pueden pasar entre 30 a 40 quintales por hora, trabajando 10 horas diarias.

Silos Transitorios : son silos auxiliares sin medios de elevación , para llenarlos se usan elevadores transportables , llamados chimangos . Los silos transitorios son instalaciones provisorias , que no cuentan con sistemas de aireación , por lo que no se puede almacenar el cereal húmedo . Los silos transitorios , al necesitar un chimango se vuelven imprácticos para su llenado y vaciado . Las ventajas de estos , es que son económicos y fáciles de armar . Los quintales que quedan almacenados en la planta de silos y en silos transitorios , al terminar la trilla , serán transportados posteriormente a su destino final que es el puerto .





Puerto : a medida que progresa la trilla , se puede cargar en camiones y mandar a puerto el cereal recolectado . Para mandar a puerto se debe tener el cereal en condiciones , un camión que lo transporte y el contrato de entrega en puerto . El cereal puede provenir del lote que se esta trillando o de la planta de silo .

Para transportar se tiene camiones de terceros en exclusividad y camiones de terceros contratados .

Los camiones de terceros en exclusividad son camiones que durante la trilla , solo trabajan para la cooperativa , con la condición que la cooperativa les de carga el resto del año . Los camiones de terceros en exclusividad solo se obtienen cuando se tiene capacidad de almacenamiento.

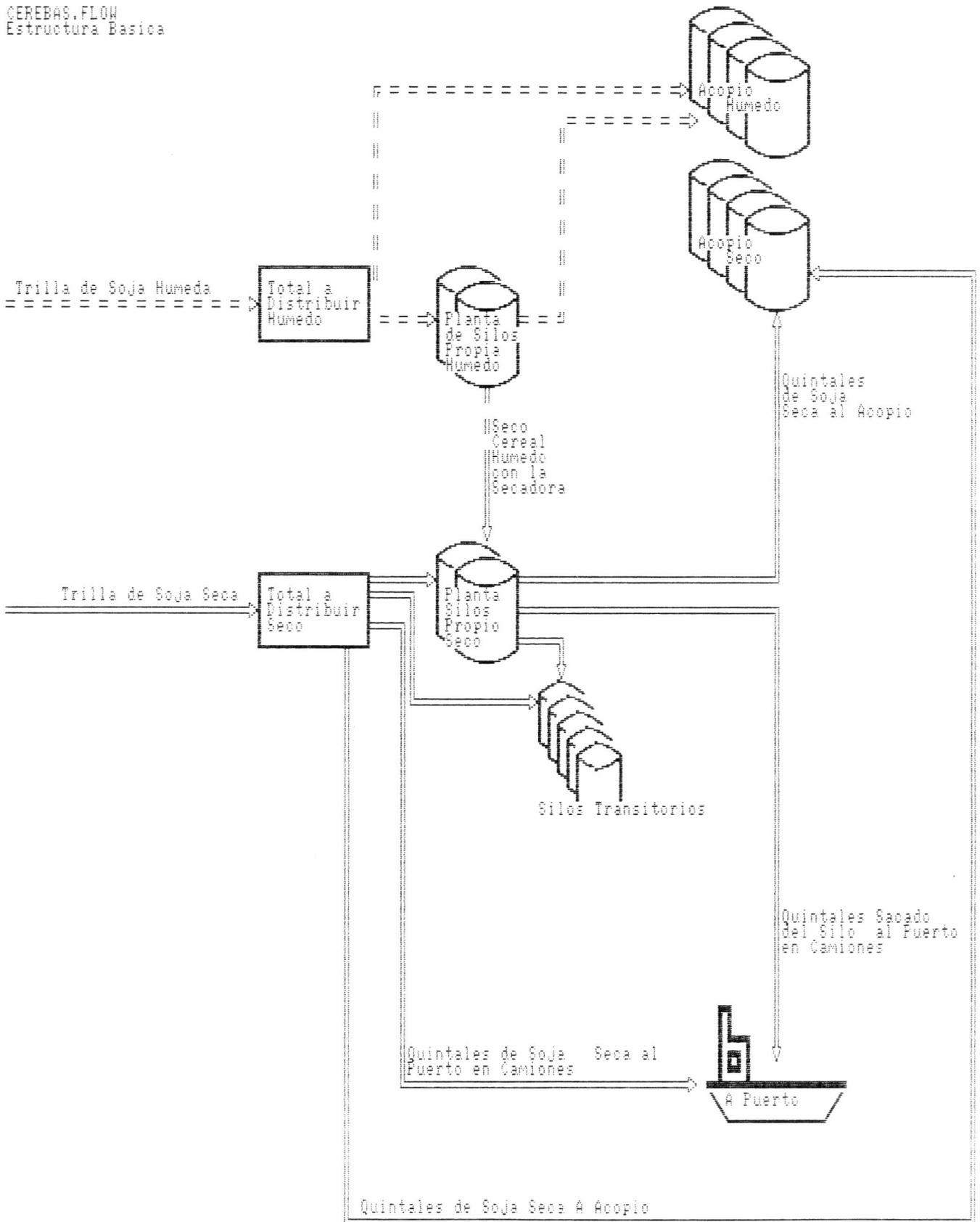
Los camiones de terceros contratados son camiones que trabajan para mas de una persona en la trilla , estos camiones brindan fletes de acuerdo al nivel de actividad diaria de trilla , a mayor actividad de trilla menos posibilidades de conseguir uno de estos camiones.

El otro problema que se debe prever con respecto a los camiones es que si bien un día es mas que suficiente para ir y volver a Rosario, la demora en hacer un viaje esta en relación al trafico de ese momento en el puerto, dándose el caso de alargarse la cantidad de días en que tarda el camión en volver.

El otro factor a tener en cuenta cuando se manda a puerto, es la disponibilidad de contratos que habilitan la descarga ; para eso debemos negociar los contratos de antemano .

Acopio : es cuando se envía la producción a los acopios cercanos . En ese caso el acopio recibe cualquier tipo de mercadería ( seca o húmeda ) y en cualquier momento . La desventaja de esta operatoria son los costos, ya que por esos servicios el acopio cobra un 10 % mas que las anteriores alternativas, lo que hace que esta posibilidad sea la mas flexible pero la mas cara .

Chimango : El chimango es un elemento de elevación transportable, sirviendo para la elevación del cereal donde se encuentre.



## Datos

Los datos de la cooperativa, para la campaña de soja 1994 , fueron recolectados y resumidos en la siguiente tabla llamada "Tabla Realidad Campaña de Soja " .

Se consideró el ingreso diario de soja seca ( columna SECO ) y soja húmeda ( columna HÚMEDA ) . La cantidad de quintales acumulados por destinos se resumieron en las columnas de SILO para la planta de silo, S.TRANSI para los silos transitorios, PUERTO para el puerto, ACOPIO para al acopio .

### REALIDAD

DÍAS	SECA	HÚMEDA	SILO	S.TRANSI	PUERTO	ACOPIO
0	240	1504	0	0	0	0
1	0	267	1743	0	0	0
2	96	1153	1697	0	313	0
3	0	469	1546	0	1714	0
4	0	0	1428	0	2300	0
5	300	2083	1428	0	2300	0
6	759	1365	3812	0	2300	0
7	1769	145	5489	0	2300	447
8	1157	138	5472	0	3139	1538
9	1448	1042	5661	0	3715	2068
10	2474	279	6676	0	5191	2068

11		2292		0		8053		815		5191		2629
12		174		0		9972		882		5191		2935
13		0		0		8476		882		5733		4062
14		0		0		6261		882		6860		5150
15		0		1579		4977		882		7150		6144
16		1185		552		6009		882		7697		6144
17		79		1454		7612		882		7697		627
22		0		0		9145		882		7697		6278
23		0		0		8529		882		8313		6278
27		0		0		8529		882		8313		6278
28		0		0		8529		882		8313		6278
29		0		453		7547		1864		8313		6278
30		0		1558		7499		1864		8814		6278
31		0		3081		9057		1864		8814		6278
32		0		1941		12138		1864		8814		6278
33		0		2228		13267		1864		8814		7090
34		0		1427		13518		1864		9847		8035
35		0		680		11561		3754		10118		9257
36		0		1399		10331		3754		10732		10553
37		0		1714		10257		3754		11624		11135
38		0		0		8627		4486		14236		11135
39		0		522		8579		4486		14236		11182
40		0		0		9006		4486		14236		11277

41		0		0		8694		4486		14549		11277
42		0		0		8694		4486		14549		11277
43		0		0		8694		4486		14549		11277
44		0		0		8070		4486		15173		11277
45		0		0		7768		4486		15173		11580
46		0		0		7216		4486		15173		12131
47		0		0		7216		4486		15173		12131
48		0		0		7216		4486		15173		12131
49		0		0		7216		4486		15173		12131
50		0		445		7216		4486		15173		12131
51		0		0		7045		4486		15789		12131
52		0		0		7045		4486		15789		12131
53		0		0		7045		4486		15789		12131
54		0		0		7045		4486		15789		12131
55		0		731		7045		4486		15789		12131
56		0		581		7776		4486		15789		12131
57		0		0		8357		4486		15789		12131
58		655		1064		8357		4486		15789		12131
59		377		376		8978		5584		15789		12131
60		0		0		9616		5699		15789		12131
61		0		0		9563		5699		15789		12184
62		0		0		9563		5699		15789		12184
63		0		0		9563		5699		15789		12184

71		0		0		9563		5699		15789		12184
72		0		0		9563		5699		15789		12184
73		826		0		9563		5699		15789		12184
74		465		0		10065		6022		15789		12184

Costo Total : 124.865 \$

Como se puede ver los resultados definitivos fueron :

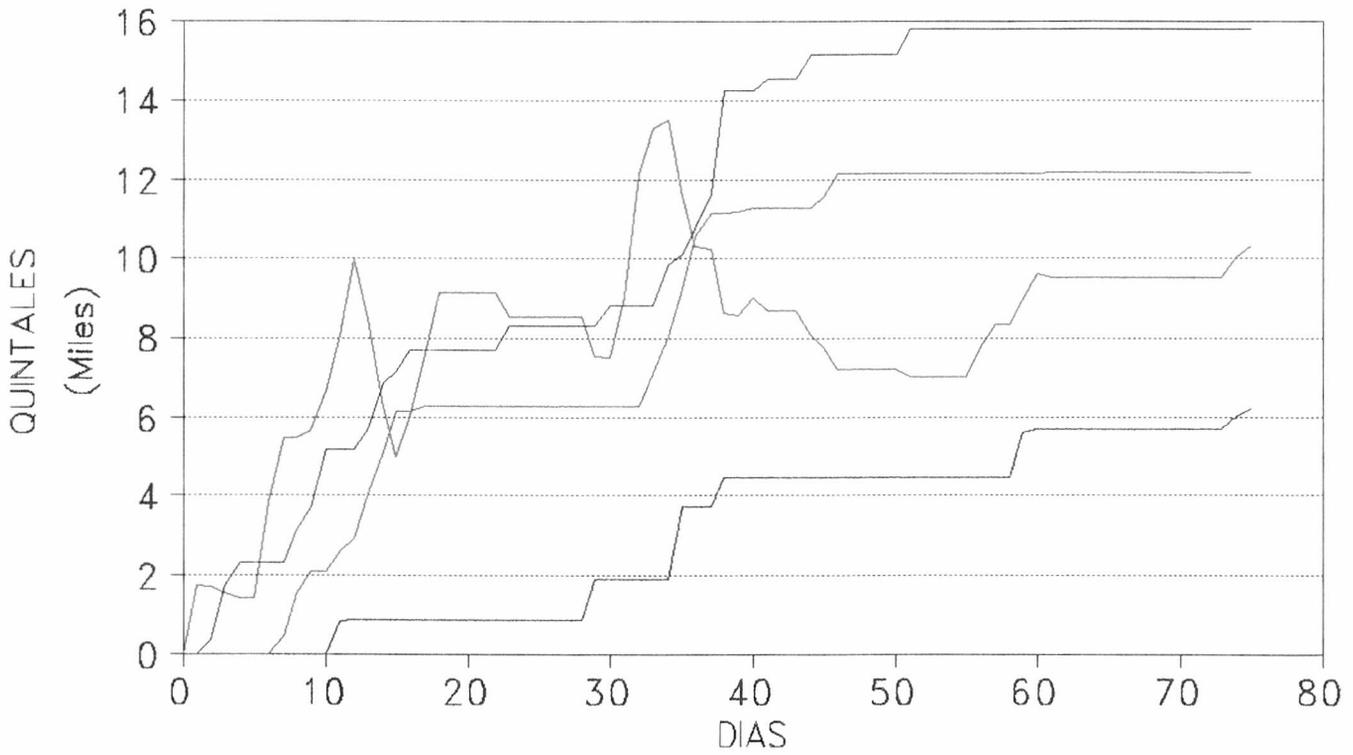
SILOS PROPIOS 16087 QQ

PUERTO 15789 QQ

ACOPIO 12184 QQ

# Realidad

Costo Total 124.865 \$



— SILO      — SILO TRANSITOR      — PUERTO      — ACOPIO

De datos reales se pueden extraer la cantidad y calidad de lo trillado a diario. Los datos son utilizados como entrada al modelo a desarrollar .

La lista se forma de (DÍA,TRSECA , TRHUMEDA ) , que representan :

DÍA:Cantidad de días que pasaron desde el comienzo de la trilla.

TRSECA : Cantidad de quintales secos trillados por día .

TRHUMEDA : Cantidad de quintales húmedos trillados por día . Como ejemplo vemos los 3 primeros días de la trilla :

(DÍA,TRSECA ,TRHUMEDA)
( 0 , 240, 1504 )
( 1 , 0, 267 )
( 2 , 96, 1153 )

El día 0 se trillaron 240 quintales secos y 1504 húmedos ; el día 1 se trillaron 0 quintales secos y 267 húmedos ; el día 2 se trillaron 96 quintales secos y 1153 húmedos .

La trilla termina el día 75 ( la trilla duró en este caso 76 días).

De las condiciones estudiadas se obtuvieron los siguiente datos :

Capacidad Máxima de la Planta de Silos : 12000 QQ

Capacidad de la Planta asignadas para Cereal Seco : 7000 QQ

Capacidad de la Planta asignadas para Cereal Húmedo:5000 QQ

Capacidad Máxima de los Silos Transitorios : 6200 QQ

Capacidad de Elevación Diaria : 10000 QQ

Capacidad de Chimango Diaria : 1800 QQ

Capacidad de la Secadora de la Planta : 2700 QQ

Total a Trillar : 44525 QQ

Capacidad Máxima de Trilla Diaria : 3000 QQ

Tiempo de Demora Mínimo de Transporte a Puerto : 1 Día

Tiempo de Demora Máximo de Transporte a Puerto : 3 Días

Cantidad de Camiones Exclusivos : 2

Cantidad de Máxima de Camiones Contratados Obtenidos : 5

Quintales que Transporta un Camión : 300 QQ

## Observaciones

-Para la realización del modelo se generaron estudios , en los que se cuantificaron datos y se establecieron relaciones . Estos datos no estaban disponibles y se obtuvieron para que el trabajo de tesis tuviera visos de realidad .

-Cuando se estudia la distribución de los ingresos de la trilla real se ve lo errático de la recolección . Vemos que en 16 días se recolecta el 67 % de la producción , en otros 15 días el 33 % restante y en los 44 días faltantes no se recolecta nada . En esos 16 días que se recolecta el 67 % de la producción , el promedio diario es de 1870 quintales diarios ; este promedio es un 300 % superior al promedio global de 600 quintales diarios . Distribuciones parecidas se verificaron en campañas anteriores .

-Del análisis de costos se obtuvo una forma de almacenamiento final ( opción III ) que tiene un ahorro del 12,6 % del costo de total de almacenamiento y comercialización . Esta forma de almacenamiento ( opción III ) es la que se usará para plantear el modelo .

Del mismo estudio , se obtiene otra opción de almacenamiento que tiene un ahorro del 31,6 % . Este última opción es utópica , ya que se plantea obtener el resultado anterior sin planta alguna . Concluimos que un ahorro del 12,6 % debe ser nuestro objetivo y que un ahorro del 31,6 % es lo máximo a lo que podemos aspirar.

### 3.-Desarrollo del Modelo

#### .-Diagrama de Flujo de Materiales

##### Sector de Distribución y Almacenamiento

En el modelo existen dos tasas exógenas ( son valores ingresados al modelo externamente ), TRSE y TRHU la cantidad de quintales trillados diarios secos y húmedos respectivamente . Los datos se obtienen de la tabla anterior.

Empezando por TRSE la tasa ingresa al nivel TS Trilla Seca, como se ve en la figura diagrama de flujo de material, desde ese nivel parten los flujos TS\_AC ( a acopio ), TS\_ST ( a silo transitorio ), TS\_SI ( a silo ), TS\_PU ( a puerto ) . Los niveles a los que llegan estos flujos son AC ( acopio ), ST ( silo transitorio ), SI ( silo seco ), PU ( puerto ) . Como se ve, SI es el único nivel del cual salen flujos hacia otros destinos . Los flujos que salen de SI es SI\_ST ( silo transitorio ) SI\_PU ( a puerto ), SI\_AC ( a acopio ) . Como se ve los quintales secos que son trillados son repartidos al AC acopio, ST silo transitorio, SI silo seco, PU puerto . Lo que va a puerto puede eventualmente seguir mas tarde a los destinos anteriormente descriptos.

Empezando por TRHU va al nivel TH, de allí salen dos flujos TH\_AH ( a acopio húmedo ), TH\_SH ( a silo húmedo ) . Del silo húmedo puede si se ve saturado salir al acopio húmedo SH\_AH .

En el caso de secar cereal que hay en el silo húmedo SH para mandar al silo seco SI , este flujo se denomina SH\_SI.

