

**METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN PARA PROBLEMAS DE
PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN EMPRESAS CON
PROCESOS POR LOTES CON EQUIPAMIENTO MULTIPROPÓSITO**

ROBERTO ALONSO VERGARA TAMAYO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
2006**

**METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN PARA PROBLEMAS DE
PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN EMPRESAS CON
PROCESOS POR LOTES CON EQUIPAMIENTO MULTIPROPÓSITO**

ROBERTO ALONSO VERGARA TAMAYO

**Trabajo de grado presentado como
requisito para optar el título de Ingeniero
Industrial**

Director Ing. Gustavo Alfredo Bula

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAL
2006**

TÍTULO: METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN PARA PROBLEMAS DE PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN EMPRESAS CON PROCESOS POR LOTES CON EQUIPAMIENTO MULTIPROPÓSITO.

AUTOR VERGARA TAMAYO, Roberto Alonso.**

PALABRAS CLAVES: Lotes, Scheduling, GAMS, Programación de producción, Tareas, Unidades, Puntos Evento, Estados, state-task network, Equipo Multipropósito, Tiempo Horizonte, Enrejado de Tiempo.

CONTENIDO:

Este trabajo presenta el desarrollo de un modelo matemático que representa el sistema de producción de la empresa RIKALAC S.A. basado en una formulación matemática para programación de producción que tiene como características fundamentales la discretización de un horizonte de tiempo de producción, mediante la utilización de unos puntos evento. El fraccionamiento de Tareas a partir de unidades multipropósito y la consideración de tiempo de procesamiento variable de cada unidad a partir de las cantidades procesadas.

Para el modelado de este proceso productivo, este trabajo presenta:

El estudio de los parámetros de proceso y sus datos de entrada.

La secuencia de elaboración de cada producto con sus estados iniciales, intermedios y finales.

Las relaciones que dan lugar a las restricciones en la formulación propuesta.

Posteriormente se procede a la codificación del modelo matemático en el lenguaje de modelado matemático GAMS, y el desarrollo de unas interfases para facilitar la interacción con el usuario final.

Por último se presenta el análisis de los resultados obtenidos por el modelo matemático, confrontados con periodos de producción reales de la empresa.

* Proyecto de Investigación.

* Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Directora Piedad Arenas.

**TITLE: METHODODOLOGY OF SOLUTION FOR PROBLEMS OF
PROGRAMMING OF THE PRODUCTION IN COMPANIES WITH
PROCESSES FOR BATCHS WITH EQUIPMENT
MULTIPURPOSE.**

AUTHORS: VERGARA TAMAYO, Roberto Alonso.**

**KEYWORDS: Batches, Scheduling, GAMS, Production programming, Tasks,
Units, Event Points, States, state-task network, Multipurpose
Equipment, Time horizon, Time Grid.**

CONTENT:

This work presents the development of a mathematical model that represents the system of production of the company RIKALAC S.A. based on a mathematical formulation for production programming that has as characteristic fundamental the discretización of a horizon of time of production, by means of the use of some points event. The division of Tasks starting from units multipurpose and the consideration of time of variable prosecution of each unit starting from the processed quantities.

For the modeling of this productive process, this work presents:

The study of the process parameters and their entrance data.

The sequence of elaboration of each product with their initial states, intermissions and final.

The relationships that give place to the restrictions in the proposed formulation.

Later on you proceeds to the code of the mathematical pattern in the language of modeling mathematical GAMS, and the development of some interfaces to facilitate the interaction with the final user.

to end it presents the analysis of the results obtained by the mathematical model, confronted with real periods of production of the company.

* Investigation project.

* Physic-Mechanical Faculty, School of Industrial and Managerial Studies. Directress Piedad Arenas

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

A Dios por permitirme tener conciencia de que las cosas existen.

A mi hijo Christian el mejor regalo que me ha dado la vida.

A mi madre por su amor y apoyo incondicional.

A mi padre por forjar la persona que soy ahora.

A Don Fredy y la Señora Elminia por su comprensión, colaboración y paciencia.

Roberto Alonso Vergara Tamayo.

A G R A D E C I M I E N T O S

El autor expresa su agradecimiento a:

- El ingeniero Gustavo Bula por su aporte y orientación profesional en este trabajo.
- La ingeniera Judith Gómez por su aporte en detalles técnicos.
- La ingeniera Betsy Caicedo por su colaboración en la empresa RIKALAC.
- Al ingeniero Israel Pedraza por su colaboración en el diseño de la interfase en Delphi y detalles de programación.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1 GENERALIDADES	2
1.1 ANTECEDENTES.....	2
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	2
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3 DESCRIPCIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO.....	4
1.4 LIMITACIONES DEL PROYECTO.	5
2 AMBIENTE DE DESARROLLO DEL PROYECTO	7
2.1 RESEÑA HISTÓRICA DE RIKALAC S.A.	7
2.2 MISIÓN RIKALAC S.A.....	9
2.3 VISIÓN RIKALAC S.A.	9
2.4 ESTRUCTURA ORGANICA DE LA EMPRESA	10
2.5 RECURSOS.....	13
2.6 PORTAFOLIO DE PRODUCTOS.....	16
2.7 DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS.....	20
2.8 CLIENTES.....	22
2.9 PROVEEDORES DE RIKALAC S.A.....	23
2.10 EMPRESAS COMPETIDORAS.....	24
2.11 CONTENIDO DEL INFORME.	27

3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	28
3.1 FUNDAMENTACIÓN GENERAL	28
3.1.1 DEFINICIÓN DE PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN.	28
3.1.2 DEFINICIÓN DE SISTEMA.....	30
3.1.3 FUNDAMENTACIÓN SOBRE SISTEMAS DE GESTIÓN.....	32
3.1.4 PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA.....	32
3.1.5 MODELO MATEMÁTICO.....	33
3.1.6 DEFINICIÓN DE SCHEDULING.....	34
3.1.7 CONCEPTOS BÁSICOS DE SCHEDULING.....	35
3.2 CONFIGURACIONES PRODUCTIVAS.....	38
3.3 FORMULACIÓN PROPUESTA.....	41
3.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA FORMULACIÓN.....	42
3.3.2 MODELO MATEMÁTICO.....	43
3.3.2.1 ÍNDICES:.....	43
3.3.2.2 CONJUNTOS:.....	43
3.3.2.3 PARÁMETROS.....	44
3.3.2.4 VARIABLES	44
3.3.3 CONSIDERACIONES INICIALES.....	45
3.3.4 ESTUDIO DE RESTRICCIONES.....	46
4 METODOLOGÍA UTILIZADA EN EL MODELADO Y PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA RIKALAC S.A.....	51
4.1 METODOLOGÍA.....	51
4.2 ETAPAS EN EL PROCESO DE MODELADO.....	51
4.2.1 ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA.....	52
4.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL ESTUDIO.	53
4.4 FORMULACIÓN Y PLANEACIÓN DEL MODELO.....	54

4.5 RECOLECCIÓN DE LOS DATOS.....	54
4.6 DESARROLLO DEL MODELO.	55
4.7 VALIDACIÓN DEL MODELO.	55
4.8 VERIFICACIÓN DEL MODELO.	56
4.9 CREDIBILIDAD DEL MODELO.....	56
4.10 EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.	57
4.11 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE RIKALAC S.A.	59
4.12 DIAGRAMA DE TAREAS Y PARÁMETROS DE PROCESO.....	63
5 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE RIKALAC S.A.....	84
5.1 CODIFICACIÓN DE LOS CONJUNTOS INVOLUCRADOS.	84
5.2 CODIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PROCESO.	86
5.3 DEFINICIÓN DE VARIABLES EN GAMS.....	91
5.4 DEFINICIÓN DE RESTRICCIONES EN GAMS Y SOLUCIÓN DEL MODELO.....	93
5.5 EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.	95
6 CONCLUSIONES DEL PROYECTO.	104
7 RECOMENDACIONES.....	107
8 BIBLIOGRAFÍA.....	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura organizacional RIKALAC S.A.....	12
Figura 2. Canales de Distribución de Productos.....	20
Figura 3. Relaciones entre validación verificación y credibilidad.....	57
Figura 4. Diagrama de proceso de producción leche pasteurizada.....	59
Figura 5. Diagrama de proceso de producción de derivados lácteos.....	60
Figura 6. Diagrama de proceso de producción de quesos.....	61
Figura 7. Diagrama ilustrativo de state-task network.....	62
Figura 8. Diagrama state-task network leche pasteurizada Light.....	71
Figura 9. Diagrama state-task network leche pasteurizada entera.....	72
Figura 10. Diagrama state-task network Agua saborizada.....	73
Figura 11. Diagrama state-task network Vikingo de agua.....	74
Figura 12. Diagrama state-task network Rikafresh.....	75
Figura 13. Diagrama state-task network Gelatina.....	76
Figura 14. Diagrama state-task network Yogurt Vaso.....	77
Figura 15. Diagrama state-task network Yogurt Bolsa.....	78
Figura 16. Diagrama state-task network Bebida láctea.....	79
Figura 17. Diagrama state-task network Vikingo de Yogurt.....	80
Figura 18. Diagrama state-task network Arequipe.....	81
Figura 19. Diagrama state-task network Kumis.....	82
Figura 20. Declaración de conjuntos del modelamiento en GAMS.....	84
Figura 21. Declaración de Parámetros de proceso.....	85
Figura 22. Tabla de proporción de estado producido desde la tarea (i).....	86
Figura 23. Importación de hojas de cálculo a GAMS.....	87
Figura 24. Interfase con el usuario.....	88
Figura 25. Hoja de cálculo creada en la interfase.....	89
Figura 26. Declaración de variables en GAMS.....	91

Figura 27. Secuencia de producción día 12 de septiembre 2006.....	97
Figura 28. Resultados del modelo matemático de GAMS para plan de producción 12 de septiembre.....	98
Figura 29. Secuencia de producción día 13 de septiembre 2006.....	99
Figura 30. Resultados del modelo matemático de GAMS para plan de producción 13 de septiembre.....	100
Figura 31. Secuencia de producción de leche pasteurizada.....	102

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Inventario de Equipos.....	14
Tabla 2. Portafolio de productos RIKALAC.....	18
Tabla 3. Empresas competidoras.....	25
Tabla 4. Estados del proceso.....	63
Tabla 5. Capacidad de procesamiento de las unidades.....	65
Tabla 6. Tiempo de procesamiento de las unidades.....	66
Tabla 7. Tareas del proceso.....	68
Tabla 8. Unidades de proceso.....	83
Tabla 9. Variables de GAMS.....	90
Tabla 10. Embalaje de las distintas presentaciones.....	94
Tabla 11. Requerimientos del mercado 12 septiembre.....	95
Tabla 12. Requerimientos del mercado 13 septiembre.....	95

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 01. Resultados del modelamiento matemático para programa de producción del día 12 de septiembre.

ANEXO 02. Resultados del modelamiento matemático para programa de producción del día 13 de septiembre.

ANEXO 03. Codificación en GAMS para programa de producción de 12 de septiembre.

ANEXO 04. Codificación en GAMS para programa de producción de 13 de septiembre.

INTRODUCCIÓN

El análisis de problemas de programación de la producción a corto plazo tiene como objetivo la determinación del plan de producción, utilizando los recursos disponibles en forma eficiente y cumpliendo con los requerimientos de producción en fechas establecidas. Surgen varios obstáculos cuando se intenta abordar este tipo de problemas en plantas que producen por lotes y en las cuales se elabora una gran cantidad de productos con pocas piezas de equipamiento multipropósito, debido al tamaño global del modelo resultante a resolver. Con el desarrollo de la tecnología informática y el mejoramiento de la eficiencia en el tiempo de procesamiento computacional el problema se torna menos complejo y se hace posible medir mediante técnicas cuantitativas el impacto de las decisiones antes de su ejecución, obteniendo mejores soluciones en el aprovechamiento de los recursos tiempo y materias primas disponibles.

El estudio y aplicación de modelamientos matemáticos eficientes para la programación de la producción proveen la plataforma para grandes ahorros reflejados en una buena producción programada dada la inherente flexibilidad de las plantas de producción con procesos por lotes¹.

¹ [M.G.IERAPETRITOU, T.S.HENE, C.A.FLODAS.] Effective continuous time formulation for Short-Term Scheduling problem of Plants Multipurpose batch processes. 1998

1 GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

El estudio de nuevas formulaciones matemáticas para la solución de problemas de programación de la producción ha sido en los últimos años de gran importancia en las plantas industriales de operaciones especialmente cuando aquellas tienen como característica que en su procesamiento de los lotes se hace con equipamiento multipropósito y en las cuales la programación de la producción no se apoya en ninguna herramienta de tipo tecnológico.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Los objetivos del proyecto se establecen a continuación.

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Estudiar, analizar y aplicar una metodología de solución para problemas de programación de la producción en la empresa RIKALAC S.A., representando su sistema productivo en un modelo práctico de optimización, que permita apoyar la toma de decisiones operativas.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos que persigue el proyecto son:

1. Caracterizar el sistema productivo de la empresa de derivados lácteos RIKALAC S.A. para la abstracción de un modelo

matemático que pueda ajustarse a las características esenciales de la formulación propuesta. Para crear una adecuada herramienta que sirva como apoyo a la toma de decisiones operativas basadas en estudios científicamente fundamentados en el área de investigación de operaciones.

2. Implementar la formulación propuesta definiendo el nivel de detalle apropiado del sistema, considerando todas las interrelaciones, elementos, eventos del sistema productivo real para su codificación en (GAMS).
3. Determinar los datos necesarios que deben asignarse y la forma de alimentarlos de manera que no afecte la estructura básica del modelo y que permita que la utilización de la herramienta por parte del usuario sea fácil, rápida y oportuna.
4. Evaluar el desempeño del modelo matemático en términos de ahorro de recursos, tiempo y materias primas.
5. Brindar un soporte sólido para apoyar la toma de decisiones de programación de producción, mediante la utilización de una herramienta que permita suministrar datos útiles y fiables acerca de secuencia de procesamiento y cantidades de material procesados en cualquier instante de tiempo, para el cumplimiento de los requerimientos de productos del mercado.

6. Brindar puntos de apoyo al desarrollo de proyectos posteriores relacionados con la optimización de procesos continuos que utilicen técnicas de programación eficiente.

1.3 DESCRIPCIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO.

El alcance del proyecto es el estudio y aplicación de una metodología para la programación de la producción en la empresa RIKALAC S.A., basada en la modelización matemática y el desarrollo de una herramienta prototipo que facilite la interfase entre el programa y el usuario.

El programa propuesto se validará en varios periodos de operación.

El trabajo propuesto esta basado en la representación de tiempos continuos basados en cortos términos de programación.² Y resulta en un problema de programación lineal entera mixta que será abordado con la utilización de el lenguaje de modelado matemático GAMS³, que es un lenguaje soportado por un paquete informático que permite especificar un problema de programación matemática independientemente del método de resolución asociado al mismo, en este caso es el CPLEX y una interfase de apoyo al usuario desarrollada mediante una conexión con el lenguaje Borland Delphi 7 que crea una hoja de cálculo en Excel de Windows para asignación de algunos parámetros del modelamiento.

² [UNIVERSIDAD DE PRINCETON, NEW JERSEY] Metodología desarrollada en el departamento de Ingeniería Química 1998.

³ General Algebraic Modeling System.

El alcance de este proyecto consiste en la elaboración de una herramienta para el soporte de decisiones con la aplicación de la formulación matemática propuesta en un proceso real de producción, en la empresa de derivados lácteos RIKALAC S.A. Esto se llevará a cabo analizando sus características esenciales recolectando datos e información referente a sus detalles fundamentales, identificando las variables, parámetros, aspectos controlables y no controlables, obteniendo una abstracción conceptual del proceso que represente sus características relevantes ya sea por observación directa o acudiendo al personal mas familiarizado, comprendiendo de manera integral las interacciones entre todos los componentes del sistema operativo para obtener un modelo lógico que nos permita conocer los aspectos de interés reales y que pueda ser codificado con la herramienta GAMS, para posteriormente analizar, verificar y validar los resultados obtenidos brindando un soporte firme al encargado de la toma de decisiones operativas. La aplicación de esta formulación matemática se llevará a cabo estudiando el proceso de producción de la empresa RIKALAC S.A. empresa líder en el oriente colombiano en la elaboración de productos lácteos.

1.4 LIMITACIONES DEL PROYECTO.

Las limitaciones más visibles son enumeradas a continuación:

1. Una de las limitaciones al tratar de abstraer conceptualmente un sistema productivo real, consiste en el gran tamaño del modelamiento resultante al tratar de plasmar los detalles que intervienen en este sistema. Incrementar

el nivel de detalle puede desviar el objetivo fundamental que se persigue y por el contrario una abstracción muy general puede que no refleje el funcionamiento real del sistema, estas limitaciones pueden no satisfacer las expectativas de los responsables de la toma de decisiones dentro de la empresa donde se desarrollará la herramienta.

2. El planteamiento del modelo matemático considera sólo un objetivo (maximizar) ganancia, mientras que en la mayoría de las organizaciones se busca el cumplimiento de múltiples objetivos.
3. Otra limitación importante que se hace visible en el desarrollo de este proyecto es el continuo cambio de especificaciones de la maquinaria de empaclado por diversos motivos como mantenimiento correctivo o adecuación para empaclado de otras referencias, dada la flexibilidad de estas máquinas, lo que hace necesario una actualización permanente de los conjuntos de tareas que puede hacer cada máquina en el modelo matemático.
4. El sistema empleado para el cálculo del margen de contribución se hace por prorrateo total, lo que imposibilita la asignación del parámetro (precio) individual de cada producto, que acompaña a la variable de decisión en la función objetivo. Por lo tanto es necesario establecer un estudio de costos dentro de la empresa para obtener el margen de contribución ponderado aproximado de cada producto en particular. Luego, es necesario capacitar al personal de coordinación de producción para que asigne dichos valores dentro los parámetros del modelo en GAMS después de desarrollarse el estudio pertinente.

2 AMBIENTE DE DESARROLLO DEL PROYECTO.

2.1 RESEÑA HISTÓRICA DE RIKALAC S.A.

RIKALAC S.A. nace el 1 de noviembre de 1996, como resultado de la alianza estratégica celebrada entre QUESANDER Ltda., empresa de una trayectoria de más de 30 años, dedicada a la producción de quesos y su comercialización, y la lechería LA CREMOSITA, compañía con más de 10 años de experiencia en el ramo de la recolección directa de leches en los hatos de Santander y el Sur del Cesar⁴.

Durante los siguientes años, RIKALAC S.A. fue obteniendo mayor posicionamiento y crecimiento en el mercado local, el cual demandaba una producción de 17.000 litros diarios en 1999. Debido a esto, la empresa decidió abrir una nueva agencia en la ciudad de Cúcuta, la cual fue constituida el 14 de abril de 1999, permitiendo así penetrar el mercado Norte Santandereano y aumentar el volumen de ventas a 30.000 litros diarios. Un año y cuatro meses más tarde, el 1 de octubre de 2000, nace la Agencia de San Gil.

Con el fin de proyectar a la compañía como una de las mejores en su industria, RIKALAC S.A. hace el lanzamiento de su nueva marca CREMYLECHE el 21 de abril de 2001, fijándose como meta a diciembre de ese año alcanzar un promedio de ventas de 4.000 litros diarios en Bucaramanga y 1.500 en la ciudad de Cúcuta.

⁴ Fuente RIKALAC S.A.

Continuando con su objetivo de penetrar nuevos mercados, el 1 de septiembre de 2001 RIKALAC S.A. abre una nueva agencia en Barrancabermeja y el 24 de junio de 2002 es catalogada como la decimonovena empresa más importante del país, según la edición No.159 de la Revista Dinero, con ventas de 15.000 millones de pesos, lo que la ubica como la segunda empresa pasteurizadora del oriente colombiano, después de Freskaleche.

El 1 de febrero de 2002, se consolida la alianza estratégica entre RIKALAC S.A. y COOLECHERA, con el fin de realizar la distribución de los productos de dicha empresa en todo el oriente colombiano, dando origen así a la séptima agencia, con el objetivo primordial de consolidar diez rutas nuevas en Bucaramanga y consolidar el canal de distribución de la compañía.

En el mes de Noviembre de 2003 RIKALAC S.A. inaugura su primer Centro de Acopio de Leche ubicado en inmediaciones del Municipio de La Esperanza, en plena zona lechera del Sur de Cesar, con miras a mejorar las condiciones de calidad en la recepción y transporte refrigerado de los 50.000 litros que diariamente procesa para el mercado de la Capital Santandereana.

Con fines de aumentar la participación en el mercado de las leches, RIKALAC S.A. compra el 8 de diciembre de 2004 dos marcas de leche pertenecientes a La Cooperativa Lechera de Santander (COLESAN Y DELILECHE) dando lugar a un incremento en el número de clientes y crecimiento en ventas.

Finalmente, el 6 de Mayo de 2004 RIKALAC S.A. hace realidad el desarrollo de sus nuevos productos, fruto de la Investigación de las necesidades del mercado, con el Lanzamiento de su Nueva Imagen y Nuevos productos

como el RIKY YOGURT VASO, RIKY YOGURT CON CEREAL, RIKY AREQUIPE, RIKY GELATINA, RIKAFRESH Y EL RIKY YOGO.

Número de empleados: Aproximadamente 160 empleados directos.

Capacidad de producción: En la actualidad la planta dispone de una capacidad de 6.400 litros/hora de producción de leche pasteurizada, se cuenta con: nueve máquinas empacadoras con un promedio de 1.980 unidades/hora, un equipo de pasteurización de un caudal de 12 litros/hora, un tanque de acero inoxidable con capacidad de 40.000 litros para almacenamiento de leche pasteurizada entera y 2 tanques adicionales con una capacidad de 1.000 litros cada uno para almacenamiento de leche pasteurizada Light.

2.2 MISIÓN RIKALAC S.A.

Somos una organización dedicada a la producción, distribución y comercialización de productos alimenticios en el oriente colombiano, comprometidos con el progreso, el desarrollo sostenible y la integridad de un equipo de trabajo que tiene el propósito de asegurar cada uno de los procesos definidos en nuestro Sistema de Gestión de Calidad, mediante la investigación y la innovación permanente, que nos permite alimentar con amor a nuestros clientes, cumpliendo las expectativas y necesidades de los mismos, “RAZÓN DE SER DE NUESTRA EMPRESA”.

2.3 VISIÓN RIKALAC S.A.

Consolidarnos en el año 2006, como una de las organizaciones empresariales del sector alimenticio con mayor crecimiento sostenido y reconocida por la calidad asegurada de sus productos y servicios.

2.4 ESTRUCTURA ORGANICA DE LA EMPRESA

Orgánicamente la Empresa RIKALAC S.A. se encuentra dividida de acuerdo a los cargos y funciones laborales que desempeñan los trabajadores que pertenecen a ella, por lo cual se hace necesario mostrar su estructura a través de su correspondiente organigrama.

La organización de Rikalac S.A. está conformada en el área directiva por la Junta de Socios, quienes son los fundadores de la compañía. Esta junta está representada por el Gerente General, el Presidente de la Compañía, el Gerente de Ingeniería y Proyectos, y el Gerente Administrativo y Financiero. En cuanto al área funcional, la empresa se encuentra dividida en cuatro grandes departamentos: Producción y Calidad, Ingeniería y Proyectos, Administrativo y Financiero, y Mercadeo y Ventas, todos los cuales dependen directamente de la Gerencia.

La figura 1 muestra la estructura organizacional de la empresa, en la cual se detallan las relaciones de autoridad y coordinación entre los diferentes cargos, así como los niveles jerárquicos que la caracterizan.

Departamento Producción y Calidad. Corresponde al área física de la planta donde se realizan los procesos de fabricación de los productos. A la cabeza de este departamento se encuentra un Gerente y un Director, quienes se encargan de la asignación de trabajos, del control de la producción, de la selección de personal operativo.

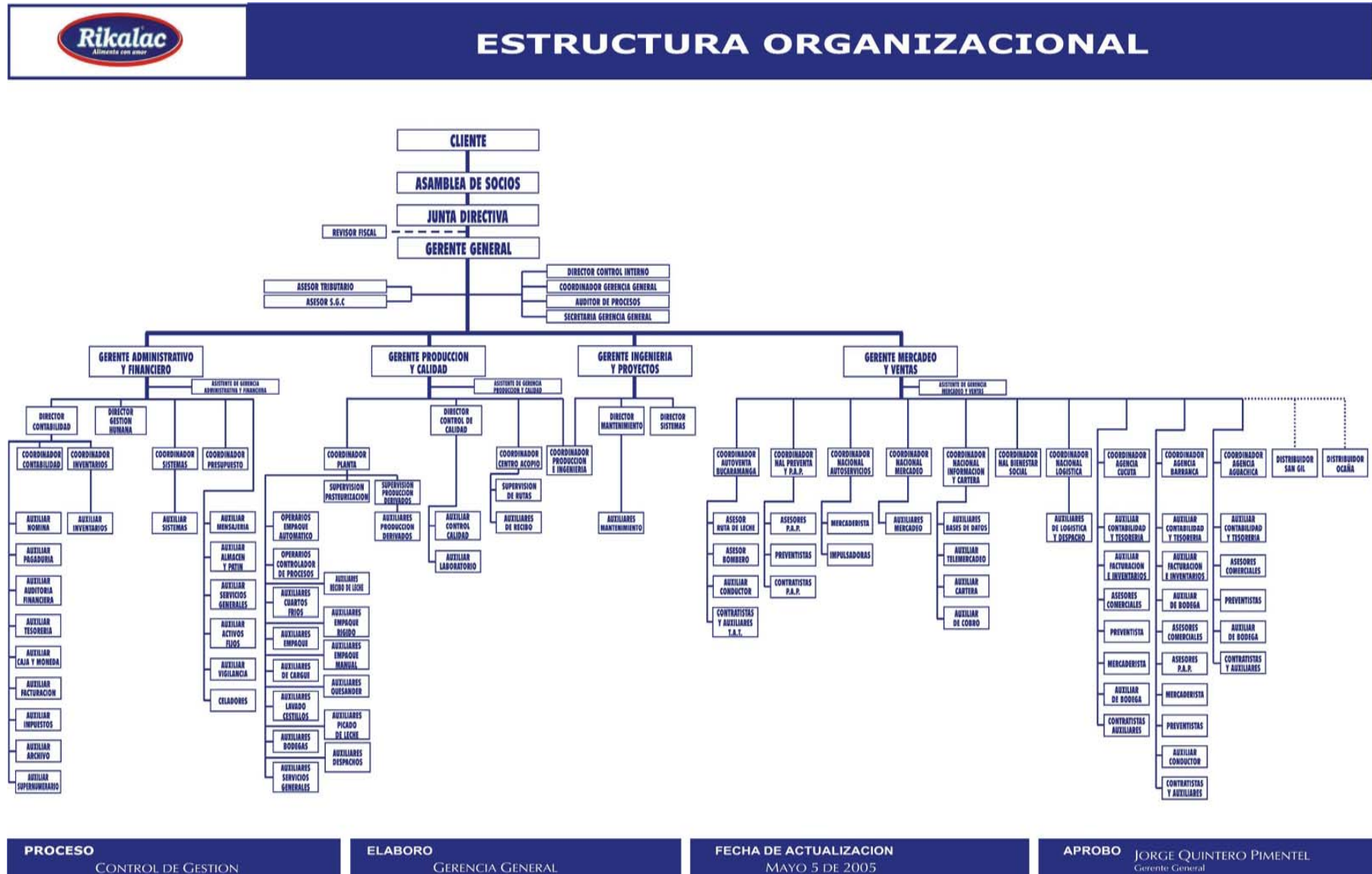
Departamento de Mercadeo y Ventas. Está encabezado por el Gerente de Mercadeo y Ventas, quien se encarga de garantizar la comercialización de

los productos de la Organización, logrando un mayor posicionamiento en los mercados actuales, así como la apertura de nuevos mercados.

Departamento de Ingeniería y Proyectos. Está encabezado por el Gerente de Ingeniería y Proyectos, quien se encarga de la consecución y planificación de los proyectos, el diseño y desarrollo de productos, además del mantenimiento general de la Organización.

Departamento Administrativo y Financiero. Es el área responsable del manejo general administrativo y contable, en cabeza del Gerente Administrativo que tiene a su cargo las secciones de Contabilidad, Tesorería, Personal, Costos, Compras y Almacén.

Figura 1.



2.5 RECURSOS.

Talento Humano. La empresa cuenta actualmente con un equipo de trabajo capacitado, conformado por 126 personas que se distribuyen de la siguiente manera:

ADMINISTRACIÓN:	32 Personas
PRODUCCIÓN:	48 Personas
VENTAS:	46 Personas

El personal que ocupa papeles administrativos tiene formación profesional, y gran experiencia en estos cargos. En cuanto a la parte operativa, a pesar que se cuenta con gran experiencia, no existe una formación técnica adecuada.

Infraestructura. Actualmente las instalaciones de la empresa están ubicadas, en la carrera 18 No. 11- 43 la sede administrativa y en la carrera 18 No. 13-33 la planta de producción.

Maquinaria Y Equipos. En la tabla 1, se relaciona el inventario de equipos con que cuenta la organización.

Tabla 1. Inventario de Equipos.

EQUIPOS				
ÍTEM	EQUIPO	CÓDIGO	FUNCIÓN	CAPACIDAD
1	Banco de hielo	RLC-BH1	Producir agua helada	50 HP
2	Banco de hielo	RLC-BH2	Producir agua helada	20 HP
3	Caldera	CAL-CD1	Producir vapor	20 HP
4	Caldera	CAL-CD2	Producir vapor	40 HP
5	Tolva de recepción	RLC-TR	Almacenar leche cruda	800 litros
6	Tolva de Yogurt	DER-TY		
7	Enfriador de placas	RLC-EP1	Enfriar la leche para almacenarla	10000 litros/hora
8	Enfriador de placas	RLC-EP2	Enfriar la leche para almacenarla	12000 litros/hora
9	Tanque vertical	RLC-TV1	Almacenamiento de leche cruda	21000 litros
10	Tanque vertical	RLC-TV2	Almacenamiento de leche cruda	21000 litros
11	Tanque vertical	RLC-TV3	Almacenamiento de leche cruda	40000 litros
12	Tanque vertical	RLC-TV4	Almacenamiento de leche cruda	18000 litros
13	Tanque vertical	ALP-TV5	Almacenamiento de leche Pasterizada	5000 litros
14	Tanque vertical	ALP-TV6	Almacenamiento de leche Pasterizada	5000 litros
15	Tanque horizontal	RLC-TH	Almacenamiento de leche cruda	6000 litros
16	Pasteurizador	PAS-PT1	Eliminar microorganismos de leche	4500 litros/hora
17	Pasteurizador	PAS-PT2	Eliminar microorganismos de leche	12000 litros/hora

EQUIPOS				
ÍTEM	EQUIPO	CÓDIGO	FUNCIÓN	CAPACIDAD
18	Envasadora mecánica	EMP-EM1	Empacar la leche en sus diferentes presentaciones	33 bolsas/min
19	Envasadora mecánica	EMP-EM2	Empacar la leche en sus diferentes presentaciones	32 bolsas/min
20	Envasadora mecánica	EMP-EM3	Empacar la leche en sus diferentes presentaciones	32 bolsas/min
21	Envasadora mecánica	EMP-EM4	Empacar la leche en sus diferentes presentaciones	32 bolsas/min
22	Envasadora mecánica	EMP-EM5	Empacar la leche en sus diferentes presentaciones	32 bolsas/min
23	Envasadora neumática (doble)	EMP-EN1	Empacar la leche en sus diferentes presentaciones	60 bolsas/min
24	Envasadora neumática	EMP-EN2	Empacar la leche en sus diferentes presentaciones	32 bolsas/min
25	Envasadora neumática	EMP-EN3	Empacar la leche en sus diferentes presentaciones	27 bolsas/min
26	Envasadora neumática	EMP-EN4	Empacar la leche en sus diferentes presentaciones	29 bolsas/min
27	Compresor aire	ALP-CA	Suministrar aire comprimido	120PSI, 12HP
28	Marmita cerrada	DER-MC1	Elaborar Yogurt	2500 litros
29	Marmita cerrada	DER-MC2	Elaborar Yogurt	2500 litros
30	Marmita abierta	IDP-MA	Elaborar Arequipe	400 litros
31	Cuarto frío	DES-CF1	Conservar los productos	

EQUIPOS				
ÍTEM	EQUIPO	CÓDIGO	FUNCIÓN	CAPACIDAD
32	Cuarto frío	DES-CF2	Conservar los productos	
33	Cuarto frío	DEC-CF3	Conservar los productos	
34	Cuarto frío	DEC-CF4	Conservar los productos	
35	Cuarto frío	DEC-CF5	Conservar los productos	
36	Planta eléctrica	RLC-PE	Suministrar energía	200 Kva. 500 Amp
37	Torre de enfriamiento	RLC-TE	Bajar temperatura a las bebidas lácteas	
38	Suavizador de agua	ALP-SA	Suavizar el agua para el pasteurizador y calderas	
39	Hidroflo	CAL-HF1	Suministrar presión de agua al pasteurizador	
40	Hidroflo	CAL-HF1	Suministrar presión de agua al pasteurizador	

Fuente. Rikalac s.a.

2.6 PORTAFOLIO DE PRODUCTOS.

RIKALAC S.A. cuenta actualmente con una amplia gama de productos lácteos, que se relacionan en la tabla 2.

LECHE PASTEURIZADA: Producto obtenido al someter la leche cruda a una adecuada relación de temperatura y tiempo para destruir su flora patógena y

la casi totalidad de su flora banal sin alterar de manera esencial ni su valor nutritivo ni sus características fisicoquímicas y organolépticas.




YOGURT: Producto obtenido a partir de la leche higienizada o de una mezcla higienizada de ésta con derivados lácteos, fermentado por la acción de *Lactobacillus Bulgaricus* y *Streptococcus Salivarius, thermophilus*, los cuales deben ser viables, abundantes y activos en el producto hasta el final de su vida útil.






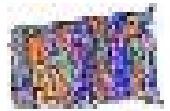
KUMIS: Producto obtenido a partir de la leche higienizada, coagulada por acción de *Streptococcus Lactis* o *Cremoris*, los cuales deben ser abundantes y viables en el producto final.

AREQUIPE: Es el producto higienizado obtenido por la concentración térmica de una mezcla de leche, sacarosa u otros azúcares naturales. El producto puede ser adicionado posteriormente con otras sustancias naturales.

QUESO FUNDIDO: Producto higienizado obtenido por molturación, mezcla, fusión y emulsión, con tratamiento térmico y agentes emulsionantes, de una o más variedades de queso y otros ingredientes derivados de la leche o de otros alimentos.

Tabla 2. Portafolio de productos RIKALAC.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS PRODUCTOS RIKALAC								
IMAGEN	NOMBRE GENÉRICO	NOMBRE TÉCNICO	NOMBRE DE MARCA	PRESENTACIÓN	TAMAÑO	SABOR	INGREDIENTES	EMPAQUE
	LECHES	LECHE ENTERA PASTEURIZADA	RIKALAC	UNIDAD	1000,900,500,450,250 ml.	CARACTERÍSTICO	Leche	Bolsa de Polietileno
		LECHE SEMIDECREMADA	RIKALAC	UNIDAD	1000 ml 500 ml	CARACTERÍSTICO	Leche	Bolsa de Polietileno
	YOGURT	YOGURT ENTERO	RIKI YOGURT	DISPLAY X 6 UNID	200 ml	FRESA / MORA / MELOCOTÓN	Leche entera higienizada Azúcar Cultivos lácticos, Saborizantes y Colorantes artificiales permitidos	Bolsa de Polietileno Baja Densidad
		YOGURT ENTERO	RIKI YOGURT	DISPLAY X 8 UNID	125 ml	FRESA / MORA / MELOCOTÓN	Leche entera higienizada Azúcar Cultivos lácticos, Saborizantes y Colorantes artificiales permitidos	Bolsa de Polietileno Baja Densidad
		YOGURT ENTERO	RIKI YOGURT VASO	UNIDAD	150 g	FRESA / MORA / MELOCOTÓN	Leche entera higienizada Azúcar Cultivos lácticos, Saborizantes y Colorantes artificiales permitidos Leche en polvo Proteína de leche Cereal Mermelada de frutas (Mora, fresa y melocotón)	Vaso en polietileno de alta densidad con tapa Foil
				DISPLAY X 3 UNID				
YOGURT ENTERO	RIKI YOGURT CEREAL	UNIDAD	150 g	NATURAL	Leche entera higienizada Azúcar Cultivos lácticos, Leche en polvo, Proteína de leche Cereal	Vaso en polietileno de alta densidad con tapa Foil		
		DISPLAY X 3 UNID						
	QUESO	QUESO ENTERO	RIKALAC	UNIDAD	350 g	CARACTERÍSTICO	Leche entera higienizada fresca Leche entera higienizada con acidez superior a 0.4% acido láctico Cuajo Sal	Bolsa de Polietileno
					150 g			

	BEBIDA LÁCTEA	BEBIDA DE YOGURT	RIKI YOGO	UNIDAD	1000 ml	FRESA / MORA / MELOCOTÓN	Leche entera higienizada Azúcar Cultivos lácticos (<u>S. thermophilus</u> , <u>L. bulgaricus</u>) Saborizantes y Colorantes artificiales permitidos Proteína de Leche Carboxi metil celulosa	Bolsa de Polietileno Baja Densidad
				DISPLAY X 6 UNID	200 ml			
		VIKINGO DE YOGURT	ENERGITRON	DISPLAY X 35 UNID	60 ml	FRESA / MORA / MELOCOTÓN	Leche entera higienizada Azúcar Cultivos lácticos (<u>S. thermophilus</u> , <u>L. bulgaricus</u>) Saborizantes y Colorantes artificiales permitidos Proteína de Leche Carboxi metil celulosa	Bolsa de Polietileno Baja Densidad
	AREQUIPE	AREQUIPE	RIKI AREQUIPE	DISPLAY X 6 UNID	50 g	CARACTERÍSTICO	Leche entera higienizada Azúcar Bicarbonato de Sodio Acido Benzoico Acido Sórbico Citrato de Sodio	Rígido de polietileno
				DISPLAY X 12 UNID	50 g			
				UNIDAD	250, 500, 1000, 5000 gr			
	GELATINA	GELATINA	RIKI GELATINA	UNIDAD	120 g	FRESA / MORA / UVA / CHICLE	Agua Azúcar Acido sórbico Gelatina Citrato de Sodio Colorantes y Saborizantes Artificiales permitidos	Rígido de polietileno
				DISPLAY X 3 UNID				
	REFRESCO	REFRESCO CONCENTRADO DE NARANJA	RIKAFRESH	DISPLAY X 6 UNID	200 ml	NARANJA	Agua Azúcar Goma Xantham Acido Sórbico Acido Benzoico Concentrado de Naranja Amarillo N° 6 C.I 15985 Enturbiante Líquido	Bolsa de Polietileno Baja Densidad
	AGUAS	AGUA SABORIZADA	EL ROCÍO	DISPLAY X 20 UNID	150 ml	CEREZA / PIÑA / LIMÓN VERDE / MANZANA	Agua Azúcar Endulzante (Sweet 22) Acido Sórbico Carboxi metil celulosa Colorantes y Saborizantes Artificiales permitidos	Bolsa de Polietileno Baja Densidad

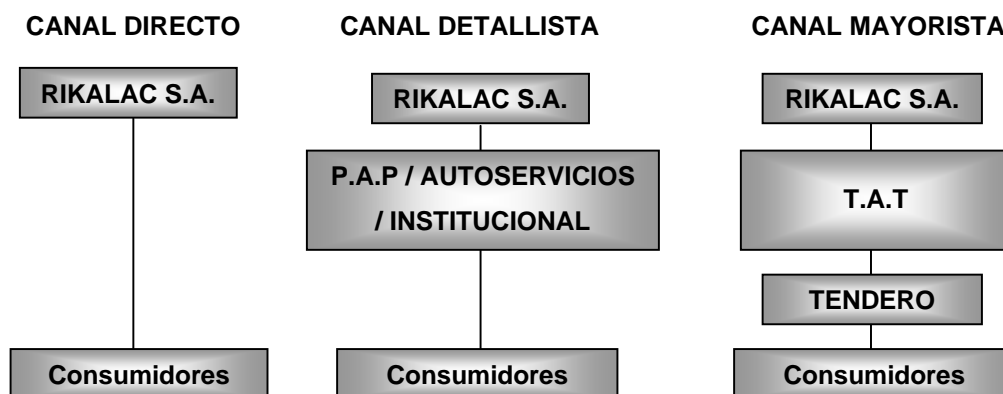
Fuente: RIKALAC S.A.

2.7 DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS.

Como estrategias de distribución se incluyen la administración del canal o canales para la transferencia de los productos desde el fabricante al comprador final pasando en algunos casos por intermediarios, como los mayoristas y detallistas.

Los canales de distribución que emplea Rikalac S.A. para llevar sus productos a los consumidores finales se muestran en la figura 2.

Figura 2. Canales de Distribución.



Canal Directo. Venta directa a los consumidores finales en ferias, eventos, ventas facturadas desde la planta, a través del telemercadeo, contactos telefónicos, compras realizadas directamente desde el hogar por el catálogo de productos, actividades direccionadas desde el área de mercadeo de la empresa.

Canal Detallista. Este canal incluye P.A.P., autoservicios e institucional.

- *P.A.P.* Puerta a Puerta es el medio por el cual la organización entrega sus productos al consumidor final. El canal esta conformado por distribuidores motorizados que diariamente entregan en los hogares los productos. En este canal no se permiten devoluciones de producto. En este canal se pueden trabajar diversos programas dirigidos al consumidor final como: programas en conjuntos residenciales y programas sectorizados.
- *Autoservicios:* Este canal es un detallista grande al que Rikalac S.A. le vende sus productos con descuentos comerciales, es la mejor vitrina de marca y de imagen para ofrecer y mostrar a los consumidores finales los productos que se han logrado codificar como leches, quesos, yogures, gelatinas y arequipes.

Es necesario para la distribución de los productos a través de este canal disponer de la exclusividad de un vehículo con furgón identificado con la imagen de Rikalac, además un equipo de mercaderistas e impulsadoras dotadas con material P.O.P e imagen corporativa.

- *Institucional:* Este es un canal de trascendencia y muy importante en los volúmenes de venta para la organización. El producto se ofrece a través del personal de ventas directamente a colegios, instituciones, hogares de bienestar, hospitales, hoteles entre otros para que a su vez éstos los ofrezcan, vendan y transformen.

Canal Mayorista. Este canal incluye T.A.T distribuido por autoventa y ofrecido por preventa.

- *T.A.T :* Tienda A Tienda.

- *Distribuido por Autoventa*, está conformado por los contratistas quienes facilitan el movimiento de los productos de Rikalac S.A.(lácteos y entrega de derivados) desde la empresa hasta el tendero. Es el canal con mayor número de distribuidores de la organización (58%). Los clientes principales de este canal son los tenderos aunque también venden a clientes institucionales como los hogares de bienestar. El canal cuenta con el apoyo del equipo de ventas de la organización constituido por coordinadores, vendedores, asesores comerciales, auxiliares y mercadeo.
- *Ofrecido por preventa*, es decir, por el quipo de preventistas de la organización quienes con frecuencia dos deben visitar semanalmente a los clientes de las tiendas dos veces por semana como contacto mínimo para la solicitud de compra de producto y atención a quejas y sugerencias. La preventa comercializa y distribuye los productos derivados de la leche. Se debe disponer de un vehículo exclusivo para la entrega de los productos cuando no se pueden entregar a través de los contratistas o distribuidores.

2.8 CLIENTES.

Dentro de los clientes de RIKALAC S.A. se encuentran:

Clientes Reales. Son los que compran un promedio de 10 Litros de leche diarios.

Clientes Familiares. Los que compran 5 o menos Litros de leche diarios.

Clientes Potenciales. Son el mercado consumidor de leche independientemente de la marca del producto.

Clientes Esporádicos. Son los que compran leche una vez a la semana.

Clientes Compartidos. Son los que dejan otras leches a parte de RIKALAC.

Clientes Exclusivos. Únicamente dejan la leche RIKALAC.

Clientes Institucionales. Persona jurídica o entidad comercial, que se considere legalmente constituida y que cumpla todos los requisitos que la ley exige para su funcionamiento.

2.9 PROVEEDORES DE RIKALAC S.A.

Materia Prima (Leche). Los proveedores de materia prima (leche cruda), son los hatos y fincas ubicadas en su gran mayoría en el municipio de San Alberto, San Martín, San Rafael y bajo Río negro, Bogotá, Medellín, Zipaquirá.

Insumo Plástico.

- **Lactopack:** Plástico para leche pasteurizada y yogurt.
- **Prepack:** Plástico para leche pasteurizada, yogurt y bebida láctea.
- **Plastilele:** Plástico para leche pasteurizada.
- **Carlixplast:** Plástico doble crema y para bolsa de reempaque.

Insumos para Producción.

- **Rhodia:** Cultivos lácticos para producción de yogurt y bebida láctea.
- **Lactolife:** Cultivos lácticos para producción de yogurt y bebida láctea.
- **Precooperativa Nápoles:** Azúcar.
- **Levapan:** Colorantes.
- **Químicos Panamericanos y Sukin Ltda.:** Benzoato, Bicarbonato, Ácido Cítrico, CMC y Solvato.

Insumos para Limpieza y Desinfección de Máquinas.

- **Detergentes S.A.:** Detergentes.

- **Unicor:** Ácido Nítrico.
- **Purificadores de Agua:** Soda Cáustica.
- **Rapidin y Farmaland:** Desinfectantes para maquinas.



Reactivos.

- **Quimisander:** Alcohol Etílico.
- **Prolar y Arquilab.**
- **Annar.**
- **Laboratorios Bacón.**

2.10 EMPRESAS COMPETIDORAS.

RIKALAC S.A. compite directamente con las empresas Freskaleche, Lechesan y Colanta en la región del nororiente colombiano, porque sus productos son similares a los de RIKALAC S.A. otras empresas como Alpina, Alquería, Parmalat y Nestlé ofrecen también competencia a nivel nacional e internacional pues ofrecen productos sustitutos que pueden encontrarse en el mercado regional y satisfacen la misma necesidad que los productos RIKALAC. En la tabla 3 se detallan cada una de las marcas competidoras de RIKALAC en el ámbito regional:

Tabla 3. Empresas competidoras.

MARCA	COBERTURA	HISTORIA	PORTAFOLIO DE PRODUCTOS	PUBLICIDAD Y CANALES DE DISTRIBUCIÓN
	<p>SANTANDER, NORTE DE SANTANDER Y SUR DEL CESÁR</p>	<p>15 AÑOS</p>	<p>Leche Entera, Light, 12 días, Larga vida, Yogurt, Yogurcito, Yogurcito Loncherin, Trikis, Yogurcito premio Gelatina Yoin, Arequipe, Quesillo, Queso Doble Crema, Queso Costeño, Queso Mozzarella, Queso suero Mantequilla, Kumis, Tampico, Arequipe Industrial para Homeado, Leche En Polvo.</p>	<p>Radio, Televisión, Impresos, Patrocinios, vallas, Campañas por producto, Campañas posicionamiento, Campañas Institucionales, Murales, Pasacalles, Prensa, Vehículos, Institucionales, plan estratégico por producto Auto venta, Preventa, Autoservicios, Industrial, Institucional, Ferias y Eventos</p>
		<p>1990: Consolidó su razón social</p>		
		<p>1994: reconocida como modelo de casos exitosos en Santander. Exportall Ltda., les concedió la licencia para comercializar Tampico Citrus Punch distribuido por varios países del mundo.</p>		
		<p>1998: se instala el Ultrapasteurizador, una de las más modernas máquinas para el procesamiento de leche. Lanzamiento al mercado FRESKALECHE 12 DÍAS, entera y semidescremada.</p>		
		<p>2000: Desarrollo de productos</p>		
		<p>2005: Escogidos exportar a México</p>		
	<p>SANTANDER, NORTE DE SANTANDER, SUR DEL CESÁR Y LA COSTA ATLÁNTICA</p>	<p>48 AÑOS</p>	<p><i>Conservas California:</i> Néctares, mermeladas, salsas, jugos, vegetales, y vinagres. <i>Productos Incolácteos:</i> Néctares, jugos y leche batida, entre otros, empacados en tetra pak <i>Lechesan:</i> Leches, yogurt, quesillo, agua, refrescos y arequipe</p>	<p>Vallas, Vehículos, Televisión, radio, Impresos, Auto venta, Preventa, Auto servicios</p>
		<p>1957: Inicia con la comercialización de leche cruda con el nombre de Cooperativa Santandereana de Leches.</p>		
		<p>1959: Cambia a LECHESAN Ltda...</p>		
		<p>1971: Se inicia la distribución de leche pasteurizada en botella puerta a puerta.</p>		
		<p>1973: Cambia a "Pasteurizadora Santandereana de Leches S.A. LECHESAN S.A."</p>		
		<p>1990: comienza a manejar adicionalmente dos unidades estratégicas de negocio: Conservas California y productos Incolácteos.</p>		

MARCA	COBERTURA	HISTORIA	PORTAFOLIO DE PRODUCTOS	PUBLICIDAD Y CANALES DE DISTRIBUCIÓN
	NACIONAL	29 AÑOS	Leche Entera , Semidescremada , Descremada, Fortificada , en Polvo, Leche UHT , Queso Blanco , Quesito , Queso Crema , Mozzarella, Quesillo, Queso Holandes , Parmesano , Doble Crema, Fundido, Costeño, Industrial, Mantequilla, Crema de Leche, Arequipe, Arequipe con Café, Gelatina, Queso Tipo Petite Suisse, Yogur, Yogur Batido , Kumis, Yogur Kid	Radio, Televisión nacional , Impresos, vallas, Prensa, Vehículos, Institucionales Auto venta, Preventa, Autoservicios, Industrial, Institucional, Comercializadoras
		1976: iniciamos el recibo y vendimos el primer litro de leche.		
		En 1977 vendimos cuatro millones de kilos de leche con 700 socios.		
		En 2003 vendimos 795 millones de kilogramos de leche con 12 mil asociados.		
		2003: La Cooperativa COLANTA, pasterizadora, comercializadora y distribuidora de leche más importante de Colombia y una de las cuarenta empresas más grandes del país con ventas de \$883 mil millones		
	SANTANDER, NORTE DE SANTANDER Y SUR DEL CESÁR	8 AÑOS	Leche entera, Light, Yogurt, bebida láctea, queso, arequipe, aguas saborizadas, gelatina, yogurt con cereal, citrus punch.	Radio, Impresos, vehiculos, campañas promocionales Auto venta, Preventa, P.A.P, Autoservicios
		1997: Conformada legalmente con una cap. de 500 lt/hora		
		2002: instalación de la 2da planta de pcción, cap. 12.000 litros/hora.		
		2002: se consolida la alianza estratégica entre RIKALAC S.A. y COOLECHERA hasta el año 2004		
		2003: inaugura su primer Centro de Acopio con miras a mejorar las condiciones de calidad en la recepción y transporte refrigerado de los 50.000 litros		
		2004 : Compra de 2 marcas de leche Colesan / Delileche		
2005:Lanzamiento de nuevos productos derivados				

Fuente: RIKALAC S.A.

2.11 CONTENIDO DEL INFORME.

El presente documento de informe se encuentra organizado en los siguientes capítulos para facilitar el seguimiento del desarrollo del proyecto.

Capítulo 1. Hace referencia a las generalidades del proyecto, el cual describe sus antecedentes, objetivos, alcances y limitaciones.

Capítulo 2. En este capítulo se hace mención al ambiente de desarrollo del proyecto, describiendo los aspectos más importantes de la Empresa tal como su reseña histórica, su entorno organizacional y como se encuentra orgánicamente estructurada, sus productos, recursos, competencia.

Capítulo 3. Muestra el contenido teórico general sobre el cual se tomaron las bases necesarias para el desarrollo del proyecto.

Capítulo 4. Describe la metodología de desarrollo del modelo matemático en una serie de etapas o fases para alcanzar los objetivos de modelado además se realiza el análisis del proceso productivo de la empresa RIKALAC S.A. detallándose los diagramas de secuencia de elaboración de los productos.

Capítulo 5. Describe la construcción del modelo del sistema productivo de la empresa RIKALAC S.A.

Capítulo 6. Presenta las conclusiones de la realización del proyecto.

Capítulo 7. Enuncia algunas recomendaciones para futuros esfuerzos de desarrollo.

3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 FUNDAMENTACIÓN GENERAL

Para el desarrollo de este proyecto es necesaria una fundamentación teórica intermedia en el lenguaje de modelado matemático de alto nivel GAMS. Además de un estudio detallado de la formulación matemática a aplicar y una profundización en optimización de procesos mediante el uso de la investigación de operaciones, en el área de programación entera binaria y mixta y el conocimiento de un proceso productivo real en este caso la planta de producción de lácteos RIKALAC s.a.

Con la fundamentación teórica adecuada, se procede con el desarrollo de la una herramienta para programación de la producción, que sirva como soporte en la toma de decisiones en el departamento de producción de esta empresa.

3.1.1 DEFINICIÓN DE PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN.

Actividad que consiste en la fijación de planes y horarios de la producción, de acuerdo a la prioridad de la operación por realizar, determinado así su inicio y fin, para lograr el nivel más eficiente. La función principal de la programación de la producción consiste en lograr un movimiento uniforme y rítmico de los productos a través de las etapas de producción.

Se inicia con la especificación de lo que debe hacerse, en función de la planeación de la producción. Incluye la carga de los productos a los centros de producción y el despacho de instrucciones pertinentes a la operación.

El programa de producción es afectado por:

- Materiales: Para cumplir con las fechas comprometidas para su entrega.
- Capacidad del personal: Para mantener bajos costos al utilizarlo eficazmente, en ocasiones afecta la fecha de entrega.
- Capacidad de producción de la maquinaria: Para tener una utilización adecuada de ellas, deben observarse las condiciones ambientales, especificaciones, calidad y cantidad de los materiales, la experiencia y capacidad de las operaciones en aquellas.
- Sistemas de producción: Realizar un estudio y seleccionar el más adecuado, acorde con las necesidades de la empresa.

La función de la programación de producción tiene como finalidad la siguiente:

- Prever las pérdidas de tiempo o las sobrecargas entre los centros de producción.
- Mantener ocupada la mano de obra disponible.
- Cumplir con los plazos de entrega establecidos.

3.1.2 DEFINICIÓN DE SISTEMA.

En el sentido más amplio, un sistema es un conjunto de componentes que interaccionan entre sí para lograr un objetivo.⁵ O bien se puede definir como una combinación de recursos (como seres humanos, materiales, equipos, software, instalaciones, datos, etc.) integrados de forma tal que cumplan una función específica en respuesta a una necesidad designada de un usuario.⁶

La finalidad de un sistema es la razón de su existencia. Para alcanzar sus objetivos, los sistemas interactúan con su medio ambiente, el cual está formado por todos los objetos que se encuentran fuera de las fronteras de los sistemas. Aquellos que interactúan con su medio ambiente se conocen como *Sistemas Abiertos* (reciben entradas y producen salidas) y aquellos que no lo hacen se conocen como *Sistemas Cerrados*. Todos los sistemas actuales son abiertos. Es así como los sistemas cerrados existen sólo como un concepto.

Un sistema trabaja mejor cuando se encuentra bajo control o sea cuando opera dentro de niveles de desempeño tolerables. Es por eso que los sistemas tienen niveles aceptables de desempeño, denominados *estándares* y contra los que se comparan los niveles de desempeño actuales. Es necesario que se anoten las actividades que se encuentran muy por encima o por debajo de los estándares para poder efectuar los ajustes necesarios. Cuando se comparan estos resultados con los estándares tenemos una valiosa información el cual al complementarla con el proceso de reportar las diferencias a los elementos de control, estamos haciendo una

⁵ [JAMES A. SENN] Análisis y Diseño de Sistemas de Información

⁶ [BENJAMIN S. BLANCHARD] Ingeniería de Sistemas

retroalimentación. El concepto de interacción con el medio ambiente, es esencial para el control. Recibir y evaluar la retroalimentación, permite al sistema determinar qué tan bien está operando.

En resumen, los sistemas emplean un modelo de control básico consistente en:

Un estándar para lograr un desempeño aceptable

Un método para medir el desempeño actual

Un medio para comparar el desempeño actual contra el estándar

Un método de retroalimentación

Sólo los sistemas que pueden ajustar sus actividades para mantener niveles aceptables continúan trabajando, los que no, tarde o temprano dejan de funcionar.

Por otro lado, los sistemas cerrados sostienen su nivel de operación siempre y cuando posean información de control adecuada y no necesiten nada de su medio ambiente. Dado que esta condición no puede sostenerse por mucho tiempo, la realidad es que no existen sistemas cerrados. Sin embargo, es importante el concepto ya que ilustra un objetivo en el diseño de sistemas: construir un sistema que necesite la menor intervención del medio externo para mantener un desempeño aceptable. Por lo tanto, la autorregulación y el propio ajuste son objetivos de diseño en todos los ambientes de sistemas.

Los componentes que forman un sistema pueden a su vez ser más pequeños, es decir pueden estar formados por varios niveles llamados subsistemas. En general, es común tener varios niveles de sistemas interactuando entre sí.

3.1.3 FUNDAMENTACIÓN SOBRE SISTEMAS DE GESTIÓN.

Por definición se entiende como Sistema de Información Gerencial al método de poner a disposición de los gerentes o directores la información confiable y oportuna que se necesite para facilitar el proceso de toma de decisiones y permitir que las funciones de planeación, control y operaciones se realicen eficazmente en la organización.⁷

Su finalidad es suministrar a los gerentes la información adecuada en el momento oportuno. Por lo tanto el valor de la información proporcionada por el sistema debe ser de buena calidad, debe aplicarse a tiempo y oportunamente, disponer de información suficiente, y debe ser relevante, debe estar relacionada con sus tareas y responsabilidades.

3.1.4 PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA.

Existen varios tipos de programación matemática, entre estos están: Programación Lineal (PL: *Linear Programming*), No Lineal (PNL: *Non-Linear Programming*), Entera (PE: *Integer Programming*) y Mixta (PEM: *Mixed Integer Programming*). La Programación Lineal es una de las técnicas más importante de la Investigación Operacional. La desventaja de la Programación Lineal, es que en el mundo real, la suposición de linealidad, generalmente, no se cumple; sin embargo esta asunción permite que cualquier modelo sea mucho más fácil de solucionar. Además PL garantiza la existencia de un algoritmo que converge y, cuando se encuentra una

⁷ [STONER JAMES Y WANKEL CHARLES] Evolución de los Sistemas, Transmisión de Información Gerencial, Diseño de Sistemas Gerenciales

solución óptima, existen propiedades que así lo demuestran. Cuando en un modelo aparecen relaciones no-lineales, se obtiene un modelo de Programación No-Lineal, que generalmente son más complejos de solucionar. Los problemas en los que las variables son enteras se llaman problemas de *Programación Entera*; si solo es necesario que una de las variables sea entera, el modelo se conoce como uno de Programación Mixta, estos problemas son también más difíciles de solucionar que uno de PL. La Programación Entera, a diferencia de la Programación Lineal no tiene un procedimiento que converja hacia una solución y los requerimientos computacionales de tiempo y de capacidad de procesamiento para hallar una solución óptima en muchos casos son excesivos. Por desgracia, pese a los adelantos impresionantes en la representación por modelos matemáticos, un número apreciable de situaciones reales sigue estando fuera del alcance de las técnicas matemáticas de que se dispone en presente. Por un motivo, el sistema real puede tener demasiadas relaciones, variables, para hacer posible una representación matemática “adecuada”. En otro sentido, aun cuando se pueda formular un modelo matemático, éste puede ser demasiado complejo para resolverse a través de métodos de solución disponibles.

3.1.5 MODELO MATEMÁTICO.

Un modelo matemático se define como una descripción desde el punto de vista de las matemáticas de un hecho o fenómeno o la abstracción conceptual de un sistema real. El objetivo del modelo matemático es entender ampliamente el fenómeno y tal vez predecir su comportamiento en el futuro.

Un modelo es una representación de la realidad, y se elaboran con el fin de obtener un mejor conocimiento de los sistemas. El modelado lógico

representa por medio de modelos, la identificación de las funciones de sistema requeridas para satisfacer los requisitos del usuario.

El proceso para elaborar un modelo matemático es el siguiente:

1. Encontrar un problema del mundo real
2. Formular un modelo matemático acerca del problema, identificando variables (dependientes e independientes) y estableciendo hipótesis lo suficientemente simples para tratarse de manera matemática.
3. Aplicar los conocimientos matemáticos que se posee para llegar a conclusiones matemáticas.
4. Comparar los datos obtenidos como predicciones con datos reales. Si los datos son diferentes, se reinicia el proceso.

Es importante mencionar que un modelo matemático no es completamente exacto con problemas de la vida real, de hecho, se trata de una idealización.

3.1.6 DEFINICIÓN DE SCHEDULING⁸.

Se define un problema de scheduling, como el proceso de asignar recursos a actividades a lo largo del tiempo o, alternativamente, la determinación de cuando las operaciones o acciones que componen un plan deben ser realizadas y hacer uso de dichos recursos. Adicionalmente, hay que garantizar que los tiempos asignados a dichas acciones deben cumplir con

⁸ Adaptado de ALFONSO GALIPIENSO, María I. Un modelo de integración de técnicas de *CLAUSURA* y *CSP* de restricciones temporales: Aplicación a problemas de Scheduling. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante. Alicante: 2001. pp.32-37.

una serie de restricciones establecidas en el plan, así como con una optimización de determinados criterios⁹. De esta forma, scheduling está directamente asociado con la ejecutabilidad y optimalidad de un plan preestablecido. Los recursos y las tareas pueden tomar varias formas:

Los recursos pueden ser máquinas en un taller, pistas de aterrizaje en un aeropuerto, unidades de procesamiento de un sistema operativo, etc.

Las tareas pueden ser operaciones de un proceso de producción, llegadas y salidas en un aeropuerto, etapas en la construcción de un edificio, ejecuciones de programas de computadora, etc.

El proceso de scheduling es particularmente importante en el campo de la producción y de la gestión de operaciones, y así su terminología más relevante deriva de esta fuente como por ejemplo trabajos, recursos o actividades. En un sistema de manufactura, las órdenes tienen que ser liberadas y traducidas a tareas con fechas específicas. De esta forma el scheduling detallado de las tareas es desarrollado, en un sistema de producción, con el propósito de mantener la eficiencia y el control de las operaciones.

3.1.7 CONCEPTOS BÁSICOS DE SCHEDULING.

En general, en un problema de scheduling intervienen los siguientes elementos:

- Trabajos.
- Actividades o tareas.
- Máquinas.

⁹ Ibíd ALFONSO GALIPIENSO. p.32.

- Tipo de scheduling.
- Objetivos.

Cualquier problema de scheduling consta de uno o más trabajos. Un trabajo es el término usado para designar un único elemento o una serie de elementos que tienen que ser procesados en los distintos recursos.

Normalmente se identifica con un producto a entregar que tiene que alcanzar una cierta calidad. Los trabajos, en la mayoría de los casos, tienen restringido su tiempo de comienzo (release time: tiempo a partir del cual puede comenzar la ejecución del trabajo), y su tiempo de terminación (due time: tiempo máximo permitido para finalizar la ejecución del trabajo).

Si se trata de fabricación por lotes se necesita conocer, además, el número de unidades a fabricar de ese lote. Cada trabajo, a su vez está compuesto de una o más actividades, operaciones o tareas. Se denomina actividad al procesamiento de un trabajo particular sobre un recurso particular, y por lo tanto, constituyen las unidades elementales de procesamiento.

Las actividades pertenecientes a un mismo trabajo guardan un orden de precedencia conocido a priori (restricciones de precedencia, secuencia o tecnológicas), que debe respetarse, pudiendo haber variaciones en cuanto a posibles solapes entre las actividades de un mismo trabajo, o estar separadas por intervalos de tiempo amplios.

El tiempo de procesamiento de cada actividad o duración puede ser fijo o variable en un intervalo. Además, en un problema de scheduling puede haber actividades de distintos tipos, que condicionan su procesamiento en un determinado tipo de máquina.

A lo largo de esta investigación se utiliza los términos actividad u operación indistintamente. Cada actividad se procesa (o es consumida) por una máquina o recurso. Normalmente se asume que una máquina únicamente puede realizar una actividad o tarea a la vez, es decir no hay solapamiento entre actividades que se procesan en una misma máquina, lo cual da lugar a las llamadas restricciones de interferencia o de capacidad. A lo largo del trabajo se utiliza indistintamente los términos máquina, recurso, o centro de trabajo.

Es importante conocer el tipo de scheduling que se quiere realizar, lo cual define el patrón de flujo del problema, o lo que es lo mismo, la secuencia de utilización de las máquinas por parte de las actividades, en caso de que se trate de un problema de scheduling puro.

Finalmente, dependiendo de los objetivos perseguidos por el usuario, se puede distinguir los siguientes conceptos:

- Factibilidad, relativo a la satisfacción del conjunto de restricciones preestablecidas en un determinado plan. Estas restricciones pueden, típicamente, corresponder a la secuencia de las acciones, capacidad de los recursos y duración o requerimientos de uso de los recursos.
- Optimalidad, relativo a la optimización de una o varias funciones objetivo, dependientes del entorno de aplicación o del criterio del usuario. Cuando se persigue la optimalidad, la complejidad de los algoritmos de resolución aumenta, debido a la mayor dificultad del proceso de búsqueda asociado. Uno de los criterios de optimización más comunes, es la minimización del máximo tiempo de finalización del scheduling (makespan).

Los elementos básicos presentados hasta el momento pueden representarse como un conjunto de restricciones formado por:

- Duración de las actividades ("La actividad X tiene una duración de Y unidades de tiempo").
- Restricciones de precedencia para las actividades de cada trabajo ("El trabajo Ji está formado por la siguiente sucesión de actividades: primero la actividad R, después la S,...").
- Restricciones de inicio y terminación para cada trabajo ("El trabajo Ji tiene que comenzar a partir del momento V, y terminar antes del momento U").
- Restricciones de capacidad sobre el uso de recursos ("La actividad X se ejecuta antes o después de la actividad Y, puesto que ambas utilizan la misma máquina").

3.2 CONFIGURACIONES PRODUCTIVAS.

Existe una gran diversidad de procesos de producción, por este motivo se hace difícil encontrar una clasificación exacta que pueda definirlos dentro de configuraciones productivas que pueda contemplar cada caso particular.

Diversos autores tienen enfoques diferentes para la clasificación de los procesos dentro de configuraciones productivas y se hace difícil encontrar un criterio unificado, pero por lo general se acepta que existen cinco tipologías bien definidas para la clasificación de las configuraciones productivas derivadas de las dimensiones de fabricación, la diversidad de productos y la manera como se hace el flujo de materia a través del proceso de producción.

1. Configuración por Proyecto. Como características principales podemos enunciar que todos los recursos técnicos y humanos deben trasladarse a un solo lugar de operación definido para la fabricación de productos de cierta complejidad en los cuales hay gran cantidad de entradas para su elaboración y terminado es muy difícil de transportar. Las actividades y recursos se gestionan como un todo. Su coordinación adquiere carácter crítico. Existe un connotado interés por el control de los costos y las fechas de terminación.

2. Configuración de Taller (Job-shop). En la configuración de taller (job-shop) se fabrica gran cantidad de productos con características de diseño únicas y en volúmenes que varían desde una unidad hasta pocas unidades. Estos productos son adaptados a las necesidades de cada cliente y son de naturaleza poco repetitiva. Estos productos son elaborados por uno o pocos obreros que tienen la responsabilidad de terminar todo el producto. Los recursos para la fabricación son flexibles y versátiles, el flujo de material es irregular y no uniforme, variando de un pedido a otro. En la producción Job-Shop lo que se trata es de obtener un "producto a medida" del cliente.

3. Configuración por Lotes. En esta configuración se producen volúmenes más elevados de producto de menor variedad que el caso anterior a través de un número mayor de etapas de fabricación. El producto se fabrica en lotes. Los recursos son de mayor grado tecnológico y de mayor complejidad, con características multipropósito. Estos recursos son agrupados en secciones o talleres con equipos que hacen funciones similares, con el objetivo de producir familias de productos con las mismas características. El flujo material es desconectado aunque regular, variable de un pedido a otro, aunque existen pautas de flujo para familias de productos y para grandes lotes. Es el sistema más utilizado.

4. Configuración en Línea Acompasada por el Equipo (LAE). Los equipos son automatizados e intensivos en capital y están acomodados en una o varias líneas especializadas que producen una familia de productos. El diseño del producto es estable y se producen grandes volúmenes en una tasa constante. Los operarios realizan tareas relativamente simples a un ritmo determinado por la velocidad de la línea. El control del ciclo productivo está automatizado, existe alta estandarización y una elevada eficiencia en todo el proceso.

5. Configuración en Línea Acompasada por Operarios (LAO). En esta configuración el número de productos que se puede realizar es muy variado al igual que los volúmenes a procesar. por este motivo no se puede clasificar como una configuración en línea acompasada por equipo. Esta línea debe ser mucho más flexible y versátil que la anterior. Debe funcionar a velocidades diferentes. La tasa de producción depende del producto particular que se fabrique, del número de operarios asignados a la línea y de la eficacia del trabajo en equipo de los operarios. Aunque los productos sean algo diferentes, son técnicamente homogéneos, usando la misma instalación, personal y la misma secuencia de estaciones de trabajo, aunque alguno de ellos pueda no pasar por alguna que no le es necesaria. El ciclo de productivo está controlado por los operarios a diferencia de la LAE donde dicho control está automatizado.

Configuración de Flujo Continuo. Esta configuración es muy similar al de línea en flujo acompasado por el equipo. Pero es más automatizado, más intensivo en capital y menos flexible. Cada máquina y equipo están diseñados para realizar siempre la misma operación y preparados para aceptar de forma automática el trabajo suministrado por la máquina precedente. Está diseñado para fabricar un producto o una familia limitada de

productos en volúmenes muy elevados. Se produce un producto muy homogéneo y estandarizado. Esta configuración precisa muchas veces funcionar las 24 horas del día para ser costeable y eficiente.

Teniendo en cuenta estas clasificaciones de las configuraciones productivas se establece que los procesos de elaboración de leche pasteurizada se ajustan a la configuración de **proceso de flujo continuo**. Pero para efectos del modelo matemático puede representarse como un proceso por lotes mediante una discretización densa por puntos evento en el horizonte de producción. Por otra parte se determina que la sección de producción de derivados lácteos se ajusta por sus características a la **configuración por lotes**.