### Sector de Transporte

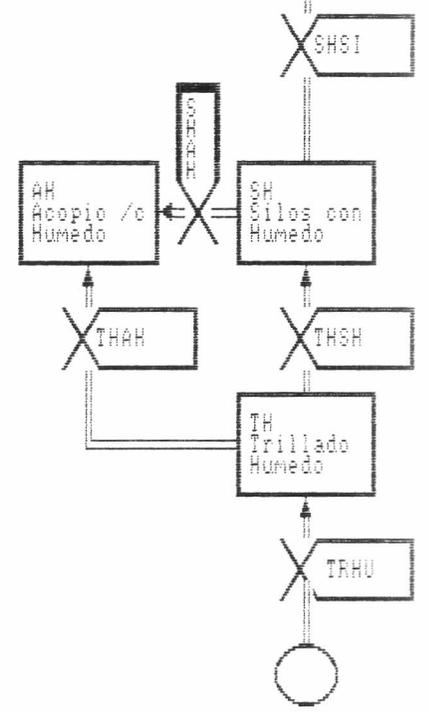
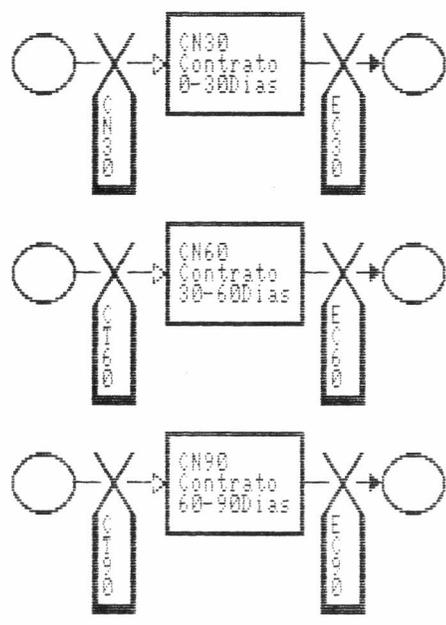
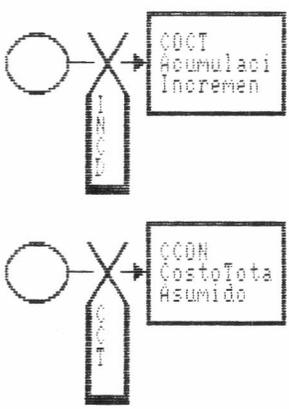
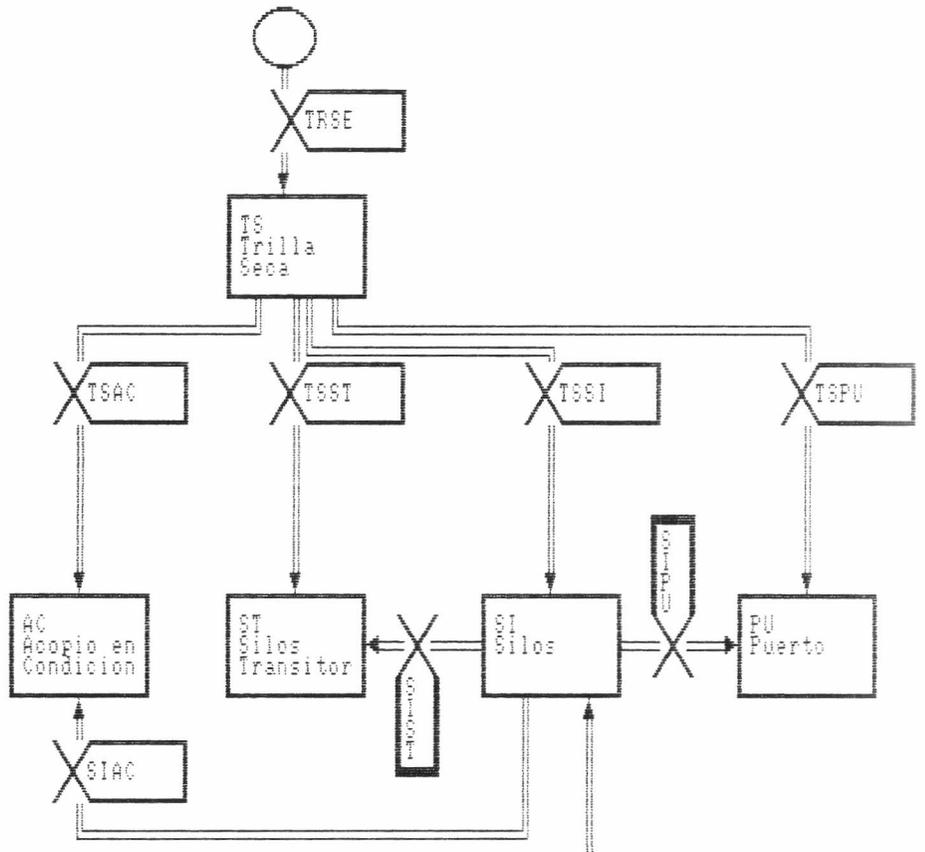
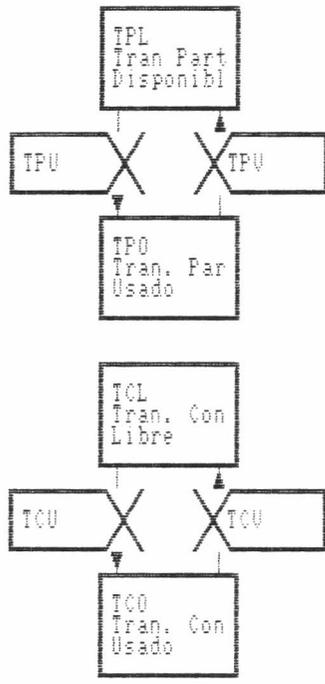
Para llevar a puerto (flujos SI\_PU y TS\_PU ) se usan camiones . La capacidad de transporte que se tiene acceso es de dos tipos; contratados y particulares. Llamamos TCL el nivel de transporte contratado libre , y TCO el nivel de transporte contratado ocupado . Similarmente , tenemos TPL y TPO ( transporte particular libre y ocupado ) . Llamamos TUC al flujo de transporte contratado que se usa , y TCV al flujo de transporte que se vacía ( Respectivamente TPO y TPV para transportes particulares ) .

### Sector Administrativo

Con los datos que se manejan en el enunciado solo un 30 % de la producción puede ser almacenada en depósitos propios, el 70 % restante debe destinarse a puerto o a acopio, llamados PU y AC respectivamente. Los acopios son los que brindan un servicio mas sencillo y rápido el cual consiste en retirar el cereal del predio en cualquier condición. Esto se hace con una demora corta , ya que el acopio se encuentra en las cercanías de la explotación, cuenta con camiones propios, pero cobran por todos estos servicios porcentajes que pueden llegar hasta el 16 % de la producción bruta . En cambio si se destina la producción a puerto el costo es del orden de 7 %, con lo que se consigue un ahorro

del 9 % sobre la producción bruta. Sin embargo para mandar a puerto es necesario realizar una cierta cantidad de trámites administrativos : en primer lugar hay que realizar un contrato con una firma exportadora o aceitera a través de un corredor ; siendo estos contratos compromisos ineludibles que toma el vendedor con la firma compradora ( las multas por incumplimiento de contratos son gravosas y quienes no los cumplen quedan fuera del circuito comercial) . Estos contratos tienen una duración determinada y son por un monto determinado, por eso se dividen en CN30, CN60 y CN90, que son los contratos a cumplir del día 0 al 30, del 30 al 60, del 60 al 90 respectivamente . Resumiendo para mandar a puerto se debe conseguir antes un contrato, luego cuando se tiene la soja en condiciones cámara , y transporte para llevarla a puerto entonces se puede mandar la mercadería. Los niveles CN30, CN60 y CN90 tiene flujos de entrada CN30, CN60, CN69 que representan el hecho de haber pedidos nuevos contrato. Y flujos de salida EC30, ECN60 y EC90 que son cuando se cumplen los contratos entregando quintales a puerto .

CER\_FLU.FLOW  
 Diagrama de Flujo de Materiales  
 Modelo de Cereal



### .-Formulación de Políticas

La política fundamental a definir es la distribución de producción ( que tiene en cuenta múltiples flujos de cereales ) .

Política de Distribución de Producción . La política debe manejar muchos flujos. En la política de distribución intervienen los siguientes flujos: TS\_PU trilla seca a puerto, TS\_SI trilla seca a silo seco, TS\_ST trilla seca a silo transitorio, TS\_AC trilla seca a acopio seco, TH\_SH trilla húmeda a silo húmedo, TH\_AH trilla húmeda a acopio húmedo, SI\_PU silo seco a puerto, SH\_SI de silo húmedo a silo seco , SI\_ST de silo seco a silo transitorio , SI\_AC de silo a acopio.

Se debe tener un orden de prioridades para cumplirlas , para luego ver las características particulares de cada flujo .

Globalmente el objetivo es dejar lo máximo en los siguientes destinos , teniendo en cuenta su costo :

1ro - silos secos, silos húmedos y silos transitorios

2do - al puerto

3ro - al acopio

4to - al acopio húmedo

Conviene no perder tiempo en llenar el silo y después vaciarlo para mandar a puerto ; es mejor mandar a puerto directamente . Es muy importante usar toda la capacidad de transporte diaria , por ello la política debe ser cambiar de acuerdo al período en que la trilla se encuentre . Hay dos momentos :

-PRIMER-PERÍODO

Es el período en el cual los quintales que faltan trillar son mas que la capacidad libre de silos . La política que se define para este período es el punto principal del modelo.

La política es cumplir con el siguiente orden de prioridades por tipo de cereal :

1-el cereal trillado seco:

- se manda al puerto
- se manda al silos transitorios
- se manda al silo
- se manda al acopio

2-el cereal trillado húmedo:

- se manda al silo húmedo
- se manda al acopio húmedo

3-en todo momento

- se saca del silo y se manda al puerto
- se acondiciona lo que hay en los silos

#### -PERÍODO-FINAL

Es el período en cual los quintales a trillar son menos que la capacidad libre de los silos. Acá la política es muy fácil , solo se debe trillar a una velocidad tal que todo vaya entrando en el silo y de esta forma llenarlos completamente.

Definidas las prioridades de cumplimiento , ahora se definen los límites de los flujos .

Primero los límites físicos de los destinos están dados por su capacidad de almacenamiento :

MAXSH -capacidad de silo húmedo ( QQ )

SILT -capacidad de silo transitorio ( QQ )

MAXSI -capacidad de silo seco ( QQ )

Los otros destinos no tienen límites, con lo que se puede enviar todo lo que se quiera.

Sin embargo los anteriores límites no son los únicos limitantes en la distribución de la producción. Hay que tener en cuenta las limitantes de transporte, acondicionamiento y movimientos de cereal. Dentro de estos ítemes existen :

ELE -capacidad de elevación de silos ( QQ X día )

TRA -capacidad de transporte a puerto ( QQ X día )

CHI -capacidad de chimango ( QQ X día )

CT -contratos a cumplir ( QQ )

SEC -capacidad de la secadora ( QQ X día )

CT y TRA son limites variables , sus valores provienen de los niveles fluctuantes del sistema .

CT viene de los niveles de contratos asumidos que se encuentran en los niveles CN30, CN60, CN90 . Los contratos asumidos están divididos en tres niveles para diferenciar los contratos a cumplir entre los días del 0 al 30, del 30 al 60, del 60 al 90, respectivamente. CT dependerá del día de trilla en que se encuentre .

TRA es la suma del nivel de TPL ( capacidad de transporte particular, QQ ) y TCL ( capacidad de transporte contratado, QQ ) .

Para cada flujo la siguiente tabla explica que recursos consume y por que está limitado .

FLUJOS ORDENADOS POR PRIORIDAD	CONSUMEN RECURSOS DE	ESTÁN LIMITADOS POR LA CAPACIDAD DE
TS_PU	TRA, CHI, CT	TS
TS_SI	ELE	MAXSI-SI, TS
TS_ST	CHI	SILT-ST, TS
TS_AC	CHI	TS
TH_SH	ELE	MAXSH-SH, TH
TH_AH	CHI	TH
SI_PU	ELE, TRA, CT	SI
SH_SI	ELE, SEC	MAXSI-SI, SH
SI_ST	ELE, CHI	SILT-ST, SI
SI_AC	ELE	SI

.-Diagrama Estructurado de las Tasas

Las tasas del modelo que se deben analizar son las siguientes :

Sector de Transporte :

TUP, TPV, TUC, TCV : En el gráfico CER\_ES4.FLOW

Sector de Distribución y Almacenamiento :

TRSE, TRHU : Flujos Exógenos, se ingresan externamente, no se calculan.

TSPU, TSST, TSAC : En el gráfico CER-EST2.FLOW

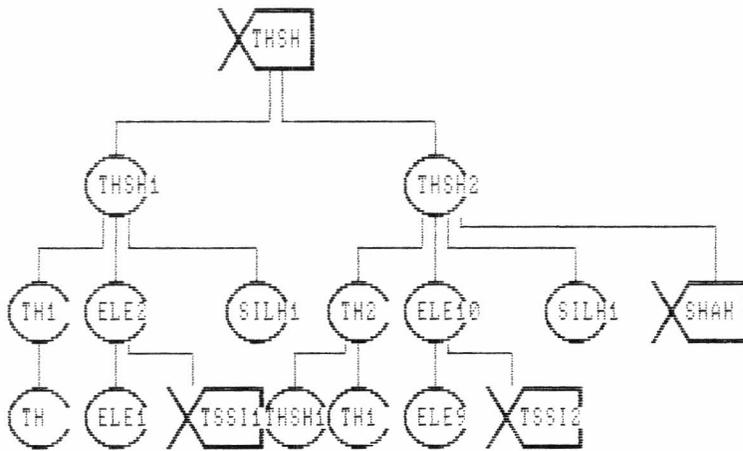
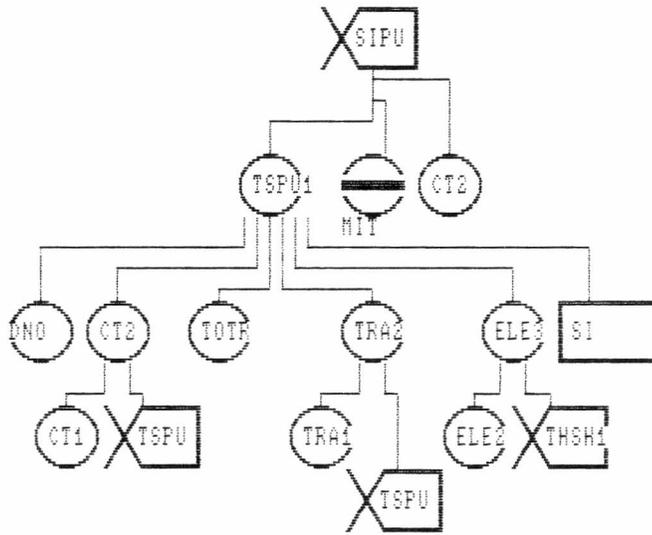
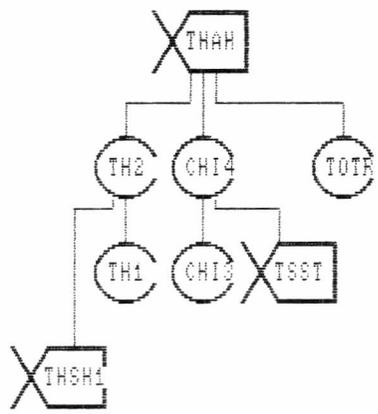
SIPU, THAH , THSH : En el gráfico CER\_ES1.FLOW

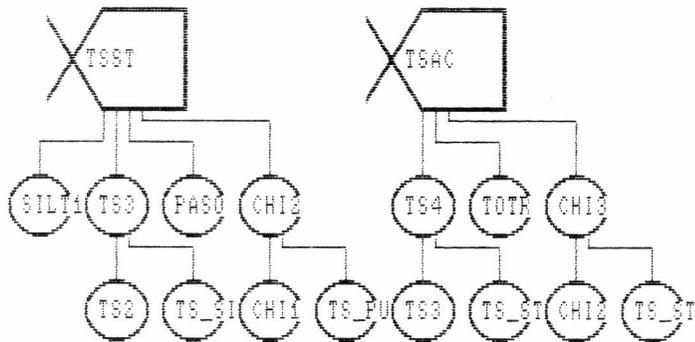
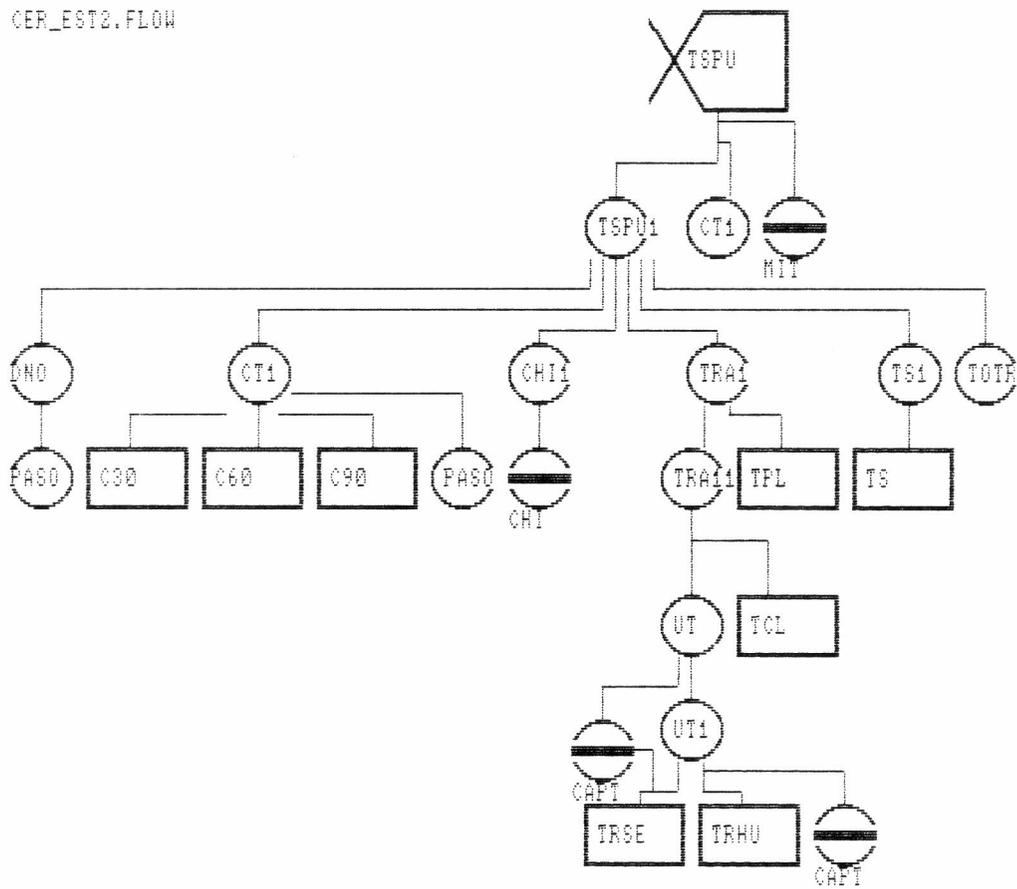
SIST, SIAC, SHSI, SHAH , TSSI : En el gráfico CER\_ES6.FLOW

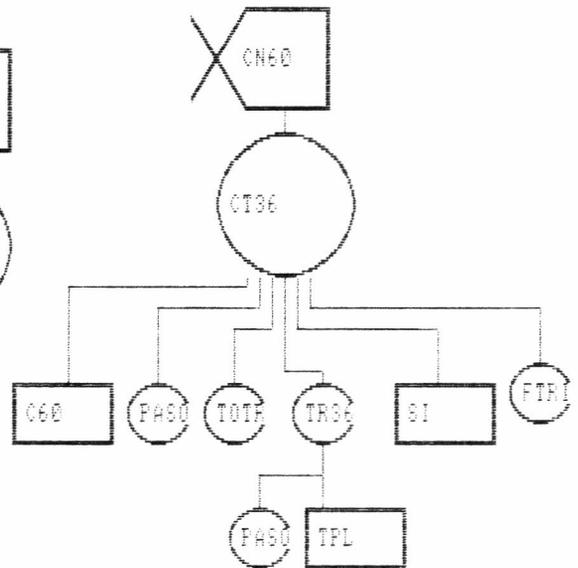
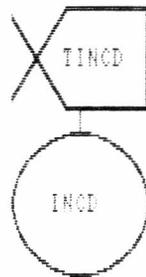
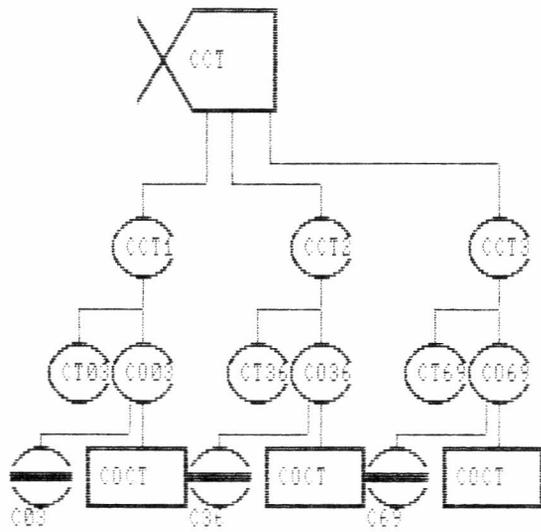
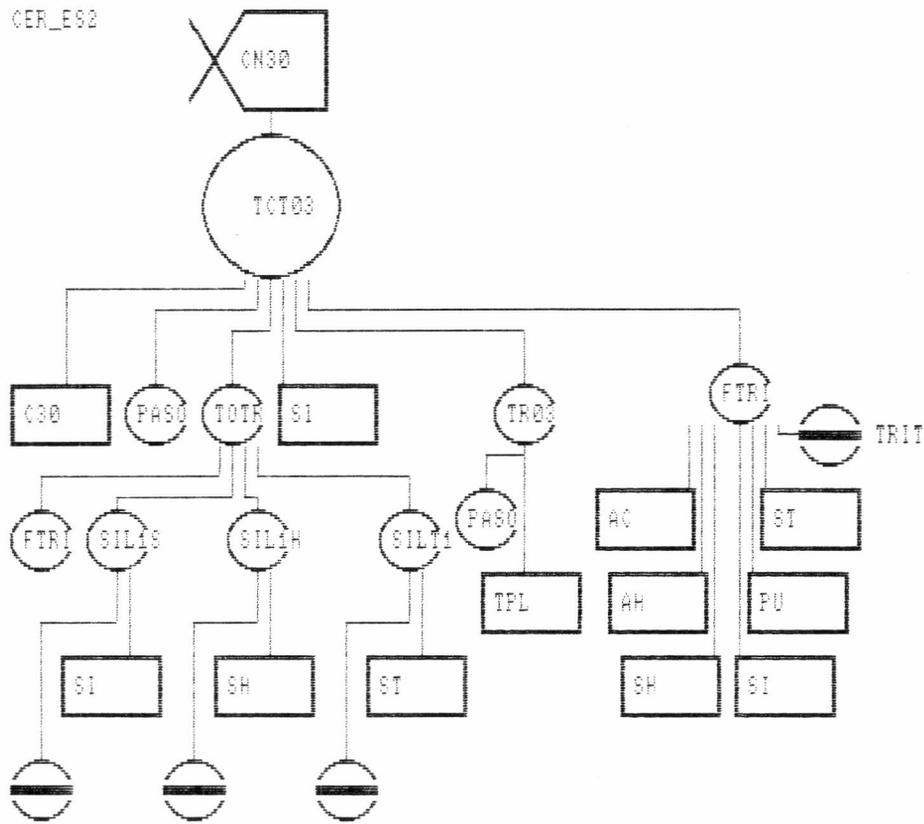
Sector Administrativo :

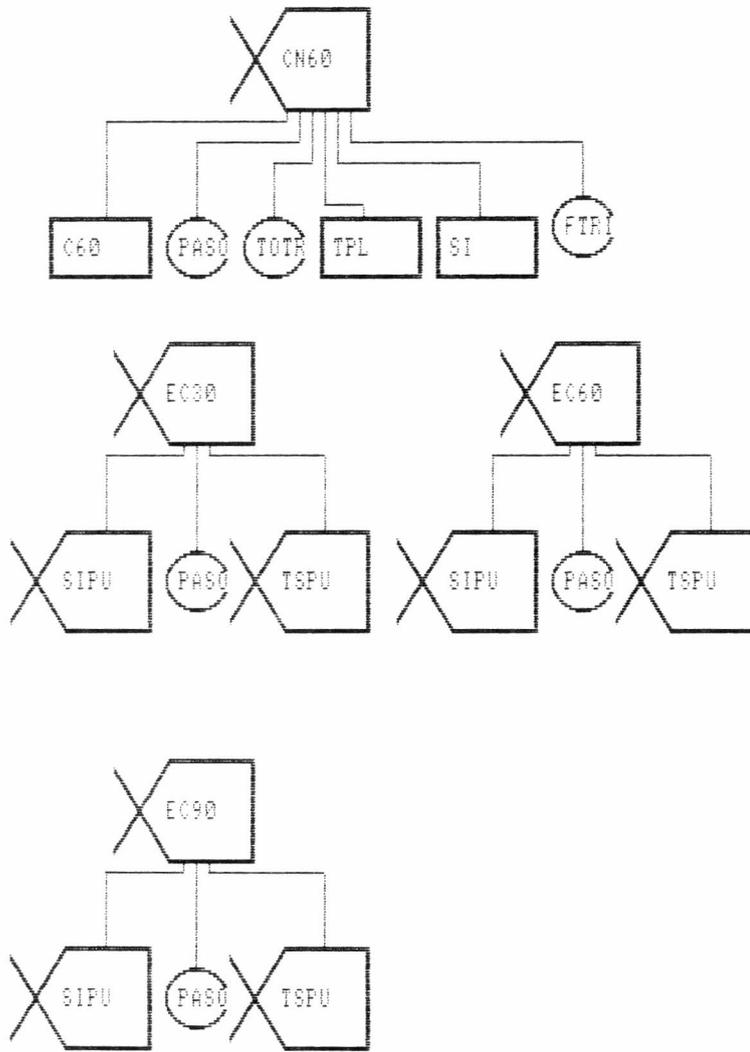
INCD, CTT, CN30, CN60 : En el gráfico CER\_ES2

CN69, EC30, EC60, EC90 : En el gráfico CER\_ES3

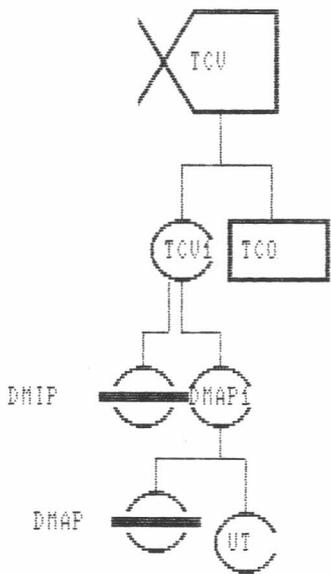
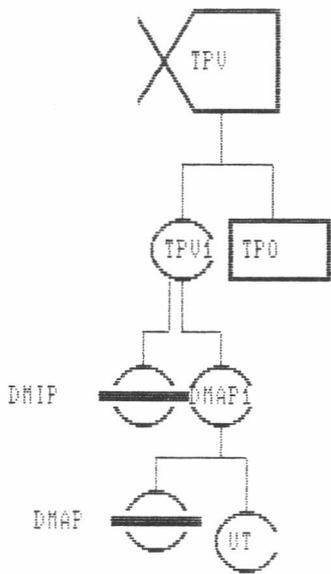
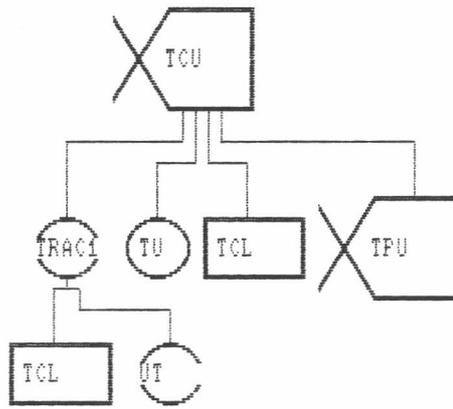
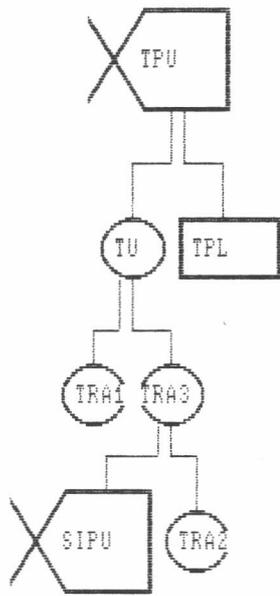


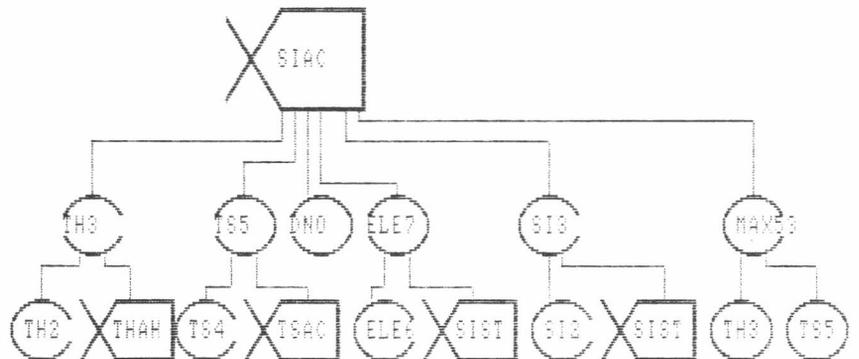
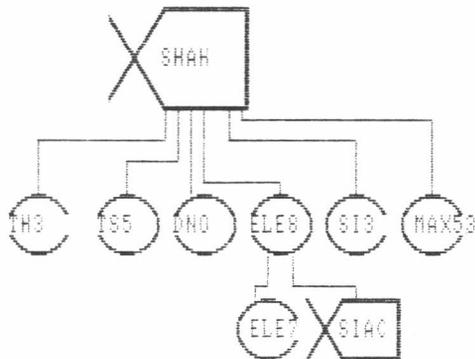
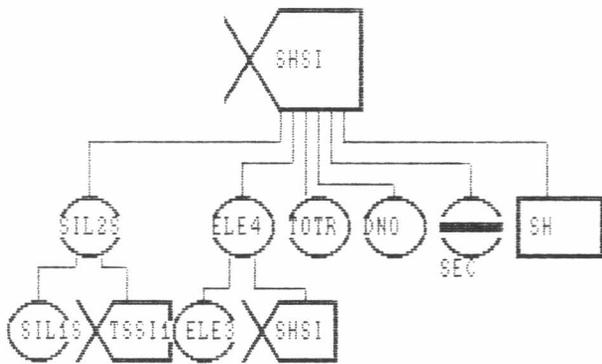
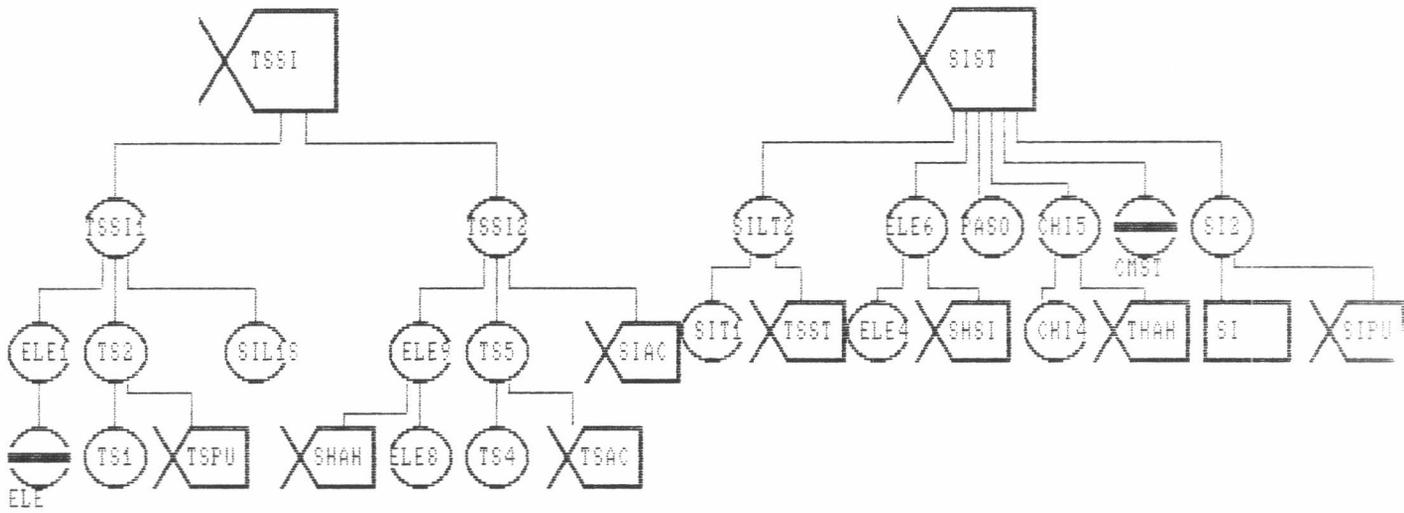






Tasas del Sector Transporte :





.- Constantes - Variables Auxiliares - Tasas - Niveles

-Variables del Algoritmo :

DT : Define el intervalo más pequeño de tiempo . Es además el lapso de calculo entre una iteración y otra.

DT = 1 Día, lo cual significa que se toma un día como lapso de tiempo mínimo.

PASO : Define cuantos días han pasado desde el comienzo de la trilla, su valor tiene importancia para las ecuaciones que tengan en cuenta el tiempo.

PASO=0, cantidad de días transcurridos desde el comienzo de la trilla.

-Constantes

-Constantes del Sector Trilla

CAPT : máximo de quintales por día que se pueden trillar ; se obtiene del cálculo de cuantas máquinas trilladoras se encuentran a disposición

CAPT=3000 QQ/DÍA, Capacidad de Trilla Diaria Medida en Quintales

-Constantes del Sector de Distribución y Almacenamiento

CHI : Capacidad de elevación con chimango medida en QQ , para cargar un camión hacia un destino ( puerto o acopio ) o de llenar un silo transitorio.

ELE : cantidad de quintales diarios que puede elevar para llenar silos o vaciar o mandar a secar cereal . Si se supone que una noria puede elevar 500 quintales por hora y se cuenta con 10 horas efectivas de trabajo y 3 norias , se elevan 15000 quintales diarios. Pero como la distribución de las norias no es en paralelo sino , que es en serie de dos, no se puede hacer uso de las tres al mismo tiempo , entonces se toma como valor posible 10000 quintales diarios .

ELE=10000            QQ/Día Capacidad de Elevación Diaria

SIL, MAXSI, MAXSH : Cantidad de QQ que se pueden almacenar en la planta de silos, la capacidad de la planta puede dividirse en dos partes , los silos destinados a guardar lo seco, y los silos destinados a guardar lo húmedo . Para ello se diferencia a SIL en MAXSI y MAXSH que tienen los valores respectivos de capacidad de silo seco y de capacidad de silo húmedo, sirven de límite para los quintales que se almacenan en los niveles de SI y SH respectivamente.

SIL=12000            QQ Capacidad de los silos

MAXSI=7000            QQ Capacidad de los Silos Secos

MAXSH=5000      QQ Capacidad de los Silos Húmedos

SILT : Cantidad de quintales que se pueden almacenar en silos transitorios . Con anterioridad se explico que eran los silos transitorios. Ahora hay que poner un límite para el nivel ST que representa la cantidad de quintales almacenados en este lugar . Se define entonces esta constante, que representa la máxima capacidad de almacenamiento en silos transitorios, teniendo en cuenta los metros cuadrados puestos a disposición con este fin.

SILT=6200      QQ Capacidad de Silos Transitorios

SEC : Cantidad máxima quintales que se pueden secar por día . Representa la capacidad máxima para secar quintales del silo húmedo y pasarlo al silo seco . Esto es de importancia ya que define la velocidad de secado, y teniendo en cuenta el régimen de lluvias zonal, donde las precipitaciones en los meses de trilla son frecuentes , se debe esperar que un considerable porcentaje de la trilla venga húmedo .

SEC=2500      2500 QQ/Día

CMST : Para el llenado de silos transitorios hay limitantes operativas por lo complejo de su uso. Básicamente su llenado tiene el inconveniente de que se debe hacer equilibrar la presión de los 1000 o

2000 quintales que contiene hacia todas sus paredes ( de forma que su construcción se mantenga en equilibrio ) , por lo cual hay que hacerlo lentamente .

Por otra parte su capacidad de llenado no solo depende de la capacidad del chimango sino de la disponibilidad de personal para hacerlo . Se pone como máximo el valor de CMST para su llenado .

CMST=300 QQ/Día, Capacidad Máxima de LLenado de Silos Transitorios

-Constante del Sector Administrativo ( Adquisición de Contratos )

C03, C36, C69 : Los costos de un contrato de venta son impuestos por el mercado. Sin embargo se puede estimar un costo de acuerdo al momento en que se toma el compromiso , el cual va aumentando a medida que progresa la trilla . Mientras mas adelantada la trilla mas mercadería a disposición se tiene , por ello aumentan los costos de entregar los quintales a puerto , y sirven de base para que con el valor de COCT ( incremento de costo de un quintal sufrido por el paso del tiempo) se puede calcular el costo de los contratos asumidos, valor que vamos acumulando en CCON .

C03=0 \$, Costo de un quintales contratado el día 0 para 0-30

C36=1 \$, Costo de un quintales contratado el día 0 para 30-60

C69=2 \$, Costo de un quintales contratado el día 0 para 60-90

INCD : Como se explico, dentro de los mismos costos (COCT) hay un aumento diario a la toma de los contratos. Este aumento se toma como INCD de 1 centavo diario por quintal, y se va acumulando en la variable COCT.

incd=0.01 \$ Incremento diario

#### -Constante del Sector de Transporte

DMIP : Demora mínima de descarga en puerto. Todo camión que va a puerto tiene una demora mínima para llegar, descargar y volver. Tomando en cuenta que la distancia a recorrer para llegar al destino mas probable es de 150 kilómetros, se debe calcular como mínimo un día para llegar al puerto y volver.

DMIP=1 Días de Demora Mínima en Puerto

DMAP : Demora máxima de descarga en puerto . Todo camión que va a puerto tiene una demora máxima en descargar a puerto , que junto a DMIP sirven como cotas para el tiempo que tarda un camión en volver del puerto .

DMAP=3 Días de Demora Máxima en Puerto

#### - Niveles

### - Niveles del Sector de Transporte

Los niveles del sector transporte sirven para reflejar la cantidad de camiones que están en uso y cuantos quedan libres . Como existen dos categorías de transporte los propios y los contratados, existen 4 niveles , TPL Transporte Propio Disponible, TCL Transporte Contratado Disponible, TPO Transporte Propio en Uso, TCO Transporte Contratado en Uso .

TPL : Camiones particulares libres, es el nivel que refleja la cantidad de camiones disponibles para transportar a puerto. Estos camiones se pueden utilizar en la cantidad que se requiera, su valor disminuye por el flujo de camiones que se usa TUP y aumenta a medida que se van liberando los camiones que están en el puerto TPO. La tasa TUP es la cantidad de camiones particulares que se usan para transportar los quintales de los flujos SI\_PU y TS\_PU , y la segunda tasa TPV esta relacionado con el valor de TPO que es la cantidad de camiones de transporte en puerto y la demora que se tardara en volver del puerto .  
Valor Inicial : Es la cantidad de camiones particulares que se contratan para la campaña ; la suma TPO y TPL permanecerá igual a este valor inicial todo el tiempo. VALOR INICIAL : 2.

TCL : Camiones contratados para transportar a puerto , es el nivel que refleja la cantidad de camiones contratados disponibles para transporte

a puerto , este nivel es diferente al anterior porque los camiones no son de uso exclusivo de la cooperativa . Son camiones que también pueden ser usados por otras personas , por eso el flujo TUC es la suma del uso de la cooperativa y del uso de otras personas . El uso de otras personas tiene relación directa a la cantidad de trilla que se esta realizando .

Su valor disminuye por el flujo de los camiones que se usan TUC y aumenta a medida que van volviendo los camiones que estaban en el puerto TCV, la tasa TCV esta relacionado con el valor de TCO que es la cantidad de camiones de contratados en puerto y la demora que se tarda en volver del puerto . Valor Inicial : Es la cantidad de camiones particulares que se tiene , la suma TPO y TCL permanecerá igual a este valor inicial todo el tiempo.

VALOR INICIAL : 5

TPO : Camiones particulares que están en puerto, son los camiones que se fueron a puerto y todavía no volvieron . Los flujos del nivel son TUP camiones particulares que van a puerto , TPV camiones particulares que vuelven del puerto .

VALOR INICIAL : 0 (ya que se supone que se comienza con todos los camiones disponibles).

TCO : Camiones contratados que están en puerto, son los camiones que fueron a puerto y todavía no han vuelto . Los flujos del nivel son TUC camiones particulares que van a puerto , TCV camiones particulares que vuelven del puerto . El nivel recibe y transfiere a TCL únicamente , para preservar los camiones contratados .

VALOR INICIAL : 0 .