3.3 FORMULACIÓN PROPUESTA.

El problema de programación en cortos plazos (short-term scheduling) para sistemas de procesos por lotes que se estudia en este trabajo de grado se declaran teniendo en cuenta las siguientes consideraciones¹⁰.

1. La receta de producción; los tiempos de procesamiento para cada tarea en las unidades disponibles y la cantidad de material requerido para la producción de cada producto.
2. La disponibilidad de unidades y sus límites de capacidad.
3. La capacidad de almacenamiento para cada uno de los materiales.
4. El tiempo horizonte bajo consideración.

¹⁰ [M.G.IERAPETRITOU, T.S.HENE, C.A.FLODAS.] Effective continuous time formulation for Short-Term Scheduling problem of Plants Multipurpose batch processes. 1998

Con estas consideraciones el objetivo es determinar:

1. La secuencia óptima de tareas que se realizan en cada unidad.
2. La cantidad de material que se procesa en cada instante de tiempo en cada unidad.
3. El tiempo de procesamiento de cada tarea en cada unidad para satisfacer los requisitos del mercado.

3.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA FORMULACIÓN.

La formulación propuesta tiene como características principales:

1. Representación de tiempos continuos. la formulación propuesta esta fundamentada en la representación de tiempos continuos que evita la prepostulación de innecesarios intervalos de tiempo. Esto solo requiere la inicial consideración de un necesario número de puntos evento que corresponden al comienzo de operación de una unidad o una tarea específica en una unidad. La ubicación de estos puntos es desconocida y un procedimiento iterativo que se especificará con mayor detalle posteriormente determina el número de puntos eventos necesarios.
2. Fraccionamiento de tareas desde los eventos de la unidad. es decir la idea básica es que el fraccionamiento de las tareas eventos (i) desde eventos en unidades (j), se logra por la consideración de diferentes variables binarias que definen el comienzo o no de una tarea en un punto evento determinado, o el comienzo de la utilización de una unidad específica j en un punto evento n, por ejemplo el comienzo de una tarea se denota con una variable binaria $wv(i, n)$ y el comienzo de actividad de una unidad se denota como $yv(j, n)$ en un punto evento cualquiera, lo que significa que el comienzo de una tarea en una unidad es $wv(i, n)=1$,

lo que significaría que $yv(j, n)=1$, de lo contrario ambas variables binarias serían iguales a cero. El fraccionamiento de tareas desde las unidades resulta en un menor tamaño global debido al hecho que las variables binarias que expresan el comienzo de la tarea (i) en la unidad (j) en el punto evento (n) son evitadas.

3. Tiempo de procesamiento variable. Los tiempos de procesamiento son considerados variables con respecto a las cantidades de material procesado en las unidades en una tarea específica.

3.3.2 MODELO MATEMÁTICO.

La formulación propuesta requiere de los siguientes índices, conjuntos, parámetros y variables.

3.3.2.1 ÍNDICES:

i= Tareas

j=Unidades

n=Puntos eventos que representan el comienzo de operación de una unidad o el comienzo de una tarea.

s= Estados

3.3.2.2 CONJUNTOS:

I= Tareas

I_j= Tareas que pueden ser ejecutadas en la unidad j

I_s= Tareas que consumen o producen estado s

J= Unidades

J_i= Unidades en las que se puede realizar la tarea i

N= Número de puntos evento

S= Estados comprometidos en el proceso

3.3.2.3 PARÁMETROS

Vmin (i, j)= Mínima cantidad de material a procesar por la tarea (i) requerida para empezar a operar la unidad (j)

Vmax (i, j) =Máxima capacidad de la unidad específica (j) al procesar la tarea (i).

STmax(s)= Capacidad de almacenamiento máxima disponible para el estado (s).

R(s)=Requerimientos de mercado para el estado (s) en el fin del tiempo horizonte.

PP(s, i), PC(s, i) =Proporción de estado (s) producido, consumido desde la tarea (i) respectivamente.

A (i, j) = Término constante de tiempo de procesamiento de la tarea (i) en la unidad (j).

G (i, j) = Término variable de tiempo de procesamiento de la tarea (i) en la unidad (j). Expresa el tiempo requerido por una unidad para procesar una unidad de material en la tarea (i).

H = Tiempo horizonte.

Pr(s) = Precio del estado(s)

3.3.2.4 VARIABLES

WV (i, n) = Variable binaria que asigna el comienzo de la tarea (i) en el punto evento(n).

YV (j, n) = Variable binaria que asigna la utilización de la unidad (j) en el punto evento(n).

B (i, j, n) = Cantidad de material comprometido en la tarea (i) en la unidad (j) en cualquier punto evento (n).

D(s, n) = Cantidad de estado (s) entregándose al mercado en el punto evento(n).

ST(s, n) = Cantidad de estado (s) en el punto evento (n).

Ti (i, j, n) = Tiempo inicial de la tarea (i) en la unidad (j) en el punto evento (n).

Tf (i, j, n)= Tiempo final de la tarea (i) en la unidad (j) en el punto evento (n).

3.3.3 CONSIDERACIONES INICIALES.

La formulación propuesta tiene algunas consideraciones iniciales enunciadas por el autor que se enuncian a continuación.

1. Los inventarios no son considerados.
2. Los tiempos de preparación de las máquinas son considerados dentro del tiempo de operación de cada una.
3. Todos los requerimientos de mercado deben ser satisfechos en el periodo de producción.
4. Las paradas de máquinas o imprevistos en tiempo de producción no son consideradas.
5. La capacidad de procesamiento de las máquinas se asume 100% confiable no se admiten reprocesos.
6. Todas las máquinas están disponibles en el comienzo del periodo de producción.
7. El valor del dinero en el tiempo no es considerado en la formulación, debido a que el tiempo de producción o tiempo horizonte es relativamente corto, por este motivo el valor del tiempo en este periodo es muy pequeño.

3.3.4 ESTUDIO DE RESTRICCIONES.

Las siguientes restricciones algebraicas representan de manera detallada las características esenciales de la formulación matemática.

RESTRICCIONES DE ASIGNACIÓN:

$$\sum_{i \in I} wv(i, n) = yv(j, n), \forall j \in J, n \in N$$

Esta restricción expresa que en cada unidad j y que en cada punto evento n únicamente una de las tareas puede ser realizada en unidad j , si la unidad j es utilizada en el punto evento n , es decir si la variable $YV(j, n) = 1$, entonces la variable $WV(i, n)$ es activada también. En otro caso ninguna de las tareas y utilización de unidades toma lugar dándole el valor de cero a las variables binarias.

RESTRICCIONES DE CAPACIDAD:

$$V \min(i, j) * wv(i, n) \leq B(i, j, n) \leq V \max(i, j) * wv(i, n), \\ \forall i \in I, j \in J_i, n \in N$$

Estas restricciones expresan los requerimientos de mínima cantidad $V_{\min}(i, j)$ para que una unidad (j) empiece a trabajar la tarea (i) y la máxima cantidad de la unidad (j) $V_{\max}(i, j)$ cuando realice la tarea (i).

RESTRICCIONES DE ALMACENAMIENTO:

$$ST(s, n) \leq ST \max(s), \forall s \in S, n \in N$$

Representan la máxima cantidad disponible para almacenamiento para cada estado s en cada punto evento n .

RESTRICCIONES DE BALANCE DE MATERIAL:

$$ST(s, n) = ST(s, n - 1) - D(s, n) + \sum_{i \in I_s} PP(s, i) * \sum_{j \in J_i} B(i, j, n - 1) + \sum_{i \in I_s} PC(s, i) * \sum_{j \in J_i} B(i, j, n), \forall s \in S, n \in N$$

Donde $PC(s, i) \leq 0$ y $PP(s, i) \geq 0$ representan la proporción de estado s producido y consumido desde la tarea (i) respectivamente, de acuerdo con esta restricción, la cantidad de material del estado (s) , en un punto evento (n) es igual que en el punto evento $(n-1)$ ajustado por cantidades consumidas o producidas entre los puntos evento $(n-1)$ y (n) y la cantidad requerida por el mercado en el punto evento (n) dentro del tiempo horizonte.

RESTRICCIONES DE DEMANDA:

$$\sum_{n \in N} D(s, n) \geq R(s), \forall s \in S$$

Esta restricción representa el requisito para producir tanto o por lo menos lo requerido por el mercado.

RESTRICCIONES DE DURACIÓN:

$$Tf(i, j, n) = Ti(i, j, n) + A(i, j) * wv(i, n) + G(i, j) * B(i, j, n), \\ \forall i \in I, j \in J, n \in N$$

Donde A (i, j) y G (i, j) son los términos constante y variable de tiempo de procesamiento de la tarea i en la unidad (j).

RESTRICCIONES DE SECUENCIA:

Misma tarea en misma unidad:

$$Ti(i, j, n + 1) \geq Tf(i, j, n), \forall i \in I, j \in J, n \in N, n \neq N \\ Ti(i, j, n + 1) \geq Ti(i, j, n), \forall i \in I, j \in J, n \in N, n \neq N, \\ Tf(i, j, n + 1) \geq Tf(i, j, n), \forall i \in I, j \in J, n \in N, n \neq N$$

Las restricciones de secuencia enunciadas anteriormente indican que una tarea cualquiera (i) que ha comenzado en un punto evento cualquiera (n+1), deberá empezar después de la terminación de la misma tarea que ha empezado en el punto evento (n).

Diferentes tareas en la misma unidad:

$$Ti(i, j, n + 1) \geq Tf(i', j, n) - H * (2 - wv(i', n) - yv(j, n)), \\ \forall i \in I, j \in J, n \in N, i \neq i',$$

El siguiente conjunto de restricciones establece las relaciones entre el tiempo de comienzo de la tarea (i) en el punto evento (n+1) y el tiempo final de la tarea (i') en el punto evento (n) cuando estas tareas toman lugar en la misma unidad (j) estas tareas deben ser a lo sumo consecutivas.

Diferentes tareas en diferentes unidades:

$$Ti(i, j, n + 1) \geq Tf(i', j', n) - H * (wv(i', n) - yv(j', n)),$$

$$\forall j, j' \in J, i \in I, i' \in I, i \neq i', n \in N, n \neq N$$

Estas restricciones son escritas para diferentes tareas (i) e (i') que se realizan en diferentes unidades (j) y (j') pero son simultaneas dependiendo de la receta de producción, el caso dónde las unidades diferentes puedan hacer las mismas tareas puede acomodarse en la formulación anterior considerando cada tarea en cada unidad como una tarea diferente con las mismas características.

Realización de tares previas:

$$Ti(i, j, n + 1) \geq \sum_{n' \in N, n' \leq n} \sum_{i' \in I_j} (Tf(i', j, n') - Ti(i', j, n')),$$

$$\forall i \in I, j \in J, n \in N, n \neq N$$

La anterior restricción de secuencia representa los requerimientos de la tarea (i) de empezar después de la realización de tareas efectuadas en la misma unidad (j) pero en puntos eventos anteriores.

RESTRICCIONES DE TIEMPO HORIZONTE:

$$Tf(i, j, n) \leq H, \forall i \in I, j \in J_i, n \in N,$$

$$Ti(i, j, n) \leq H, \forall i \in I, j \in J_i, n \in N,$$

Las restricciones de tiempo horizonte representan el requerimiento de todas

las tareas i de empezar y terminar dentro del tiempo horizonte H .

FUNCIÓN OBJETIVO: MAXIMIZACIÓN DE LA GANANCIA.

$$\sum_s \sum_n \text{Pr}(s) * D(s, n)$$

La función objetivo mostrada es la maximización de la producción en términos de la ganancia por ventas del producto. Sin embargo funciones objetivo alternativas pueden incorporarse para expresar la minimización del makespan.

4 METODOLOGÍA UTILIZADA EN EL MODELADO Y PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA RIKALAC S.A.

4.1 METODOLOGÍA.

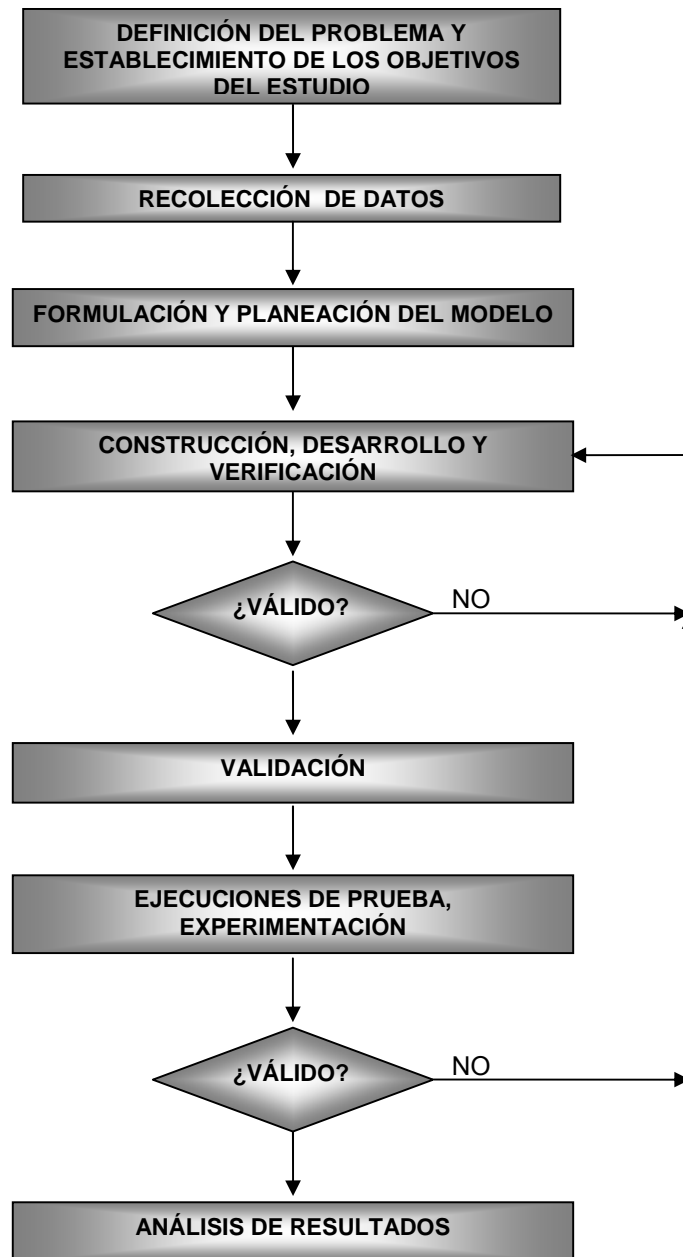
La metodología para el desarrollo de este trabajo de grado se enuncia siguiendo una serie de actividades necesarias para alcanzar los objetivos planteados, en la cual los esfuerzos de desarrollo se realizan siguiendo una serie de pasos o fases que tienen metas definidas con un enfoque secuencial.

4.2. ETAPAS EN EL PROCESO DE MODELADO.

En los proyectos de modelado matemático de sistemas reales debe darse especial importancia a la estructura preliminar o planeación del modelo, si se desea hacer una herramienta verdaderamente útil en la toma de decisiones.

Aunque cada proyecto particular puede considerarse como único en sus características, un estudio de este tipo requiere la realización de cada una de las siguientes etapas mostradas en el siguiente esquema.

4.2.1 ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA.



4.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

Éste estudio se dirige hacia el mejoramiento del actual procedimiento de programación de la producción en la empresa RIKALAC S.A., mediante la aplicación de una formulación matemática que pueda brindar datos útiles acerca de secuencia de procesamiento, cantidades de material que deben ser procesados en cada unidad y el tiempo de procesamiento de cada tarea en cada unidad, ya que el actual procedimiento de programación de producción en el área operativa no está soportado más que por la experiencia empírica del encargado del proceso, por este motivo el objetivo del estudio es crear una herramienta que permita suministrar un apoyo a la toma de decisiones en el área operativa.

4.4 FORMULACIÓN Y PLANEACIÓN DEL MODELO.

Una vez se ha definido el problema y se ha establecido los objetivos del estudio se procede con la elaboración de una estructura conceptual del modelo. Teniendo en cuenta las interrelaciones, elementos, eventos que se deben tener en cuenta. Se define el nivel de detalle que se desea para la representación del sistema real, se define como se recolecta la información referente a parámetros y características esenciales del proceso para la recolección sistemática de información.

En esta etapa se construye el modelo matemático que representa la esencia del problema. De modo que sea una aproximación abstracta de la realidad y de esa manera poder evaluar eficientemente las alternativas de solución.

4.5 RECOLECCIÓN DE LOS DATOS.

Para la recolección de los datos que faciliten el desarrollo del modelo se cuenta con algunas opciones:

- I. Acudir al personal más familiarizado con el proceso.
- II. Recolectar la información necesaria por observación directa del proceso.
- III. Involucrar en el modelo algunas suposiciones acerca del comportamiento del proceso.

4.6 DESARROLLO DEL MODELO.

Como se ha descrito anteriormente, el modelo comienza normalmente con la abstracción conceptual del sistema, y luego con un creciente nivel de detalle a medida que se procede con el desarrollo. El modelo conceptual se convierte en un modelo lógico cuando se definen los eventos y las interrelaciones entre los elementos que componen el sistema. Este proceso de desarrollo involucra la codificación del modelo en (general algebraic modeling system) GAMS. lo cual supone que el modelador debe tener conocimiento de su manejo y del análisis de los resultados y la forma como los presente en la aplicación particular que decida usarse y las facilidades de la interfase que debe desarrollarse para la interacción con el usuario, pero por otro lado la interacción con el cliente (o potenciales usuarios del modelo y sus resultados) y su posible colaboración en la etapa de desarrollo del modelo puede ser útil en la definición de detalles que ayuden a asegurar el acercamiento del modelo a la realidad, sin embargo la participación de los usuarios en esta etapa no puede convertirse en una intervención directa en la construcción, pues puede concluir en la complicación del modelo al aumentar su grado de complejidad.

4.7 VALIDACIÓN DEL MODELO.

Se refiere a determinar si el modelo conceptual es una representación adecuada del sistema que se estudia. Es decir si nuestro conocimiento del

sistema se ha traducido en hipótesis de modelización que reproducen correctamente el comportamiento del sistema en los aspectos relevantes para los objetivos del estudio. La validez del modelo es crucial para las decisiones que han de soportar los experimentos realizados con el modelo, ya que el objetivo de los experimentos es inferir cuál sería el comportamiento del sistema si los experimentos se realizasen físicamente sobre él mismo.

“Un buen modelo es, valga la redundancia, un modelo válido, por lo tanto todo aquello que nos conduce a construir un buen modelo nos sirve, al mismo tiempo, para asegurar su validez”.¹¹

4.8 VERIFICACIÓN DEL MODELO.

Es determinar que el programa de computador se comporta como es debido, es decir está libre de errores de programación («debugging» del programa), en otras palabras, la verificación comprueba que se ha realizado una traducción correcta del modelo conceptual a un programa de computador que trabaja correctamente.

4.9 CREDIBILIDAD DEL MODELO.

Este es un aspecto complementario, pero no menos importante, en lo que se refiere a la práctica de la modelización, sobre todo en modelos de sistemas complejos en situaciones en las que el responsable de la toma de decisiones

¹¹ [JAIME BARCELÓ]. Simulación de sistemas discretos. Isdefe. 1996

no es el analista que ha construido el modelo. Los resultados del modelo han de ser aceptados por el decisor para ser utilizados en el proceso de toma de decisiones, en otras palabras, los resultados del modelo han de ser creíbles para aquellos que lo han de utilizar.

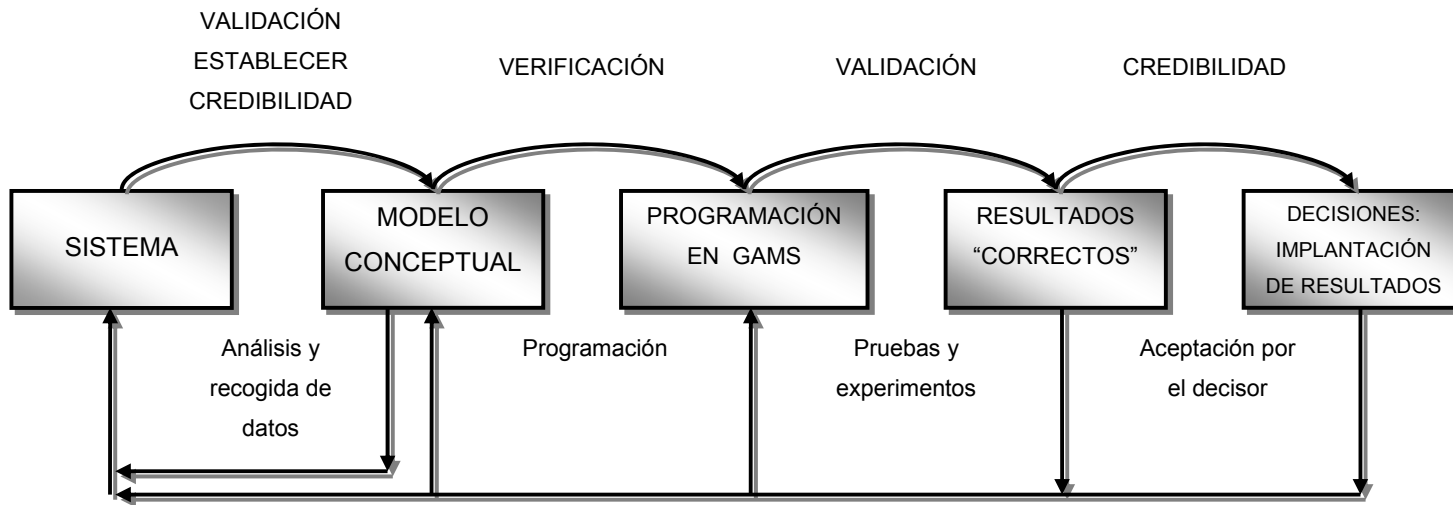
La metodología de modelizado, debido a su carácter iterativo permite volver atrás para obtener más información, replantear hipótesis de modelización, reprogramar partes del modelo conceptual etc.

4.10 EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Experimentar con el modelo matemático es experimentar con una representación o sustituto del modelo real, de manera que hemos de asegurarnos de que el modelo es válido, al menos hasta el punto de que las respuestas que proporciona a nuestras preguntas puedan considerarse aceptablemente válidas, sobre todo si han de servir de base a una toma de decisiones.

En este trabajo la etapa de experimentación se realizará confrontando periodos productivos reales con los resultados obtenidos por el modelo desarrollado.

Figura 3. Relaciones entre validación verificación y credibilidad



4.11 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE RIKALAC S.A.

EL proceso de la elaboración de leches es un proceso de flujo continuo, pero puede ser adaptado a la formulación matemática en un sistema de proceso por lotes mediante la discretización de su horizonte de producción en un enrejado relativamente denso de puntos evento del sistema, que puede describir de manera correcta el comportamiento del sistema productivo.

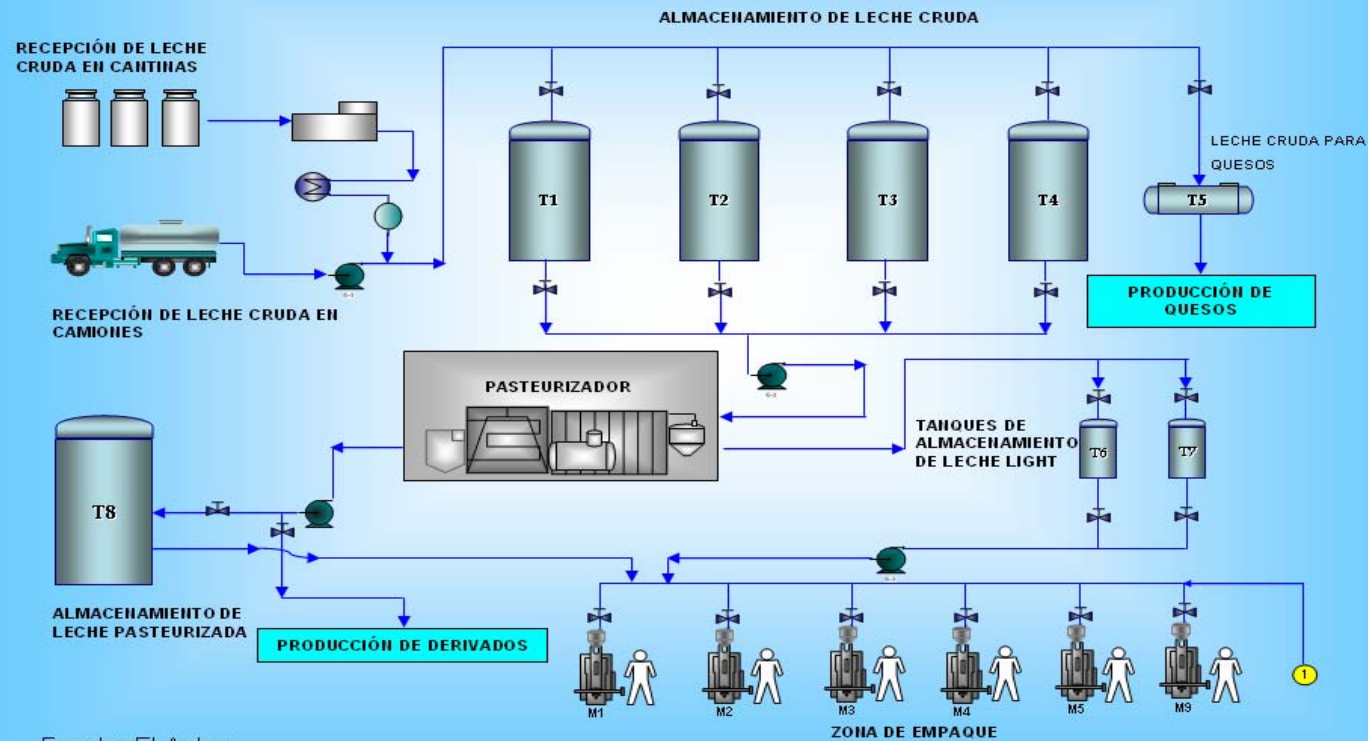
El proceso de elaboración de derivados por el contrario se ajusta bien a la formulación por lotes, lo que implica que puede representarse sin una estructura tan densa de puntos evento.

La empresa RIKALAC s.a. tiene como particularidad en su proceso productivo, que sus materias primas principales son la leche cruda y el agua, por ende, el procesamiento de todos sus productos empieza con pruebas de laboratorio en las que se analizan detalladamente sus propiedades y químicas y organolépticas, después se procede con el procesamiento de los diferentes productos y la adición de los diferentes insumos que por políticas de la empresa no se pueden dar a conocer en que proporción y en que momento se agregan al proceso.

A continuación se ilustra gráficamente el proceso productivo de la empresa para leche pasteurizada (figura 3) derivados lácteos (figura 4) y Quesos (figura 5). Que empieza con la recepción de leche cruda en la zona de recibo de leche, después esta se almacena en los tanques de almacenamiento de leche cruda y posteriormente continúa con el proceso descrito gráficamente.

Figura 4. PROCESO DE PRODUCCIÓN RIKALAC S.A.

DIAGRAMA DE PROCESO RIKALAC S.A.



Fuente: El Autor.

Figura 5. PROCESO DE PRODUCCIÓN RIKALAC S.A.
 LECHE PASTEURIZADA PARA DERIVADOS

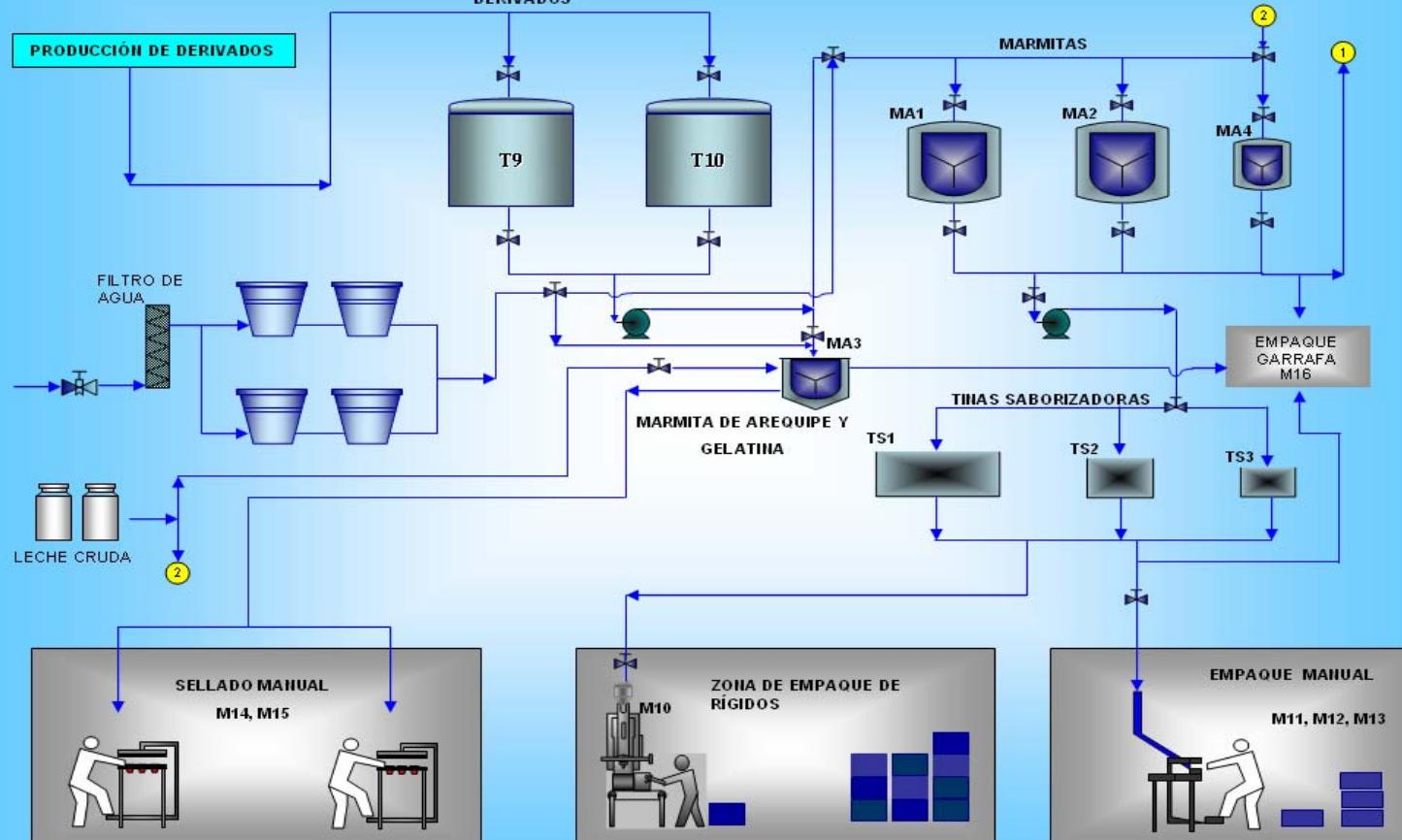
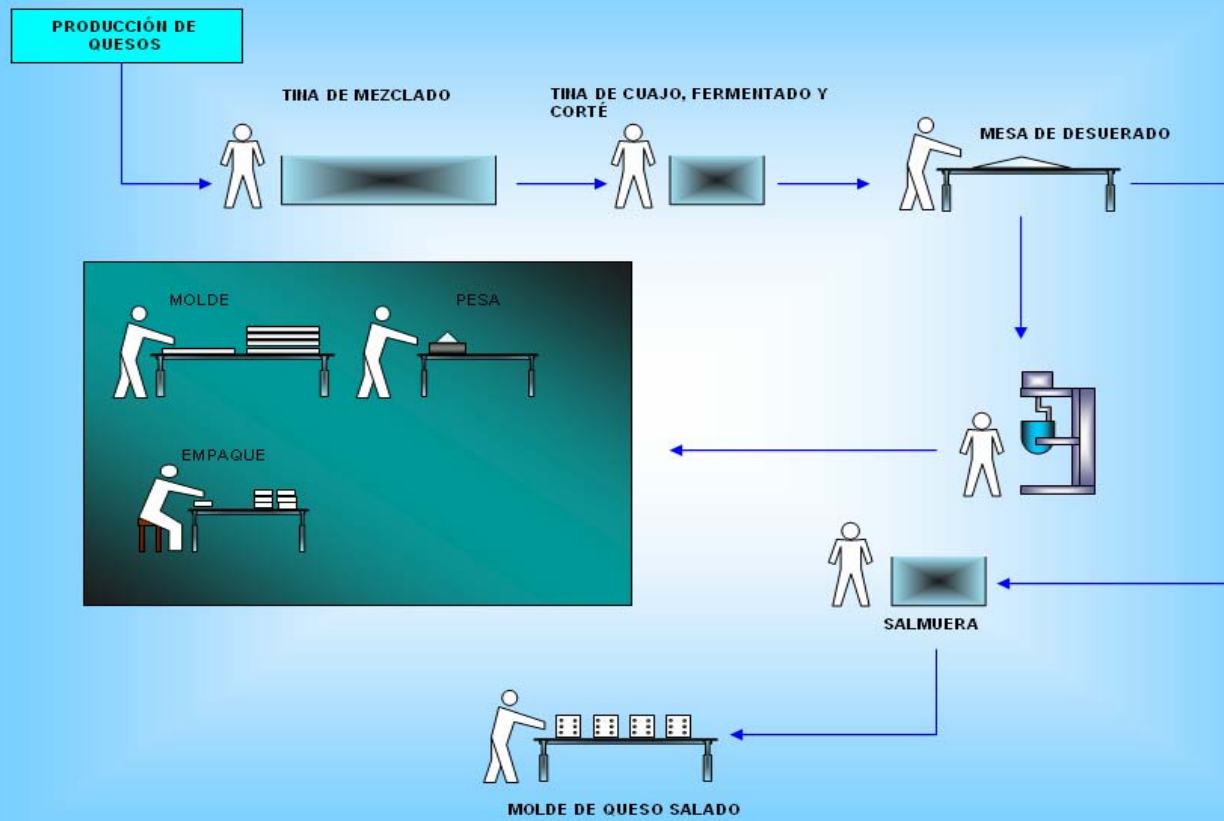


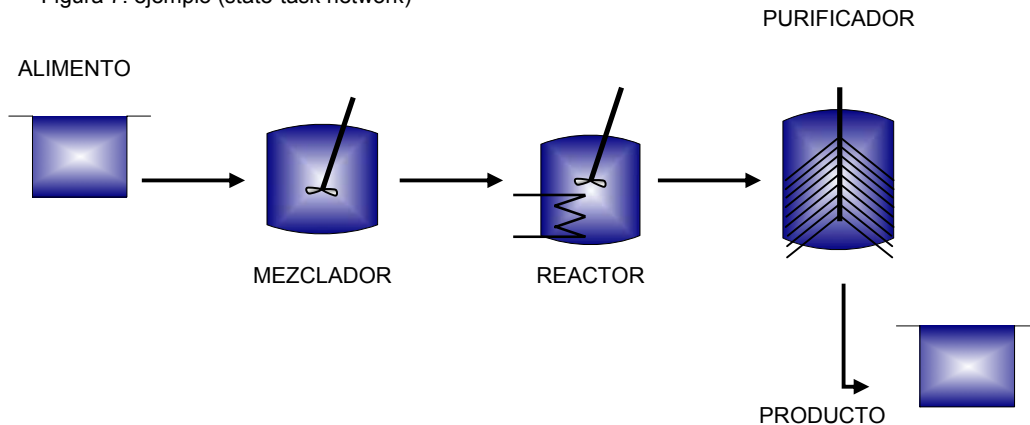
Figura 6. PROCESO DE PRODUCCIÓN RIKALAC S.A.