#### -Niveles Sector Distribución y Almacenamiento

TS : Trilla seca, representa el nivel de quintales trillados secos y todavía no distribuidos en los almacenamientos . Este nivel tendrá que estar valuado siempre en la cantidad trillada el último día, ya que la distribución se hace diariamente . El flujo de entrada del nivel es TRSE ( flujo diario de quintales secos que se trillan ) , los flujos de salida son TS\_PU ( a puerto), TS\_SI (a silo seco), TS\_ST (a silo transitorio) y TS\_AC ( a acopio seco ). VALOR INICIAL : El valor inicial es 0 .

TH : Trilla Húmeda, representa el nivel de quintales trillados húmedos y todavía no distribuidos en los almacenamientos . Este nivel tiene siempre el valor de la trilla del último día , ya que diariamente se

realiza la distribución de todo lo trillado en el día . La entrada del nivel será TRHU que es el flujo diario de quintales húmedos que se trillan diariamente. Los flujos de salida serán TH\_SH ( a silo húmedo ) y TS\_AH (a acopio húmedo ) .

VALOR INICIAL : 0.

SI : Quintales almacenados en el silo ( seco ) . Representa los quintales que fueron trillados y almacenados en el silo seco. El flujo de entrada será TS\_SI ( proveniente de la trilla seca ) . Los flujos de salidas son múltiples ya que este es centro del sistema . Por lo que tendrá salidas a casi todos los destinos : SI\_ST ( a silos transitorios ) , SI\_PU ( a puerto ) y SI\_AC ( a acopio ) .

VALOR INICIAL : 0 .

SH : Quintales en silo húmedo . Acumula los quintales que se van trillando húmedos . Los flujos de salida son : SH\_SI ( cuando se destina los quintales a la secadora ) y SH\_AH ( silo húmedo a acopio húmedo ) . Esto último utilizado en el caso de ser sobrepasada la capacidad máxima en el silo húmedo ) . El flujo de entrada es TH\_SH ( entrada de la trilla húmeda al silo húmedo) . Se supone que el silo húmedo puede guardar lo húmedo por tiempo indeterminado , lo cual es una simplificación de la realidad . La cantidad de lo que se puede

guardar está limitada por la variable MAXSH. Este silo forma con SI los componentes operativos de la planta para la administración del cereal .  
VALOR INICIAL : 0 .

ST : Quintales en los silos transitorios. Este refleja la cantidad de quintales provenientes de sus flujos de entrada : TS\_ST ( de lo trillado seco a los silos transitorios ) y SI\_ST ( del silo del cereal seco a los silos transitorios ) . Tiene una capacidad restringida . Al no ser fácil su operatoria de llenado y vaciado , se llena una sola vez.

VALOR INICIAL : 0 .

PU : Quintales mandados a puerto. Los quintales que se mandan a puerto son representados por este nivel . Tiene dos flujos de entrada a saber : SI\_PU ( silo seco a puerto ) y , TS\_PU ( los trillado seco al puerto , el cereal se manda directamente del lote al puerto ) . Al ser un destino final no tiene , flujo de salida.

VALOR INICIAL : 0 .

AC : Quintales mandados a acopio en condiciones ; cereal seco y limpio . Los flujos de entrada son : TS\_AC ( cereal traído de la trilla ) y SI\_AC ( cereal traído del silo seco ) .

VALOR INICIAL : 0 .

AH : Quintales en acopio húmedo. Los flujos de entrada son : TH\_AH ( se trilla húmeda a acopio húmedo ) y SH\_AH ( del silo húmedo al acopio húmedo ) SH\_AH . Solo recibe cereal fuera de condiciones ya que tiene un costo adicional de secada .

VALOR INICIAL : 0 .

#### -Niveles Sector Administración

C30 : Quintales contratados para entregar entre el día 0 al 30 , son los contratos que se asumió cumplir dentro del plazo del día 0 al 30 , estos contratos habilitan mandar mercadería a puerto .El flujo de entrada es CN30, y el flujo de salida es EC30 .

VALOR INICIAL : 0 .

C60 : Quintales contratados para despachar a puerto entre los días 30 y 60 del comienzo de la trilla .

VALOR INICIAL : 0 .

C90 : Contratos a cumplir entre el día 60 al día 90 del comienzo de la trilla . Este nivel se consideró debido a que , en caso de llover , la trilla se alargara en el tiempo . Tanto la lluvia como la necesidad de

trillar cereal seco para semilla , son algunas de las razones que producen la tardanza en terminar la trilla .

VALOR INICIAL : 0 .

- Variables Auxiliares y Tasas

- Variables Auxiliares y Tasas del Sector Administración

FTRI : Quintales faltante de trillar , es la diferencia entre TRIT y lo que ya se trilló , vale decir : en los silos secos SI , en los silos húmedos SH , en los silos transitorios ST , en acopio seco AC , en acopio húmedo AH y en puerto PU.

SIL1S : Cantidad de quintales que falta para saturar el silo seco. Se obtiene de la diferencia entre la capacidad máxima de silo seco MAXSI y lo que esta en SI .

SIL1H : Cantidad de quintales que falta para saturar el silo húmedo. Se obtiene de la diferencia entre la capacidad máxima del silo húmedo MAXSH y lo que ya está almacenado en SH .

SIL1T : Cantidad de quintales faltantes para saturar el silo transitorio. Es la diferencia entre la capacidad máxima del silo transitorio ( SIL1T ) y lo que esta almacenado en el ( ST ) .

TOTR : variable del tipo booleana , asume el valor falso si lo que falta trillar es mayor que la capacidad de almacenamiento libre en la cooperativa , y verdadero en caso contrario . TOTR se obtiene de comparar lo que resta trillar FTRI, con respecto a la suma de las capacidades libres en el silo seco SIL1S , en el silo húmedo SIL1H y en el silo transitorio SILT1.

TR03, TR36, TR69 : Se calcula la cantidad de quintales que se pueden transportar hasta el final de los periodos 0-30, 30-60, 60-90 días respectivamente . Para el cálculo se toma la capacidad de transporte particular TPL , multiplicada por los días que faltan para terminar el periodo y multiplicada por un coeficiente que regula el impacto de los días feriados .

CN30, CN60, CN69 : Contratos que se piden para los periodos 0-30, 30-60 y 60-90 , respectivamente . Hay que tener en cuenta : si existen contratos disponibles de ese periodo ( CN30<=1, CN60<=1, CN90<=1 ) , si todavía se está en el periodo correspondiente ( PASO<26, PASO<58, PASO<90 ) y que TOTR>=0 .

-Variables Auxiliares y Tasas del Sector Almacenamiento

DNO : asume el valor 0 o 1 . Es una variable de control que vale 1 cuando se puede enviar al puerto y cero en caso contrario . Se considero ya que , por ejemplo , los puertos no están abiertos los días sábados y domingos.

CT1 : cantidad de quintales contratados para llevar al puerto . Si se está en el primer período asume el valor CN30, si se está en el segundo es CN60 y si se está en el tercero es CN90.

CHI1 : es la capacidad de chimango que hay libre y es igual a la capacidad de chimango CHI .

UT1 : es el porcentaje de cereal trillado en el día en curso con respecto a la máxima capacidad de trilla diaria . Se obtiene de la división entre la suma de TRSE ( lo trillado seco ) y TRHU ( lo trillado húmedo ) y CAPT ( capacidad de trilla máxima en un día ) .

UT : es el porcentaje que resta trillar en el día y es la diferencia entre uno y UT1 .

TRA11 : La cantidad de camiones contratados que están disponible para su uso . Se calcula multiplicando la cantidad de camiones contratado

que no están en el puerto TCL con la cantidad del porcentaje libre de la capacidad de trilla UT.

TRA1 : es la capacidad en quintales de transportar a puerto . Es una función de la capacidad de transporte de los camiones contratados TRAl1 y de la cantidad de transporte particular TPL .

TS1 : Es la cantidad de quintales de trillados a repartir . Se obtiene del nivel de trilla seca TS. Se debe distribuir todos estos quintales entre los destinos, porque no se puede pasar nada de lo trillado en un día al día siguiente, ya que en la practica de suceder esto , la trilla se pararía , debido a que entre las máquinas trilladoras y los lugares de almacenamiento no existe ningún almacenamiento de cereal.

ELE1 : es la capacidad de elevación medida en quintales y asume el valor de ELE .

TS\_PU, TS\_PU1 : cantidad de quintales trillados secos que se mandan directamente al puerto . Para determinar su valor , en primer lugar hay que verificar que las variables TOTR y DNO no sean nulas . Luego se busca el mínimo entre : la capacidad de transporte TRAl , la capacidad de chimango para elevar el cereal CHI1, la cantidad de cereal trillado TS y la cantidad de contratos asumidos que están en fecha . Con esto

se obtiene la cantidad máxima transportable de acuerdo a las capacidades disponibles . Con lo que se obtiene un flujo que tiene en cuenta las capacidades de transporte, elevación y contratos, la disponibilidad de cereal seco y si el día es hábil o no .

CHI2, TRA2, TS2, CT2 : Luego de obtener la cantidad a mandar al puerto se reduce la capacidad disponible del chimango y se adecua a su nuevo valor en CHI2 , este es obtenido por la diferencia entre la anterior capacidad CHI1 y la cantidad transportada a puerto , vale decir TS\_PU . Se reduce la capacidad de transporte y se adecua a su nuevo valor en TRA2 . Se reduce la cantidad de trilla seca a distribuir en TS2, y la disponibilidad de contratos a cumplir en CT2 .

TS\_SI1 : es la cantidad de quintales mandados de trilla seca al silo . Este flujo se dividió en dos partes : TS\_SI1 y TS\_SI2. La primera es cuando se reparte la trilla seca y toma el valor de lo que hay disponible para repartir. La segunda es cuando sobra trilla seca a repartir ( después de haber mandado a los otros destinos ) y entonces se saca del silo seco al acopio, vaciando el silo seco para colocar en el mismo lo trillado seco .

SIL2S, ELE2, TS3 : Actualizan los valores de la capacidad libre de silo seco SIL2S, de elevación ELE2 y de trilla seco a distribuir TS3.

TS\_ST : Quintales trillados secos a silo transitorio . Teniendo en cuenta que son quintales secos en condición de guardarse en silos transitorios se decide guardarlos allí . Se debe verificar que haya lugar en los silos transitorios SILT1, que haya capacidad para que los chimangos los eleven CHI2, que haya quintales secos trillados disponibles TS3 y tomar en cuenta que no se puede guardar mas que el máximo operativo : CMST . Por sus características de armado recién a los 10 días del comienzo de la trilla las instalaciones están listas, ya que para armar los silos hay que disponer de los metros cuadrados cubiertos vacíos. Por ello se espera unos días luego de empezada la trilla para empezar mandar cereal a silos transitorios .

SILT2,CHI3,TS4 : Se actualiza las capacidades después de los consumos impuestos por TS\_ST . SILT2 es la capacidad libre de silo transitorio, CHI3 es la capacidad libre de chimango y TS4 son los quintales trillados secos libres .

TS\_AC : Quintales trillados secos destinados a acopio. Si después de destinar a los almacenamientos anteriores queda quintales sin destino , se depositan en el acopio seco , lo importante es seguir con la

recolección y no pararla por falta de lugar donde dejar la producción .  
Todavía lo que falta trillar supera la capacidad libre de  
almacenamiento TOTR , queda trilla seca sin repartir TS4 , y existe  
capacidad de elevación con chimango CHI3 , se puede sacar el cereal  
directamente de la trilla al acopio seco .

CHI4, TS5 : Se actualiza la capacidad de CHI4 y TS5 por el consumo  
del flujo TS\_AC, la capacidad de elevación por chimango en CHI4, los  
quintales de cereal trillado secos libres en TS5.

TH1 : Quintales de trilla húmeda a repartir .

TH\_SH1 : Quintales de trilla húmeda que se destina a silo húmedo.  
Primero se debe destinar la trilla húmeda al acopio húmedo, por ello  
si la capacidad de silo húmedo SIL1H lo permite, y todavía existe  
capacidad de elevación en la planta de silos ELE2, y hay quintales para  
repartir TH1 , se transfiere una cantidad de quintales a la planta de  
silos húmedos igual al valor mínimo de estas variables .

SIL2H, ELE3, TH2 : Se actualiza las siguientes capacidades después del  
uso de la capacidad TH\_SH1 : quintales libre en silo húmedo SIL2H,

capacidades de elevación ELE3, quintales trillados húmedos TH2 todavía sin repartir.

TH\_AH : Quintales llevados al acopio húmedo. Si queda trilla húmeda sin repartir se lleva al acopio húmedo. Por ello si lo que falta trillar es mas que la capacidad libre de almacenamiento TOTR , entonces existe la capacidad de elevar con chimango CHI4, y existen aun quintales húmedos por repartir TH2, se toma el menor de estos dos últimos valores y , si es mayor que 0 , esa es la cantidad de quintales que se mandará a acopio.

CHI5, TH3 : Se actualizaron las capacidades después del consumo de TH\_AH : capacidad libre de elevación con chimango CHI5, quintales trillados húmedos ( todavía no repartidos ) TH3.

SI\_PU, SI\_PU1 : Son los quintales enviados del silo seco al puerto. Este flujo tiene sentido pues se busca vaciar la planta de silo ,destinando el cereal al puerto , a fin de que cuando aparezcan los próximos quintales trillados sea posible guardarlos en este lugar hasta el próximo envío a puerto . Por ello primero se observa si lo que falta trillar es mayor que el lugar disponible en silos TOTR o si hay compromisos de entrega asumidos ( CT2>0 ). Si esta última condición se verifica se busca el mínimo valor de capacidad libre de transporte

TRA2, elevación ELE3 , de quintales en el silo SI y de contratos asumidos CT2 . Este valor es multiplicado por DNO para el caso que al ser un día de fin de semana devuelve el valor 0 . Este último valor es la cantidad que se transporta en SI\_PU .

ELE4, TRA3, CT3, SI1 : Se actualizan las capacidades después del consumo de SI\_PU : capacidad libre de elevar ELE4, capacidad de transporte a puerto TRA3, quintales de contratos a cumplir CT3, quintales libre que quedan en silo SI1 .

SH\_SI : Quintales que pasados por la secadora . Son los quintales , que al ser secados , pasan del silo húmedo al silo seco . La política es tener siempre el silo húmedo vacío en razón de que se estima que es mas provechoso recibir el cereal húmedo antes que mandarlo al acopio húmedo , para luego mandarlo al silo seco y de ahí recién ( si es necesario ) mandarlo al acopio seco . El acopio seco es mejor negocio que el acopio húmedo . Por ello mientras lo que falte trillar sea mas que la capacidad libre, o si la existencia en el silo húmedo es mayor que 4000 quintales entonces se busca el mínimo de la capacidad de silo seco vació SIL2S ( ya que vamos a tener que mandarlo al silo seco ) , la mitad  $ELE4/2$  de la capacidad de elevación disponible ( ya que para secar un quintal necesitamos primero elevarlo y luego de secado elevarlo de vuelta para guardarlo en el silo seco destino ) , la

cantidad de quintales en el silo húmedo, la cantidad de quintales que se pueden pasar por la secadora .

SIL3S, SIL3H, SI2, ELE6 : Se actualizan las capacidades después del consumo de SH\_SI : capacidad libre de silo seco SIL3S , capacidad libre de silo húmedo SIL3H , quintales todavía disponibles en el silo seco SI2 y capacidad libre de elevar ELE6 .

SI\_ST : Son los quintales que se sacan del silo seco para mandarlos al silo transitorio . Para ello se toma el mínimo valor de la cantidad libre en silo transitorio SILT2, de la capacidad libre de elevación ELE6, de capacidad de libre de elevación por chimango CHI5, de los quintales libres en silos SI2 y de la capacidad máxima de llevar al silo transitorio.

ELE7, CHI6, SILT3, SI3 : Se actualizan las capacidades después del consumo de SI\_ST, capacidad libre de silo transitorio SILT3, quintales todavía disponibles en el silo seco SI3, capacidad libre de elevar ELE7 y capacidad de elevar con chimango CHI6 .

SI\_AC : Quintales que se sacan del silo seco y se envían al acopio seco . Este flujo solo se usa en la urgencia de que no se termine de distribuir lo trillado en el día ( tanto seco como húmedo )

ELE8 : Se actualizan las capacidades después del consumo de SI\_AC, capacidad libre de elevar ELE8.

SH\_AH : Flujo de quintales de Silo Húmedo a Acopio Húmedo. Si no se termina de distribuir todo lo trillado en el día y hay capacidad de elevación  $ELE8 > 0$  . Se manda por el flujo SH\_AH el mínimo entre : la capacidad de elevación ELE8 , cuanto hay en silo húmedo disponibles SH y la suma de lo que falta trillar seco y lo que falta trillar húmedo .

ELE9 : Se actualizan las capacidades después del consumo de SH\_AH, capacidad libre de elevar ELE9.

TS\_SI , TS\_SI2 : Quintales trillados secos a silo seco . El flujo TS\_SI es la suma de las variables auxiliares TS\_SI1 y TS\_SI2 . TS\_SI1 son los quintales que destino a los silos secos inicialmente y que saturan la capacidad libre de almacenaje . TS\_SI2 son los quintales que destino al silo seco , por haber sacado de los silos secos para mandar al acopio seco .

ELE10, TS6 : Se actualizan las capacidades después del consumo de TS\_SI2 : la capacidad libre de elevación en ELE10, y los quintales trillados secos que falta destinar en TS6.

TH\_SH2 : Quintales trillados húmedos que se destinan al silo húmedo . Este flujo , junto a TH\_SH1 , son los quintales que trillados húmedos son llevados al silo húmedo . El flujo se calcula como el mínimo entre : la capacidad de elevar ELE10, la cantidad de quintales trillados húmedos que falta repartir TH3 y la capacidad libre el silo húmedo .

ELE11, TH4 : Se actualizan las capacidades después del consumo de TH\_SH2 : capacidad libre de elevar en ELE11, quintales trillados húmedos que falta repartir en TH4.

#### -Variables Auxiliares y Tasas de Sector Transporte

EC30, EC60, EC90 : Quintales de contratos usados para los períodos 0-30, 30-60, 60-90 días respectivamente . Después de calcular los flujos a puerto de SI\_PU y TS\_PU , y si el período está en los primeros 30 días se resta EC30 de CN30 , si esta entre los 30 y 60 días se resta EC60 de CN60, si esta entre los 60 y 90 días se resta EC90 de CN90 .

TU : Camiones totales usados para transporta a puerto .

TUP : Flujo de camiones particulares que se mandaron a puerto . Son los camiones usados para transporte a puerto TU que pueden ser cubiertos por los camiones particulares disponibles TPL .

TUC : Flujo de camiones contratados que se mandaron a puerto . El flujo TUC esta compuesto por los camiones que se usaron para transportar la carga de la cooperativa a puerto y los camiones contratados que fueron usados por terceros para transportar a puerto .

TPV : Camiones particulares que vuelven del puerto . Los camiones que van al puerto tienen una demora promedio TPV1 en volver . TPV1 es la suma de dos demoras : primero una demora mínima en puerto DMIP , segundo una demora máxima DMAP que se multiplica por el % de utilización de la capacidad de trilla total.

TCV : Camiones contratados que vuelven del puerto, con una demora promedio .

#### 4.-Validación del Modelo

El modelo se valida comparando los resultados que se obtienen de este con los resultados reales del año 1994 . Se comparan los destinos del cereal del año 94 con los resultados que arroja el modelo cuando a este se le ingresan la secuencia de datos de la recolección diaria de ese año . Se tienen los datos de la cantidad de cereal trillado por día , así como los diferentes destinos del cereal . Esta secuencia esta graficada en el capitulo anterior Datos ( ver las figuras REALIDAD , TRILLA SECA Y HÚMEDA ) .

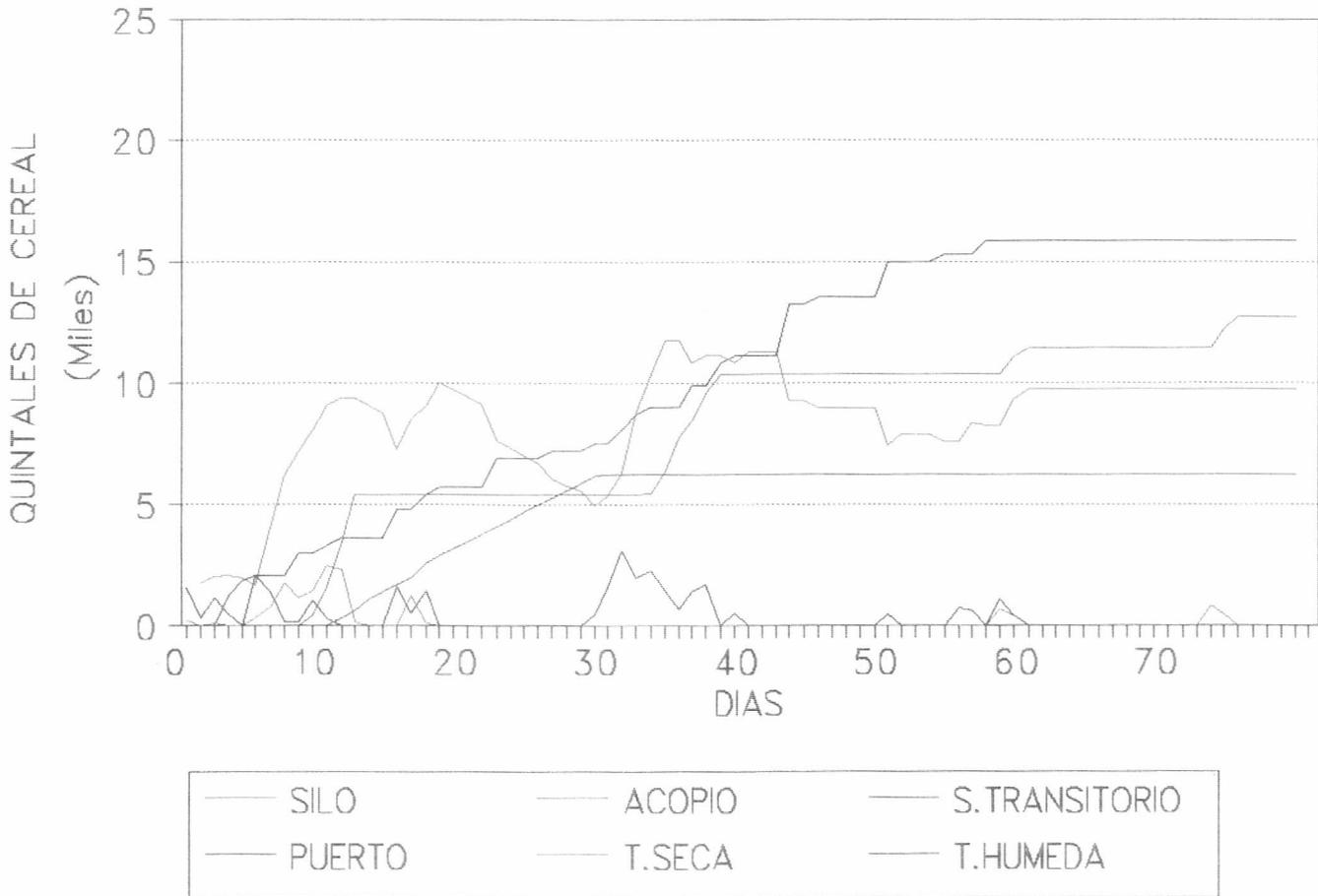
Para correr el programa se debe definir un paso en el tiempo DT . Si el incremento en el tiempo es muy grande , los errores de truncamiento debido a la integración numérica son apreciables . Si el DT es muy chico , el tiempo de calculo para evaluar un sistema se incrementa considerablemente sin producir efectos significativos en la serie temporal . Luego de numerosas pruebas empíricas se eligió el incremento de tiempo con el valor de un día.

Los resultados generados son representados en el gráfico , el cual es muy similar al obtenido representando los datos históricos de la campaña de 1994 .

Con lo que se verifica que la modelización de la cooperativa es satisfactoria por el simple hecho que la predicción temporal obtenida se ajusta bien con la realidad .

# Modelo con Datos Cam. 94

Costo Total 127.582 \$



## 5.-Estabilidad

Con el modelo validado , se probaron 7 secuencias distintas de datos , que corresponden a diferentes formas de perturbar los datos de la campaña . La razón de este experimento numérico es que los datos empíricos observados tienen siempre un cierto margen de error. Por ello es importante estudiar la estabilidad del sistema , de forma que se pueda comprobar como pequeñas fluctuaciones en los datos de entrada modifican los resultados del sistema .

Con los datos del sistema que se han visto en los capítulos anteriores ,se generaron tres secuencias de datos perturbados denominadas:

- 1.-Datos de Trilla Suavizados con los Datos Vecinos
- 2.-Datos de Trilla con Picos más Pronunciados
- 3.-Trilla Constante Igual al Promedio
- 4.-Trilla Real Multiplicada por un Nro Aleatoria Entre 0.8 y 1.2
- 5.-Trilla Real Aleatoria Concentrada en Períodos
- 6.-Trilla con Varios Escalones
- 7.-Trilla Sinusoide

1.-Datos de Trilla Suavizados con los Datos Vecinos : se busca que la función de entrada sea mas suavizada o sea que tenga mas elementos cerca del promedio , sin perder por ello el valor de su integral . El programa TRIDIAUNO ayudo a crear un secuencia de datos que es el

promedio ponderado de los últimos 5 días. Los datos obtenidos son representados en el gráfico adjunto . La lista detallada de datos se puede ver en el Apéndice I .

El  $X_i$  menos disperso se genera de la siguiente manera :

$$[ X_i = X_i + ( X_{i+1} + X_{i-1} ) * 1/2$$

Si  $X_i < X_{i+1}$  y  $X_i < X_{i-1}$  [  $X_{i+1} = X_{i+1} * 1/2$

$$[ X_{i-1} = X_{i-1} * 1/2$$

Si no , permanecen iguales

2.-Datos de Trilla con Picos mas Pronunciados : es más dispersa . Se busca que los elementos sean lo mas dispersos posibles del promedio , teniendo la misma integral de la función real . El programa TRIDIAUNO ayudo a obtener la secuencia de datos. Los datos obtenidos son graficados en la figura 5.2 .

El  $X_i$  menos disperso se genera de la siguiente manera :

$$[ X_i = X_i + ( X_{i+1} + X_{i-1} ) * 1/2$$

Si  $X_i > X_{i+1}$  y  $X_i > X_{i-1}$  [  $X_{i+1} = X_{i+1} * 1/2$

$$[ X_{i-1} = X_{i-1} * 1/2$$

Si no , permanecen iguales

3.-Trilla Constante Igual al Promedio : constante , los valores de trilla seca y húmeda son constantes e iguales al promedio durante el periodo .

4.-Trilla Real Multiplicada por un Nro Aleatorio Entre 0.8 y 1.2 : se genera una serie multiplicando los datos de la serie real por un número aleatorio entre 0.8 y 1.2 .

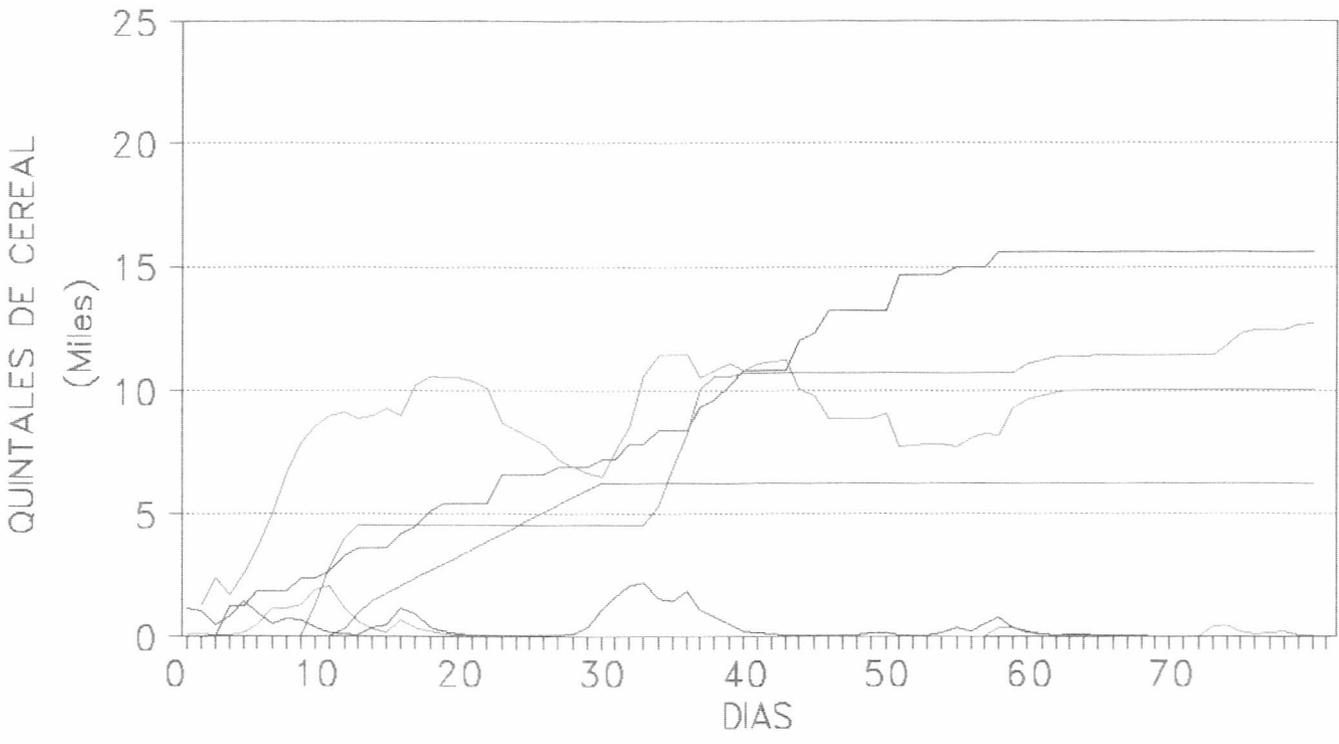
5.-Trilla Real Aleatoria Concentrada en Periodos : se genera una serie distribuyendo el 60 % de la trilla aleatoriamente en los primero 35 días y el 40 % restante aleatoriamente de los días 35 al final .

6.-Trilla con Varios Escalones : se genera una serie con escalones

7.-Trilla Sinusoide : se genera una serie con datos senusoides , que se ajustan aproximadamente a al real .