4.12 DIAGRAMA DE TAREAS Y PARÁMETROS DE PROCESO.

El diagrama (STATE-TASK NETWORK) describe la forma como se elaboran los productos de RIKALAC S.A. en forma secuencial, se utiliza en la fase de modelamiento matemático. A continuación se ilustrará gráficamente el proceso productivo de la empresa RIKALAC S.A. con la elaboración de un diagrama llamado state-task network que describe el proceso de elaboración de cada producto a través de las estaciones de trabajo o unidades de procesamiento. Mediante esta forma de flujo de proceso, los materiales son representados como estados “s” procesados a través de un conjunto de tareas. Pero antes se muestra una tabla que describe la disposición de cada unidad para realizar una tarea específica.

Figura 7. ejemplo (state-task network)



Este diagrama gráfico se puede representar de la siguiente manera.



Para ilustrar la secuencia de procesamiento mediante el diagrama (state-task network) de la empresa Rikalac s.a. primero es necesario analizar algunos de los parámetros particulares de su proceso de producción. Estos parámetros incluyen las capacidades de las unidades de procesamiento, el tiempo que estas unidades emplean para procesar cada uno de los estados involucrados en el proceso. Los estados involucrados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4. Estados del proceso

ESTADOS	
S1	LECHE CRUDA
S2	CREMA
S3	SUCIEDAD
S4	LECHE PASTEURIZADA LIGHT
S5	LECHE LIGHT RIKALAC 1000 c.c.
S6	LECHE LIGHT COLESAN 1000 c.c
S7	LECHE PASTEURIZADA
S8	RIKALAC 1000 c.c.
S9	RIKALAC 900 c.c.
S10	RIKALAC 500 c.c
S11	RIKALAC 450 c.c
S12	RIKALAC 250 c.c
S13	RIKALAC 200 c.c
S14	CREMYLECHE 1000 c.c
S15	CREMYLECHE 900 c.c
S16	CREMYLECHE 500 c.c
S17	CREMYLECHE 250 c.c
S18	COLESAN 1000 c.c.
S19	DELILECHE 1000 c.c.
S20	DELILECHE 500 c.c
S21	DELILECHE 250 c.c
S66	RIKALAC FORTIFICADA 1000 c.c
S22	AGUA FILTRADA
S23	AGUA ACIDO CÍTRICO Y SORBATO

S24	AGUA SABORIZADA
S25	AGUA SABOR. 250 c.c.
S26	AGUA SABOR. 150 c.c.
S27	AGUA ACIDO CÍTRICO SORBATO CMC
S28	VIKINGO DE AGUA
S29	VIK. AGUA 50 c.c
S30	RIKAFRESH
S31	RIKAFRESH 200 c.c
S32	MEZCLA CITRATO, SORBATO, GELATINA IND.
S33	GELATINA SABOR COLOR DETERMINADO
S34	GELATINA EMPACADA 120 g.
S35	LECHE INDUSTRIAL
S36	MEZCLA YOGURT 36
S37	YOGURT BASE
S38	YOGURT BASE CEREAL EMP. 150 g
S39	YOGURT VASO SABORIZADO
S40	YOGURT VASO SABOR. EMPACADO RIG 150 g
S41	MEZCLA YOGURT BOLSA 42
S42	YOGURT PARA EMP. EN BOLSA
S43	YOGURT BOLSA 125 c.c.
S44	YOGURT BOLSA 200 c.c.
S45	YOGURT GARRAFA 2 LITROS
S67	YOGURT BOLSA 1000 c.c.
S46	MEZCLA B. LÁCTEA 47
S47	MEZCLA B. LÁCTEA 48
S48	BEBIDA LÁCTEA
S49	B. LÁCTEA 200 c.c
S50	B. LÁCTEA 1 LITRO
S51	B. LÁCTEA VASO 150 g.
S52	MEZCLA VIKINGO DE YOGURT 53
S53	MEZCLA VIKINGO DE YOGURT 54
S54	V. YOGURT 50 c.c.
S55	AREQUIPE REPOSTERÍA
S56	AREQUIPE 50 g
S57	AREQUIPE 250 g
S58	AREQUIPE 500 g
S59	AREQUIPE 1000 g
S60	AREQUIPE 5000 g

S61	AREQUIPE PANADERÍA
S62	AREQUIPE PANADERÍA 5000 g
S63	REACCIÓN 64 PARA KUMIS
S64	KUMIS 200 c.c.
S65	KUMIS 2 LITROS
S68	VAPOR DE AGUA

Fuente. El Autor

La siguiente tabla ilustra las capacidades de procesamiento de las unidades que intervienen en el proceso.

Tabla 5.Capacidad de procesamiento de las unidades.

CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO DE LAS UNIDADES		
UNIDAD	MÁXIMA CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO	MÍNIMA CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO
PASTEURIZADOR	12000 LITROS	1000 LITROS
MARMITA 1	2500 LITROS	1000 LITROS
MARMITA 2	2501 LITROS	1000 LITROS
MARMITA 3	160 LITROS	120 LITROS
MARMITA 4	500 LITROS	300 LITROS
TINA SABORIZADORA 1	800 LITROS	120 LITROS
TINA SABORIZADORA 2	460 LITROS	120 LITROS
TINA SABORIZADORA 3	360 LITROS	120 LITROS
MAQUINA EMPACADORA 1	990 LITROS PRESENTACIÓN 500 c.c.	495 LITROS PRESENTACIÓN 250 c.c.
MAQUINA EMPACADORA 2	1980 LITROS PRESENTACIÓN 1000 c.c.	248 LITROS PRESENTACIÓN 150 c.c.
MAQUINA EMPACADORA 3	960 LITROS PRESENTACIÓN 500 c.c.	384 LITROS PRESENTACIÓN 200 c.c.
MAQUINA EMPACADORA 4	1920 LITROS PRESENTACIÓN 1000 c.c.	
MAQUINA EMPACADORA 5	1860 LITROS PRESENTACIÓN 1000 c.c.	1674 LITROS PRESENTACIÓN 900 c.c.
MAQUINA EMPACADORA 9	1620 LITROS PRESENTACIÓN 1000 c.c.	405 LITROS PRESENTACIÓN 250 c.c.

Fuente. El Autor

La capacidad de procesamiento de cada máquina empacadora está expresada en Litros por hora por lo que el tiempo de procesamiento queda definido para estas unidades lo mismo que para el pasteurizador.

A continuación se ilustran los tiempos de procesamiento de las unidades que intervienen en el proceso productivo de RIKALAC S.A.

Tabla 6. Tiempo de procesamiento de las unidades.

TIEMPOS DE PROCESAMIENTO	
PASTEURIZADOR	EL TIEMPO DE PROCESAMIENTO DEL PASTEURIZADOR ES DE 12000 LITROS / HORA
MARMITA 1	75 MINUTOS ALISTAMIENTO Y LAVADO TUBERÍA CON SODA Y AGUA
	30 MINUTOS BOMBEO DE LECHE
	90 MINUTOS BOMBEO DE VAPOR A MARMITAS
	20 MINUTOS EN RETENCIÓN DE LECHE
	20 MINUTOS ENFRIAMIENTO RIKAFRESH Y AGUA SABORIZADA
	90 MINUTOS ENFRIAMIENTO YOGURT BOLSA Y VASO, VIKINGO DE YOGURT, BEBIDA LÁCTEA
	130 MINUTOS RIKAFRESH Y AGUA SABORIZADA
	480 MINUTOS PARA YOGURT EN BOLSA Y YOGURT VASO
	420 MINUTOS PARA VIKINGO DE YOGURT
	600 MINUTOS PARA BEBIDA LÁCTEA
MARMITA 2	75 MINUTOS ALISTAMIENTO Y LAVADO TUBERÍA CON SODA Y AGUA
	30 MINUTOS BOMBEO DE LECHE
	90 MINUTOS BOMBEO DE VAPOR A MARMITAS
	20 MINUTOS EN RETENCIÓN DE LECHE
	20 MINUTOS ENFRIAMIENTO RIKAFRESH Y AGUA SABORIZADA
	90 MINUTOS ENFRIAMIENTO YOGURT BOLSA Y VASO, VIKINGO DE YOGURT, BEBIDA LÁCTEA
	130 MINUTOS RIKAFRESH Y AGUA SABORIZADA
	480 MINUTOS PARA YOGURT EN BOLSA Y YOGURT VASO
	420 MINUTOS PARA VIKINGO DE YOGURT
	600 MINUTOS PARA BEBIDA LÁCTEA
MARMITA 4	75 MINUTOS ALISTAMIENTO Y LAVADO TUBERÍA CON SODA Y AGUA
	30 MINUTOS BOMBEO DE LECHE
	90 MINUTOS BOMBEO DE VAPOR A MARMITAS

	20 MINUTOS EN RETENCIÓN DE LECHE
	15 MINUTOS ENFRIAMIENTO RIKAFRESH Y AGUA SABORIZADA
	90 MINUTOS ENFRIAMIENTO YOGURT BOLSA Y VASO, VIKINGO DE YOGURT, BEBIDA LÁCTEA, KUMIS
	90 MINUTOS RIKAFRESH Y AGUA SABORIZADA
	380 MINUTOS PARA YOGURT EN BOLSA Y YOGURT VASO
	320 MINUTOS PARA VIKINGO DE YOGURT
	500 MINUTOS PARA BEBIDA LÁCTEA
	800 MINUTOS PARA KUMIS
MARMITA 3	75 MINUTOS ALISTAMIENTO Y LAVADO TUBERÍA CON SODA Y AGUA
	30 MINUTOS BOMBEO DE LECHE PARA AREQUIPE
	10 MINUTOS BOMBEO DE VAPOR A MARMITAS
	90 MINUTOS DE REPOSO
	90 MINUTOS CALENTANDO PARA CONCENTRACIÓN
	40 MINUTOS ENFRIADO AREQUIPE
	5 MINUTOS BOMBEO DE AGUA PARA GELATINA
	5 MINUTOS MEZCLA
	20 MINUTOS RETENCIÓN
	10 MINUTOS FRÍO
TINA SABORIZADORA 1	10 MINUTOS PARA TODOS LOS DERIVADOS QUE PROCESA
TINA SABORIZADORA 2	10 MINUTOS PARA TODOS LOS DERIVADOS QUE PROCESA
TINA SABORIZADORA 3	10 MINUTOS PARA TODOS LOS DERIVADOS QUE PROCESA

Fuente. El Autor

A continuación se muestra la tabla 7. Que describe las tareas que puede realizar cada una de las unidades colocándose con el mismo color de celda las tareas que pueden llevarse a cabo por diferentes unidades.

Tabla 7. Tareas del proceso.

NOMBRE	UNIDAD (j)	TAREA (i)	DESCRIPCIÓN
PASTEURIZADOR	P1	1	PASTEURIZAR LECHE LIGHT
		2	PASTEURIZAR LECHE Y YOGURT BOLSA
		3	PASTEURIZAR YOGURT VASO
		4	PASTEURIZAR BEBIDA LÁCTEA Y VIKINGO DE YOGURT
MARMITA 1	MA1	5	REACCIÓN 1 PARA AGUA SABORIZADA
		8	REACCIÓN 2 PARA VIKINGO DE AGUA
		11	REACCIÓN 3 PARA RIKAFRESH
		14	REACCIÓN 5 PARA YOGURT VASO
		17	REACCIÓN 6 PARA YOGURT BOLSA
		20	REACCIÓN 7 PARA BEBIDA LÁCTEA
MARMITA 2	MA2	23	REACCIÓN 8 PARA VIKINGO DE YOGURT
		6	REACCIÓN 1 PARA AGUA SABORIZADA
		9	REACCIÓN 2 PARA VIKINGO DE AGUA
		12	REACCIÓN 3 PARA RIKAFRESH
		15	REACCIÓN 5 PARA YOGURT VASO
		18	REACCIÓN 6 PARA YOGURT BOLSA
MARMITA 3	MA3	21	REACCIÓN 7 PARA BEBIDA LÁCTEA
		24	REACCIÓN 8 PARA VIKINGO DE YOGURT
		26	REACCIÓN 4 PARA GELATINA
MARMITA 4	MA4	27	REACCIÓN 10 PARA AREQUIPE PANADERIA
		28	REACCIÓN 9 PARA AREQUIPE
		7	REACCIÓN 1 PARA AGUA SABORIZADA
		10	REACCIÓN 2 PARA VIKINGO DE AGUA
		13	REACCIÓN 3 PARA RIKAFRESH
		16	REACCIÓN 5 PARA YOGURT VASO
		19	REACCIÓN 6 PARA YOGURT BOLSA
TINA SABORIZADORA 1	TS1	22	REACCIÓN 7 PARA BEBIDA LÁCTEA
		25	REACCIÓN 8 PARA VIKINGO DE YOGURT
		29	REACCIÓN 11 PARA KUMIS
		30	SAB.1 AGUA SABORIZADA
		33	SAB 2 VIKINGO DE AGUA
		36	SAB.3 GELATINA
		39	SAB.4 YOGURT VASO
TINA SABORIZADORA 2	TS2	42	SAB.5 YOGURT BOLSA
		45	SAB.6 BEBIDA LACTEA
		48	SAB.7 VIKINGO DE YOGURT
		31	SAB.1 AGUA SABORIZADA
		34	SAB 2 VIKINGO DE AGUA
		37	SAB.3 GELATINA
		40	SAB.4 YOGURT VASO
TINA SABORIZADORA 3	TS3	43	SAB.5 YOGURT BOLSA
		46	SAB.6 BEBIDA LACTEA
		49	SAB.7 VIKINGO DE YOGURT
		32	SAB.1 AGUA SABORIZADA
		35	SAB 2 VIKINGO DE AGUA
		38	SAB.3 GELATINA
		41	SAB.4 YOGURT VASO
TINA SABORIZADORA 3	TS3	44	SAB.5 YOGURT BOLSA
		47	SAB.6 BEBIDA LACTEA
		50	SAB.7 VIKINGO DE YOGURT

NOMBRE	UNIDAD (j)	TAREA (i)	DESCRIPCIÓN
EMPACADORA 5	M5	51	Empacar RIKALAC 1000 c.c.
		55	Empacar RIKALAC 900 c.c.
		56	Empacar DELILECHE 1000 c.c.
		57	Empacar CREMYLECHE 1000 c.c.
		58	Empacar CREMYLECHE 900 c.c.
		53	Empacar COLESAN 1000 c.c.
		75	Empacar FORTIFICADA 1000c.c.
		59	Empacar COLESAN LIGHT
EMPACADORA 9	M9	60	Empacar RIKALAC 500 c.c.
		64	Empacar RIKALAC 450 c.c.
		67	Empacar RIKALAC 250 c.c.
		70	Empacar DELILECHE 500 c.c.
		74	Empacar RIKALAC LIGHT 1000 c.c.
		115	Empacar CREMYLECHE 500 c.c.
		54	Empacar COLESAN 1000 c.c.
		113	Empacar FORTIFICADA 1000c.c.
EMPACADORA 1	M1	71	Empacar DELILECHE 500 c.c.
		76	Empacar DELILECHE 250 c.c.
		78	Empacar CREMYLECHE 500 c.c.
		81	Empacar CREMYLECHE 250 c.c.
		61	Empacar RIKALAC 500 c.c.
		65	Empacar RIKALAC 450 c.c.
		68	Empacar RIKALAC 250 c.c.
		116	Empacar RIKALAC 200 c.c.
EMPACADORA 2	M2	85	Empacar yogurt bolsa 125 c.c
		86	Empacar yogurt bolsa 200 c.c
		87	Empacar yogurt bolsa 1000 c.c
		88	Empacar Bebida Láctea 200 c.c.
		89	Empacar Bebida Láctea 1000 c.c.
		90	Empacar Rikafresh 200 c.c.
		91	Empacar Agua Saborizada 150c.c.
		92	Empacar Agua Saborizada 250c.c.
		79	Empacar CREMYLECHE 500 c.c.
		72	Empacar DELILECHE 500 c.c.
		62	Empacar RIKALAC 500 c.c.
		83	Empacar RIKALAC 200 c.c.
		EMPACADORA 3	M3
82	Empacar CREMYLECHE 250 c.c.		
73	Empacar DELILECHE 500 c.c.		
77	Empacar DELILECHE 250 c.c.		
63	Empacar RIKALAC 500 c.c.		
66	Empacar RIKALAC 450 c.c.		
69	Empacar RIKALAC 250 c.c.		
84	Empacar RIKALAC 200 c.c.		
EMPACADORA 4	M4	52	Empacar RIKALAC 1000 c.c.
		117	Empacar COLESAN 1000 c.c.
		114	Empacar FORTIFICADA 1000c.c.
EMPACADORA DE RÍGIDOS	M10	93	Empacar Gelatina 120 grs.
		111	Empacar kumis 200 grs.
		107	Empacar yogurt vaso cereal 150 gr.
		95	Empacar yogurt vaso 150 grs
		96	Empacar Bebida Láctea 150 gr

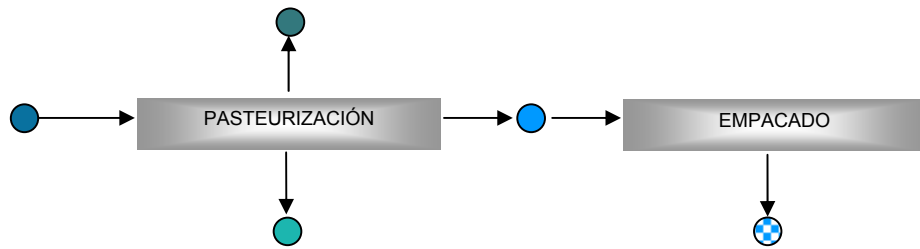
EMPACADORA MANUAL	M11	108	Empacar Vikingo yogurt 50 c.c
		97	Empacar Vikingo 50 c.c
	M12	109	Empacar Vikingo yogurt 50 c.c
		98	Empacar Vikingo 50 c.c
	M13	110	Empacar Vikingo yogurt 50 c.c
		99	Empacar Vikingo 50 c.c
SELLADORA MANUAL	M14	94	Empacar Gelatina 120 grs.
	M15	100	Empacar Arequipe 50 grs.
EMPAQUE GARRAFA	M16	101	Empacar yogurt Bolsa 2 litros
		102	Empacar Kumis 2 litros
		103	Empacar arequipe 5000 grs.
		104	Empacar arequipe 1000 grs.
		105	Empacar arequipe 500 grs.
		106	Empacar arequipe 250 grs.
		112	Empacar arequipe 5000 grs. panadería

Fuente. El Autor

La representación del diagrama (state-task network) con los productos de RIKALAC S.A. Con la cual se lleva a cabo la construcción del modelo matemático tiene como particularidad, que algunos de los productos se procesan de forma independiente, ejemplo de ello son los productos como el Rikafresh que no tiene leche como materia prima para su elaboración, por Este motivo y por el tamaño del diagrama resultante, se muestra independiente el diagrama para cada producto. Como se ilustra a continuación.

Figura 8.

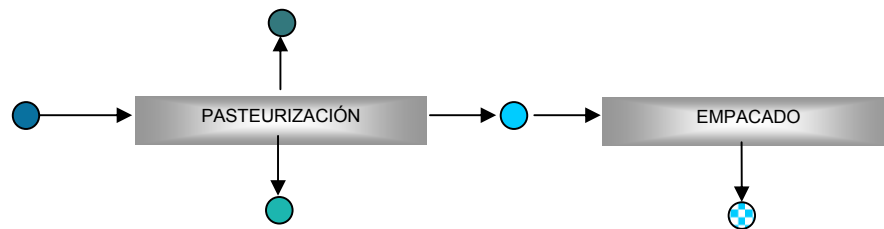
LECHE PASTEURIZADA LIGHT



- LECHE CRUDA: S1, CÁP. ALMACENAMIENTO: T1,T2,T4: 20000 Lts C/U; T3:18000 Lts
 - CREMA: S2
 - SUCIEDAD: S3
 - LECHE PASTEURIZADA LIGHT : S4 , CÁP.. ALMAC. T6, T7: 1000 Lts C/U
 - LECHE PASTEURIZADA LIGHT EMP: S5-S6
-
- ▬ PASTEURIZADOR CÁP. 12000 Lts/H
 - ▬ MÁQ. EMP. 5: M5 1860 Lts/H
 - ▬ MÁQ. EMP. 9: M5 1620 Lts/H

Figura 9.

LECHE PASTEURIZADA ENTERA



● LECHE CRUDA: S1, CÁP. ALMACENAMIENTO: T1,T2,T4: 20000 Lts C/U; T3:18000 Lts

● CREMA: S2

● SUCIEDAD: S3

● LECHE PASTEURIZADA : S7, CÁP.. ALMAC. T8:40000Lts

● LECHE PASTEURIZADA EMP: S8-S9-S10-S11-S12-S13-S14-S15-S16-S17-S18-S19-S20-S21-S66

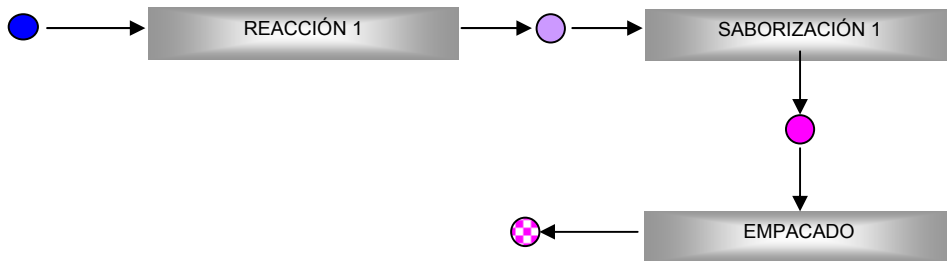
▬ PASTEURIZADOR P1 CÁP. 12000 Lts/H

▬ MÁQ. EMP. 5: M5 1860 Lts/H	▬ MÁQ. EMP. 5: M5 1674 Lts/H	▬ MÁQ. EMP. 1: M1 990 Lts/H
▬ MÁQ. EMP. 9: M5 1620 Lts/H	▬ MÁQ. EMP. 9: M5 1458 Lts/H	▬ MÁQ. EMP. 3: M5 960 Lts/H
▬ PARA PRESENTACIONES DE LITRO	▬ PARA PRESENTACIONES DE 900 c.c.	▬ MÁQ. EMP. 4: M5 960 Lts/H
		▬ PARA PRESENTACIONES DE 500c.c.

▬ MÁQ. EMP. 1: M1 891 Lts/H	▬ MÁQ. EMP. 1: M1 495 Lts/H	▬ MÁQ. EMP. 1: M1 396 Lts/H
▬ MÁQ. EMP. 3: M5 864 Lts/H	▬ MÁQ. EMP. 3: M5 480 Lts/H	▬ MÁQ. EMP. 3: M5 384 Lts/H
▬ MÁQ. EMP. 4: M5 864 Lts/H	▬ MÁQ. EMP. 4: M5 480 Lts/H	▬ MÁQ. EMP. 4: M5 384 Lts/H
▬ PARA PRESENTACIONES DE 450c.c.	▬ PARA PRESENTACIONES DE 250c.c.	▬ PARA PRESENTACIONES DE 200c.c.

Figura 10.

AGUA SABORIZADA



● AGUA FILTRADA: S22 CÁP. Alm. : 20000 Lts

● AGUA CON ACIDO CÍTRICO Y SORBATO : S23

● AGUA SABORIZADA : S24

● AGUA SABORIZADA EMP : S25-S26

■ MA1 , MA2 : 2400 Lts ; MA4 : 500 Lts

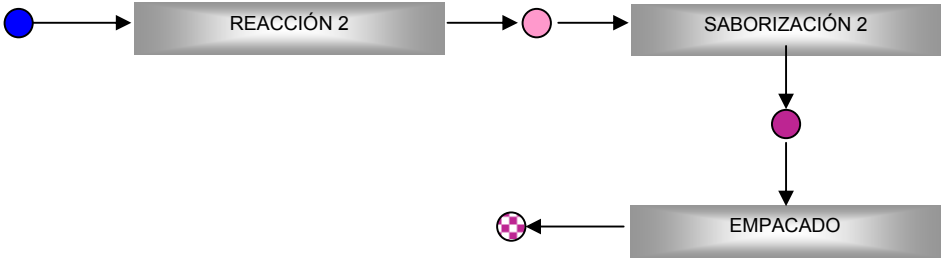
■ TS1:800 Lts, TS2:400 Lts, TS3:360 Lts

■ MÁQ. EMP. 2: M2 495 Lts/H PARA PRESENTACIONES DE 250 c.c.
297 Lts/H PARA PRESENTACIONES DE 150 c.c.

MÁQ. EMP. 3: M3 480 Lts/H PARA PRESENTACIONES DE 250 c.c.
288 Lts/H PARA PRESENTACIONES DE 150 c.c.

Figura 11.

VIKINGO DE AGUA



- AGUA FILTRADA: S22 CÁP. Alm. : 20000 Lts
- AGUA CON ACIDO CÍTRICO Y SORBATO Y CMC: S27
- VIKINGO DE AGUA: S28
- VIKINGO DE AGUA EMP: S29

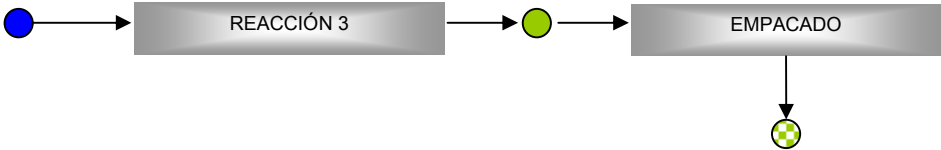
■ MA1 , MA2 : 2400 Lts ; MA4 : 500 Lts

■ TS1:800 Lts, TS2:400 Lts, TS3:360 Lts

■ EMPACADORA MANUAL : M11,M12,M13

Figura 12.

RIKAFRESH



● AGUA FILTRADA: S22 CÁP. Alm. : 20000 Lts

● RIKAFRESH: S30

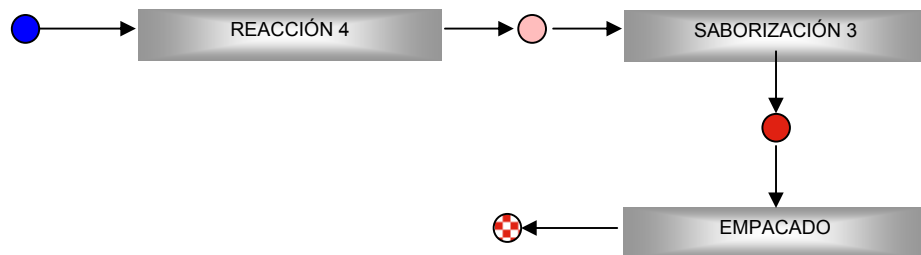
⊕ RIKAFRESH EMP.: S31

▭ MA4 : 500 Lts

▭ MÁQ. EMP. 2: M2 396 Lts/H PARA PRESENTACIONES DE 200 c.c.

Figura 13.

GELATINA



- AGUA FILTRADA: S22 CÁP. Alm. : 20000 Lts
- AGUA CON SORBATO Y CITRATO DE SODIO, ACIDO CÍTRICO, AZÚCAR, GELATINA INDUSTRIAL: S32
- GELATINA CON COLOR Y SABOR DETERMINADO: S33
- ⊗ GELATINA EMPACADA: S34

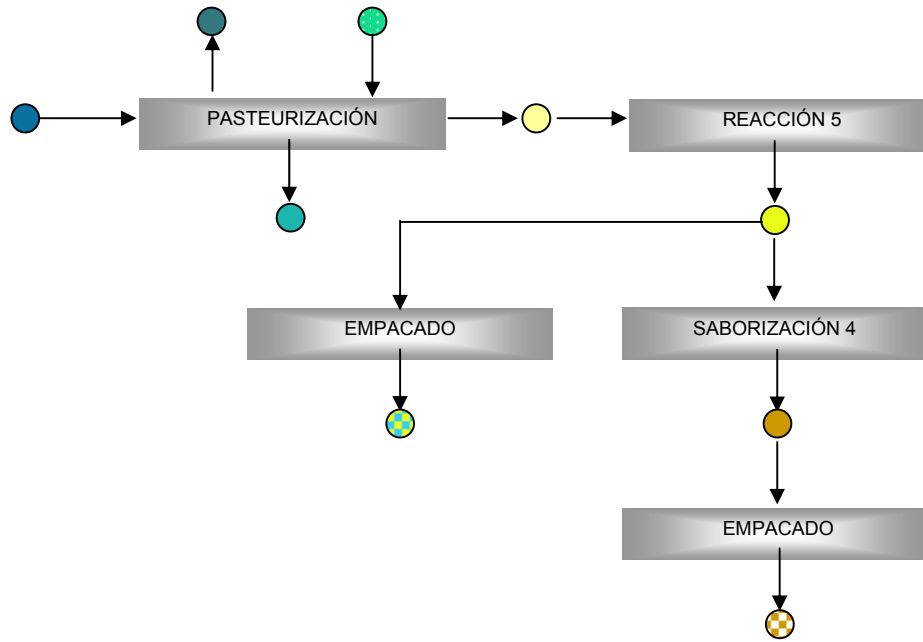
■ MA3 : 160 Lts

■ TS1:800 Lts, TS2:400 Lts, TS3:360 Lts

■ SELLADORA MANUAL M14 , MAQUINA EMPACADORA DE RÍGIDOS M10

Figura 14.

YOGURT VASO



● LECHE CRUDA: S1, CÁP. ALMACENAMIENTO: T1,T2,T4: 20000 Lts C/U; T3:18000 Lts

● SUCIEDAD: S3

● CREMA: S2

● LECHE INDUSTRIAL: S35

● MEZCLA: S36

● YOGURT BASE: S37

● YOGURT VASO: S39

● YOGURT CON CEREAL: S38

● YOGURT VASO EMP: S40

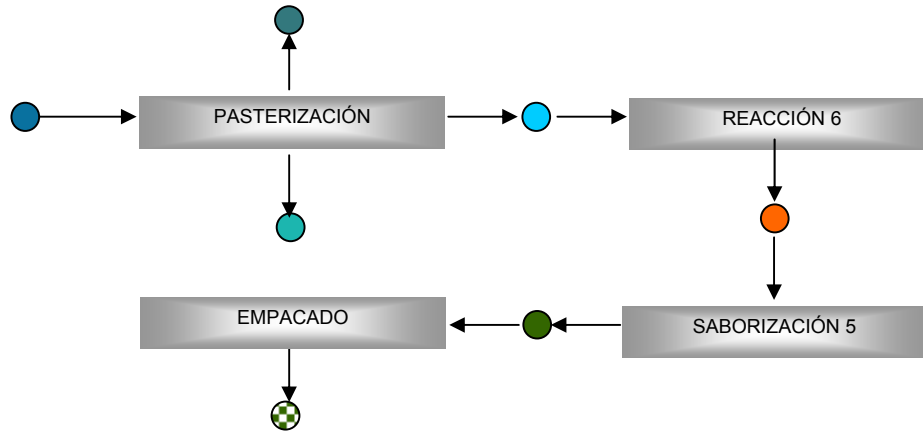
■ MA1 , MA2 : 2400 Lts ; MA4 : 500 Lts

■ TS1:800 Lts, TS2:400 Lts, TS3:360 Lts

■ M10 EMPACADORA DE RÍGIDOS

Figura 15.

YOGURT EN BOLSA



● LECHE CRUDA: S1, CÁP. ALMACENAMIENTO: T1,T2,T4: 20000 Lts C/U; T3:18000 Lts

● SUCIEDAD: S3

● CREMA: S2

● LECHE PASTEURIZADA: S7

● YOGURT BASE2 : S41

● YOGURT PARA BOLSA: S42

● YOGURT BOLSA EMP: S43-S44-S45-S67

■ MA1 , MA2 : 2400 Lts ; MA4 : 500 Lts

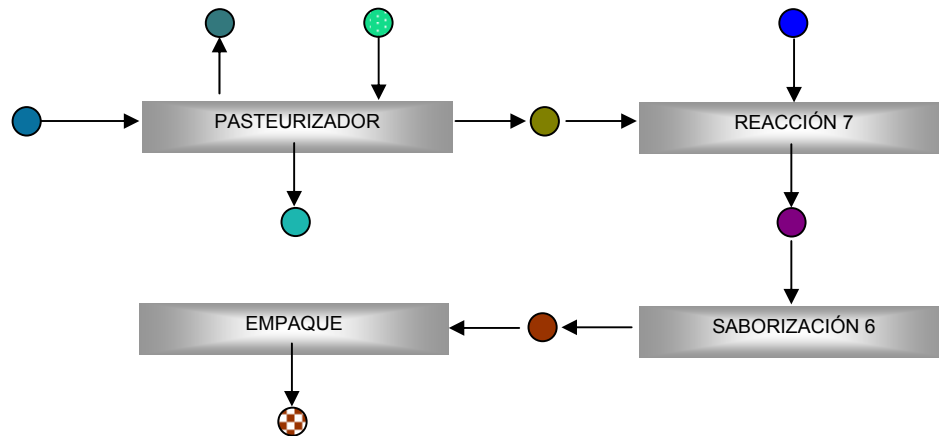
■ TS1:800 Lts, TS2:400 Lts, TS3:360 Lts

■ MÁQ. EMP. 2: M2 1980 Lts/H PARA 1000 c.c.
396 Lts/H PARA PRESENTACIONES DE 200 c.c.
248 Lts/H PARA PRESENTACIONES DE 125 c.c.

M16 GARRAFA PARA PRESENTACIONES DE 2 LITROS

FIGURA 16.

BEBIDA LÁCTEA



- LECHE CRUDA: S1, CÁP. ALMACENAMIENTO: T1,T2,T4: 20000 Lts C/U; T3:18000 Lts
- SUCIEDAD: S3
- CREMA: S2
- LECHE INDUSTRIAL: S35
- MEZCLA: S46
- AGUA FILTRADA: S22 CÁP. Alm. : 20000 Lts
- MEZCLA: S47
- BEBIDA LÁCTEA: S48
- BEBIDA LÁCTEA EMP : S49-S50-S51

MA1 , MA2 : 2400 Lts ; MA4 : 500 Lts

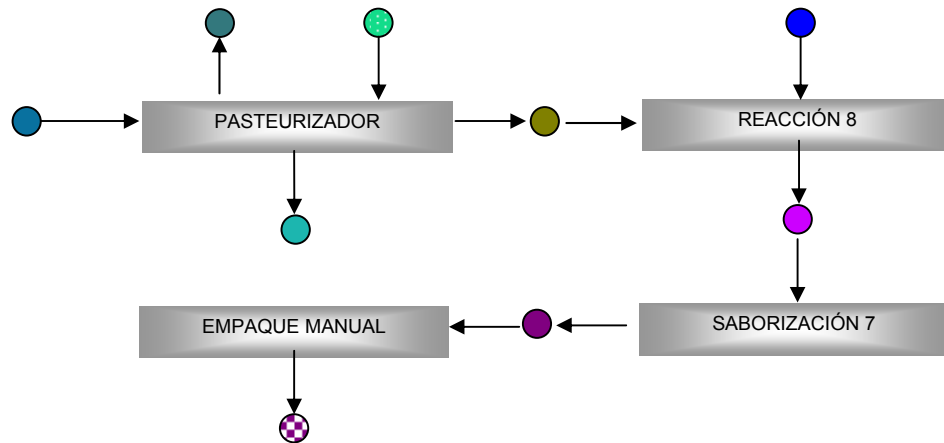
TS1:800 Lts, TS2:400 Lts, TS3:360 Lts

MÁQ. EMP. 2: M2 1980 Lts/H PARA 1000 c.c.

396 Lts/H PARA PRESENTACIONES DE 200 c.c.

M10 EMPACADORA DE RÍGIDOS PARA PRESENTACIÓN VASO 150 gr.

FIGURA 17. VIKINGO DE YOGURT



- LECHE CRUDA: S1, CÁP. ALMACENAMIENTO: T1,T2,T4: 20000 Lts C/U; T3:18000 Lts
- SUCIEDAD: S3
- CREMA: S2
- MEZCLA: S46
- AGUA FILTRADA: S22 CÁP. Alm. : 20000 Lts
- LECHE INDUSTRIAL: S35
- MEZCLA: S52
- VIKINGO DE YOGURT: S53
- VIKINGO DE YOGURT EMP: S54

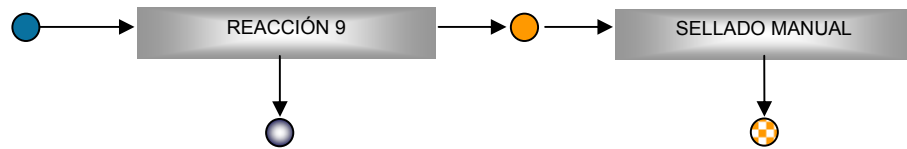
MA1 , MA2 : 2400 Lts ; MA4 : 500 Lts

TS1:800 Lts, TS2:400 Lts, TS3:360 Lts

EMPAQUE MANUAL M11,M12, M13

FIGURA 18.

AREQUIPE



● LECHE CRUDA: S1, CÁP. ALMACENAMIENTO: T1,T2,T4: 20000 Lts C/U; T3:18000 Lts

● AREQUIPE: S55

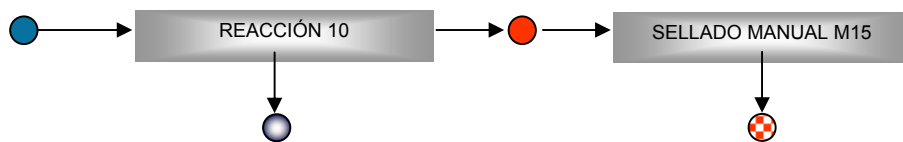
● AREQUIPE EMP: S56-S57-S58-S59-S60

● VAPOR DE AGUA: S68

■ MA3 : 160 Lts

■ SELLADORA MANUAL M15,
EMPAQUE GARRAFA M16

AREQUIPE PANADERÍA



● LECHE CRUDA: S1, CÁP. ALMACENAMIENTO: T1,T2,T4: 20000 Lts C/U; T3:18000 Lts

● AREQUIPE: S61

● AREQUIPE EMP: S62

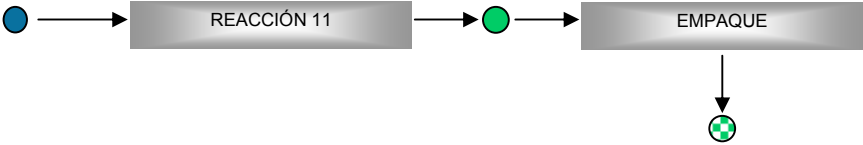
● VAPOR DE AGUA: S68






■ MA3 : 160 Lts

■ EMPAQUE GARRAFA M16

FIGURA 19.

KUMIS



-  LECHE CRUDA: S1, CÁP. ALMACENAMIENTO: T1,T2,T4: 20000 Lts C/U; T3:18000 Lts
-  KUMIS: S63
-  KUMIS EMP: S64-S65
-  MA4 : 500 Lts
-  M10 EMPACADORA DE RÍGIDOS PRESENTACIÓN 150 gr., M16 EMPAQUE GARRAFA 2Lts

5 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE RIKALAC S.A.

5.1 CODIFICACIÓN DE LOS CONJUNTOS INVOLUCRADOS.

La definición de los conjuntos que se utiliza en la codificación del sistema productivo de la empresa Rikalac s.a. Empieza con la caracterización del conjunto (i) que expresa las tareas que son realizadas por las diferentes máquinas o procesadores del sistema, y que son enumeradas en la tabla 7, del 1 al 112, donde se muestra la capacidad de cada máquina para ejecutar una tarea particular (i). A continuación se representa el conjunto de máquinas o procesadores (j), a los cuales se les asigna una nomenclatura que se ilustra a continuación y que se utiliza en el modelo matemático.

Tabla 8. Unidades de proceso

MÁQUINA	NOMENCLATURA
Pasteurizador	P1
Marmita 1	MA1
Marmita 2	MA2
Marmita 3	MA3
Marmita 4	MA4
Tina Sabor. 1	TS1
Tina Sabor. 2	TS2
Tina Sabor. 3	TS3
Máq. Emp. 1	M1
Máq. Emp. 2	M2
Máq. Emp. 3	M3
Máq. Emp. 4	M4
Máq. Emp. 5	M5
Máq. Emp. 9	M9
Máquina. Empacadora de Rígidos	M10
Empacadora manual 1	M11
Empacadora manual 2	M12
Empacadora manual 3	M13
Selladora manual Gelatina.	M14
Selladora manual Arequipe.	M15
Empaque Manual Garrafa	M16

Fuente: Autor

El conjunto de estados (s) es mostrado en la tabla 4, y representa los estados iniciales, intermedios y finales de todo el proceso productivo. Y el conjunto (n) incorpora los puntos eventos dentro del tiempo horizonte.

Los demás conjuntos que aparecen declarados en el modelo matemático se utilizan para definir los subconjuntos que contienen las tareas que realiza cada máquina en particular.

Figura 20. Declaración de conjuntos del modelamiento en GAMS.

```

sets
i   Tareas          / 1*117 /
j   unidades        / P1 , MA1 , MA2 , MA3 , MA4 , TS1 , TS2 , TS3 , M1 , M2 , M3
                    M4 , M5 , M9 , M10 , M11 , M12 , M13 , M14 , M15 , M16 /
s   estados involucrados / s1* s68 /
n   puntos evento   / n0*n15 /

ALIAS(i,ip),(j,jp),(n,np),(s,sp);

set past1(i,j) Tareas que puede hacer el pasteurizador 1
/1.P1,2.P1,3.P1,4.P1/;
set MARM1(i,j) Tareas que puede hacer la marmita 1
/5.MA1,8.MA1,11.MA1,14.MA1,17.MA1,20.MA1,23.MA1/;
set MARM2(i,j) Tareas que puede hacer la marmita 2
/6.MA2,9.MA2,12.MA2,15.MA2,18.MA2,21.MA2,24.MA2/;
set MARM3(i,j) Tareas que puede hacer la marmita 3
/26.MA3,27.MA3,28.MA3/;
set MARM4(i,j) Tareas que puede hacer la marmita 4
/7.MA4,10.MA4,13.MA4,16.MA4,19.MA4,22.MA4,25.MA4,29.MA4/;

```

5.2 CODIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PROCESO.

Los parámetros de proceso son incluidos dentro del modelo matemático de diferentes formas. La capacidad máxima y mínima de procesamiento de cada unidad se incluye directamente en una tabla paramétrica de GAMS. Estos parámetros se enunciaron en la tabla 5 y define que cantidad de material puede ser procesado en cada una de estas unidades. A continuación se ilustra la manera como se codifica en GAMS.

Figura 21. Declaración de Parámetros de proceso.

```
TABLE
Vmax(i,j) maxima capacidad de la unidad especifica (j) al procesar la tarea (i) en
miles de litros
      P1   MA1   MA2   MA3   MA4   M1   M2   M3   M4   M5   M9   M10
M11  M12  M13  M14  M15  M16  TS1  TS2  TS3
1    12
2    12
3    12
4    12
5          2.4
6          2.4
7          0.5
8          2.4
9          2.4
10         0.5
11         2.4
12         2.4
13         0.5
14         2.4
15         2.4
16         0.5
17         2.4
18         2.4
```

Otra manera práctica es la utilización de las herramientas de enlace o interfaces de GAMS xls2gams¹² para importar hojas de cálculo de Excel que contienen las tablas paramétricas, pues son de gran utilidad debido al gran tamaño de las matrices multidimensionales resultantes en la definición de de proporción de estado consumido y producido desde la tarea (i) y tiempo de procesamiento de cada unidad.

Figura 22. Tabla de proporción de estado producido desde la tarea (i).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	TABLE PP(i,s) "PROPORCION DE ESTADOS PRODUCIDO DESDE LA TAREA I"																						
2				S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
3	1	.	P1		0,025	0,025	0,95																
4	2	.	P1		0,02	0,02				0,96													
5	3	.	P1		0,02	0,02																	
6	4	.	P1		0,015	0,015																	
7	5	.	MA1																				
8	6	.	MA2																				
9	7	.	MA4																				
10	8	.	MA1																				
11	9	.	MA2																				
12	10	.	MA4																				
13	11	.	MA1																				
14	12	.	MA2																				
15	13	.	MA4																				
16	14	.	MA1																				
17	15	.	MA2																				
18	16	.	MA4																				
19	17	.	MA1																				
20	18	.	MA2																				
21	19	.	MA4																				
22	20	.	MA1																				
23	21	.	MA2																				
24	22	.	MA4																				
25	23	.	MA1																				
26	24	.	MA2																				
27	25	.	MA4																				
28	26	.	MA3																				
29	27	.	MA3																				
30	28	.	MA3																				
31	29	.	MA3																				

¹² WTOOLS, XLS2GMS: A TOOL FOR IMPORTING SPREADSHEET DATA INTO GAMS ERWIN KALVELAGEN Abstract. This document describes the XLS2GMS utility which allows to convert unstructured spreadsheet data into GAMS include files. Date: March 25, 2004.

La manera de introducir estas tablas paramétricas utilizando la herramienta xls2gams. Se ilustra a continuación con la siguiente línea de código de GAMS.

TABLE

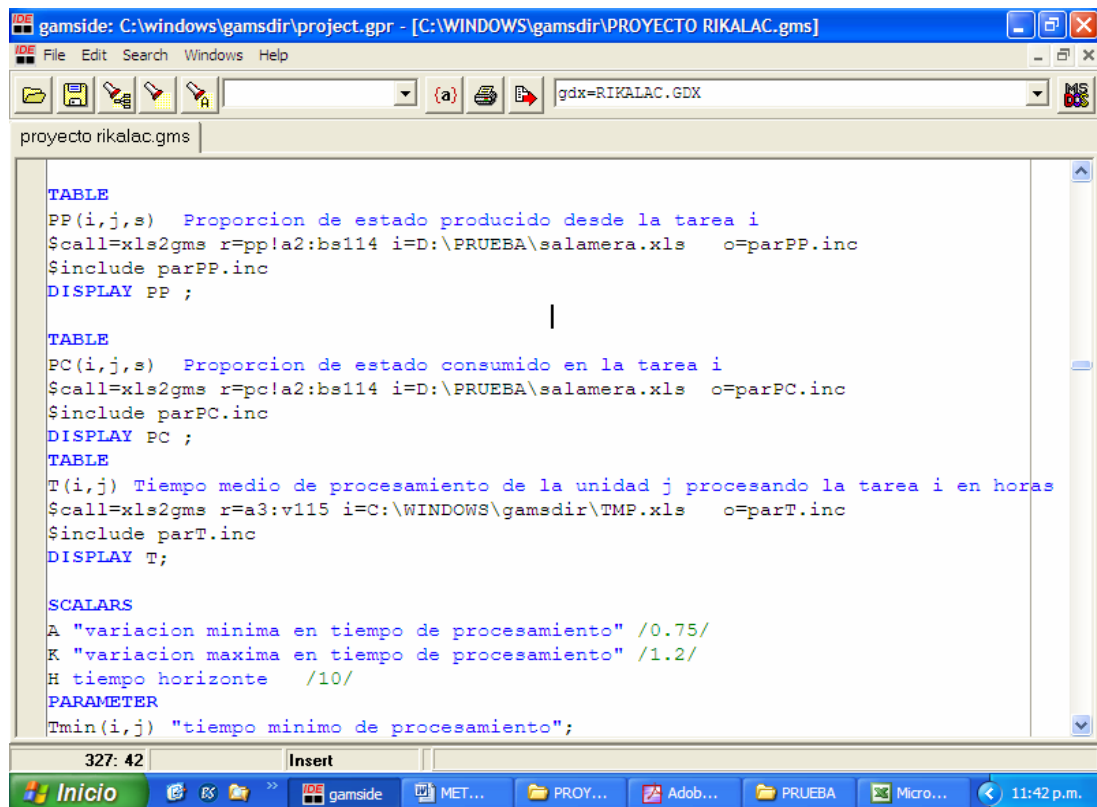
PP(i , j , s) Proporción de estado producido desde la tarea i

```
$call=xls2gms r=pp!a2:bs114 i=D:\PRUEBA\salamera.xls o=parPP.inc
```

```
$include parPP.inc
```

```
DISPLAY PP;
```

Figura 23. Importación de hojas de cálculo a GAMS.



```
gamside: C:\windows\gamsdir\project.gpr - [C:\WINDOWS\gamsdir\PROYECTO RIKALAC.gms]
IDE File Edit Search Windows Help
gdx=RIKALAC.GDX
proyecto rikalac.gms

TABLE
PP(i,j,s) Proporción de estado producido desde la tarea i
$call=xls2gms r=pp!a2:bs114 i=D:\PRUEBA\salamera.xls o=parPP.inc
$include parPP.inc
DISPLAY PP ;

TABLE
PC(i,j,s) Proporción de estado consumido en la tarea i
$call=xls2gms r=pc!a2:bs114 i=D:\PRUEBA\salamera.xls o=parPC.inc
$include parPC.inc
DISPLAY PC ;

TABLE
T(i,j) Tiempo medio de procesamiento de la unidad j procesando la tarea i en horas
$call=xls2gms r=a3:v115 i=C:\WINDOWS\gamsdir\TMP.xls o=parT.inc
$include parT.inc
DISPLAY T;

SCALARS
A "variacion minima en tiempo de procesamiento" /0.75/
K "variacion maxima en tiempo de procesamiento" /1.2/
H tiempo horizonte /10/
PARAMETER
Tmin(i,j) "tiempo minimo de procesamiento";

327: 42 Insert
Inicio gamside MET... PROY... Adob... PRUEBA Micro... 11:42 p.m.
```

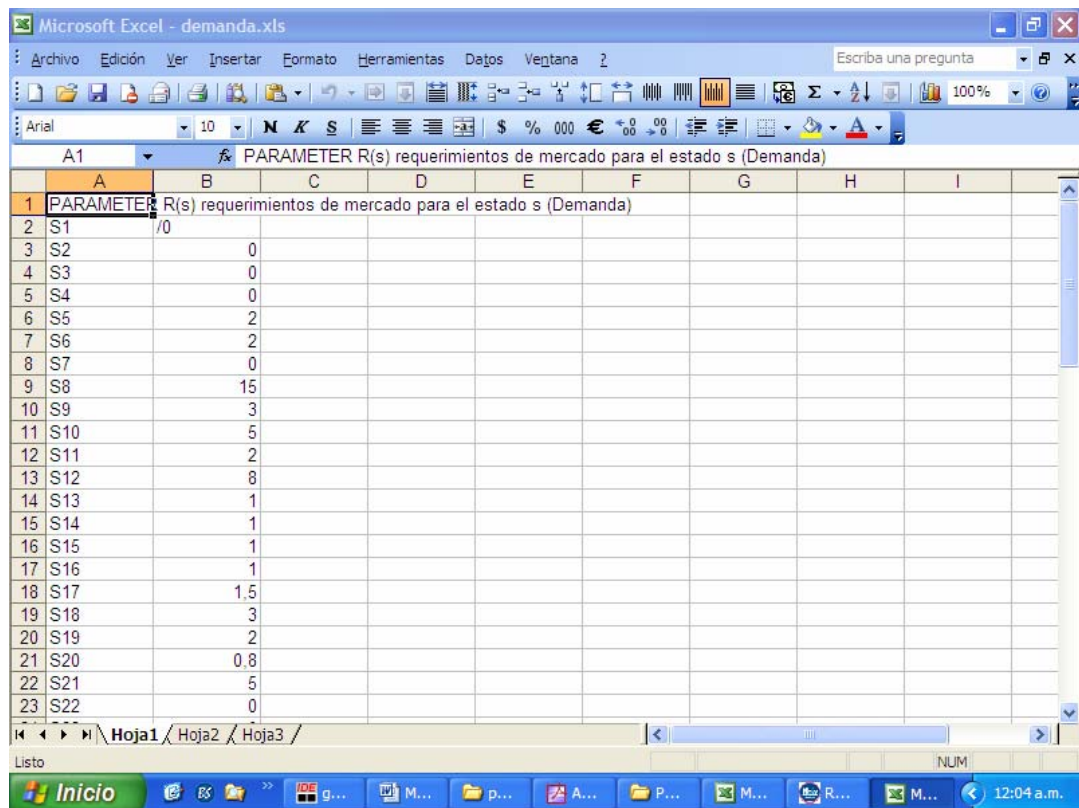
La tercera forma de incluir los parámetros en el modelo de RIKALAC.gms se hace mediante la elaboración de una interfase desarrollada en Borland Delphi 7, que incluye los parámetros precio y requerimientos de mercado creando una hoja de cálculo de Excel, y enviándola a una ubicación determinada dentro del ordenador, posteriormente esta hoja de cálculo se importa dentro del modelo de GAMS mediante la herramienta xls2gams incluyendo dentro del modelo los parámetros precio Pr(s) y demanda de mercado R(s) particulares a cada periodo de producción.

Figura 24. Interfase con el usuario.



Esta interfase crea una hoja de cálculo en una ubicación determinada en la construcción de esta interfase.

Figura 25. Hoja de cálculo creada en la interfase.



The screenshot shows a Microsoft Excel window titled "Microsoft Excel - demanda.xls". The spreadsheet contains a table with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	PARAMETER R(s) requerimientos de mercado para el estado s (Demanda)								
2	S1	/0							
3	S2		0						
4	S3		0						
5	S4		0						
6	S5		2						
7	S6		2						
8	S7		0						
9	S8		15						
10	S9		3						
11	S10		5						
12	S11		2						
13	S12		8						
14	S13		1						
15	S14		1						
16	S15		1						
17	S16		1						
18	S17		1.5						
19	S18		3						
20	S19		2						
21	S20		0.8						
22	S21		5						
23	S22		0						

5.3 DEFINICIÓN DE VARIABLES EN GAMS.

Las variables son las entidades cuyos valores son generalmente desconocidos hasta después de que un modelo se ha resuelto.

Una variable de GAMS, como todos los otros identificadores, debe declararse antes de que sea referenciada.

Las variables que se incluyen dentro del modelo de GAMS previamente fueron definidas en el estudio de la formulación matemática y dentro del modelo se dividen en variables positivas, enteras y binarias.

Tabla 9. Variables de GAMS¹³.

Palabra clave	Valor por defecto del límite inferior	Valor por defecto del límite superior	Descripción
free (default)	-inf	+inf	Ningún límite en la variable. Ambos límites pueden cambiarse de los valores predefinidos por el usuario
positive	0	+inf	Ningún valor negativo se permite en la variable. El usuario puede cambiar el límite superior del valor predefinido.
negative	-inf	0	Ningún valor positivo se permite en las variables. El usuario puede cambiar el límite inferior del valor predefinido.
binary	0	1	Variable discreta que puede tomar sólo valores de 0 o 1
integer	0	100	Variable discreta que puede tomar sólo valores enteros entre los límites especificados. El usuario puede cambiar los límites del el valor predefinido.

¹³ GAMS USERSGUIDE. Tutorial by Richard E. Rosenthal. © GAMS Development Corporation, 1998.

La codificación de estas variables se ilustra a continuación.

Figura 26. Declaración de variables en GAMS.

```
VARIABLES
WV(i,n)   variable binaria que asigna el comienzo de la tarea i en el punto
evento n
YV(j,n)   variable binaria que asigna la utilizacion de la unidad j en el punto
evento n
B(i,j,n)  cantidad de material comprometido en la tarea i en la unidad j en
cualquier punto evento n
D(s,n)    cantidad de estado entregandose al mercado en el punto evento n
ST(s,n)   cantidad de estado s en el punto evento n
Ti(i,j,n) tiempo en el que comienza la tarea i en la unidad j en el punto evento n
Tf(i,j,n) tiempo en el que termina la tarea i en la unidad j en el punto evento n
Z         funcion objetivo ;

POSITIVE VARIABLES  B,D,ST,Ti,Tf;

BINARY VARIABLES   WV,YV;

EQUATIONS

ASI1  Asignacion de tareas
ASI2,ASI3,ASI4,ASI5,ASI6,ASI7,ASI8,ASI9,ASI10,ASI11,ASI12,ASI13,ASI14,ASI15,ASI16,
ASI17,ASI18,ASI19,ASI20,ASI21,asig1,asig2,asig3,asig4,asig5,asig6,asig7,asig8,
asig9,asig10,asig11,asig12,asig13,asig14,asig15,asig16,asig17,asig18,asig19,asig20,
```

5.4 DEFINICIÓN DE RESTRICCIONES EN GAMS Y SOLUCIÓN DEL MODELO.

Las ecuaciones son los nombres de GAMS para las relaciones algebraicas simbólicas que se usan para generar las restricciones en el modelo. Como con las variables, una ecuación de GAMS traza arbitrariamente muchas restricciones individuales, dependiendo del número de miembros de los conjuntos definidos¹⁴.

Una ecuación de GAMS, como todos los identificadores, debe declararse antes de que pueda usarse.

En el modelamiento particular del sistema productivo de la empresa RIKALAC S.A. Algunas de las ecuaciones son representadas en su totalidad de forma algebraica, las demás, por las complejas interrelaciones entre sus elementos son representadas individualmente, lo que deriva en un gran tamaño del modelo resultante.

A continuación se ilustra la manera como son incluidas estas restricciones dentro del modelo matemático con una ecuación individual de balance de material correspondiente al estado (S6). Primero se procede a declarar la restricción correspondiente Luego se expresa matemáticamente.

BLS6A [Restricciones de balance de material para estado \(s6\)](#);

BLS6A(n)\$[\(ord \(n\) gt 1\)](#).. ST("s6",n)=e=ST("s6",n-1)+

PP("59", "M5", "s6")*B("59", "M5", n-1)-D("s6", n);

¹⁴ GAMS USERSGUIDE. Tutorial by Richard E. Rosenthal. © GAMS Development Corporation, 1998.

El objetivo de este problema es la maximización de ingresos por ventas de los productos requeridos. La siguiente ecuación representa este propósito en el modelo matemático.

MAX [Función objetivo](#);

MAX.. $Z = e = \sum ((s,n), Pr(s)*D(s,n)) + \sum ((s,n), Pr(s)*ST(s,n))$;

La solución del modelo utiliza un recurso límite de 100000 iteraciones y 100000 segundos de tiempo en segundos de CPU, haciendo uso de programación lineal entera mixta.

RIKALAC.reslim=100000;

RIKALAC.iterlim=100000;

[SOLVE](#) RIKALAC using MIP maximizing Z;

5.5 EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Se consideran los periodos de producción de leche pasteurizada de las fechas 12 y 13 de septiembre de 2006, los datos pertinentes a cantidades iniciales de leche cruda (s1), hora de inicio del periodo productivo, cantidades de las referencias a producir y secuencia de producción son especificadas en las tablas 11 y 12 y en las figuras 27, 28,29 y 30.

Estos datos y parámetros son incluidos dentro del modelo matemático propuesto desarrollado en GAMS para su posterior comparación con los resultados reales de producción.

Los tiempos de preparación de la maquinaria son incluidos dentro del tiempo de producción, las paradas de las máquinas para cambio de referencia no se tienen en cuenta pues son periodos de tiempo muy cortos en comparación con el tiempo horizonte de la corrida de producción.

Las cantidades de leche requerida se embalan en cestillos para su reparto a los clientes internos los cuales contienen las siguientes cantidades por cestillo:

Tabla 10. Embalaje de las distintas presentaciones

LECHE PASTEURIZADA		
PRESENTACIÓN	CESTILLO	CANTIDAD EN LITROS
1000 c.c.	18 Bolsas	18 litros
900 c.c.	18 Bolsas	16,2 litros
500 c.c.	36 Bolsas	18 litros
450 c.c.	42 Bolsas	18,9 litros
250 c.c.	72 Bolsas	18 litros
200 c.c.	se especifica	se especifica

Fuente: RIKALAC S.A.

Los requerimientos de producción del día 12 y 13 de septiembre de 2006 son especificados en la tabla 11 y 12, que contiene la información referente a requerimientos del mercado Y cantidad inicial disponible de materia prima en la sección de leche pasteurizada.

Tabla 11. Requerimientos del mercado 12 septiembre.

Producción de leche pasteurizada RIKALAC S.A. 12 septiembre de 2006					
Cantidad inicial disponible de leche sin procesar Stin(S1) 23500 litros					
Presentación	Cestillos	Litros	Presentación	Cestillos	Litros
RIKALAC 1000 c.c.	739	13302	CREMY.1000 c.c.	43	774
RIKALAC 900 c.c.	11	178,2	CREMY.500 c.c.	15	270
RIKALAC 500 c.c.	182	3276	CREMY.250 c.c.	5	90
RIKALAC 450 c.c.	35	661,5	COLESAN 1000 c.c.	55	990
RIKALAC 250 c.c.	110	1980	COLESAN LIGHT c.c.	22	396
RIKALAC LIGHT c.c.	28	504	DELILECHE 1000 c.c.	30	540
FORTIFICADA c.c.	23	414			

Fuente: RIKALAC S.A.

Tabla 12. Requerimientos del mercado 13 septiembre.

Producción de leche pasteurizada RIKALAC S.A. 13 septiembre de 2006					
Cantidad inicial disponible de leche sin procesar Stin(S1) 23000 litros					
Presentación	Cestillos	Litros	Presentación	Cestillos	Litros
RIKALAC 1000 c.c.	626	11268	CREMY.1000 c.c.	69	1242
RIKALAC 900 c.c.	10	162	CREMY.900 c.c.	14	226,8
RIKALAC 500 c.c.	230	4140	CREMY.500 c.c.	39	702
RIKALAC 250 c.c.	80	1440	CREMY.250 c.c.	13	234
RIKALAC LIGHT	29	522	COLESAN 1000 c.c.	57	1026
FORTIFICADA	44	792	COLESAN LIGHT	29	522
			DELILECHE 1000 c.c.	34	612

Fuente: RIKALAC S.A.

Con estos requerimientos la secuencia de producción real de procesamiento se ilustra en la figura 27, 29 y los resultados de la programación en GAMS en la figura 28, 30.

La secuencia de procesamiento comienza con la pasteurización de leche descremada en la tarea 1 que se empaca posteriormente como leche Light Rikalac (tarea 79) y Light Colesan (tarea 59), después de cumplir con los requerimientos de mercado de estas presentaciones se procede con la adición de vitaminas en el pasteurizador para producir leche Fortificada con el mismo porcentaje de grasa que la leche descremada por lo tanto se procesa en el pasteurizador como tarea 1, y luego se empaca en las tareas (75, 113,114). El empaque de las referencias Light y Fortificada debe hacerse de forma secuencial y consecutiva, ya que las tuberías que alimentan las máquinas empacadoras son las mismas y estos estados intermedios no pueden mezclarse. La leche entera con un porcentaje de grasa mayor se produce en el pasteurizador en la tarea 2 y es empacada en las demás referencias mencionadas en la tabla 7.

En estos diagramas las celdas del mismo color con diferente enumeración corresponden a la misma referencia empacada en diferente máquina y las divisiones representan los 16 puntos evento (n0-n15) considerados dentro del horizonte de producción.

Figura 27. Secuencia de producción día 12 de septiembre 2006. Las tareas correspondientes a cada unidad se enumeran en la tabla 7.

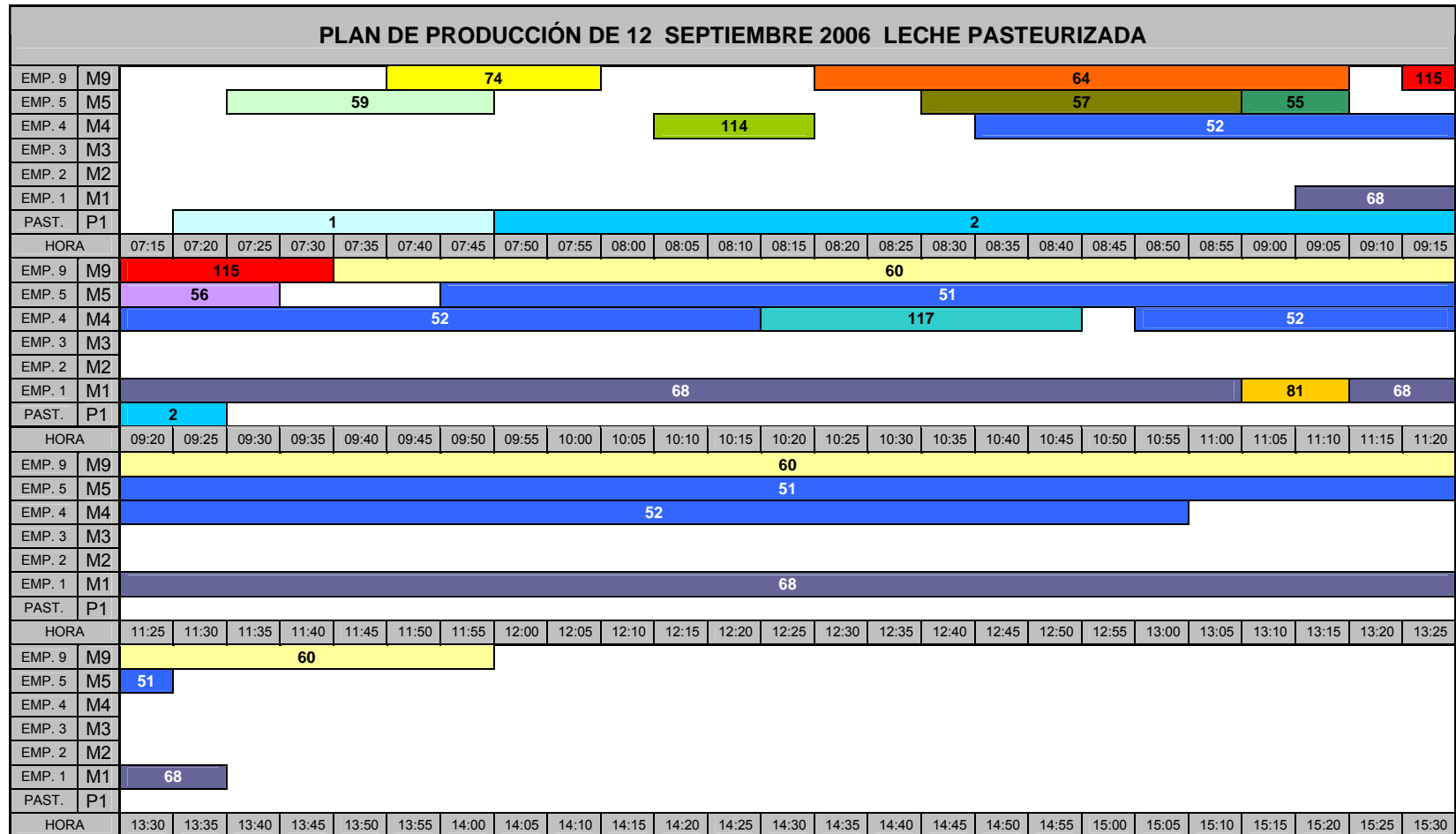


Figura 28. Resultados del modelo matemático de GAMS para plan de producción 12 de septiembre.

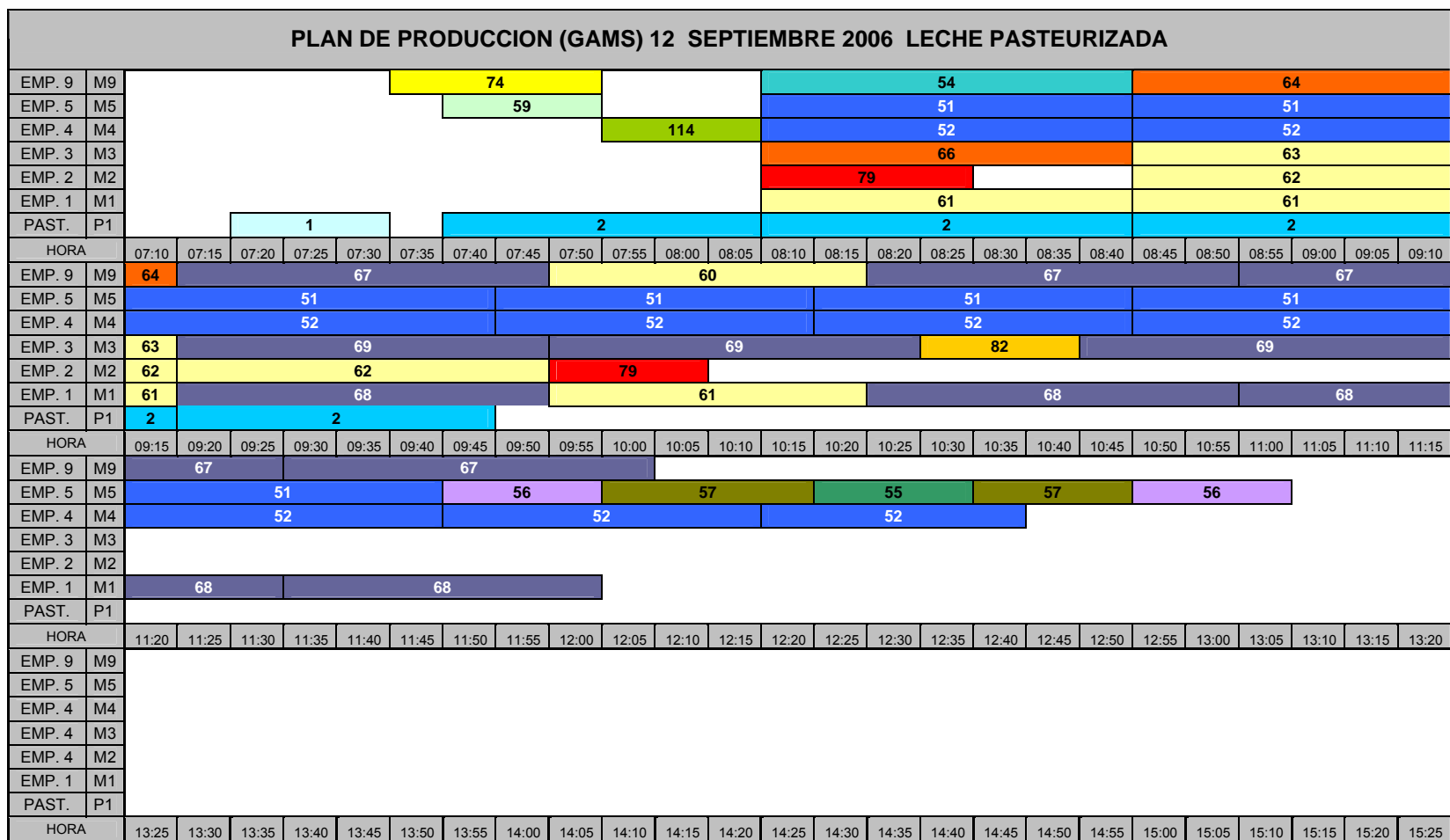


Figura 29. Secuencia de producción día 13 de septiembre 2006.