# Datos Trilla Suavizados con D.Vecinos

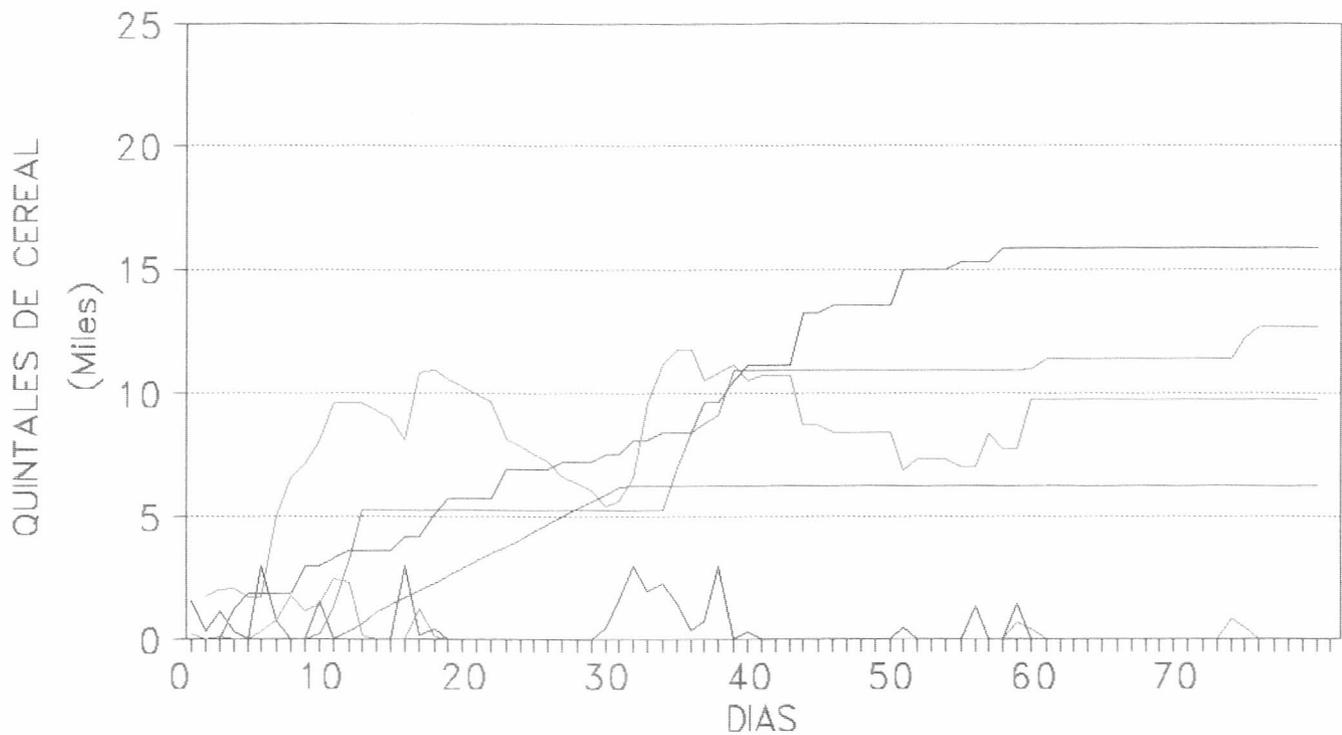
Costo Total 127.890 \$



— SILO	— ACOPIO	— S.TRANSITORIO
— PUERTO	— T.SECA	— T.HUMEDA

# Datos Trilla c/Picos mas Pronunciados

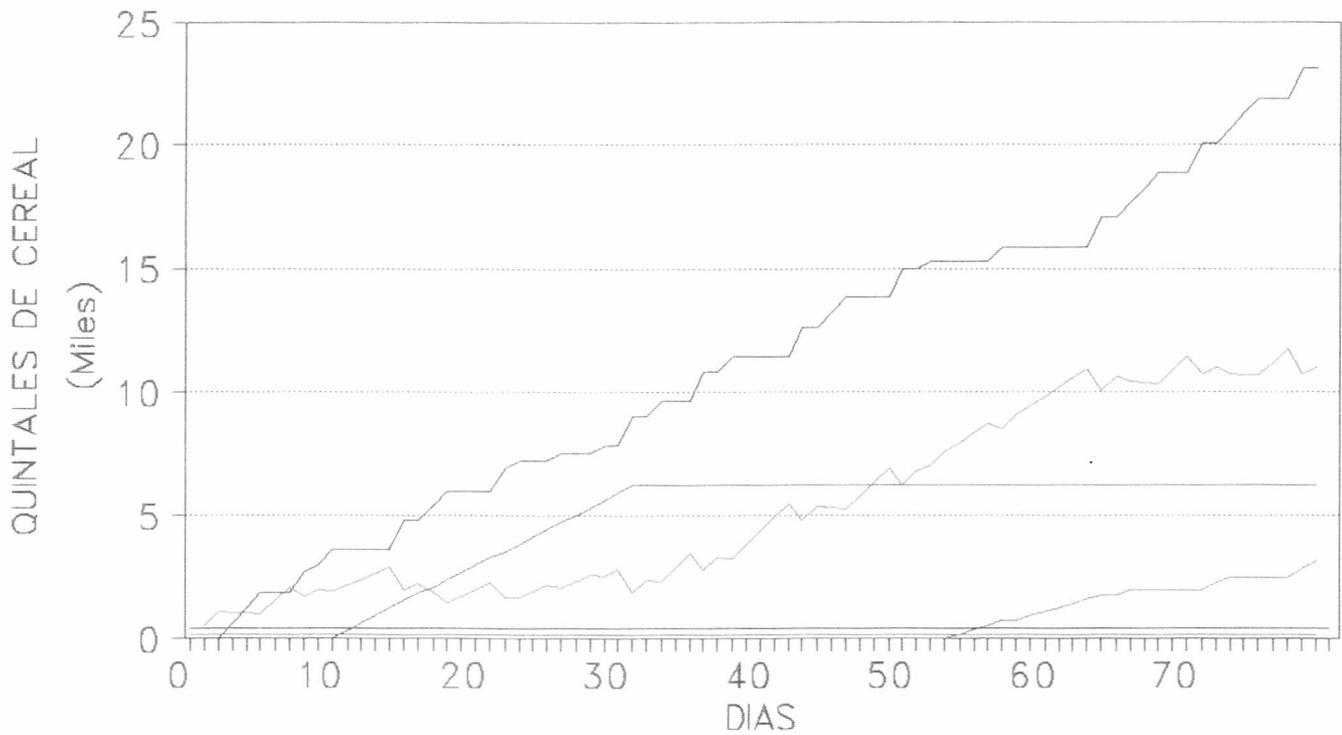
Costo Total 127.820 \$



— SILO	— ACOPIO	— S.TRANSITORIO
— PUERTO	— T.SECA	— T.HUMEDA

# Trilla Constante Igual al Promedio

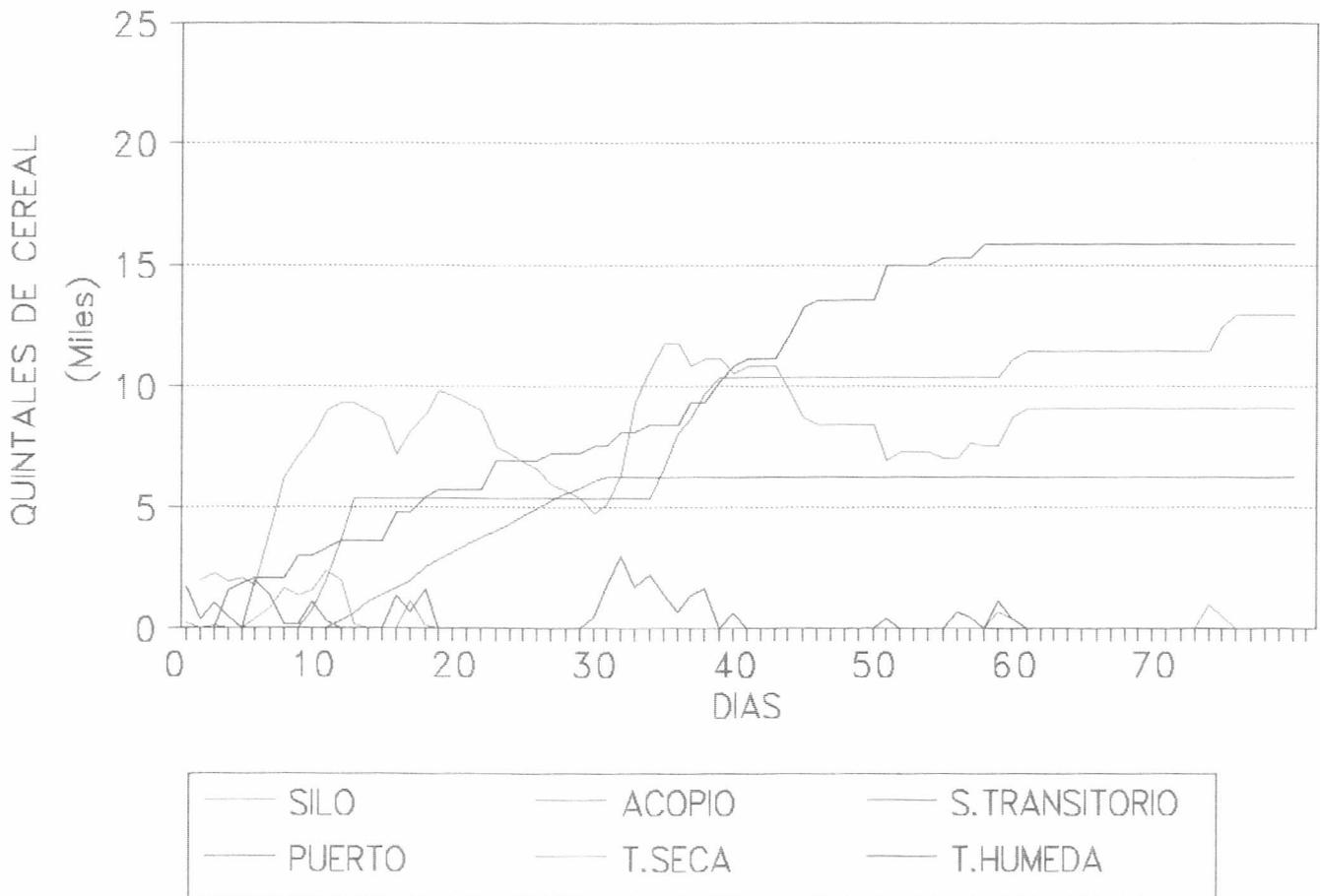
Costo Total 111.790 \$



— SILO	— ACOPIO	— S.TRANSITORIO
— PUERTO	— T.SECA	— T.HUMEDA

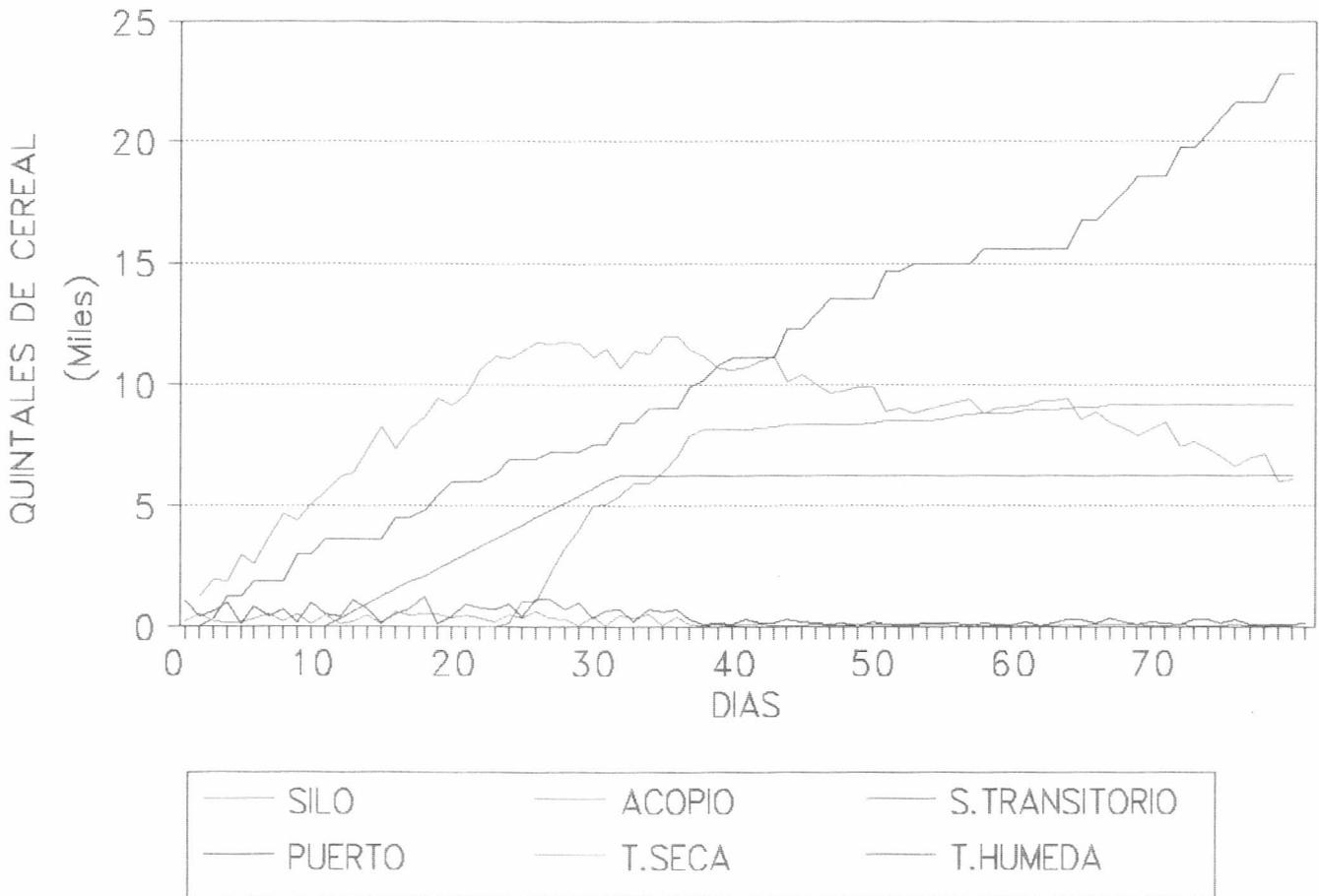
# Trilla Real Multi. por Nro Aleatorio

Costo Total 127.489 \$



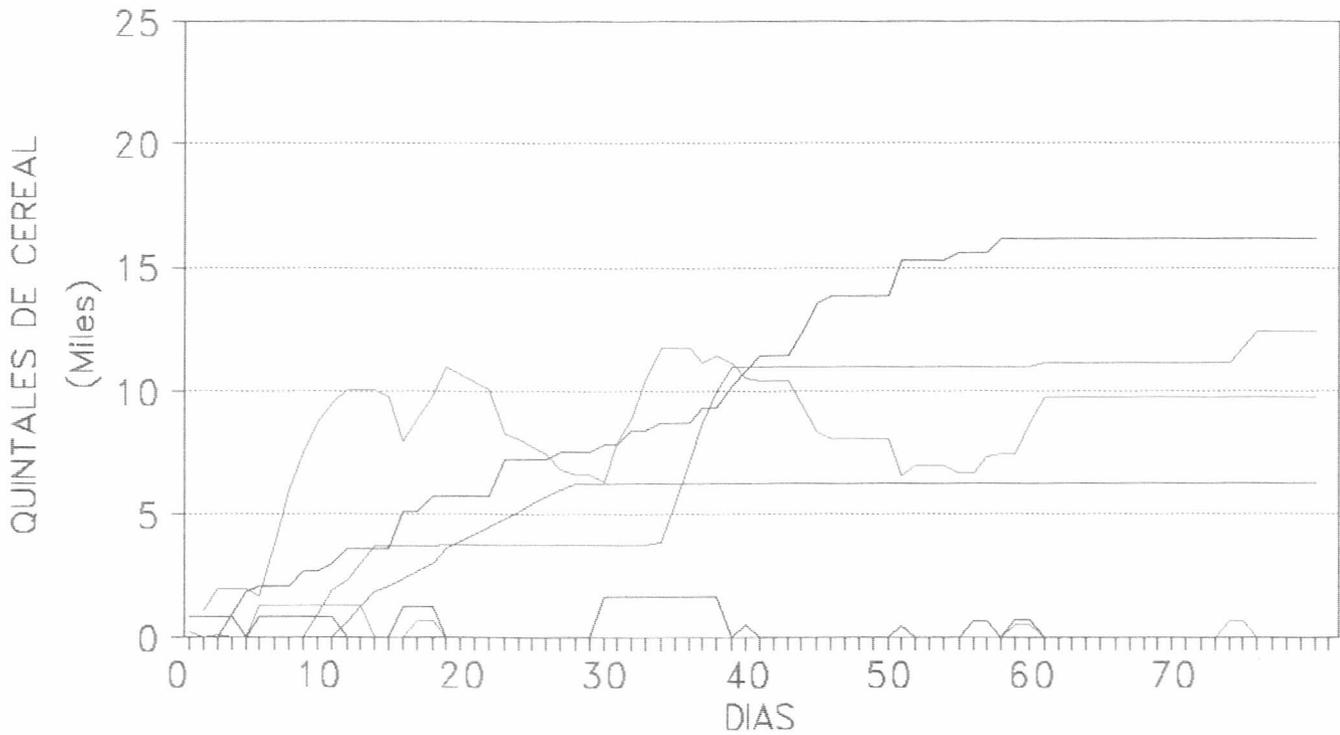
# T. R. Aleatoria Concentrada en Periodo

Costo Total 126.322 \$



# Trilla con Varios Escalones

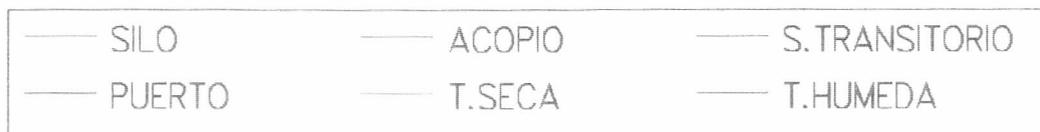
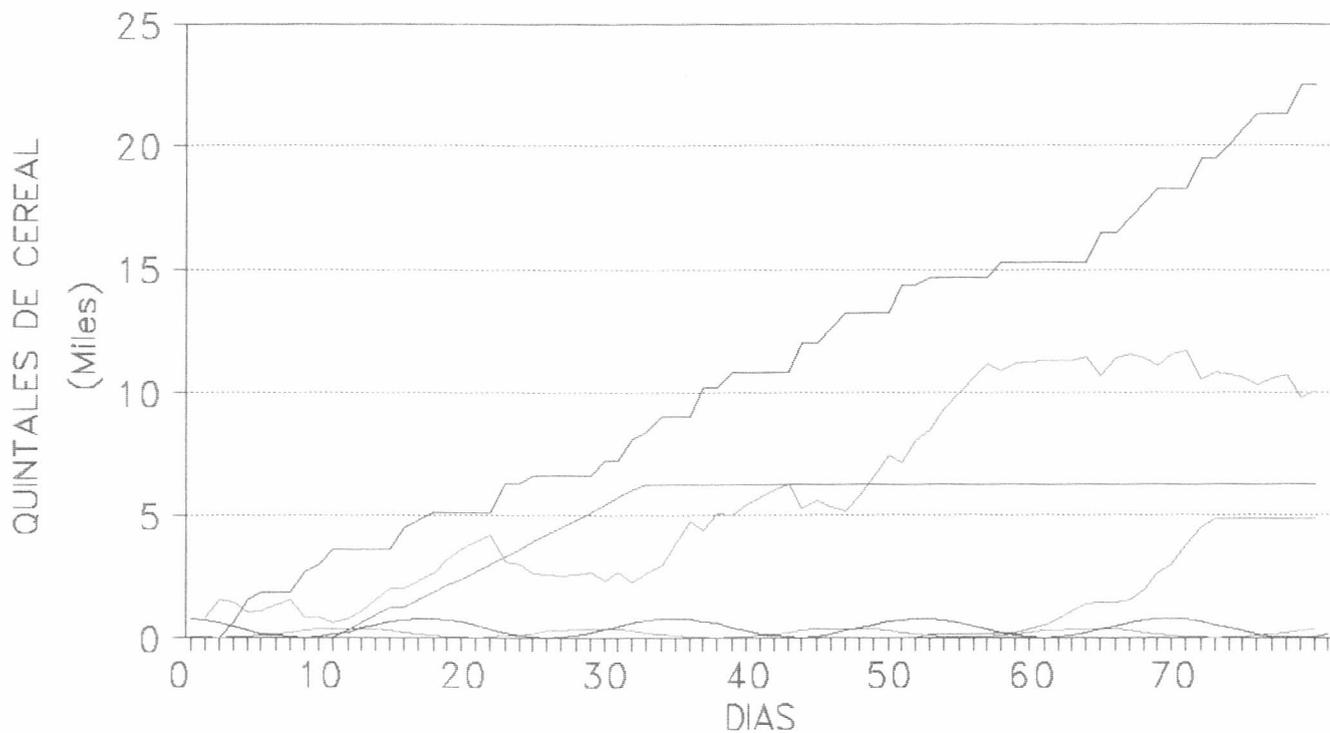
Costo Total 128.098 \$



— SILO	— ACOPIO	— S.TRANSITORIO
— PUERTO	— T.SECA	— T.HUMEDA

# Trilla Sinusoide

Costo Total 115.870 \$



## Conclusiones

-En base a los resultados obtenidos con los de datos perturbados correspondientes a las series 1ra , 2da , 4ta y 6ta , se puede verificar una buena propiedad de estabilidad frente a las fluctuaciones en los datos de entrada .

En cambio, si la secuencia de datos tiende a la promedio ( 3ra , 5ta y 7ta ) los resultados son disímiles , lo cual muestra la necesidad de disponer de datos reales ya que trabajar con una tasa promedio constante conduce a resultados falsos.

Por otro lado, este resultado también sirve de argumento para invalidar la aplicación de un método de programación lineal para optimizar los resultados económicos al cabo de una campaña , el cual opera en los valores promedios .

-Naturalmente el resultado final deseado es aquel el que maximiza el despacho a puerto y deja el silo lleno al máximo . De no haber fluctuaciones climáticas dicho objetivo es fácil de cumplir , como se ve en los resultados del modelo cuando se el ingresa una trilla promedio . Pero en la realidad las oscilaciones del clima repercuten en las entradas de cereal tanto en cantidad y como en calidad .

-Se logró construir un modelo dinámico para una cooperativa de cereal que se ajusta a la realidad .

-El sistema es evidentemente estable , ya que ante una considerable perturbación de sus datos de entrada , no se observan grandes diferencias en sus resultados . Esto da solidez a los resultados obtenidos , ya que la recopilación de los datos de la situación empírica tienen cierto error con respecto a la realidad , con lo cual se comprueba que el error ha de ser muy grande para llegar a alterar los resultados .

-Para las corridas del Análisis con Distintos Datos de Entrada calculamos la desviación estándar de los datos de entrada .

Tabla de Resultados de las Corridas :

Caso	Desviación	\$ de Costo
Nro	Standard	Final
Real	664	125.582 \$
1-Datos Suavizados c/Datos Vecinos	531	127.890 \$
2-Datos Trilla c/Picos mas Pronunciados	785	126.000 \$
3-Trilla Constante Igual al Promedio	0	111.790 \$
4-T.Real Multiplicada por Nro Aleatorio	653	127.489 \$
5-T.Real Aleatoria Concentrada en Período	325	126.322 \$
6-Trilla con Varios Escalones	564	128.098 \$
7-Trilla Sinusoide	275	115.870 \$

Se observa que a menor desviación Standard mas quintales transportados a puerto y por ende mejor costo final . Con lo que se puede concluir que a una trilla mas pareja en sus ingresos mayor serán las posibilidades de distribuir satisfactoriamente la producción .

El caso Nro 5 tiene un elevado costo final por mas de tener una baja desviación Standard . Esto se debe a los envíos de cereal húmedo al acopio .

-Los datos de la Trilla Suavizados c/Datos Vecinos tiene un costo mayor que Trilla c/Picos mas Pronunciados . El mayor costo de la serie se debe a que se concentran quintales en los últimos días de la trilla . Los últimos días de la trilla a menor disponibilidad de contratos a puerto .

## 6.-Cambios de Políticas en el Modelo

Con el fin de analizar si las decisiones adoptadas en la campaña anterior fueron razonablemente acertadas y si además hubiese sido posible aumentar el rendimiento económico de la explotación, se realizaron una serie de experimentos numéricos.

Se busca aumentar los despachos a puerto , para lo cual se estudia la utilización de la capacidad de transporte diaria a puerto.

Se observo que se dejan muchos quintales de transporte diarios sin usar y se deja cereal en silo para cargar, por falta de contratos. Para evitar la falencias anteriores, optimizamos el pedido de contratos y la disponibilidad de cereal en silos .

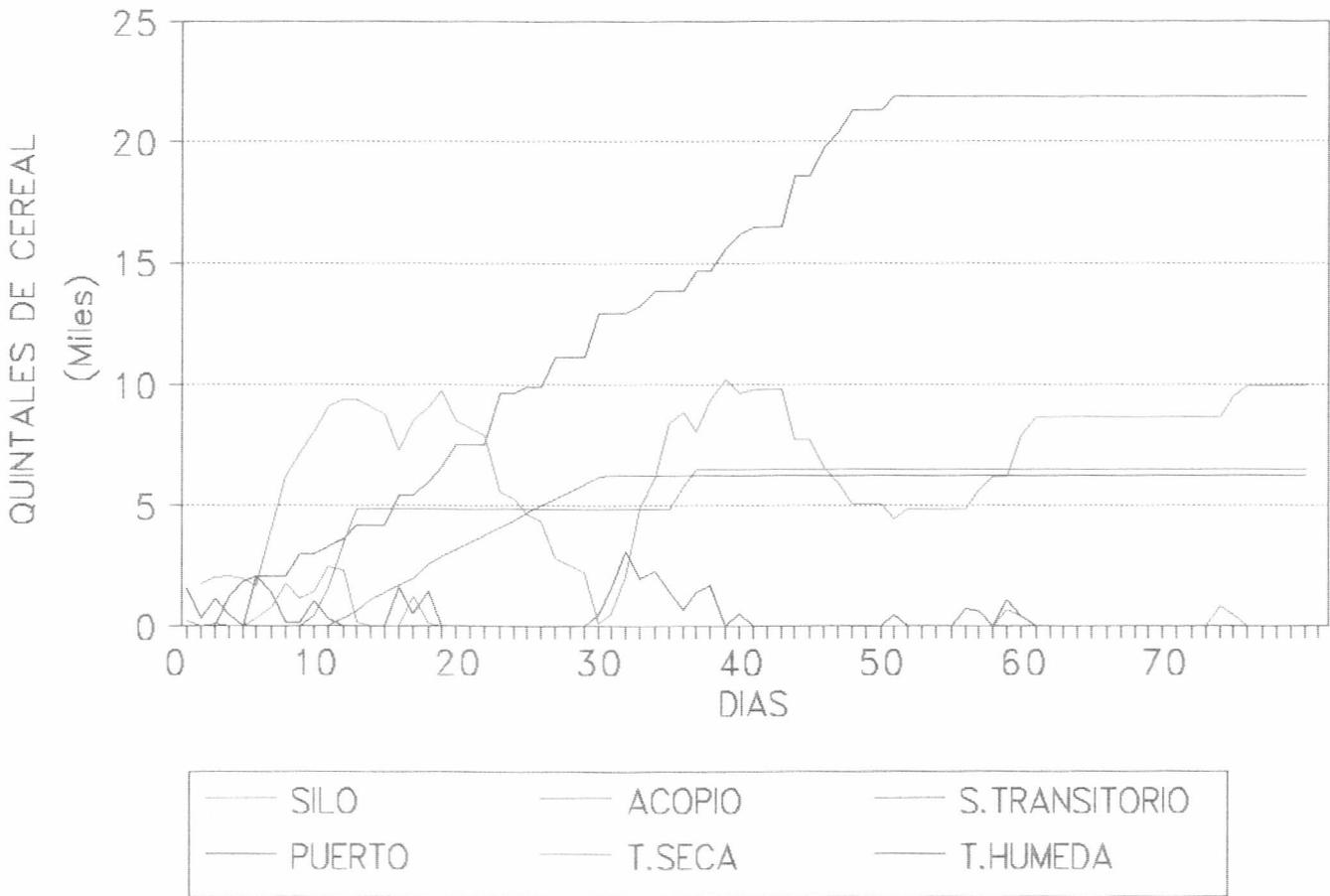
### A) MAS PEDIDOS DE CONTRATOS :

Se busca tener siempre contratos disponibles para cargar a puerto .  
(No se puede cargar a puerto sin el contrato respectivo) .

La nueva política de pedidos de contratos será la siguiente : si la cantidad de contratos disponibles es menor que la capacidad de quintales de transporte a puerto entonces se piden mas contratos .