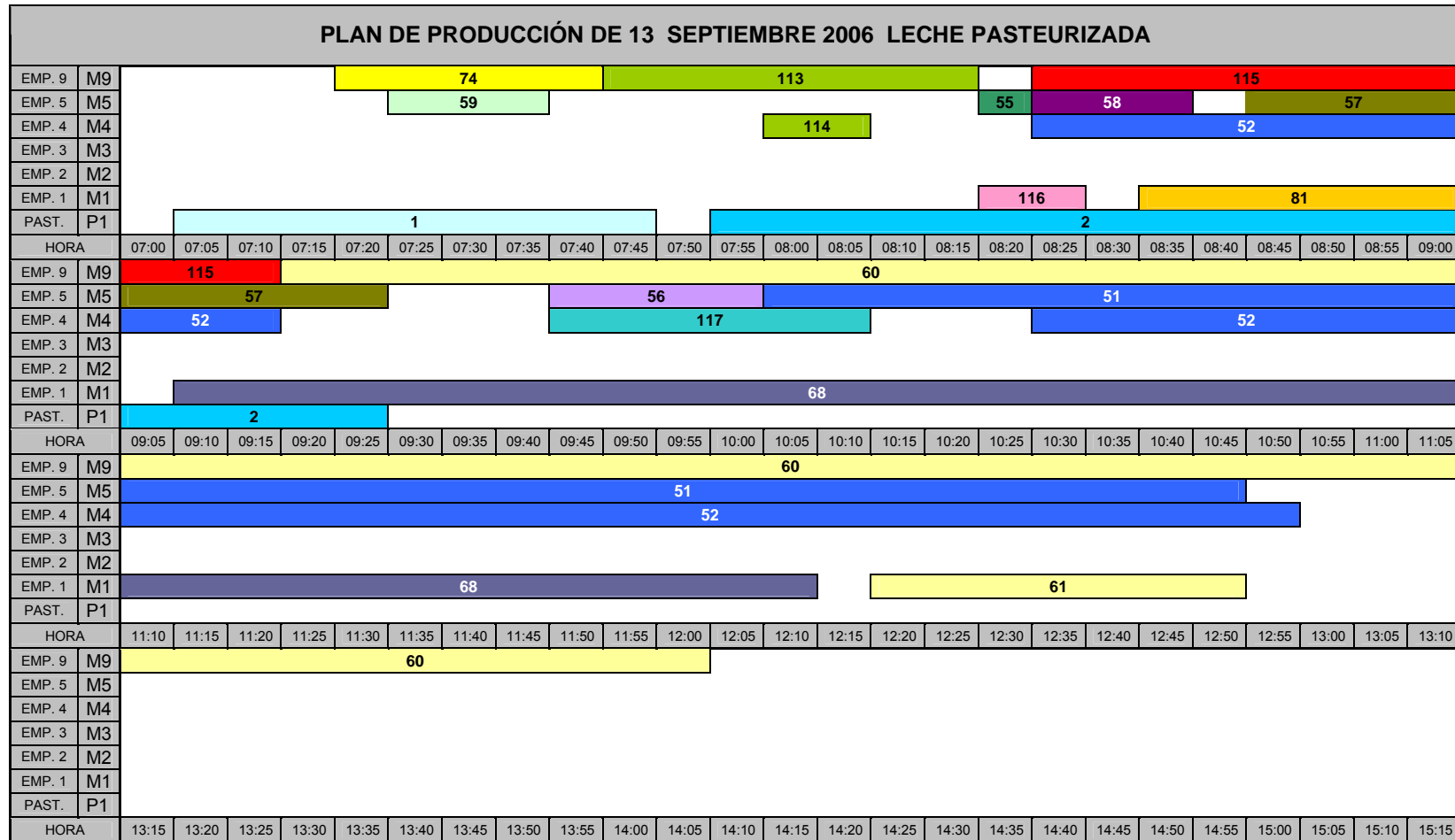


Figura 30. Resultados del modelo matemático de GAMS para plan de producción 13 de septiembre.

PLAN DE PRODUCCION (GAMS) 13 SEPTIEMBRE 2006 LECHE PASTEURIZADA																											
EMP. 9	M9						74					113										54					
EMP. 5	M5						59										51					51					
EMP. 4	M4											114					52					52					
EMP. 3	M3																63					63					
EMP. 2	M2																62					62					
EMP. 1	M1																61					61					
PAST.	P1	1					2					2					2										
HORA		07:00	07:05	07:10	07:15	07:20	07:25	07:30	07:35	07:40	07:45	07:50	07:55	08:00	08:05	08:10	08:15	08:20	08:25	08:30	08:35	08:40	08:45	08:50	08:55	09:00	
EMP. 9	M9	67					67					67					67										
EMP. 5	M5	51					51					51					56					57					
EMP. 4	M4	52					52					52					52										
EMP. 4	M3	63					80					82															
EMP. 4	M2	79					62					79					62										
EMP. 1	M1	68					68					68															
PAST.	P1	2																									
HORA		09:05	09:10	09:15	09:20	09:25	09:30	09:35	09:40	09:45	09:50	09:55	10:00	10:05	10:10	10:15	10:20	10:25	10:30	10:35	10:40	10:45	10:50	10:55	11:00	11:05	
EMP. 9	M9	67																									
EMP. 5	M5	57					57					55					57					58					
EMP. 4	M4	52																									
EMP. 4	M3																										
EMP. 4	M2																										
EMP. 1	M1																										
PAST.	P1																										
HORA		11:10	11:15	11:20	11:25	11:30	11:35	11:40	11:45	11:50	11:55	12:00	12:05	12:10	12:15	12:20	12:25	12:30	12:35	12:40	12:45	12:50	12:55	13:00	13:05	13:10	
EMP. 9	M9																										
EMP. 5	M5																										
EMP. 4	M4																										
EMP. 4	M3																										
EMP. 4	M2																										
EMP. 1	M1																										
PAST.	P1																										
HORA		13:15	13:20	13:25	13:30	13:35	13:40	13:45	13:50	13:55	14:00	14:05	14:10	14:15	14:20	14:25	14:30	14:35	14:40	14:45	14:50	14:55	15:00	15:05	15:10	15:15	

Los resultados obtenidos con el modelo matemático codificado en GAMS son considerados aceptables y representan el comportamiento real del sistema en cuanto a factibilidad en la secuencia de procesamiento de tareas, cantidad de estado procesado en cualquier instante de tiempo en cualquier unidad y El tiempo de procesamiento de cada tarea en cada unidad para satisfacer los requisitos del mercado, mejorando de forma considerable el uso de la capacidad instalada, con respecto a la programación real hecha en los días 12 y 13 de septiembre, traduciéndose en una mejor utilización de la maquinaria disponible para empaque, disminuyendo el tiempo horizonte de producción, mejorando el tiempo de respuesta entre el pedido y la entrega en los cuartos fríos de almacenamiento para posterior distribución al cliente.

Las tareas que se programaron como consecutivas ej. Tarea 1 y Tarea 74, no pueden realizarse simultáneamente en el modelo matemático programado como se muestra en las figuras 28 y 30, lo que impide que el comienzo del empaque de leche pasteurizada Light se realice en un tiempo menor en el modelamiento propuesto, con la disminución posterior en el tiempo horizonte de producción, pero este inconveniente se resuelve de manera ingeniosa disminuyendo el tiempo de operación en el pasteurizador y al mismo tiempo de manera proporcional disminuyendo su capacidad de procesamiento, con el fin de que el empaque de leche Light pueda comenzar terminada la tarea 1 en el punto evento (n0) . Esto demanda un enrejado de tiempo un poco más denso en cuanto a puntos evento del sistema, pero representa de forma más realista el comportamiento del proceso productivo, pero como consecuencia de esto, el tiempo de ejecución de CPU en segundos se incrementa de manera notable en la solución del modelo matemático.

Es necesario para reproducir las condiciones del sistema productivo de la empresa RIKALAC S.A. añadir unas restricciones que no son parte del modelamiento matemático original, pero que pueden ser adaptadas como restricciones de finalización de tareas previas, ejemplo de esto es la secuencia de producción que se ilustra a continuación.

Figura 31. Secuencia de producción de leche pasteurizada.



Dentro del modelo matemático un ejemplo de estas restricciones de secuencia de procesamiento se codifica de la siguiente manera:

$$\text{TERM29}(i,j,n) \$(\text{FORTI}(i,j) \text{ AND } \text{ord}(n) \text{ lt } \text{card}(n) \text{ AND } \text{ord}(n) \text{ gt } 1) . \text{Ti}(i,j,n) = G = \text{sum}(np, (\text{Tf}("59", "M5", np-1) - \text{Ti}("59", "M5", np-1)) + (\text{Tf}("1", "P1", np-1) - \text{Ti}("1", "P1", np-1)));$$

Esta restricción denotada como TERM29 establece que el tiempo de comienzo del conjunto de tareas que procesa leche fortificada debe ser mayor o igual que la sumatoria de los tiempos de procesamiento de leche colesan Light (Tarea 59), (esto solo si se produce esta referencia), sumados a los tiempos de procesamiento en puntos evento anteriores de la (tarea 1) que produce leche descremada, insumo del conjunto de tareas que consumen leche fortificada. Este tipo de secuencia de procesamiento es plasmada dentro del modelo matemático para la leche RIKALAC Light (Tarea

74), y para el conjunto que contiene las referencias de leche ENTERA que deben producirse después de la leche fortificada.

Otra consideración importante en el modelo consiste en que parámetro precio $Pr(s)$, para cada uno de los estados iniciales, intermedios y finales, no es determinado de forma real en este estudio, ya que los costos de producción y el aporte ponderado de cada uno de los productos finales no es definido de manera real, y su determinación no hace parte de este trabajo. Estos datos no se encuentran actualmente disponibles en la empresa y es necesario hacer un estudio de costos de producción de sus productos.

Actualmente el costo de producción se establece de manera total lo mismo que los ingresos por concepto de ventas, por este motivo el valor real de la función objetivo en el modelo no representa el valor real del proceso de producción ya que en este estudio a cada una de las referencias requeridas se le asigna un valor didáctico $Pr(s)$ de \$1 en el parámetro precio.

Es importante hacer una diferenciación en las ecuaciones de balance de material entre los estados iniciales, intermedios, y finales por su diferente comportamiento relativo al consumo y producción en cada una de las unidades dentro del proceso porque las ecuaciones de balance de material de cada uno de estos estados se representan de manera diferente.

6 CONCLUSIONES DEL PROYECTO.

La realización de este proyecto exigió el desarrollo y adecuación de un modelo matemático de optimización que representa el comportamiento de algunas de las características de interés del proceso productivo de la empresa RIKALAC S.A. En el cual se permite visualizar una alternativa de programación de producción antes de tomar decisiones para su ejecución permitiendo apoyar de manera fiable la toma de decisiones operativas en la empresa RIKALAC S.A.

Se considera que el nivel de detalle en la elaboración del modelo matemático es apropiado y reproduce las características de interés para soportar de manera fiable la toma de decisiones, aunque se considera que un enrejado más denso de puntos evento representaría de forma más ajustada a la realidad el comportamiento de este modelo, pero que como consecuencia de esto el tiempo de ejecución en CPU sería muy grande y las alternativas de solución no podrían ser motivo de análisis en tiempo real.

El tiempo de procesamiento computacional para el modelo que representa el periodo de producción del día 12 de septiembre es de 222.86 segundos con 10556 iteraciones en los resultados del modelo dual para 16 puntos evento con un optimizador GAMS/CPLEX 7.5 en un equipo Pentium 4 CPU 2.8 GHz, lo que se considera aceptable para análisis en tiempo real, y se disminuye el tiempo horizonte de producción con respecto a los resultados obtenidos en el periodo real de producción en 13.6% equivalente a casi una hora en el periodo de producción.

El tiempo de procesamiento computacional para el modelo que representa el periodo de producción del día 13 de septiembre es de 59.69 segundos con 4123 iteraciones en los resultados del modelo dual para 16 puntos evento con un optimizador GAMS/CPLEX 7.5 en un equipo Pentium 4 CPU 2.8 GHz, lo que se considera aceptable para análisis en tiempo real, y se disminuye el tiempo horizonte de producción en 115 minutos con respecto a los resultados obtenidos en el periodo real de producción lo que es equivalente a una disminución en 27.05% en el tiempo horizonte del periodo de producción.

Con estos resultados se concluye que el modelamiento matemático desarrollado es efectivo en la reducción del tiempo horizonte de producción haciendo una mejor asignación de recursos con respecto a la programación de producción llevada a cabo actualmente, para cumplir con el objetivo de satisfacer la demanda requerida, y puede ser utilizado como guía por el responsable del proceso para programar la producción. Teniendo en cuenta que el procedimiento actual para este propósito es realizado de manera manual basado en el conocimiento empírico de el responsable del proceso.

Las interfases desarrolladas para la asignación de parámetros de proceso facilitan el ingreso de los datos necesarios del modelo. Estas interfases fueron desarrolladas con la herramienta xls2gams, que permite la interacción entre hojas de cálculo de Excel y el lenguaje de modelado algebraico GAMS. La asignación de los parámetros precio de los productos Pr(s) y cantidad requerida R(s), es asignada con una interfase desarrollada con el lenguaje de programación de propósito general Borland Delphi 7, que facilita el ingreso de estos datos dentro del modelo matemático codificado en GAMS por parte del usuario final.

Se concluye que la formulación matemática desarrollada específicamente para procesos por lotes puede ser ajustada a un proceso continuo de producción mediante un enrejado o discretización densa de puntos evento dentro del horizonte de producción.

7 RECOMENDACIONES.

Todo esfuerzo de desarrollo de un proyecto de este tipo requiere paciencia, ya que podría tomar meses, antes que un modelamiento de este tamaño se comporte de acuerdo a las características del sistema real deseadas, es importante mantener un orden y organización en cada etapa de desarrollo especialmente en la de codificación ya que cualquier cambio efectuado, en su estructura afecta de manera global los resultados que ofrece el modelo.

Se recomienda la realización de un estudio de costos de producción de cada producto para que la herramienta desarrollada pueda utilizarse para determinar el valor real de la función objetivo dentro del modelo de optimización.

Es recomendable que los esfuerzos de modelamiento se realicen de manera conjunta y coordinada entre el modelador o conocedor de la técnica de aplicación, el experto o conocedor del proceso productivo y el tomador de decisiones dentro del proceso pues cada uno de ellos tiene expectativas muy diferentes acerca del resultado final de la herramienta desarrollada.

Para el análisis de los resultados del modelo matemático es recomendable la instalación de la herramienta gdxviewer.exe, en el directorio glib de GAMS, que permite la visualización de los resultados en tablas que facilitan su interpretación y pueden ser detalladas de manera cómoda y práctica.

8 BIBLIOGRAFÍA.

IERAPETRITOU, M.G. y FLOUDAS, C.A. Effective Continuous-Time Formulation for Short-Term Scheduling. *Ind. Eng. Chem. Res.* 37, 4341-4359. Department of Chemical Engineering, Princeton University, Princeton, New Jersey 08544-5263. 1998.

Modelos matemáticos de optimización. www.doi.icaei.upco.es Octubre 2001.

CASTRO, Pedro M. y GROSSMANN, Ignacio E. An Efficient MILP Model for the Short-Term Scheduling of Single Stage Batch Plants. Departamento de Modelação e Simulação de Processos, INETI, 1649-038 Lisboa, Portugal
Department of Chemical Engineering, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213, USA

SUNDARAMOORTHY, Arul y KARIMI, I.A.. A simpler better slot-based continuous-time formulation for short-term Scheduling in multipurpose batch plants . www.elsevier.com/locate/ces

BARCELÓ, J. Y CASANOVAS, J. Simulación y Modelización de Sistemas, en: Panorama Informático, Editado por FESI, 1996.

BARCELÓ, Jaime. Simulación de sistemas discretos,.1996. Isdefe.

BRUCKER, Peter. Scheduling Algorithms. 4 ed. Berlin: Springer, 2004.

CARIDAD, Horacio José. AGUIRRE, Luis Enrique. Organización y control industrial. Editorial: Cesarini Hnos. Editores

ALFONSO GALIPIENSO, María I. Un modelo de integración de técnicas de *CLAUSURA* y *CSP* de restricciones temporales: Aplicación a problemas de Scheduling. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante. Alicante: 2001.

SOLANA Ricardo F., Producción: su Organización y Administración en el Umbral del Tercer Milenio. Editorial: Ediciones Interoceánicas S. A.

ARBONAS, M.E. Optimización Industrial (I): Distribución de los recursos. Colección Productica No. 26. Marcombo S.A, 1989.

ARBONAS, M.E. Optimización Industrial (II): Programación de recursos. Colección Productica No. 29. Marcombo S.A, 1989.

ANDERSON, D.R., SWEENEY.J. , WILLIAMS,T.A. , Introducción a los Modelos Cuantitativos para Administración. Grupo Editorial Iberoamérica. 1993.

MOSKOWITZ,H. Y WRIGHT G.P. Investigación de Operaciones. Prentice_Hall Hispanoamericana S.A. 1991.

TRUJILLO,J;BATISTA,A: Métodos Económicos-Matemáticos I.Editorial ISPJAE, Habana,1986.

TAHA,H: Investigación de Operaciones.Alfaomega,México,1995.

STEWART, James. "Cálculo, Trascendentes Tempranas". 4 ed. Tr. de Andrés Sestier. México, Ed. Thomson, 2002. p. 1151

DUMONT, Jean-Christophe. VÉRONIQUE ROBICHAUD. Introduction to GAMS Software. A Manual for CGE Modelers. February 2000.

SARGENT, R. G, Simulation Model Verification and Validation, Proceedings of the 1991 Winter Simulation Conference,1991.

CHASE, R.B., AQUILANO, N.J. & JACOBS, F.R. (2000). Administración de producción y operaciones. Manufactura y servicios (8va edición9). Santa Fe de Bogotá: McGraw-Hill.

HILL, T. (1997). La esencia de la administración de operaciones. México: Prentice-Hall.

ANEXO 1

**RESULTADOS DEL MODELAMIENTO MATEMÁTICO PARA PROGRAMA
DE PRODUCCIÓN DEL DIA 12 DE SEPTIEMBRE**

GAMS Rev 133 Copyright (C) 1987-2002 GAMS Development. All rights reserved
Licensee: Danilo Abril Hernandez G021129:1442AB-WIN
Universidad Industrial de Santander, Escuela de Estudios InDC4015

```

--- Starting compilation
--- PROYECTO RIKALAC FINAL 12 SEPTIEMBRE.GMS(322) 1 Mb
--- call =xls2gms r=a2:b69 i=C:\WINDOWS\gamsdir\STi.xls o=parSTin.inc
Application: Microsoft Excel
Version: 11.0
Workbook: C:\WINDOWS\gamsdir\STi.xls
Sheet: Hojal
Range: $A$2:$B$69
Done with parSTin.inc
--- .PARSTIN.INC(79) 1 Mb
--- PROYECTO RIKALAC FINAL 12 SEPTIEMBRE.GMS(328) 1 Mb
--- call =xls2gms r=a2:b69 i=D:\PRUEBA\STmA.xls o=parSTmax.inc
Application: Microsoft Excel
Version: 11.0
Workbook: D:\PRUEBA\STmA.xls
Sheet: Hojal
Range: $A$2:$B$69
Done with parSTmax.inc
--- .PARSTMAX.INC(79) 1 Mb
--- PROYECTO RIKALAC FINAL 12 SEPTIEMBRE.GMS(334) 1 Mb
--- call =xls2gms r=a2:b69 i=C:\proyectoexcel\Pr.xls o=parPr.inc
Application: Microsoft Excel
Version: 11.0
Workbook: C:\proyectoexcel\Pr.xls
Sheet: Hojal
Range: $A$2:$B$69
Done with parPr.inc
--- .PARPR.INC(79) 1 Mb
--- PROYECTO RIKALAC FINAL 12 SEPTIEMBRE.GMS(340) 1 Mb
--- call =xls2gms r=a2:b69 i=C:\WINDOWS\gamsdir\R.xls o=parR.inc
Application: Microsoft Excel
Version: 11.0
Workbook: C:\WINDOWS\gamsdir\R.xls
Sheet: Hojal
Range: $A$2:$B$69
Done with parR.inc
--- .PARR.INC(79) 1 Mb
--- PROYECTO RIKALAC FINAL 12 SEPTIEMBRE.GMS(346) 1 Mb
--- call =xls2gms r=pp!a2:bs119 i=D:\PRUEBA\salamera.xls o=parPP.inc
Application: Microsoft Excel
Version: 11.0
Workbook: D:\PRUEBA\salamera.xls
Sheet: pp
Range: $A$2:$B$119
Done with parPP.inc
--- .PARPP.INC(129) 1 Mb
--- PROYECTO RIKALAC FINAL 12 SEPTIEMBRE.GMS(352) 1 Mb
--- call =xls2gms r=pc!a2:bs119 i=D:\PRUEBA\salamera.xls o=parPC.inc
Application: Microsoft Excel
Version: 11.0
Workbook: D:\PRUEBA\salamera.xls
Sheet: pc
Range: $A$2:$B$119
Done with parPC.inc
--- .PARPC.INC(129) 1 Mb
--- PROYECTO RIKALAC FINAL 12 SEPTIEMBRE.GMS(357) 1 Mb
--- call =xls2gms r=a3:v120 i=C:\WINDOWS\gamsdir\TMP.xls o=parT.inc
Application: Microsoft Excel
Version: 11.0
Workbook: C:\WINDOWS\gamsdir\TMP.xls
Sheet: Hojal
Range: $A$3:$V$120

```

Done with parT.inc
 --- .PART.INC(129) 1 Mb
 --- PROYECTO RIKALAC FINAL 12 SEPTIEMBRE.GMS(1074) 1 Mb
 --- Starting execution
 --- PROYECTO RIKALAC FINAL 12 SEPTIEMBRE.GMS(1775) 2 Mb
 --- Generating model RIKALAC12
 --- PROYECTO RIKALAC FINAL 12 SEPTIEMBRE.GMS(1777) 15 Mb
 --- 76571 rows, 10016 columns, and 328234 non-zeroes.
 --- PROYECTO RIKALAC FINAL 12 SEPTIEMBRE.GMS(1777) 15 Mb
 --- Executing CPLEX

GAMS/Cplex Jun 14, 2002 WIN.CP.CP 20.7 022.024.040.VIS For Cplex 7.5
 Cplex 7.5.0, GAMS Link 22
 Licensed for 1 use of lp, mip and barrier.

Reading data ...
 Starting Cplex...
 Tried aggregator 2 times.
 MIP Presolve eliminated 28007 rows and 5337 columns.
 MIP Presolve modified 163 coefficients.
 Aggregator did 1167 substitutions.
 Reduced MIP has 47397 rows, 3512 columns, and 221597 nonzeros.
 Presolve time = 3.84 sec.
 Clique table members: 142
 MIP emphasis: optimality

Iteration log . . .
 Iteration: 1 Dual objective = 1342.337674
 Iteration: 362 Dual objective = 306.793800
 Perturbation started.
 Iteration: 708 Dual objective = 293.328963
 Iteration: 860 Dual objective = 293.328915
 Iteration: 1016 Dual objective = 292.589997
 Iteration: 1251 Dual objective = 283.658911
 Iteration: 1462 Dual objective = 283.658787
 Iteration: 1671 Dual objective = 283.658664
 Iteration: 1872 Dual objective = 283.658142
 Elapsed time = 16.66 sec. (2000 iterations)
 Iteration: 2108 Dual objective = 283.653313
 Iteration: 2345 Dual objective = 283.642904
 Iteration: 2631 Dual objective = 277.695214
 Iteration: 2993 Dual objective = 268.397876
 Elapsed time = 35.59 sec. (3000 iterations)
 Iteration: 3300 Dual objective = 264.661282
 Iteration: 3604 Dual objective = 261.738147
 Iteration: 3992 Dual objective = 260.142002
 Elapsed time = 52.33 sec. (4000 iterations)
 Removing perturbation.
 Root relaxation solution time = 56.78 sec.

Nodes					Cuts/			
Node	Left	Objective	IInf	Best Integer	Best Node	ItCnt	Gap	
0	0	259.5706	60		259.5706	4316		
Elapsed time 10.02 sec. for		39398	of	47397	candidates for flow covers			
		243.9934	37		Cuts: 68		5276	
Elapsed time 10.02 sec. for		41528	of	47397	candidates for flow covers			
		243.8642	40		Cuts: 35		6004	
Elapsed time 10.02 sec. for		37422	of	47397	candidates for flow covers			
		243.8642	40		Flowcuts: 1		6005	
*	20+	20	242.5884	0	242.5884	243.5145	6494	0.38%

GUB cover cuts applied: 3
 Flow cuts applied: 1
 Gomory fractional cuts applied: 16

Fixing integer variables, and solving final LP..
Tried aggregator 1 time.
LP Presolve eliminated 73722 rows and 7793 columns.
Aggregator did 1930 substitutions.
Reduced LP has 919 rows, 293 columns, and 2554 nonzeros.
Presolve time = 0.44 sec.
Initializing dual steep norms . . .

Iteration log . . .
Iteration: 1 Dual objective = 4796.350000
Iteration: 77 Dual objective = 255.218756
Iteration: 148 Dual objective = 247.278756

Solution satisfies tolerances.

MIP Solution: 242.588362 (6494 iterations, 21 nodes)
Final LP: 242.588362 (204 iterations)

Best integer solution possible: 243.514542
Absolute gap: 0.926180
Relative gap: 0.003818

--- Restarting execution
--- PROYECTO RIKALAC FINAL 12 SEPTIEMBRE.GMS(1777) 0 Mb
--- Reading solution for model RIKALAC12
--- PROYECTO RIKALAC FINAL 12 SEPTIEMBRE.GMS(1777) 7 Mb
--- GDY File C:\WINDOWS\GAMSDIR\RIKALAC12.GDY
*** Status: Normal completion

ANEXO 2

**RESULTADOS DEL MODELAMIENTO MATEMÁTICO PARA PROGRAMA
DE PRODUCCIÓN DEL DIA 13 DE SEPTIEMBRE**

GAMS Rev 133 Copyright (C) 1987-2002 GAMS Development. All rights reserved
Licensee: Danilo Abril Hernandez G021129:1442AB-WIN
Universidad Industrial de Santander, Escuela de Estudios INDC4015

--- Starting compilation
--- PROYECTO RIKALAC FINAL13.GMS(322) 1 Mb
--- call =xls2gms r=a2:b69 i=C:\WINDOWS\gamsdir\13Sti.xls o=parSTin.inc
Application: Microsoft Excel
Version: 11.0
Workbook: C:\WINDOWS\gamsdir\13Sti.xls
Sheet: Hojal
Range: \$A\$2:\$B\$69
Done with parSTin.inc
--- .PARSTIN.INC(79) 1 Mb
--- PROYECTO RIKALAC FINAL13.GMS(328) 1 Mb
--- call =xls2gms r=a2:b69 i=D:\PRUEBA\STmA.xls o=parSTmax.inc
Application: Microsoft Excel
Version: 11.0
Workbook: D:\PRUEBA\STmA.xls
Sheet: Hojal
Range: \$A\$2:\$B\$69
Done with parSTmax.inc
--- .PARSTMAX.INC(79) 1 Mb
--- PROYECTO RIKALAC FINAL13.GMS(334) 1 Mb
--- call =xls2gms r=a2:b69 i=C:\proyectoexcel\13Pr.xls o=parPr.inc
Application: Microsoft Excel
Version: 11.0
Workbook: C:\proyectoexcel\13Pr.xls
Sheet: Hojal
Range: \$A\$2:\$B\$69
Done with parPr.inc
--- .PARPR.INC(79) 1 Mb
--- PROYECTO RIKALAC FINAL13.GMS(340) 1 Mb
--- call =xls2gms r=a2:b69 i=C:\WINDOWS\gamsdir\13R.xls o=parR.inc
Application: Microsoft Excel
Version: 11.0
Workbook: C:\WINDOWS\gamsdir\13R.xls
Sheet: Hojal
Range: \$A\$2:\$B\$69
Done with parR.inc
--- .PARR.INC(79) 1 Mb
--- PROYECTO RIKALAC FINAL13.GMS(346) 1 Mb
--- call =xls2gms r=pp!a2:bs119 i=D:\PRUEBA\salamera.xls o=parPP.inc
Application: Microsoft Excel
Version: 11.0
Workbook: D:\PRUEBA\salamera.xls
Sheet: pp
Range: \$A\$2:\$B\$119
Done with parPP.inc
--- .PARPP.INC(129) 1 Mb
--- PROYECTO RIKALAC FINAL13.GMS(352) 1 Mb
--- call =xls2gms r=pc!a2:bs119 i=D:\PRUEBA\salamera.xls o=parPC.inc
Application: Microsoft Excel
Version: 11.0
Workbook: D:\PRUEBA\salamera.xls
Sheet: pc
Range: \$A\$2:\$B\$119
Done with parPC.inc
--- .PARPC.INC(129) 1 Mb
--- PROYECTO RIKALAC FINAL13.GMS(357) 1 Mb
--- call =xls2gms r=a3:v120 i=C:\WINDOWS\gamsdir\TMP1.xls o=parT.inc
Application: Microsoft Excel
Version: 11.0
Workbook: C:\WINDOWS\gamsdir\TMP1.xls
Sheet: Hojal
Range: \$A\$3:\$V\$120

Done with parT.inc
 --- .PART.INC(129) 1 Mb
 --- PROYECTO RIKALAC FINAL13.GMS(1074) 1 Mb
 --- Starting execution
 --- PROYECTO RIKALAC FINAL13.GMS(1775) 2 Mb
 --- Generating model RIKALAC13
 --- PROYECTO RIKALAC FINAL13.GMS(1777) 15 Mb
 --- 76571 rows, 10016 columns, and 328202 non-zeroes.
 --- PROYECTO RIKALAC FINAL13.GMS(1777) 15 Mb
 --- Executing CPLEX

GAMS/Cplex Jun 14, 2002 WIN.CP.CP 20.7 022.024.040.VIS For Cplex 7.5
 Cplex 7.5.0, GAMS Link 22
 Licensed for 1 use of lp, mip and barrier.

Reading data ...
 Starting Cplex...
 Tried aggregator 2 times.
 MIP Presolve eliminated 28007 rows and 5337 columns.
 MIP Presolve modified 161 coefficients.
 Aggregator did 1167 substitutions.
 Reduced MIP has 47397 rows, 3512 columns, and 221569 nonzeros.
 Presolve time = 1.59 sec.
 Clique table members: 142
 MIP emphasis: optimality

Iteration log . . .
 Iteration: 1 Dual objective = 1454.387963
 Iteration: 343 Dual objective = 357.646000
 Iteration: 506 Dual objective = 297.855073
 Perturbation started.
 Iteration: 708 Dual objective = 293.276051
 Iteration: 935 Dual objective = 292.480979
 Iteration: 1155 Dual objective = 292.480870
 Iteration: 1370 Dual objective = 292.480774
 Iteration: 1604 Dual objective = 292.480651
 Iteration: 1765 Dual objective = 292.480324
 Iteration: 1997 Dual objective = 286.523746
 Elapsed time = 19.95 sec. (2000 iterations)
 Iteration: 2252 Dual objective = 283.969610
 Iteration: 2488 Dual objective = 281.315401
 Iteration: 2734 Dual objective = 277.586361
 Iteration: 2975 Dual objective = 277.345321
 Elapsed time = 43.03 sec. (3000 iterations)
 Iteration: 3217 Dual objective = 277.335987
 Iteration: 3473 Dual objective = 277.077866
 Iteration: 3755 Dual objective = 270.754262
 Elapsed time = 59.77 sec. (4000 iterations)
 Iteration: 4123 Dual objective = 266.199428
 Removing perturbation.
 Root relaxation solution time = 65.56 sec.

Nodes		Objective	IInf	Best Integer	Cuts/		Gap
Node	Left				Best Node	ItCnt	
0	0	265.9426	60		265.9426	4410	
Elapsed time 10.02 sec. for 24996 of 47397 candidates for flow covers							
Elapsed time 20.02 sec. for 41561 of 47397 candidates for flow covers							
		251.4526	37		Cuts: 69	5668	
Elapsed time 10.02 sec. for 46179 of 47397 candidates for flow covers							
		251.3910	46		Cuts: 32	6161	
*	70	227.9639	0	227.9639	251.3910	10041	10.28%
	100	246.7562	22	227.9639	251.3239	11579	10.25%
					Flowcuts: 1		
	200	247.9134	18	227.9639	251.0535	13928	10.13%

	300	269	249.9377	30	227.9639	250.9781	17595	10.10%
	400	366	246.1416	24	227.9639	250.9530	22284	10.08%
*	440+	225	247.5658	0	247.5658	250.8673	23767	1.33%

GUB cover cuts applied: 3
Flow cuts applied: 2
Gomory fractional cuts applied: 22
Fixing integer variables, and solving final LP..
Tried aggregator 1 time.
LP Presolve eliminated 73580 rows and 7809 columns.
Aggregator did 1925 substitutions.
Reduced LP has 1066 rows, 282 columns, and 2826 nonzeros.
Presolve time = 0.38 sec.
Initializing dual steep norms . . .

Iteration log . . .
Iteration: 1 Dual objective = 8522.489000
Iteration: 78 Dual objective = 257.528687
Iteration: 140 Dual objective = 250.019960

Solution satisfies tolerances.