# Mas Pedidos de Contrato

Costo Total 118.723 \$



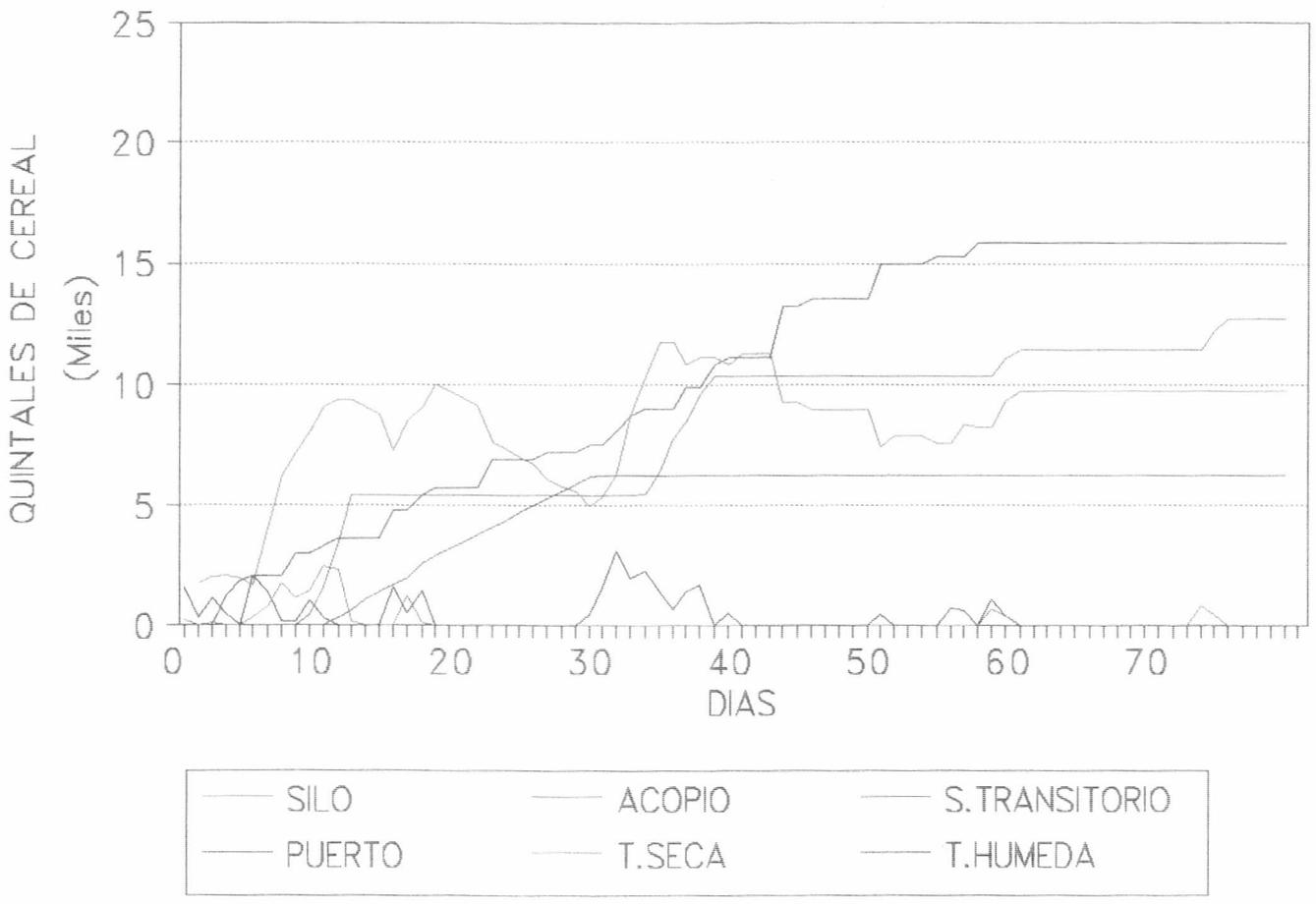
B) SE DEJA UN MÍNIMO EN EL SILO :

Los flujos de salida del silo se regulan de forma tal que dejen siempre un mínimo en el silo , de manera de tener siempre cereal seco para cargar al puerto .

Se define AUX1 como la mínima cantidad de quintales a conservar en el silo y se lo valúa en 350 qq . Al flujo TS\_ST ( TS\_ST : flujo de trilla seca a silo transitorio ) se le impone la restricción de no transportar nada si lo que hay en silo es menor al mínimo . El objetivo buscado es evitar que trilla seca vaya al silo transitorio.

# Se deja un mínimo en Silo

Costo Total 127.582 \$



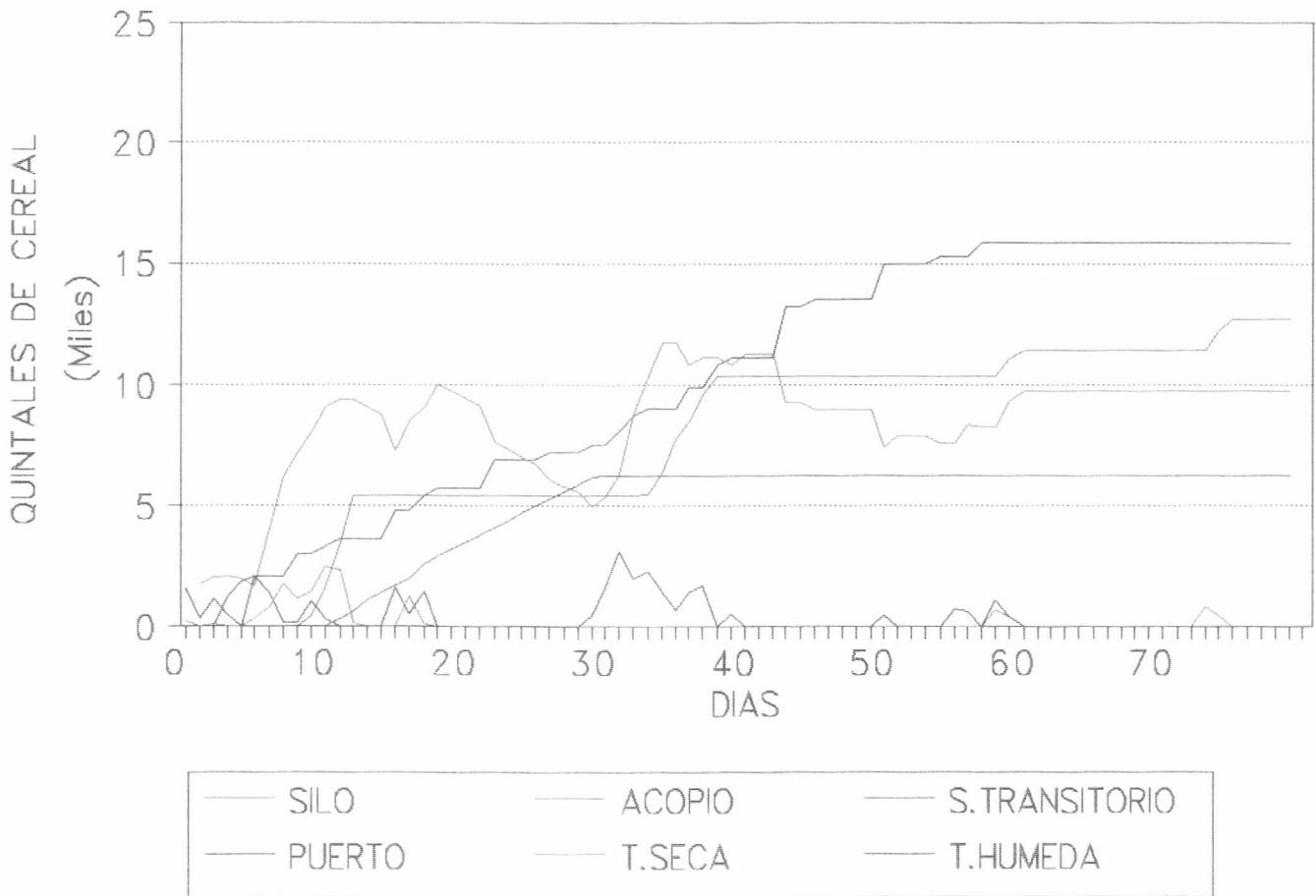
### C ) SILO SIEMPRE LLENO

El objetivo es mantener los silos propios siempre al máximo de su capacidad .

El flujo SH\_SI ( SH\_SI : flujo del silo húmedo por la secadora hacia el silo seco ) se activa solo si la capacidad libre en silo húmedo es menor a CAPT ( CAPT : constante , cantidad máxima que se puede trillar en un día ) . El flujo SH\_SI regula la cantidad de quintales que se secan . Al restringir el flujo SH\_SI se busca mantener lleno el silo húmedo , de forma de hacer un mejor uso de la capacidad de almacenamiento .

# Silo siempre Lleno

Costo Total 127.582 \$



D ) ENTREGA A PUERTO SIN CONTRATO

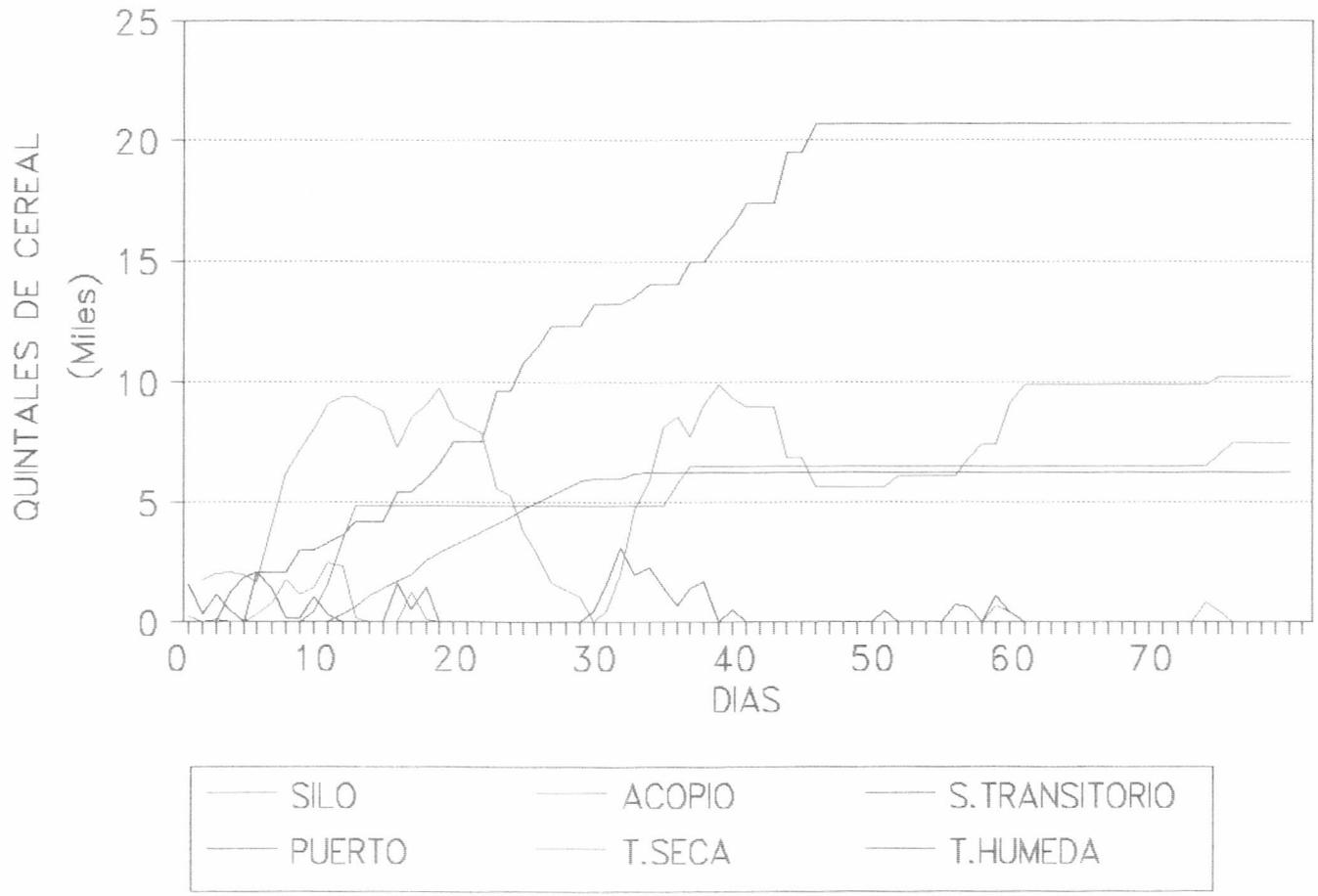
El objetivo es probar si la disponibilidad de contratos o el mínimo de transporte a puerto limitan los despachos a puerto .

En los flujos TS\_PU y SI\_PU ( TS\_PU : flujo de trilla seca a puerto y SI\_PU : flujo del silo seco al puerto ) se anulan las restricciones de disponibilidad de contratos y cantidades mínimas de despacho a puerto .

En la política original los flujos TS\_PU y SI\_PU tienen que tener contratos disponibles y además los flujos no podían ser menores a MIT ( TMIN : constante que representa el mínimo de transporte a puerto ) .

# Entrega a Puerto Sin Contrato

Costo Total 119.690 \$



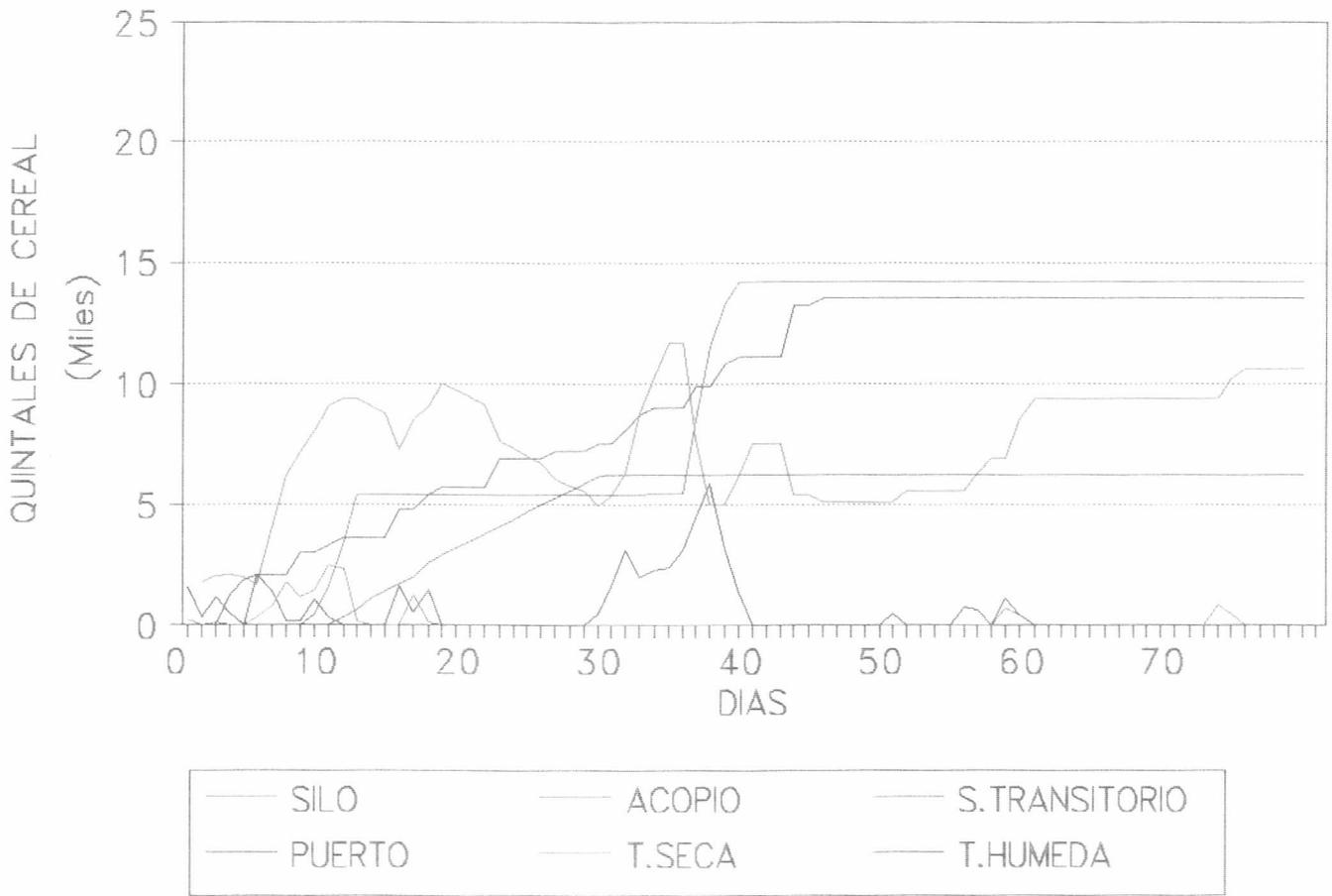
E ) NO SE MANDA CEREAL HÚMEDO A ACOPIO

El objetivo es mandar solo cereal seco al acopio . Mandar cereal húmedo al acopio tiene el costo de comercialización mas caro ( un 50 % mas caro que enviar cereal seco a acopio ) . El mayor costo , de mandar cereal húmedo a acopio , se debe a lo que cobra el acopio para secar el cereal .

Los flujos TH\_AH y SH\_AH ( TH\_AH : flujo de trilla húmeda a acopio húmedo , SH\_AH : flujo de silo húmedo a acopio húmedo ) se anulan . El objetivo de la anulación es el de pasar toda la producción por la planta de silo . Al anularse los flujos , los quintales húmedos son pasados por la secadora , para luego ser distribuidos como cereal seco .

# No se Manda Cereal Húmedo a Acopio

Costo Total 126.794 \$

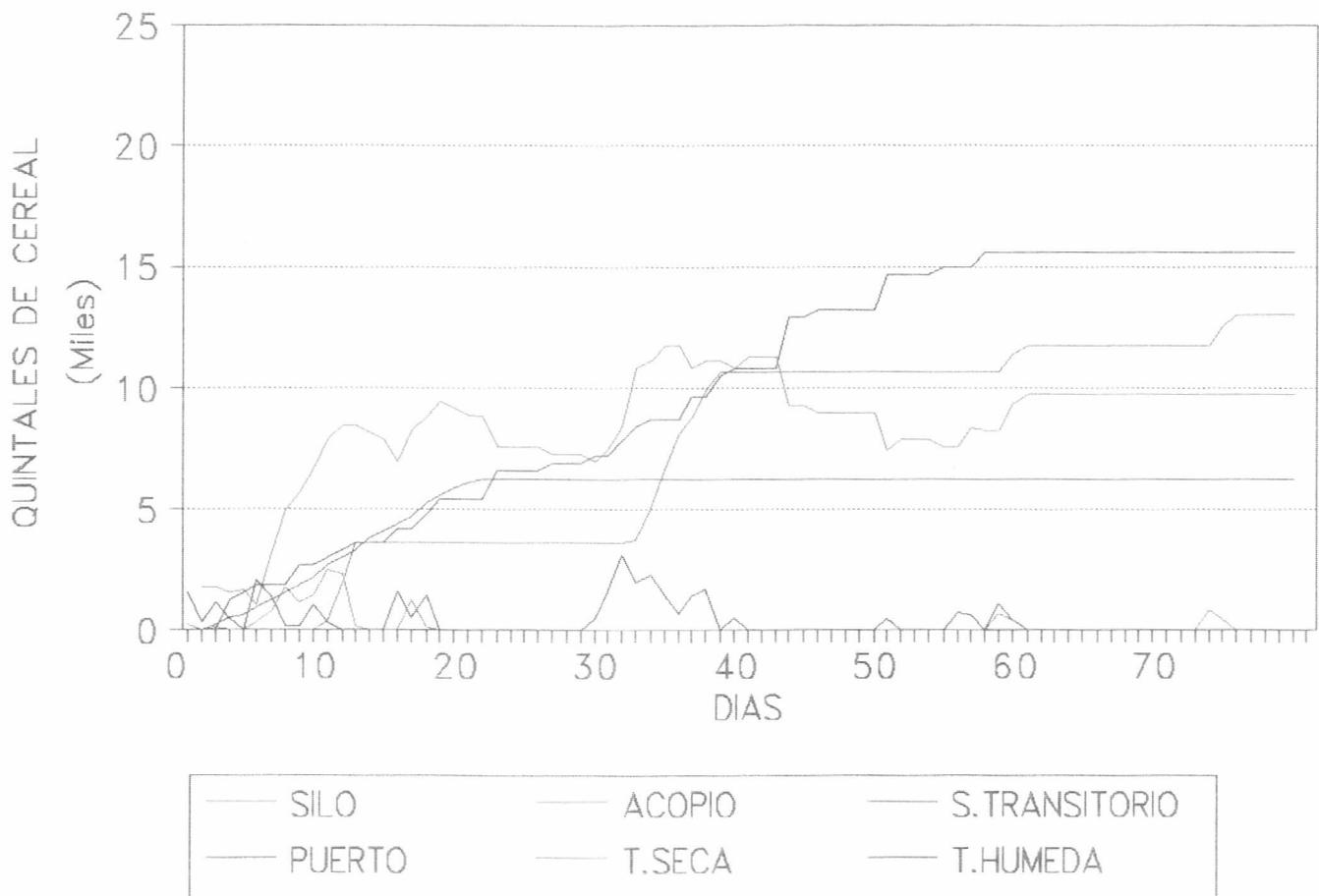


F ) SILOS TRANSITORIOS ARMADOS DESDE EL PRINCIPIO

En los flujos TS\_ST y SI\_ST ( TS\_ST : flujo de trilla seca a silo transitorio , SI\_ST : flujo de silo seco a silo transitorio) se eliminan las restricciones de esperar al día 10 para empezar a mandar a silos transitorios . En la política original se empezaba a almacenar en estos después del décimo día . Esto se debía a que se tardaba 10 días en armar los silos transitorios . Ahora suponemos que se arman y están listos antes de empezar la cosecha .