MIP Solution: 247.565752 (23767 iterations, 441 nodes)
Final LP: 247.565752 (218 iterations)

Best integer solution possible: 250.867334
Absolute gap: 3.301582
Relative gap: 0.013336

--- Restarting execution
--- PROYECTO RIKALAC FINAL13.GMS(1777) 0 Mb
--- Reading solution for model RIKALAC13
--- PROYECTO RIKALAC FINAL13.GMS(1777) 7 Mb
--- GDX File C:\WINDOWS\GAMSDIR\RIKAKAC13.GDX
*** Status: Normal completion

ANEXO 3

CODIFICACIÓN GAMS PARA PROBLEMA 12 DE SEPTIEMBRE

\$TITLE " METODOLOGIA DE SOLUCION PARA PROBLEMAS DE PROGRAMACION DE LA PRODUCCION
\$TITLE EN EMPRESAS CON PROCESOS POR LOTES CON EQUIPAMIENTO MULTIPROPOSITO
\$TITLE UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. INGENIERIA INDUSTRIAL, ENERO 2006

\$onsymlist onsymxref onuellist onuelxref onempty
\$ontext

Elaborado por Roberto Alonso Vergara Tamayo
Director : Gustavo Alfredo Bula

\$offtext

*esta metologia fue desarrollada por los doctores M.G.Ierapetritou,T.S.Hene, y
*C.A.Flodas. en el departamento de ingenieria quimica, de la universidad
*de princeton,New Jersey 1998.

sets

i Tareas / 1*117 /

j unidades / P1 , MA1 , MA2 , MA3 , MA4 , TS1 , TS2 , TS3 , M1 , M2 , M3
M4 , M5 , M9 , M10 , M11 , M12 , M13 , M14 , M15 , M16 /

s estados involucrados / s1* s68 /

n puntos evento / n0*n15 /

ALIAS(i,ip),(j,jp),(n,np),(s,sp);

set past1(i,j) Tareas que puede hacer el pasteurizador 1
/1.P1,2.P1,3.P1,4.P1/;

set MARM1(i,j) Tareas que puede hacer la marmita 1
/5.MA1,8.MA1,11.MA1,14.MA1,17.MA1,20.MA1,23.MA1/;

set MARM2(i,j) Tareas que puede hacer la marmita 2
/6.MA2,9.MA2,12.MA2,15.MA2,18.MA2,21.MA2,24.MA2/;

set MARM3(i,j) Tareas que puede hacer la marmita 3
/26.MA3,27.MA3,28.MA3/;

set MARM4(i,j) Tareas que puede hacer la marmita 4
/7.MA4,10.MA4,13.MA4,16.MA4,19.MA4,22.MA4,25.MA4,29.MA4/;

set TINSAB1(i,j) Tareas que puede hacer la tina saborizadora 1
/30.TS1,33.TS1,36.TS1,39.TS1,42.TS1,45.TS1,48.TS1/;

set TINSAB2(i,j) Tareas que puede hacer la tina saborizadora 2
/31.TS2,34.TS2,37.TS2,40.TS2,43.TS2,46.TS2,49.TS2/;

set TINSAB3(i,j) Tareas que puede hacer la tina saborizadora 3
/32.TS3,35.TS3,38.TS3,41.TS3,44.TS3,47.TS3,50.TS3/;

set MAQ5(i,j) Tareas que puede hacer la maq. empacadora 5
/51.M5,53.M5,55.M5,56.M5,57.M5,58.M5,59.M5,75.M5/;

set MAQ9(i,j) Tareas que puede hacer la maq. empacadora 9
/54.M9,60.M9,64.M9,67.M9,70.M9,74.M9,115.M9,113.M9/;

set MAQ1(i,j) Tareas que puede hacer la maq. empacadora 1
/61.M1,65.M1,68.M1,71.M1,76.M1,78.M1,81.M1,116.M1/;

set MAQ2(i,j) Tareas que puede hacer la maq. empacadora 2
/62.M2,72.M2,79.M2,83.M2,85.M2,86.M2,87.M2,88.M2,89.M2,90.M2,91.M2,92.M2/;

set MAQ3(i,j) Tareas que puede hacer la maq. empacadora 3
/63.M3,66.M3,69.M3,73.M3,77.M3,80.M3,82.M3,84.M3/;

set MAQ4(i,j) Tareas que puede hacer la maq. empacadora 4
/52.M4,117.M4,114.M4/;

set MAQ10(i,j) Tareas que puede hacer la maq empacadora de Rigidos 10
/93.M10,95.M10,96.M10,107.M10,111.M10/;

set MAQ11(i,j) Tareas que puede hacer la empacadora manual 11
/97.M11,108.M11/ ;

set MAQ12(i,j) Tareas que puede hacer la empacadora manual 12
/98.M12,109.M12/ ;

set MAQ13(i,j) Tareas que puede hacer la empacadora manual 13
/99.M13,110.M13/ ;

set MAQ14(i,j) Tareas que puede realizar la selladora manual 14
/94.M14/;

set MAQ15(i,j) Tareas que puede realizar la selladora manual 15
/100.M15/;

38
0.36
39
0.8
40
0.46
41
0.36
42
0.8
43
0.46
44
0.36
45
0.8
46
0.46
47
0.36
48
0.8
49
0.46
50
0.36
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89

0.96 0.93
0.93 1.6
0.418
0.47
0.47
0.418
0.398 0.41
0.5 0.5
0.48
0.364
0.45 0.43
0.203
0.248 0.12
0.41
0.5 0.5
0.48 0.504
0.465
0.25 0.24
0.25 0.25 0.24
0.13 0.12
0.12 0.1
0.247
0.396
1.98
0.396
1.98

18		1			
19				0.3	
20	1				
21		1			
22				0.3	
23	1				
24		1			
25				0.3	
26			0.1		
27			0.1		
28			0.1		
29				0.3	
30					
0.12					
31					
0.12					
32					
0.12					
33					
0.12					
34					
0.12					
35					
0.12					
36					
0.12					
37					
0.12					
38					
0.12					
39					
0.12					
40					
0.12					
41					
0.12					
42					
0.12					
43					
0.12					
44					
0.12					
45					
0.12					
46					
0.12					
47					
0.12					
48					
0.12					
49					
0.12					
50					
0.12					
51				0.05	
52			0.05		
53				0.05	
54					0.05
55				0.05	
56				0.05	
57				0.05	
58				0.05	
59				0.05	
60					0.05
61				0.05	

62	0.05		
63		0.05	
64			0.05
65	0.05		
66		0.05	
67			0.05
68	0.05		
69		0.05	
70			0.05
71	0.05		
72		0.05	
73			0.05
74		0.05	
75			0.05
76	0.05		0.05
77		0.05	
78	0.05		
79		0.05	
80			0.05
81	0.05		
82		0.05	
83			0.05
84		0.05	
85			0.05
86		0.05	
87			0.05
88		0.05	
89			0.05
90		0.05	
91			0.05
92		0.05	
93			0.1
94			
0.01			
95			0.1
96			0.1
97			
98			0.1
0.1			
99			
0.1			
100			
0.01			
101			
0.05			
102			
0.05			
103			
0.05			
104			
0.05			
105			
0.05			
106			
0.05			
107			0.1
108			
109			0.1
0.1			
110			
0.1			
111			0.1
112			
0.05			
113			0.05

```

114                                     0.05
115                                     0.05
116                                     0.05
117                                     0.05
PARAMETER
STin(s)  cantidades necesarias iniciales de s
$call=xls2gms r=a2:b69 i=C:\WINDOWS\gamsdir\STi.xls  o=parSTin.inc
$include parSTin.inc

PARAMETER
STmax(s)  maxima capacidad disponible de almacenamiento del estado s  en miles de
litros
$call=xls2gms r=a2:b69 i=D:\PRUEBA\STmA.xls  o=parSTmax.inc
$include parSTmax.inc

PARAMETER
Pr(s)  precio del estado s
$call=xls2gms r=a2:b69 i=C:\proyectoexcel\Pr.xls  o=parPr.inc
$include parPr.inc

PARAMETER
R(s)  requerimientos de mercado para el estado s (Demanda)en miles de litros
$call=xls2gms r=a2:b69 i=C:\WINDOWS\gamsdir\R.xls  o=parR.inc
$include parR.inc

TABLE
PP(i,j,s)  Proporción de estado producido desde la tarea i
$call=xls2gms r=pp!a2:bs119 i=D:\PRUEBA\salamera.xls  o=parPP.inc
$include parPP.inc
DISPLAY PP ;

TABLE
PC(i,j,s)  Proporción de estado consumido en la tarea i
$call=xls2gms r=pc!a2:bs119 i=D:\PRUEBA\salamera.xls  o=parPC.inc
$include parPC.inc
DISPLAY PC ;

TABLE
T(i,j)  Tiempo medio de procesamiento de la unidad j procesando la tarea i en horas
$call=xls2gms r=a3:v120 i=C:\WINDOWS\gamsdir\TMP.xls  o=parT.inc
$include parT.inc
DISPLAY T;

SCALARS
A "variacion minima en tiempo de procesamiento" /0.9888888888/
K "variacion maxima en tiempo de procesamiento" /1.0966666666/
H tiempo horizonte /6/
PARAMETER
Tmin(i,j) "tiempo minimo de procesamiento";
  Tmin(i,j)= A*T(i,j);
PARAMETER
Tmax(i,j) "tiempo maximo de procesamiento";
  Tmax(i,j)=K*T(i,j);
PARAMETER
G(i,j) "termino variable de procesamiento de la tarea i en la unidad j";
  G(i,j)$(Vmax(i,j) ne 0)= (Tmax(i,j)-Tmin(i,j))/(Vmax(i,j)-Vmin(i,j));

VARIABLES
WV(i,n)  variable binaria que asigna el comienzo de la tarea i en el punto evento n
YV(j,n)  variable binaria que asigna la utilizacion de la unidad j en el punto evento
n

```

B(i,j,n) cantidad de material comprometido en la tarea i en la unidad j en cualquier punto evento n
D(s,n) cantidad de estado entregandose al mercado en el punto evento n
ST(s,n) cantidad de estado s en el punto evento n
Ti(i,j,n) tiempo en el que comienza la tarea i en la unidad j en el punto evento n
Tf(i,j,n) tiempo en el que termina la tarea i en la unidad j en el punto evento n
Z funcion objetivo
;

POSITIVE VARIABLES B,D,ST,Ti,Tf;

BINARY VARIABLES WV,YV;

EQUATIONS

ASI1 Asignacion de tareas

ASI2,ASI3,ASI4,ASI5,ASI6,ASI7,ASI8,ASI9,ASI10,ASI11,ASI12,ASI13,ASI14,ASI15,ASI16,ASI17,ASI18,ASI19,ASI20,ASI21,asig1,asig2,asig3,asig4,asig5,asig6,asig7,asig8,asig9,asig10,asig11,asig12,asig13,asig14,asig15,asig16,asig17,asig18,asig19,asig20,asig21

CAP1 Restricciones de capacidad minima

CAP2,CAP3,CAP4,CAP5,CAP6,CAP7,CAP8,CAP9,CAP10,CAP11,CAP12,CAP13,CAP14,CAP15,CAP16,CAP17,CAP18,CAP19,CAP20,CAP21

CAP22 Restricciones de capacidad maxima

CAP23,CAP24,CAP25,CAP26,CAP27,CAP28,CAP29,CAP30,CAP31,CAP32,CAP33,CAP34,CAP35,CAP36,CAP37,CAP38,CAP39,CAP40,CAP41,CAP42

ALM Restricciones de almacenamiento

BLS1 Restricciones de balance de material

BLS1A,BLS2,BLS2A,BLS3,BLS3A,BLS4,BLS4A,BLS5,BLS5A,BLS6,BLS6A,BLS66,BLS66A
BLS7,BLS7A,BLS8,BLS8A,BLS22,BLS22A,BLS23,BLS23A,BLS24,BLS24A,BLS25,BLS25A,BLS26,BLS26A
,BLS27,BLS27A,BLS28,BLS28A,BLS29,BLS29A,BLS30,BLS30A,BLS31,BLS31A,BLS32,BLS32A,BLS33,BLS33A,BLS34,BLS34A,BLS35,BLS35A,BLS36,BLS36A,BLS37,BLS37A,BLS38,BLS38A,BLS39,BLS39A,BLS40,BLS40A,BLS41,BLS41A,BLS42,BLS42A,BLS43,BLS43A,BLS44,BLS44A,BLS45,BLS45A,BLS46,BLS46A,BLS47,BLS47A,BLS48,BLS48A,BLS49,BLS49A,BLS50,BLS50A,BLS51,BLS51A,BLS52,BLS52A,BLS53,BLS53A,BLS54,BLS54A,BLS55,BLS55A,BLS56,BLS56A,BLS57,BLS57A,BLS58,BLS58A,BLS59,BLS59A,BLS60,BLS60A,BLS61,BLS61A,BLS62,BLS62A,BLS63,BLS63A,BLS64,BLS64A,BLS65,BLS65A,BLS67,BLS67A,BLS68,BLS68A

DEM Restricciones de demanda

DUR1 Restricciones de duracion de las tareas

DUR2,DUR3,DUR4,DUR5,DUR6,DUR7,DUR8,DUR9,DUR10,DUR11,DUR12,DUR13,DUR14,DUR15,DUR16,DUR17,DUR18,DUR19,DUR20,DUR21

SEC1 Restricciones de secuencia misma tarea misma unidad

SEC1A,SEC1B,SEC1C,SEC1D,SEC1E,SEC2,SEC3,SEC4,SEC5,SEC6,SEC7,SEC8,SEC9,SEC10,SEC11,SEC12,SEC13,SEC14,SEC15,SEC16,SEC17,SEC18,SEC19,SEC20,SEC21,SEC22,SEC23,SEC24,SEC25,SEC26,SEC27,SEC28,SEC29,SEC30,SEC31,SEC32,SEC33,SEC34,SEC35,SEC36,SEC37,SEC38,SEC39,SEC40,SEC41,SEC42,SEC43,SEC44,SEC45,SEC46,SEC47,SEC48,SEC49,SEC50,SEC51,SEC52,SEC53,SEC54,SEC55,SEC56,SEC57,SEC58,SEC59,SEC60,SEC61,SEC62,SEC63

SEC64 Restricciones de secuencia diferente tarea misma unidad

SEC65,SEC66,SEC67,SEC68,SEC69,SEC70,SEC71,SEC72,SEC73,SEC74,SEC74A,SEC75,SEC76,SEC77,SEC77A,SEC77B,SEC77C,SEC78

SEC79 Restricciones de secuencia diferente tarea diferente unidad

SEC80,SEC79A,SEC80A,SEC81,SEC82,SEC83,SEC84,SEC85,SEC86,SEC87,SEC88,SEC89,SEC90,SEC91,SEC92,SEC93,SEC94,SEC95,SEC96,SEC97,SEC98,SEC99,SEC100,SEC101,SEC102,SEC103,SEC104,SEC105,SEC106,SEC107,SEC108,SEC109,SEC110,SEC111,SEC112,SEC113,SEC114,SEC115,SEC116,SEC117,SEC118,SEC119,SEC120,SEC121,SEC122,SEC123,SEC124,SEC125,SEC126,SEC127,SEC128,SEC129,SEC130,SEC131,SEC132,SEC133,SEC134,SEC135,SEC136,SEC137,SEC137A,SEC137B,SEC137C,SEC138,SEC139,SEC140,SEC141,SEC142,SEC143,SEC144,SEC145,SEC146,SEC147,SEC148,SEC149,SEC150,SEC151

EC151, SEC152, SEC153, SEC154, SEC155, SEC156, SEC157, SEC158, SEC159, SEC160, SEC161, SEC162, SEC163, SEC164, SEC165, SEC166, SEC167, SEC165A, SEC166A, SEC167A, SEC168, SEC169, SEC170, SEC171, SEC172, SEC173, SEC174, SEC175, SEC176, SEC177, SEC178, SEC179, SEC180, SEC181, SEC182, SEC183, SEC184, SEC185, SEC186, SEC187, SEC188, SEC189, SEC190, SEC191, SEC192, SEC193, SEC194, SEC195, SEC196, SEC197, SEC198, SEC199, SEC200, SEC201, SEC202, SEC203, SEC204, SEC205, SEC206, SEC207, SEC208, SEC209, SEC210, SEC211, SEC212, SEC213, SEC214, SEC215, SEC216, SEC217, SEC218, SEC219, SEC220, SEC221, SEC222, SEC223, SEC224, SEC225, SEC226, SEC227, SEC228, SEC229, SEC230, SEC231, SEC232, SEC233, SEC234, SEC235, SEC236, SEC237, SEC238, SEC239, SEC240, SEC241, SEC242, SEC243, SEC244, SEC245, SEC246, SEC247, SEC248, SEC249, SEC250, SEC251, SEC252, SEC253, SEC254, SEC255, SEC256, SEC257, SEC258, SEC259, SEC260, SEC261, SEC262, SEC263, SEC264, SEC265, SEC266, SEC267, SEC268, SEC269, SEC270, SEC271, SEC272, SEC273, SEC274, SEC275, SEC276, SEC277, SEC285, SEC286, SEC287, SEC288, SEC289, SEC290

TERM1 Terminacion de tareas previas en la misma unidad
TERM2, TERM3, TERM4, TERM5, TERM6, TERM7, TERM8, TERM9, TERM10, TERM11, TERM12, TERM13, TERM14, TERM15, TERM16, TERM17, TERM18, TERM19, TERM20, TERM21, TERM22, TERM23, TERM24, TERM25, TERM26, TERM27, TERM28, TERM29, TERM30, TERM31, TERM32, TERM33

THORZ1 Restricciones de terminacion de tareas dentro del tiempo horizonte
THORZ2, THORZ3, THORZ4, THORZ5, THORZ6, THORZ7, THORZ8, THORZ9, THORZ10, THORZ11, THORZ12, THORZ13, THORZ14, THORZ15, THORZ16, THORZ17, THORZ18, THORZ19, THORZ20, THORZ21, THORZ22, THORZ23, THORZ24, THORZ25, THORZ26, THORZ27, THORZ28, THORZ29, THORZ30, THORZ31, THORZ32, THORZ33, THORZ34, THORZ35, THORZ36, THORZ37, THORZ38, THORZ39, THORZ40, THORZ41, THORZ42

MAX Funcion objetivo;

ASI1(n).. sum(past1(i, j), WV(i, n))=e= YV("P1", n);
ASI2(n).. sum(MARM1(i, j), WV(i, n))=e= YV("MA1", n);
ASI3(n).. sum(MARM2(i, j), WV(i, n))=e=YV("MA2", n);
ASI4(n).. sum(MARM3(i, j), WV(i, n))=e= YV("MA3", n);
ASI5(n).. sum(MARM4(i, j), WV(i, n))=e= YV("MA4", n);
ASI6(n).. sum(TINSAB1(i, j), WV(i, n))=e=YV("TS1", n);
ASI7(n).. sum(TINSAB2(i, j), WV(i, n))=e=YV("TS2", n);
ASI8(n).. sum(TINSAB3(i, j), WV(i, n))=e=YV("TS3", n);
ASI9(n).. sum(MAQ1(i, j), WV(i, n))=e=YV("M1", n);
ASI10(n).. sum(MAQ2(i, j), WV(i, n))=e=YV("M2", n);
ASI11(n).. sum(MAQ3(i, j), WV(i, n))=e=YV("M3", n);
ASI12(n).. sum(MAQ4(i, j), WV(i, n))=e= YV("M4", n);
ASI13(n).. sum(MAQ5(i, j), WV(i, n))=e= YV("M5", n);
ASI14(n).. sum(MAQ9(i, j), WV(i, n))=e= YV("M9", n);
ASI15(n).. sum(MAQ10(i, j), WV(i, n))=e= YV("M10", n);
ASI16(n).. sum(MAQ11(i, j), WV(i, n))=e= YV("M11", n);
ASI17(n).. sum(MAQ12(i, j), WV(i, n))=e= YV("M12", n);
ASI18(n).. sum(MAQ13(i, j), WV(i, n))=e= YV("M13", n);
ASI19(n).. sum(MAQ14(i, j), WV(i, n))=e= YV("M14", n);
ASI20(n).. sum(MAQ15(i, j), WV(i, n))=e= YV("M15", n);
ASI21(n).. sum(MAQ16(i, j), WV(i, n))=e= YV("M16", n);

asig1(n).. sum(past1(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig2(n).. sum(MARM1(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig3(n).. sum(MARM2(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig4(n).. sum(MARM3(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig5(n).. sum(MARM4(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig6(n).. sum(TINSAB1(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig7(n).. sum(TINSAB2(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig8(n).. sum(TINSAB3(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig9(n).. sum(MAQ1(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig10(n).. sum(MAQ2(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig11(n).. sum(MAQ3(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig12(n).. sum(MAQ4(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig13(n).. sum(MAQ5(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig14(n).. sum(MAQ9(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig15(n).. sum(MAQ10(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig16(n).. sum(MAQ11(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig17(n).. sum(MAQ12(i, j), WV(i, n))=1=1;

```

asig18(n).. sum(MAQ13(i,j),WV(i,n))=1=1;
asig19(n).. sum(MAQ14(i,j),WV(i,n))=1=1;
asig20(n).. sum(MAQ15(i,j),WV(i,n))=1=1;
asig21(n).. sum(MAQ16(i,j),WV(i,n))=1=1;

CAP1(i,n)$(past1(i,"P1")).. Vmin(i,"P1")*WV(i,n)=1=B(i,"P1",n);
CAP2(i,n)$(MARM1(i,"MA1")).. Vmin(i,"MA1")*WV(i,n)=1=B(i,"MA1",n);
CAP3(i,n)$(MARM2(i,"MA2")).. Vmin(i,"MA2")*WV(i,n)=1=B(i,"MA2",n);
CAP4(i,n)$(MARM3(i,"MA3")).. Vmin(i,"MA3")*WV(i,n)=1=B(i,"MA3",n);
CAP5(i,n)$(MARM4(i,"MA4")).. Vmin(i,"MA4")*WV(i,n)=1=B(i,"MA4",n);
CAP6(i,n)$(TINSAB1(i,"TS1")).. Vmin(i,"TS1")*WV(i,n)=1=B(i,"TS1",n);
CAP7(i,n)$(TINSAB2(i,"TS2")).. Vmin(i,"TS2")*WV(i,n)=1=B(i,"TS2",n);
CAP8(i,n)$(TINSAB3(i,"TS3")).. Vmin(i,"TS3")*WV(i,n)=1=B(i,"TS3",n);
CAP9(i,n)$(MAQ5(i,"M5")).. Vmin(i,"M5")*WV(i,n)=1=B(i,"M5",n);
CAP10(i,n)$(MAQ9(i,"M9")).. Vmin(i,"M9")*WV(i,n)=1=B(i,"M9",n);
CAP11(i,n)$(MAQ1(i,"M1")).. Vmin(i,"M1")*WV(i,n)=1=B(i,"M1",n);
CAP12(i,n)$(MAQ2(i,"M2")).. Vmin(i,"M2")*WV(i,n)=1=B(i,"M2",n);
CAP13(i,n)$(MAQ3(i,"M3")).. Vmin(i,"M3")*WV(i,n)=1=B(i,"M3",n);
CAP14(i,n)$(MAQ4(i,"M4")).. Vmin(i,"M4")*WV(i,n)=1=B(i,"M4",n);
CAP15(i,n)$(MAQ10(i,"M10")).. Vmin(i,"M10")*WV(i,n)=1=B(i,"M10",n);
CAP16(i,n)$(MAQ11(i,"M11")).. Vmin(i,"M11")*WV(i,n)=1=B(i,"M11",n);
CAP17(i,n)$(MAQ12(i,"M12")).. Vmin(i,"M12")*WV(i,n)=1=B(i,"M12",n);
CAP18(i,n)$(MAQ13(i,"M13")).. Vmin(i,"M13")*WV(i,n)=1=B(i,"M13",n);
CAP19(i,n)$(MAQ14(i,"M14")).. Vmin(i,"M14")*WV(i,n)=1=B(i,"M14",n);
CAP20(i,n)$(MAQ15(i,"M15")).. Vmin(i,"M15")*WV(i,n)=1=B(i,"M15",n);
CAP21(i,n)$(MAQ16(i,"M16")).. Vmin(i,"M16")*WV(i,n)=1=B(i,"M16",n);

CAP22(i,j,n)$(past1(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP23(i,j,n)$(MARM1(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP24(i,j,n)$(MARM2(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP25(i,j,n)$(MARM3(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP26(i,j,n)$(MARM4(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP27(i,j,n)$(TINSAB1(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP28(i,j,n)$(TINSAB2(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP29(i,j,n)$(TINSAB3(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP30(i,j,n)$(MAQ5(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP31(i,j,n)$(MAQ9(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP32(i,j,n)$(MAQ1(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP33(i,j,n)$(MAQ2(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP34(i,j,n)$(MAQ3(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP35(i,j,n)$(MAQ4(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP36(i,j,n)$(MAQ10(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP37(i,j,n)$(MAQ11(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP38(i,j,n)$(MAQ12(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP39(i,j,n)$(MAQ13(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP40(i,j,n)$(MAQ14(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP41(i,j,n)$(MAQ15(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP42(i,j,n)$(MAQ16(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);

ALM(s,n).. ST(s,n)=1=STmax(s);

BLS1.. ST("s1","n0")=e=STin("s1")+sum((j,i),PC(i,j,"s1")*B(i,j,"n0"));
BLS1A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s1",n)=e=ST("s1",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s1")*B(i,j,n));
;
BLS2.. ST("s2","n0")=e=STin("s2");
BLS2A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s2",n)=e=ST("s2",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s2")*B(i,j,n-1));
BLS3.. ST("s3","n0")=e=STin("s3");
BLS3A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s3",n)=e=ST("s3",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s2")*B(i,j,n-1));
BLS4.. ST("s4","n0")=e=STin("s4")+sum((j,i),PC(i,j,"s4")*B(i,j,"n0"));
BLS4A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s4",n)=e=ST("s4",n-1)+PP("1","P1","s4")*B("1","P1",n-1)+PC("59","M5","s4")*B("59","M5",n)+PC("75","M5","s4")*B("75","M5",n)+PC("74","M9","s4")*B("74","M9",n)+PC("113","M9","s4")*B("113","M9",n)+PC("114","M4","s4")*B("114","M4",n);
BLS5.. ST("s5","n0")=e=STin("s5")-D("s5","n0");

```

```

BLS5A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s5",n)=e= ST("s5",n-1)+PP("74", "M9", "s5")*B("74", "M9", n-1)-D("s5",n);
BLS6.. ST("s6", "n0")=e= STin("s6")-D("s6", "n0");
BLS6A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s6",n)=e= ST("s6",n-1)+PP("59", "M5", "s6")*B("59", "M5", n-1)-D("s6",n);
BLS66.. ST("s66", "n0")=e= STin("s66")-D("s66", "n0");
BLS66A(n)$(ord(n) gt 1)..ST("s66",n)=e= ST("s66",n-1)+PP("75", "M5", "s66")*B("75", "M5", n-1)+PP("113", "M9", "s66")*B("113", "M9", n-1)+PP("114", "M4", "s66")*B("114", "M4", n-1)-D("s66",n);
BLS7.. ST("s7", "n0")=e= STin("s7")+sum((j,i),PC(i,j,"s7")*B(i,j,"n0"));
BLS7A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s7",n)=e=ST("s7",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s7")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s7")*B(i,j,n-1));
BLS8(s)$(ORD(s)gt(7)and ord(s)lt(22))..ST(s,"n0")=e=STin(s)-D(s,"n0");
BLS8A(s,n)$(ORD(s)gt(7) and ORD(s)lt(22)and ord(n) gt 1)..ST(s,n)=e= ST(s,n-1)+sum((j,i),PP(i,j,s)*B(i,j,n-1))-D(s,n);
BLS22.. ST("s22", "n0")=e=STin("s22")+sum((j,i),PC(i,j,"s22")*B(i,j,"n0"));
BLS22A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s22",n)=e=ST("s22",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s22")*B(i,j,n));
BLS23.. ST("s23", "n0")=e=STin("s23")+sum((j,i),PC(i,j,"s23")*B(i,j,"n0"));
BLS23A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s23",n)=e=ST("s23",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s23")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s23")*B(i,j,n-1));
BLS24.. ST("s24", "n0")=e=STin("s24")+sum((j,i),PC(i,j,"s24")*B(i,j,"n0"));
BLS24A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s24",n)=e=ST("s24",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s24")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s24")*B(i,j,n-1));
BLS25.. ST("s25", "n0")=e= STin("s25")-D("s25", "n0");
BLS25A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s25",n)=e= ST("s25",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s25")*B(i,j,n-1))-D("s25",n);
BLS26.. ST("s26", "n0")=e= STin("s26")-D("s26", "n0");
BLS26A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s26",n)=e= ST("s26",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s26")*B(i,j,n-1))-D("s26",n);
BLS27.. ST("s27", "n0")=e= STin("s27")+sum((j,i),PC(i,j,"s27")*B(i,j,"n0"));
BLS27A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s27",n)=e= ST("s27",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s27")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s27")*B(i,j,n-1));
BLS28.. ST("s28", "n0")=e= STin("s28")+sum((j,i),PC(i,j,"s28")*B(i,j,"n0"));
BLS28A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s28",n)=e= ST("s28",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s28")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s28")*B(i,j,n-1));
BLS29.. ST("s29", "n0")=e= STin("s29")-D("s29", "n0");
BLS29A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s29",n)=e= ST("s29",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s29")*B(i,j,n-1))-D("s29",n);
BLS30.. ST("s30", "n0")=e= STin("s30")+sum((j,i),PC(i,j,"s30")*B(i,j,"n0"));
BLS30A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s30",n)=e= ST("s30",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s30")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s30")*B(i,j,n-1));
BLS31.. ST("s31", "n0")=e= STin("s31")-D("s31", "n0");
BLS31A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s31",n)=e= ST("s31",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s31")*B(i,j,n-1))-D("s31",n);
BLS32.. ST("s32", "n0")=e= STin("s32")+sum((j,i),PC(i,j,"s32")*B(i,j,"n0"));
BLS32A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s32",n)=e= ST("s32",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s32")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s32")*B(i,j,n-1));
BLS33.. ST("s33", "n0")=e= STin("s33")+sum((j,i),PC(i,j,"s33")*B(i,j,"n0"));
BLS33A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s33",n)=e= ST("s33",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s33")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s33")*B(i,j,n-1));
BLS34.. ST("s34", "n0")=e= STin("s34")-D("s34", "n0");
BLS34A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s34",n)=e= ST("s34",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s34")*B(i,j,n-1))-D("s34",n);
BLS35.. ST("s35", "n0")=e=STin("s35")+sum((j,i),PC(i,j,"s35")*B(i,j,"n0"));
BLS35A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s35",n)=e=ST("s35",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s35")*B(i,j,n));
BLS36.. ST("s36", "n0")=e= STin("s36")+sum((j,i),PC(i,j,"s36")*B(i,j,"n0"));
BLS36A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s36",n)=e=ST("s36",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s36")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s36")*B(i,j,n-1));
BLS37.. ST("s37", "n0")=e= STin("s37")+sum((j,i),PC(i,j,"s37")*B(i,j,"n0"));
BLS37A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s37",n)=e=ST("s37",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s37")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s37")*B(i,j,n-1));
BLS38.. ST("s38", "n0")=e= STin("s38")-D("s38", "n0");

```

```

BLS38A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s38",n)=e= ST("s38",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s38")*B(i,j,n-1))-D("s38",n);
BLS39..      ST("s39","n0")=e= STin("s39")+sum((j,i),PC(i,j,"s39")*B(i,j,"n0"));
BLS39A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s39",n)=e=ST("s39",n-
1)+sum((j,i),PC(i,j,"s39")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s39")*B(i,j,n-1));
BLS40..      ST("s40","n0")=e= STin("s40")-D("s40","n0");
BLS40A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s40",n)=e= ST("s40",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s40")*B(i,j,n-1))-D("s40",n);
BLS41..      ST("s41","n0")=e= STin("s41")+sum((j,i),PC(i,j,"s41")*B(i,j,"n0"));
BLS41A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s41",n)=e=ST("s41",n-
1)+sum((j,i),PC(i,j,"s41")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s41")*B(i,j,n-1));
BLS42..      ST("s42","n0")=e= STin("s42")+sum((j,i),PC(i,j,"s42")*B(i,j,"n0"));
BLS42A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s42",n)=e=ST("s42",n-
1)+sum((j,i),PC(i,j,"s42")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s42")*B(i,j,n-1));
BLS43..      ST("s43","n0")=e= STin("s43")-D("s43","n0");
BLS43A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s43",n)=e= ST("s43",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s43")*B(i,j,n-1))-D("s43",n);
BLS44..      ST("s44","n0")=e= STin("s44")-D("s44","n0");
BLS44A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s44",n)=e= ST("s44",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s44")*B(i,j,n-1))-D("s44",n);
BLS45..      ST("s45","n0")=e= STin("s45")-D("s45","n0");
BLS45A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s45",n)=e= ST("s45",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s45")*B(i,j,n-1))-D("s45",n);
BLS67..      ST("s67","n0")=e= STin("s67")-D("s67","n0");
BLS67A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s67",n)=e= ST("s67",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s67")*B(i,j,n-1))-D("s67",n);
BLS46..      ST("s46","n0")=e= STin("s46")+sum((j,i),PC(i,j,"s46")*B(i,j,"n0"));
BLS46A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s46",n)=e=ST("s46",n-
1)+sum((j,i),PC(i,j,"s46")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s46")*B(i,j,n-1));
BLS47..      ST("s47","n0")=e= STin("s47")+sum((j,i),PC(i,j,"s47")*B(i,j,"n0"));
BLS47A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s47",n)=e=ST("s47",n-
1)+sum((j,i),PC(i,j,"s47")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s47")*B(i,j,n-1));
BLS48..      ST("s48","n0")=e= STin("s48")+sum((j,i),PC(i,j,"s48")*B(i,j,"n0"));
BLS48A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s48",n)=e=ST("s48",n-
1)+sum((j,i),PC(i,j,"s48")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s48")*B(i,j,n-1));
BLS49..      ST("s49","n0")=e= STin("s49")-D("s49","n0");
BLS49A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s49",n)=e= ST("s49",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s49")*B(i,j,n-1))-D("s49",n);
BLS50..      ST("s50","n0")=e= STin("s50")-D("s50","n0");
BLS50A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s50",n)=e= ST("s50",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s50")*B(i,j,n-1))-D("s50",n);
BLS51..      ST("s51","n0")=e= STin("s51")-D("s51","n0");
BLS51A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s51",n)=e= ST("s51",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s51")*B(i,j,n-1))-D("s51",n);
BLS52..      ST("s52","n0")=e= STin("s52")+sum((j,i),PC(i,j,"s52")*B(i,j,"n0"));
BLS52A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s52",n)=e=ST("s52",n-
1)+sum((j,i),PC(i,j,"s52")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s52")*B(i,j,n-1));
BLS53..      ST("s53","n0")=e= STin("s53")+sum((j,i),PC(i,j,"s53")*B(i,j,"n0"));
BLS53A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s53",n)=e=ST("s53",n-
1)+sum((j,i),PC(i,j,"s53")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s53")*B(i,j,n-1));
BLS54..      ST("s54","n0")=e= STin("s54")-D("s54","n0");
BLS54A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s54",n)=e= ST("s54",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s54")*B(i,j,n-1))-D("s54",n);
BLS55..      ST("s55","n0")=e= STin("s55")+sum((j,i),PC(i,j,"s55")*B(i,j,"n0"));
BLS55A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s55",n)=e=ST("s55",n-
1)+sum((j,i),PC(i,j,"s55")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s55")*B(i,j,n-1));
BLS56..      ST("s56","n0")=e= STin("s56")-D("s56","n0");
BLS56A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s56",n)=e= ST("s56",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s56")*B(i,j,n-1))-D("s56",n);
BLS57..      ST("s57","n0")=e= STin("s57")-D("s57","n0");
BLS57A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s57",n)=e= ST("s57",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s57")*B(i,j,n-1))-D("s57",n);
BLS58..      ST("s58","n0")=e= STin("s58")-D("s58","n0");
BLS58A(n)$(ord(n) gt 1)..      ST("s58",n)=e= ST("s58",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s58")*B(i,j,n-1))-D("s58",n);