# S. T. Armados desde el Principio

Costo Total 128.785 \$



COMBINACIÓN DE POLÍTICAS

Se implementan políticas que son la unión de la anteriores políticas.

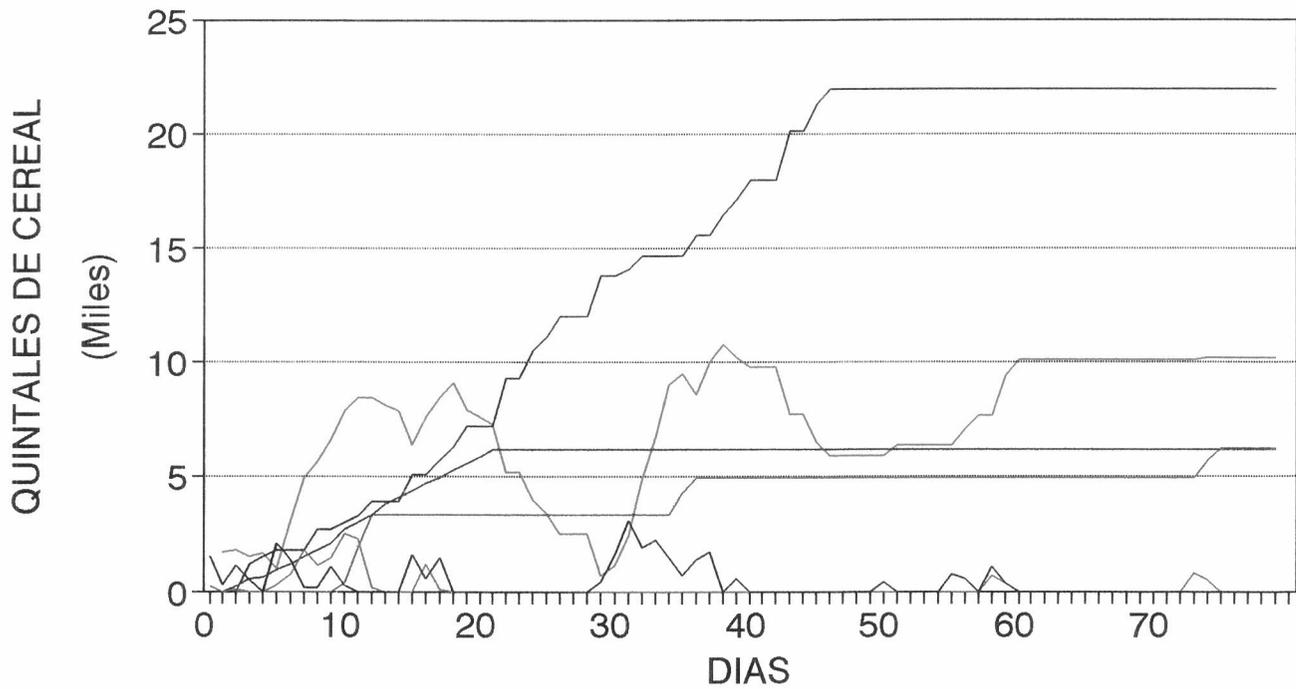
G) COMBINACIÓN DE POLÍTICAS E Y F

H) COMBINACIÓN DE POLÍTICAS B , E Y F

I) COMBINACIÓN DE POLÍTICAS A Y F

# Combinación de Políticas E y F

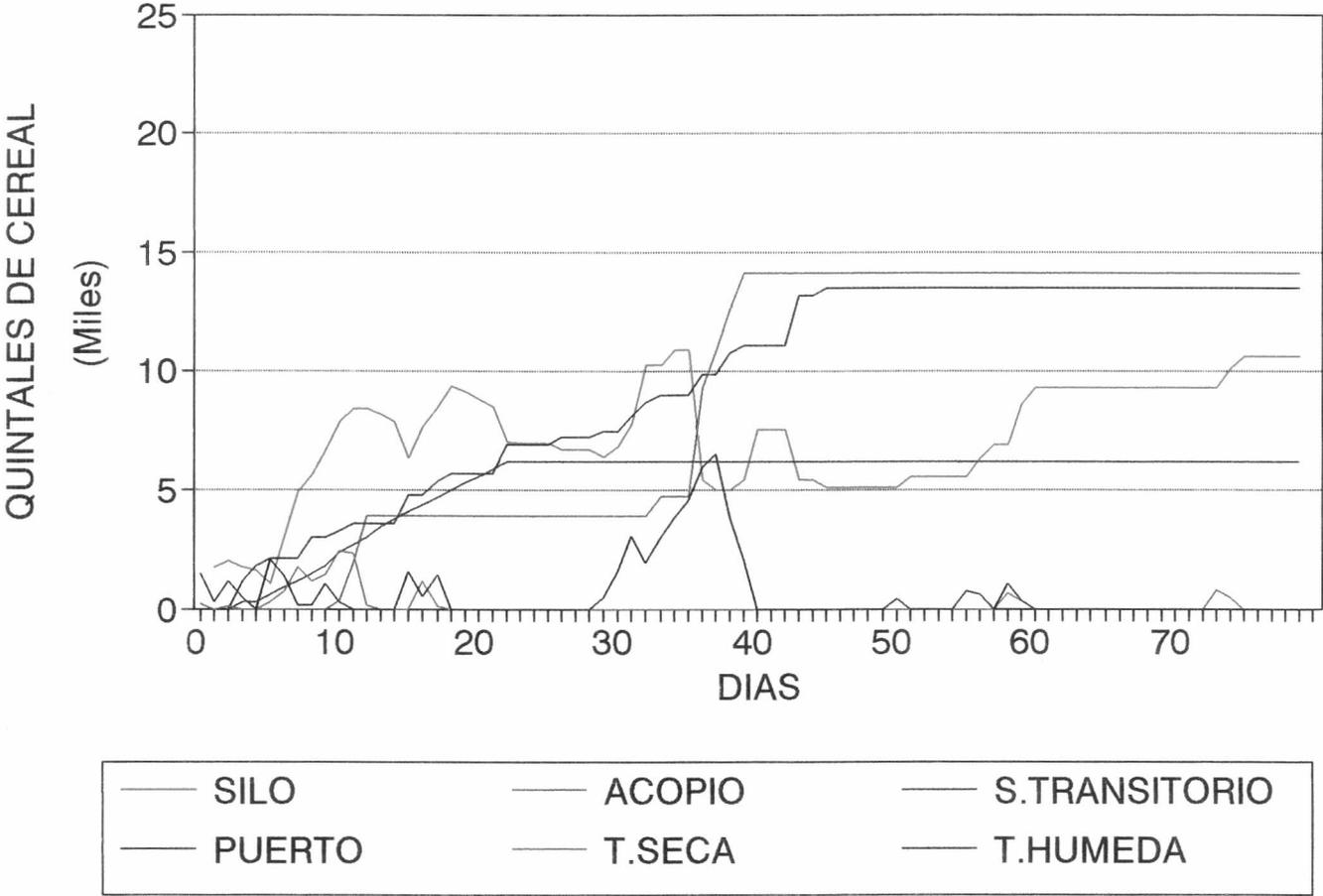
Costo Total 118.262 \$



— SILO	— ACOPIO	— S.TRANSITORIO
— PUERTO	— T.SECA	— T.HUMEDA

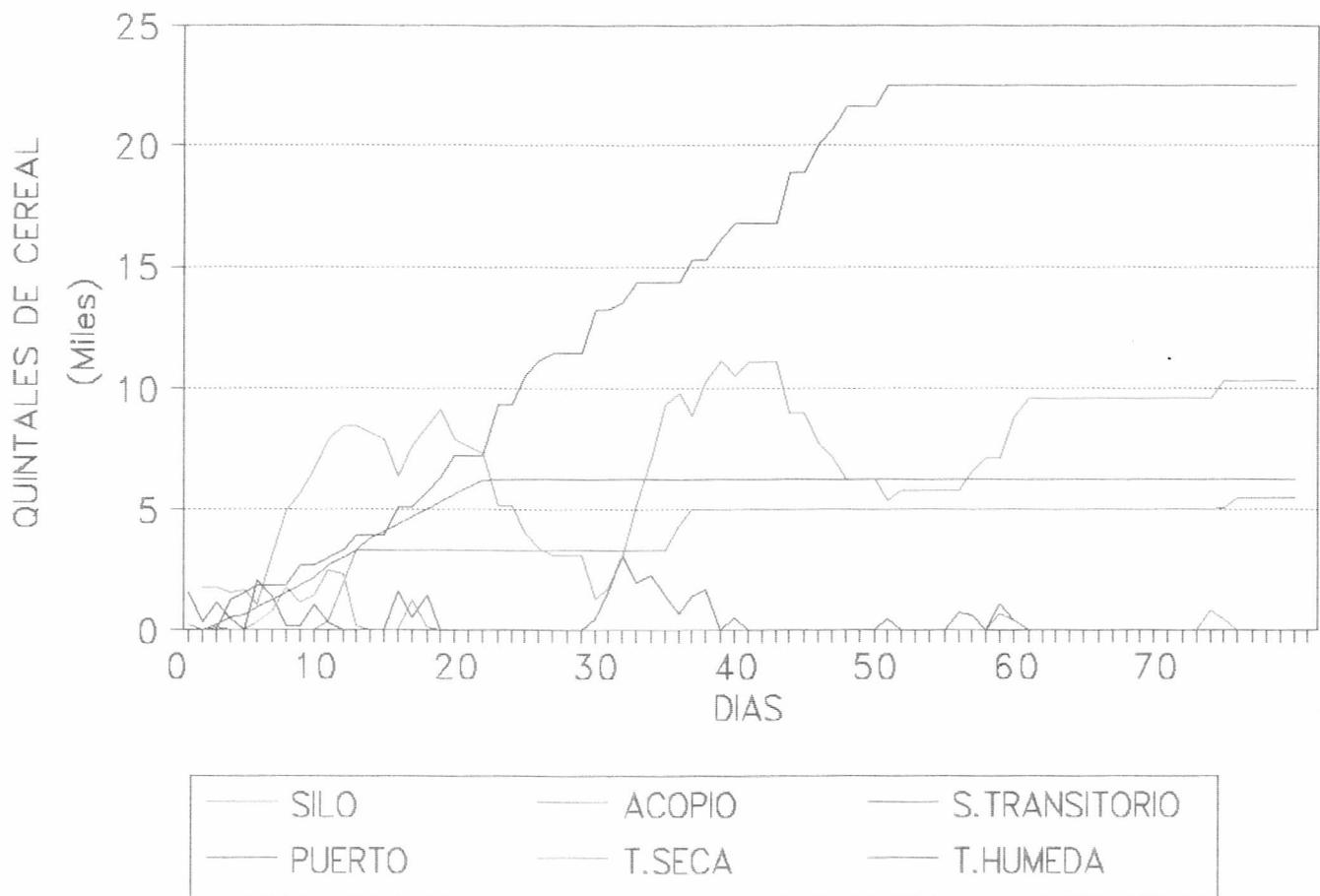
# Combinación de Políticas B , E y F

Costo Total 126.794 \$



# Combinación de Políticas A y F

Costo Total 117.334 \$



Anotaciones para los Gráficos

- SILO : Nivel acumulado de cereal seco y húmedo en el silo propio.
- ACOPIO : Nivel acumulado de cereal seco y húmedo en el acopio. -
- S.TRANSITORIO : Nivel acumulado de cereal seco en los silos transitorios propios.
- PUERTO : Nivel acumulado de cereal llevado a puerto.
- T.HÚMEDA : Trilla húmeda sin distribuir . Siempre se distribuye diariamente todo lo que se trilla , salvo en la política E , donde se excede la capacidad del silo húmedo .
- T.SECA : Trilla seca sin distribuir . Idem trilla húmeda.

Tabla de Resultados de las distintas políticas

POLÍTICA	\$COSTO
	TOTAL
MODELO SIN CAMBIOS	127.582 \$
A MAS PEDIDOS DE CONTRATOS	118.723 \$
B SE DEJA UN MÍNIMO EN EL SILO	127.582 \$
C SILO SIEMPRE LLENO	127.582 \$
D ENTREGA A PUERTO SIN CONTRATO	119.690 \$
E NO SE MANDA CEREAL HÚMEDO A ACOPIO	126.794 \$
F S.TRANSITORIOS ARMADOS DESDE EL PRINCIPIO	128.785 \$
G COMBINACIÓN DE POLÍTICAS E Y F	118.262 \$
I COMBINACIÓN DE POLÍTICAS A Y F	117.334 \$
H COMBINACIÓN DE POLÍTICAS B , E Y F	126.794 \$

## Conclusiones

-La disponibilidad de contratos es el factor mas importante para mejorar los resultados . Esto se concluye de las políticas D ENTREGA A PUERTO SIN CONTRATO y A MAS PEDIDOS DE CONTRATOS , que son las políticas de mas bajo costo .

-La política actual no esta lejos de obtener los resultados deseados , ya que la mejor política solo ha permitido una disminución del 5 % de los costos totales .

-La disponibilidad de carga desde el comienzo de la trilla aparece como un factor fundamental para aumentar los despachos a puerto . El alto costo de la política F se deberá a que al destinar cereal al silo transitorio no se dispone de cereal para cargar al puerto . Armar los silos transitorios desde el primer día además no trae una mejora evidente pues la cantidad trillada en los primeros días es muy baja .

- Si se quiere utilizar al máximo la capacidad de secado y almacenamiento se deben aumentar los medios de elevación . En la política E no se puede secar y transportar a acopio seco por la falta de medios de elevación .

-La política I obtiene mejores resultados que las políticas A y F , al usar la política I los silos transitorios en el momento de saturación de la planta evitando mandar cereal húmedo a acopio .

-El disponer de los silos transitorios en la política G permitio lograr los objetivos de la política F , sin tener trilla húmedo acumulada sin poder ubicarse .

APÉNDICE A LISTADO DE LOS PROGRAMAS Y ARCHIVOS DEL DISKETTE

Contiene el Diskette los Sigüientes Archivos

-Archivo ASCII con el contenido del diskette y los datos del autor

DIR.TXT

-Archivo ASCII con copio de lo entregado en papel

TESIS.TXT

-Fuentes Completos

ALGORITI.PRG : Algoritmo de resolución

ORDENAR.PRG : Valida la numeración de la matriz.

NUMEARAR1.PRG : Numera la matriz.

MODTRI.PRG : Promedia los datos de entrada o los maximiza

TRIDIANU.PRG : Completa la serie de datos con días en 0

-Bases de Datos

CONSTANTE.DBF : Constantes del Sistema

VECTOR.DBF : Datos de los objetos del modelo

MATRIZ.DBF : Datos de la Matriz del Modelo

TRIDIA.DBF : Datos de la Trilla Diaria

- BIBLIOGRAFÍA

[AIR/91]-Ecuaciones Diferenciales  
Frank Ayres , McGraw Hill , 1991.

[BRA/87]-Guide to Simulation  
Bratley , P 2da Ed 1987.

[EGL/77]-Ecuaciones Diferenciales Ordinarias y Calculo Variacional  
Elgolt , Mir Moscu 1977.

[FOR/72]-Dinámico Industrial  
Jay W.Forrester , Buenos Aires , El Ateneo , 1972 .

[GOR/80]-Simulación de Sistemas  
Gordon Geoffrey Dian Mexico 1980.

[HI192]-Analisis de Costo Beneficio en Cultivos de Verano ( Actual  
1990)  
HI192 , Inta , EEA Marcos Juarez

[HI198]-Analisis de Costo Beneficio en Cultivos de Verano ( Actual  
1991)  
HI198 , Inta , EEA Marcos Juarez

[HI263]-Evolución de los Costos de Comercializacion en Actividades  
Agrícolas ( 1994)  
HI263, Inta , EEA Marcos Juarez

[IES40]-Analisis del Riesgo de las Actividades Agrícolas Una  
Aproximación ( 1990)  
IES40 , Inta , EEA Marcos Juarez

[IE5]-Pronostico Climatico - LLuvias en Area de la EEA M.Juarez 1984  
IE5, Inta , EEA Marcos Juarez

[JNG/90]-Resolucion N\_ 35.333 (Diciembre 1990)  
Junta Nacional de Granos

[KOO/80]-Curso de Administración Moderna  
Koonz , O'Donnell , Mc Graw Hill , 1980

[KUA/66]-Juegos de Empresa  
Kaufmann , R Faure , A.Legarff , Editorial Universitaria Buenos Aires ,  
1966

[MAR/93]-Soja Siembra , Cosecha , Secado y Almacenaje  
Martelloto , Bragachini , Bonetto  
Inta , Argentina , 1993

[MEI/75]-Técnicas de Simulación en Administración y Economía  
Robert C Meieer , Willian T. Newell , Harold L. Pazer , Trillas , 1975.

[MIL/60]-Acuerdos Ejecutivos e Investigación de Operaciones  
David W Miller , Martin K. Staff , Printece-Hall , 1960

[MIL/81]-Análisis de Sistemas  
Mò Millan & Gonzale· , Trillas 81.

[PEI/93]-Economía de la Empresa Agropecuaria en Siembra Directa  
Roberto A. Peiretti , AAPRESID , 1993

[PT2]-Las LLuvias de M.Juarez II Probabilidad de Ocurrencia 1948--77  
PT2, Inta , EEA Marcos Juarez

[PT8]-Simulador de LLuvias P/Investigaciones  
PT8, Inta , EEA Marcos Juarez

[SAK/71]-Los Organigramas  
Saroka , Ferrari , Ediciones Machi , 1971

[TCO/94]-Tarifas Indicativas de Transporte Automotor  
Federación Cordobesa del Transporte de Cargas (FE.CO.T.A.C)

[TSF/94]-Tarifas Indicativas Transporte Automotor de Granos Santa Fe