```

```

BLS59..          ST("s59","n0")=e= STin("s59")-D("s59","n0");
BLS59A(n)$(ord(n) gt 1)..          ST("s59",n)=e= ST("s59",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s59")*B(i,j,n-1))-D("s59",n);
BLS60..          ST("s60","n0")=e= STin("s60")-D("s60","n0");
BLS60A(n)$(ord(n) gt 1)..          ST("s60",n)=e= ST("s60",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s60")*B(i,j,n-1))-D("s60",n);
BLS61..          ST("s61","n0")=e= STin("s61")+sum((j,i),PC(i,j,"s61")*B(i,j,"n0"));
BLS61A(n)$(ord(n) gt 1)..          ST("s61",n)=e=ST("s61",n-
1)+sum((j,i),PC(i,j,"s61")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s61")*B(i,j,n-1));
BLS62..          ST("s62","n0")=e= STin("s62")-D("s62","n0");
BLS62A(n)$(ord(n) gt 1)..          ST("s62",n)=e= ST("s62",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s62")*B(i,j,n-1))-D("s62",n);
BLS63..          ST("s63","n0")=e= STin("s63")+sum((j,i),PC(i,j,"s63")*B(i,j,"n0"));
BLS63A(n)$(ord(n) gt 1)..          ST("s63",n)=e=ST("s63",n-
1)+sum((j,i),PC(i,j,"s63")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s63")*B(i,j,n-1));
BLS64..          ST("s64","n0")=e= STin("s64")-D("s64","n0");
BLS64A(n)$(ord(n) gt 1)..          ST("s64",n)=e= ST("s64",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s64")*B(i,j,n-1))-D("s64",n);
BLS65..          ST("s65","n0")=e= STin("s65")-D("s65","n0");
BLS65A(n)$(ord(n) gt 1)..          ST("s65",n)=e= ST("s65",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s65")*B(i,j,n-1))-D("s65",n);
BLS68..          ST("s68","n0")=e= STin("s68");
BLS68A(n)$(ord(n) gt 1)..          ST("s68",n)=e=ST("s68",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s68")*B(i,j,n-1));

```

DEM(s).. sum(n,D(s,n))=G= R(s);

```

DUR1(i,j,n)$(past1(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR2(i,j,n)$(MARM1(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR3(i,j,n)$(MARM2(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR4(i,j,n)$(MARM3(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR5(i,j,n)$(MARM4(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR6(i,j,n)$(TINSAB1(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR7(i,j,n)$(TINSAB2(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR8(i,j,n)$(TINSAB3(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR9(i,j,n)$(MAQ1(i,j))..           Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR10(i,j,n)$(MAQ2(i,j))..           Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR11(i,j,n)$(MAQ3(i,j))..           Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR12(i,j,n)$(MAQ4(i,j))..           Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR13(i,j,n)$(MAQ5(i,j))..           Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR14(i,j,n)$(MAQ9(i,j))..           Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR15(i,j,n)$(MAQ10(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR16(i,j,n)$(MAQ11(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR17(i,j,n)$(MAQ12(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR18(i,j,n)$(MAQ13(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR19(i,j,n)$(MAQ14(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);

```

```

DUR20(i,j,n)$(MAQ15(i,j))..      Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR21(i,j,n)$(MAQ16(i,j))..      Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);

SEC1(i,j,n)$(past1(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC1A(n)$(ord(n) gt 1)..Ti("2","P1",n)=g=Tf("1","P1",n-1)-2*H +H*WV("1",n-
1)+H*YV("P1",n-1);
SEC1B..      Ti("2","P1","n0")=l=Ti("1","P1","n0")-2*H
+H*WV("1","n0")+H*YV("P1","n0");
SEC1C..      Tf("2","P1","n0")=l=Tf("1","P1","n0")-2*H
+H*WV("1","n0")+H*YV("P1","n0");
SEC1D..      Ti("2","P1","n0")=l=Tf("1","P1","n1")-2*H
+H*WV("1","n1")+H*YV("P1","n1");
SEC1E..      Tf("2","P1","n0")=l=Tf("1","P1","n1")-2*H
+H*WV("1","n1")+H*YV("P1","n1");
SEC2(i,j,n)$(MARM1(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC3(i,j,n)$(MARM2(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC4(i,j,n)$(MARM3(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC5(i,j,n)$(MARM4(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC6(i,j,n)$(TINSAB1(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC7(i,j,n)$(TINSAB2(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC8(i,j,n)$(TINSAB3(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC9(i,j,n)$(MAQ1(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC10(i,j,n)$(MAQ2(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC11(i,j,n)$(MAQ3(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC12(i,j,n)$(MAQ4(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC13(i,j,n)$(MAQ5(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC14(i,j,n)$(MAQ9(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC15(i,j,n)$(MAQ10(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC16(i,j,n)$(MAQ11(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC17(i,j,n)$(MAQ12(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC18(i,j,n)$(MAQ13(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC19(i,j,n)$(MAQ14(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC20(i,j,n)$(MAQ15(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC21(i,j,n)$(MAQ16(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);

SEC22(i,j,n)$(past1(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Ti(i,j,n-1);
SEC23(i,j,n)$(MARM1(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Ti(i,j,n-1);
SEC24(i,j,n)$(MARM2(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Ti(i,j,n-1);
SEC25(i,j,n)$(MARM3(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Ti(i,j,n-1);
SEC26(i,j,n)$(MARM4(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Ti(i,j,n-1);
SEC27(i,j,n)$(TINSAB1(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Ti(i,j,n-1);
SEC28(i,j,n)$(TINSAB2(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Ti(i,j,n-1);

```


SEC77(i,ip,j,n)\$(MAQ10(i,j)and MAQ10(ip,j)and ord(i)ne ord(ip)and ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g= Tf(ip,j,n-1)-2*H+ H*WV(ip,n-1)+H*YV(j,n-1);
 SEC77A(i,ip,j,n)\$(MAQ11(i,j)and MAQ11(ip,j)and ord(i)ne ord(ip)and ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g= Tf(ip,j,n-1)-2*H+ H*WV(ip,n-1)+H*YV(j,n-1);
 SEC77B(i,ip,j,n)\$(MAQ12(i,j)and MAQ12(ip,j)and ord(i)ne ord(ip)and ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g= Tf(ip,j,n-1)-2*H+ H*WV(ip,n-1)+H*YV(j,n-1);
 SEC77C(i,ip,j,n)\$(MAQ13(i,j)and MAQ13(ip,j)and ord(i)ne ord(ip)and ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g= Tf(ip,j,n-1)-2*H+ H*WV(ip,n-1)+H*YV(j,n-1);
 SEC78(i,ip,j,n)\$(MAQ16(i,j)and MAQ16(ip,j)and ord(i)ne ord(ip)and ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g= Tf(ip,j,n-1)-2*H+ H*WV(ip,n-1)+H*YV(j,n-1);

 SEC79(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("59","M5",n)=g= Tf("1","P1",n-1)-2*H+ H*WV("1",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC80(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("74","M9",n)=g= Tf("1","P1",n-1)-2*H+ H*WV("1",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC79A(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("113","M9",n)=g= Tf("1","P1",n-1)-2*H+ H*WV("1",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC80A(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("114","M4",n)=g= Tf("1","P1",n-1)-2*H+ H*WV("1",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC81(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("51","M5",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC82(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("53","M5",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC83(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("55","M5",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC84(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("56","M5",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC85(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("57","M5",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC86(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("58","M5",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC87(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("60","M9",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC88(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("64","M9",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC89(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("67","M9",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC90(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("70","M9",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC91(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("75","M5",n)=g= Tf("1","P1",n-1)-2*H+ H*WV("1",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC92(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("54","M9",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC93(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("97","M11",n)=g= Tf("33","TS1",n-1)-2*H+ H*WV("33",n-1)+H*YV("TS1",n-1);
 SEC94(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("97","M11",n)=g= Tf("34","TS2",n-1)-2*H+ H*WV("34",n-1)+H*YV("TS2",n-1);
 SEC95(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("97","M11",n)=g= Tf("35","TS3",n-1)-2*H+ H*WV("35",n-1)+H*YV("TS3",n-1);
 SEC96(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("108","M11",n)=g= Tf("48","TS1",n-1)-2*H+ H*WV("48",n-1)+H*YV("TS1",n-1);
 SEC97(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("108","M11",n)=g= Tf("49","TS2",n-1)-2*H+ H*WV("49",n-1)+H*YV("TS2",n-1);
 SEC98(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("108","M11",n)=g= Tf("50","TS3",n-1)-2*H+ H*WV("50",n-1)+H*YV("TS3",n-1);
 SEC99(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("98","M12",n)=g= Tf("33","TS1",n-1)-2*H+ H*WV("33",n-1)+H*YV("TS1",n-1);
 SEC100(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("98","M12",n)=g= Tf("34","TS2",n-1)-2*H+ H*WV("34",n-1)+H*YV("TS2",n-1);
 SEC101(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("98","M12",n)=g= Tf("35","TS3",n-1)-2*H+ H*WV("35",n-1)+H*YV("TS3",n-1);
 SEC102(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("109","M12",n)=g= Tf("48","TS1",n-1)-2*H+ H*WV("48",n-1)+H*YV("TS1",n-1);
 SEC103(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("109","M12",n)=g= Tf("49","TS2",n-1)-2*H+ H*WV("49",n-1)+H*YV("TS2",n-1);

SEC104(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("109", "M12", n)=g= Tf("50", "TS3", n-1)-2*H+ H*WV("50", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC105(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("99", "M13", n)=g= Tf("33", "TS1", n-1)-2*H+ H*WV("33", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC106(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("99", "M13", n)=g= Tf("34", "TS2", n-1)-2*H+ H*WV("34", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC107(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("99", "M13", n)=g= Tf("35", "TS3", n-1)-2*H+ H*WV("35", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC108(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("110", "M13", n)=g= Tf("48", "TS1", n-1)-2*H+ H*WV("48", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC109(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("110", "M13", n)=g= Tf("49", "TS2", n-1)-2*H+ H*WV("49", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC110(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("110", "M13", n)=g= Tf("50", "TS3", n-1)-2*H+ H*WV("50", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC111(i, j, n)\$ (MAQ1(i, j) and ord(n) gt 1).. Ti(i, j, n)=g=Tf("2", "P1", n-1)-2*H+H*WV("2", n-1)+H*YV("P1", n-1);
 SEC112(i, j, n)\$ (MAQ3(i, j) and ord(n) gt 1).. Ti(i, j, n)=g=Tf("2", "P1", n-1)-2*H+H*WV("2", n-1)+H*YV("P1", n-1);
 SEC113(i, j, n)\$ (MAQ4(i, j) and ord(n) gt 1).. Ti(i, j, n)=g=Tf("2", "P1", n-1)-2*H+H*WV("2", n-1)+H*YV("P1", n-1);
 SEC114(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("85", "M2", n)=g=Tf("42", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("42", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC115(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("85", "M2", n)=g=Tf("43", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("43", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC116(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("85", "M2", n)=g=Tf("44", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("44", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC117(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("86", "M2", n)=g=Tf("42", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("42", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC118(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("86", "M2", n)=g=Tf("43", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("43", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC119(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("86", "M2", n)=g=Tf("44", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("44", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC120(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("87", "M2", n)=g=Tf("42", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("42", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC121(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("87", "M2", n)=g=Tf("43", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("43", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC122(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("87", "M2", n)=g=Tf("44", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("44", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC123(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("88", "M2", n)=g=Tf("45", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("45", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC124(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("88", "M2", n)=g=Tf("46", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("46", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC125(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("88", "M2", n)=g=Tf("47", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("47", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC126(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("89", "M2", n)=g=Tf("45", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("45", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC127(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("89", "M2", n)=g=Tf("46", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("46", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC128(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("89", "M2", n)=g=Tf("47", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("47", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC129(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("90", "M2", n)=g=Tf("11", "MA1", n-1)-2*H+H*WV("11", n-1)+H*YV("MA1", n-1);
 SEC130(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("90", "M2", n)=g=Tf("12", "MA2", n-1)-2*H+H*WV("12", n-1)+H*YV("MA2", n-1);
 SEC131(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("90", "M2", n)=g=Tf("13", "MA4", n-1)-2*H+H*WV("13", n-1)+H*YV("MA4", n-1);
 SEC132(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("30", "TS1", n)=g=Tf("5", "MA1", n-1)-2*H+H*WV("5", n-1)+H*YV("MA1", n-1);
 SEC133(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("30", "TS1", n)=g=Tf("6", "MA2", n-1)-2*H+H*WV("6", n-1)+H*YV("MA2", n-1);
 SEC134(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("30", "TS1", n)=g=Tf("7", "MA4", n-1)-2*H+H*WV("7", n-1)+H*YV("MA4", n-1);
 SEC135(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("31", "TS2", n)=g=Tf("5", "MA1", n-1)-2*H+H*WV("5", n-1)+H*YV("MA1", n-1);

SEC136(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("31", "TS2", n)=g=Tf("6", "MA2", n-1)-2*H+H*WV("6", n-1)+H*YV("MA2", n-1);
 SEC137(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("31", "TS2", n)=g=Tf("7", "MA4", n-1)-2*H+H*WV("7", n-1)+H*YV("MA4", n-1);
 SEC135A(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("32", "TS3", n)=g=Tf("5", "MA1", n-1)-2*H+H*WV("5", n-1)+H*YV("MA1", n-1);
 SEC136A(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("32", "TS3", n)=g=Tf("6", "MA2", n-1)-2*H+H*WV("6", n-1)+H*YV("MA2", n-1);
 SEC137A(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("32", "TS3", n)=g=Tf("7", "MA4", n-1)-2*H+H*WV("7", n-1)+H*YV("MA4", n-1);

 SEC138(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("97", "M11", n)=g=Tf("33", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("33", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC139(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("97", "M11", n)=g=Tf("34", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("34", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC140(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("97", "M11", n)=g=Tf("35", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("35", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC141(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("108", "M11", n)=g=Tf("48", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("48", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC142(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("108", "M11", n)=g=Tf("49", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("49", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC143(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("108", "M11", n)=g=Tf("50", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("50", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC144(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("98", "M12", n)=g=Tf("33", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("33", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC145(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("98", "M12", n)=g=Tf("34", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("34", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC146(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("98", "M12", n)=g=Tf("35", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("35", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC147(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("109", "M12", n)=g=Tf("48", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("48", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC148(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("109", "M12", n)=g=Tf("49", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("49", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC149(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("109", "M12", n)=g=Tf("50", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("50", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC150(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("99", "M13", n)=g=Tf("33", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("33", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC151(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("99", "M13", n)=g=Tf("34", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("34", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC152(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("99", "M13", n)=g=Tf("35", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("35", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC153(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("110", "M13", n)=g=Tf("48", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("48", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC154(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("110", "M13", n)=g=Tf("49", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("49", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC155(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("110", "M13", n)=g=Tf("50", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("50", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC156(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("107", "M10", n)=g=Tf("14", "MA1", n-1)-2*H+H*WV("14", n-1)+H*YV("MA1", n-1);
 SEC157(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("107", "M10", n)=g=Tf("15", "MA2", n-1)-2*H+H*WV("15", n-1)+H*YV("MA2", n-1);
 SEC158(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("107", "M10", n)=g=Tf("16", "MA4", n-1)-2*H+H*WV("16", n-1)+H*YV("MA4", n-1);
 SEC159(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("14", "MA1", n)=g=Tf("3", "P1", n-1)-2*H+H*WV("3", n-1)+H*YV("P1", n-1);
 SEC160(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("15", "MA2", n)=g=Tf("3", "P1", n-1)-2*H+H*WV("3", n-1)+H*YV("P1", n-1);
 SEC161(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("16", "MA4", n)=g=Tf("3", "P1", n-1)-2*H+H*WV("3", n-1)+H*YV("P1", n-1);
 SEC162(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("17", "MA1", n)=g=Tf("2", "P1", n-1)-2*H+H*WV("2", n-1)+H*YV("P1", n-1);
 SEC163(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("18", "MA2", n)=g=Tf("2", "P1", n-1)-2*H+H*WV("2", n-1)+H*YV("P1", n-1);
 SEC164(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("19", "MA4", n)=g=Tf("2", "P1", n-1)-2*H+H*WV("2", n-1)+H*YV("P1", n-1);

SEC224(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("48", "TS1", n)=g=Tf("23", "MA1", n-1)-2*H+H*WV("23", n-1)+H*YV("MA1", n-1);
 SEC225(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("48", "TS1", n)=g=Tf("24", "MA2", n-1)-2*H+H*WV("24", n-1)+H*YV("MA2", n-1);
 SEC226(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("48", "TS1", n)=g=Tf("25", "MA4", n-1)-2*H+H*WV("25", n-1)+H*YV("MA4", n-1);
 SEC227(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("49", "TS2", n)=g=Tf("23", "MA1", n-1)-2*H+H*WV("23", n-1)+H*YV("MA1", n-1);
 SEC228(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("49", "TS2", n)=g=Tf("24", "MA2", n-1)-2*H+H*WV("24", n-1)+H*YV("MA2", n-1);
 SEC229(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("49", "TS2", n)=g=Tf("25", "MA4", n-1)-2*H+H*WV("25", n-1)+H*YV("MA4", n-1);
 SEC230(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("50", "TS3", n)=g=Tf("23", "MA1", n-1)-2*H+H*WV("23", n-1)+H*YV("MA1", n-1);
 SEC231(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("50", "TS3", n)=g=Tf("24", "MA2", n-1)-2*H+H*WV("24", n-1)+H*YV("MA2", n-1);
 SEC232(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("50", "TS3", n)=g=Tf("25", "MA4", n-1)-2*H+H*WV("25", n-1)+H*YV("MA4", n-1);

 SEC233(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("111", "M10", n)=g=Tf("29", "MA4", n-1)-2*H+H*WV("29", n-1)+H*YV("MA4", n-1);
 SEC234(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("102", "M16", n)=g=Tf("29", "MA4", n-1)-2*H+H*WV("29", n-1)+H*YV("MA4", n-1);

 SEC235(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("95", "M10", n)=g=Tf("39", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("39", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC236(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("95", "M10", n)=g=Tf("40", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("40", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC237(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("95", "M10", n)=g=Tf("41", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("41", n-1)+H*YV("TS3", n-1);

 SEC238(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("100", "M15", n)=g=Tf("28", "MA3", n-1)-2*H+H*WV("28", n-1)+H*YV("MA3", n-1);
 SEC239(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("103", "M16", n)=g=Tf("28", "MA3", n-1)-2*H+H*WV("28", n-1)+H*YV("MA3", n-1);
 SEC240(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("104", "M16", n)=g=Tf("28", "MA3", n-1)-2*H+H*WV("28", n-1)+H*YV("MA3", n-1);
 SEC241(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("105", "M16", n)=g=Tf("28", "MA3", n-1)-2*H+H*WV("28", n-1)+H*YV("MA3", n-1);
 SEC242(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("106", "M16", n)=g=Tf("28", "MA3", n-1)-2*H+H*WV("28", n-1)+H*YV("MA3", n-1);
 SEC243(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("112", "M16", n)=g=Tf("27", "MA3", n-1)-2*H+H*WV("27", n-1)+H*YV("MA3", n-1);

 SEC244(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("85", "M2", n)=g=Tf("42", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("42", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC245(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("86", "M2", n)=g=Tf("42", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("42", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC246(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("87", "M2", n)=g=Tf("42", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("42", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC247(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("101", "M16", n)=g=Tf("42", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("42", n-1)+H*YV("TS1", n-1);

 SEC248(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("85", "M2", n)=g=Tf("43", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("43", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC249(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("86", "M2", n)=g=Tf("43", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("43", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC250(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("87", "M2", n)=g=Tf("43", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("43", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC251(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("101", "M16", n)=g=Tf("43", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("43", n-1)+H*YV("TS2", n-1);

 SEC252(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("85", "M2", n)=g=Tf("44", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("44", n-1)+H*YV("TS3", n-1);

SEC253(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("86", "M2", n) = g = Tf("44", "TS3", n-1) - 2 * H + H * WV("44", n-1) + H * YV("TS3", n-1);$
 SEC254(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("87", "M2", n) = g = Tf("44", "TS3", n-1) - 2 * H + H * WV("44", n-1) + H * YV("TS3", n-1);$
 SEC255(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("101", "M16", n) = g = Tf("44", "TS3", n-1) - 2 * H + H * WV("44", n-1) + H * YV("TS3", n-1);$

 SEC256(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("88", "M2", n) = g = Tf("45", "TS1", n-1) - 2 * H + H * WV("45", n-1) + H * YV("TS1", n-1);$
 SEC257(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("88", "M2", n) = g = Tf("46", "TS2", n-1) - 2 * H + H * WV("46", n-1) + H * YV("TS2", n-1);$
 SEC258(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("88", "M2", n) = g = Tf("47", "TS3", n-1) - 2 * H + H * WV("47", n-1) + H * YV("TS3", n-1);$

 SEC259(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("89", "M2", n) = g = Tf("45", "TS1", n-1) - 2 * H + H * WV("45", n-1) + H * YV("TS1", n-1);$
 SEC260(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("89", "M2", n) = g = Tf("46", "TS2", n-1) - 2 * H + H * WV("46", n-1) + H * YV("TS2", n-1);$
 SEC261(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("89", "M2", n) = g = Tf("47", "TS3", n-1) - 2 * H + H * WV("47", n-1) + H * YV("TS3", n-1);$

 SEC262(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("23", "MA1", n) = g = Tf("4", "P1", n-1) - 2 * H + H * WV("4", n-1) + H * YV("P1", n-1);$
 SEC263(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("24", "MA2", n) = g = Tf("4", "P1", n-1) - 2 * H + H * WV("4", n-1) + H * YV("P1", n-1);$
 SEC264(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("25", "MA4", n) = g = Tf("4", "P1", n-1) - 2 * H + H * WV("4", n-1) + H * YV("P1", n-1);$

 SEC265(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("96", "M2", n) = g = Tf("45", "TS1", n-1) - 2 * H + H * WV("45", n-1) + H * YV("TS1", n-1);$
 SEC266(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("96", "M2", n) = g = Tf("46", "TS2", n-1) - 2 * H + H * WV("46", n-1) + H * YV("TS2", n-1);$
 SEC267(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("96", "M2", n) = g = Tf("47", "TS3", n-1) - 2 * H + H * WV("47", n-1) + H * YV("TS3", n-1);$

 SEC268(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("91", "M2", n) = g = Tf("30", "TS1", n-1) - 2 * H + H * WV("30", n-1) + H * YV("TS1", n-1);$
 SEC269(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("92", "M2", n) = g = Tf("30", "TS1", n-1) - 2 * H + H * WV("30", n-1) + H * YV("TS1", n-1);$

 SEC270(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("91", "M2", n) = g = Tf("31", "TS2", n-1) - 2 * H + H * WV("31", n-1) + H * YV("TS2", n-1);$
 SEC271(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("92", "M2", n) = g = Tf("31", "TS2", n-1) - 2 * H + H * WV("31", n-1) + H * YV("TS2", n-1);$

 SEC272(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("91", "M2", n) = g = Tf("32", "TS3", n-1) - 2 * H + H * WV("32", n-1) + H * YV("TS3", n-1);$
 SEC273(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("92", "M2", n) = g = Tf("32", "TS3", n-1) - 2 * H + H * WV("32", n-1) + H * YV("TS3", n-1);$
 SEC274(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("62", "M2", n) = g = Tf("2", "P1", n-1) - 2 * H + H * WV("2", n-1) + H * YV("P1", n-1);$
 SEC275(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("72", "M2", n) = g = Tf("2", "P1", n-1) - 2 * H + H * WV("2", n-1) + H * YV("P1", n-1);$
 SEC276(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("79", "M2", n) = g = Tf("2", "P1", n-1) - 2 * H + H * WV("2", n-1) + H * YV("P1", n-1);$
 SEC277(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("83", "M2", n) = g = Tf("2", "P1", n-1) - 2 * H + H * WV("2", n-1) + H * YV("P1", n-1);$
 SEC285(n)\$ (ord(n) gt 1).. $Ti("115", "M9", n) = g = Tf("2", "P1", n-1) - 2 * H + H * WV("2", n-1) + H * YV("P1", n-1);$

 SEC286(i, j, n, np)\$ (ENTERA(i, j) AND ord(n) gt 1).. $Ti(i, j, n) = g = (Tf("75", "M5", np-1) - 2 * H + H * WV("75", np-1) + H * YV("M5", np-1));$

 SEC287(i, j, n, np)\$ (ENTERA(i, j) AND ord(n) gt 1).. $Ti(i, j, n) = g = (Tf("113", "M9", np-1) - 2 * H + H * WV("113", np-1) + H * YV("M9", np-1));$

SEC288(i,j,n,np)\$ (ENTERA(i,j) AND ord(n) gt 1).. Ti(i,j,n)=g=(Tf("114","M4",np-1)-2*H+H*WV("114",np-1)+H*YV("M4",np-1));

SEC289(i,j,n,np)\$ (ENTERA(i,j) AND ord(n) gt 1).. Ti(i,j,n)=g=(Tf("59","M5",np-1)-2*H+H*WV("59",np-1)+H*YV("M5",np-1));

SEC290(i,j,n,np)\$ (ENTERA(i,j) AND ord(n) gt 1).. Ti(i,j,n)=g=(Tf("74","M9",np-1)-2*H+H*WV("74",np-1)+H*YV("M9",np-1));

TERM1(i,j,n)\$ (past1(i,j) and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n)and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM2(i,j,n)\$ (MARM1(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM3(i,j,n)\$ (MARM2(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM4(i,j,n)\$ (MARM3(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM5(i,j,n)\$ (MARM4(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM6(i,j,n)\$ (TINSAB1(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM7(i,j,n)\$ (TINSAB2(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM8(i,j,n)\$ (TINSAB3(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM9(i,j,n)\$ (MAQ1(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM10(i,j,n)\$ (MAQ2(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM11(i,j,n)\$ (MAQ3(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM12(i,j,n)\$ (MAQ4(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM13(i,j,n)\$ (MAQ5(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM14(i,j,n)\$ (MAQ9(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM15(i,j,n)\$ (MAQ10(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM16(i,j,n)\$ (MAQ11(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM17(i,j,n)\$ (MAQ12(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

```

TERM18(i,j,n)$(MAQ13(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=g=sum((np,ip)$(ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)),(Tf(ip,j,np-1)-
Ti(ip,j,np-1)));
TERM19(i,j,n)$(MAQ14(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=g=sum((np,ip)$(ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)),(Tf(ip,j,np-1)-
Ti(ip,j,np-1)));
TERM20(i,j,n)$(MAQ15(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=g=sum((np,ip)$(ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)),(Tf(ip,j,np-1)-
Ti(ip,j,np-1)));
TERM21(i,j,n)$(MAQ16(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=g=sum((np,ip)$(ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)),(Tf(ip,j,np-1)-
Ti(ip,j,np-1)));
TERM22(n)$(ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt 1)..Ti("2","P1",n)=g=sum((np)$(ORD(np)<=
ORD(n)),(Tf("1","P1",np-1)-Ti("1","P1",np-1)));
TERM23(n)$(ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti("2","P1",n)=g=sum(np,(Tf("1","P1",np-1)-Ti("1","P1",np-1)));

TERM24(i,j,n)$(ENTERA(i,j)AND ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=g=sum((np)$(ORD(np)<= ORD(n)),(Tf("75","M5",np-1)-Ti("75","M5",np-1)));
TERM25(i,j,n)$(ENTERA(i,j)AND ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=g=sum((np)$(ORD(np)<= ORD(n)),(Tf("113","M9",np-1)-Ti("113","M9",np-
1)));
TERM26(i,j,n)$(ENTERA(i,j)AND ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=g=sum((np)$(ORD(np)<= ORD(n)),(Tf("114","M4",np-1)-Ti("114","M4",np-
1)));
TERM27(i,j,n)$(ENTERA(i,j)AND ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=g=sum((np)$(ORD(np)<= ORD(n)),(Tf("59","M5",np-1)-Ti("59","M5",np-1)));
TERM28(i,j,n)$(ENTERA(i,j)AND ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=g=sum((np)$(ORD(np)<= ORD(n)),(Tf("74","M9",np-1)-Ti("74","M9",np-1)));
TERM29(i,j,n)$(FORTI(i,j)AND ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=G=sum(np,(Tf("59","M5",np-1)-Ti("59","M5",np-1)))+(Tf("1","P1",np-1)-
Ti("1","P1",np-1)));
TERM30(i,j,n)$(FORTI(i,j)AND ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=G=sum(np,(Tf("74","M9",np-1)-Ti("74","M9",np-1)))+(Tf("1","P1",np-1)-
Ti("1","P1",np-1)));
TERM31(i,j)$(FORTI(i,j)).. Tf("74","M9","n1")=e=Ti(i,j,"n1");
TERM32(i,j)$(FORTI(i,j)).. Tf("59","M5","n1")=e=Ti(i,j,"n1");
TERM33(i,j)$(past1(i,j)).. STin("s1")*0.093617021=g=sum(n,(Tf(i,j,n)-Ti(i,j,n)));

THORZ1(i,j,n)$(past1(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ2(i,j,n)$(MARM1(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ3(i,j,n)$(MARM2(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ4(i,j,n)$(MARM3(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ5(i,j,n)$(MARM4(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ6(i,j,n)$(TINSAB1(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ7(i,j,n)$(TINSAB2(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ8(i,j,n)$(TINSAB3(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ9(i,j,n)$(MAQ1(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ10(i,j,n)$(MAQ2(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ11(i,j,n)$(MAQ3(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ12(i,j,n)$(MAQ4(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ13(i,j,n)$(MAQ5(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ14(i,j,n)$(MAQ9(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ15(i,j,n)$(MAQ10(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ16(i,j,n)$(MAQ11(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ17(i,j,n)$(MAQ12(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ18(i,j,n)$(MAQ13(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ19(i,j,n)$(MAQ14(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ20(i,j,n)$(MAQ15(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ21(i,j,n)$(MAQ16(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;

THORZ22(i,j,n)$(past1(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;
THORZ23(i,j,n)$(MARM1(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;
THORZ24(i,j,n)$(MARM2(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;

```

```
THORZ25(i,j,n)$ (MARM3(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ26(i,j,n)$ (MARM4(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ27(i,j,n)$ (TINSAB1(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ28(i,j,n)$ (TINSAB2(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ29(i,j,n)$ (TINSAB3(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ30(i,j,n)$ (MAQ1(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ31(i,j,n)$ (MAQ2(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ32(i,j,n)$ (MAQ3(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ33(i,j,n)$ (MAQ4(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ34(i,j,n)$ (MAQ5(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ35(i,j,n)$ (MAQ9(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ36(i,j,n)$ (MAQ10(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ37(i,j,n)$ (MAQ11(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ38(i,j,n)$ (MAQ12(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ39(i,j,n)$ (MAQ13(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ40(i,j,n)$ (MAQ14(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ41(i,j,n)$ (MAQ15(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ42(i,j,n)$ (MAQ16(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;
```

```
MAX.. Z=e=sum((s,n),Pr(s)*D(s,n))+ sum ((s,n), Pr(s)*ST(s,n));
```

```
MODEL RIKALAC12 /ALL/ ;  
RIKALAC12.reslim=100000;  
RIKALAC12.iterlim=100000;
```

```
SOLVE RIKALAC12 using MIP maximizing Z;
```

ANEXO 4

CODIFICACIÓN GAMS PARA PROBLEMA 13 DE SEPTIEMBRE

\$TITLE " METODOLOGIA DE SOLUCION PARA PROBLEMAS DE PROGRAMACION DE LA PRODUCCION
\$TITLE EN EMPRESAS CON PROCESOS POR LOTES CON EQUIPAMIENTO MULTIPROPOSITO
\$TITLE UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. INGENIERIA INDUSTRIAL, ENERO 2006

\$onsymlist onsymxref onuellist onuelxref onempty
\$ontext

Elaborado por Roberto Alonso Vergara Tamayo
Director : Gustavo Alfredo Bula

\$offtext

*esta metologia fue desarrollada por los doctores M.G.Ierapetritou,T.S.Hene, y
*C.A.Flodas. en el departamento de ingenieria quimica, de la universidad
*de princeton,New Jersey 1998.

sets

i Tareas / 1*117 /

j unidades / P1 , MA1 , MA2 , MA3 , MA4 , TS1 , TS2 , TS3 , M1 , M2 , M3
M4 , M5 , M9 , M10 , M11 , M12 , M13 , M14 , M15 , M16 /

s estados involucrados / s1* s68 /

n puntos evento / n0*n15 /

ALIAS(i,ip),(j,jp),(n,np),(s,sp);

set past1(i,j) Tareas que puede hacer el pasteurizador 1
/1.P1,2.P1,3.P1,4.P1/;

set MARM1(i,j) Tareas que puede hacer la marmita 1
/5.MA1,8.MA1,11.MA1,14.MA1,17.MA1,20.MA1,23.MA1/;

set MARM2(i,j) Tareas que puede hacer la marmita 2
/6.MA2,9.MA2,12.MA2,15.MA2,18.MA2,21.MA2,24.MA2/;

set MARM3(i,j) Tareas que puede hacer la marmita 3
/26.MA3,27.MA3,28.MA3/;

set MARM4(i,j) Tareas que puede hacer la marmita 4
/7.MA4,10.MA4,13.MA4,16.MA4,19.MA4,22.MA4,25.MA4,29.MA4/;

set TINSAB1(i,j) Tareas que puede hacer la tina saborizadora 1
/30.TS1,33.TS1,36.TS1,39.TS1,42.TS1,45.TS1,48.TS1/;

set TINSAB2(i,j) Tareas que puede hacer la tina saborizadora 2
/31.TS2,34.TS2,37.TS2,40.TS2,43.TS2,46.TS2,49.TS2/;

set TINSAB3(i,j) Tareas que puede hacer la tina saborizadora 3
/32.TS3,35.TS3,38.TS3,41.TS3,44.TS3,47.TS3,50.TS3/;

set MAQ5(i,j) Tareas que puede hacer la maq. empacadora 5
/51.M5,53.M5,55.M5,56.M5,57.M5,58.M5,59.M5,75.M5/;

set MAQ9(i,j) Tareas que puede hacer la maq. empacadora 9
/54.M9,60.M9,64.M9,67.M9,70.M9,74.M9,115.M9,113.M9/;

set MAQ1(i,j) Tareas que puede hacer la maq. empacadora 1
/61.M1,65.M1,68.M1,71.M1,76.M1,78.M1,81.M1,116.M1/;

set MAQ2(i,j) Tareas que puede hacer la maq. empacadora 2
/62.M2,72.M2,79.M2,83.M2,85.M2,86.M2,87.M2,88.M2,89.M2,90.M2,91.M2,92.M2/;

set MAQ3(i,j) Tareas que puede hacer la maq. empacadora 3
/63.M3,66.M3,69.M3,73.M3,77.M3,80.M3,82.M3,84.M3/;

set MAQ4(i,j) Tareas que puede hacer la maq. empacadora 4
/52.M4,117.M4,114.M4/;

set MAQ10(i,j) Tareas que puede hacer la maq empacadora de Rigidos 10
/93.M10,95.M10,96.M10,107.M10,111.M10/;

set MAQ11(i,j) Tareas que puede hacer la empacadora manual 11
/97.M11,108.M11/ ;

set MAQ12(i,j) Tareas que puede hacer la empacadora manual 12
/98.M12,109.M12/ ;

set MAQ13(i,j) Tareas que puede hacer la empacadora manual 13
/99.M13,110.M13/ ;

set MAQ14(i,j) Tareas que puede realizar la selladora manual 14
/94.M14/;

set MAQ15(i,j) Tareas que puede realizar la selladora manual 15
/100.M15/;

38
0.36
39
0.8
40
0.46
41
0.36
42
0.8
43
0.46
44
0.36
45
0.8
46
0.46
47
0.36
48
0.8
49
0.46
50
0.36
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89

0.96 0.93
0.93 1.6
0.835
0.93
0.47
0.835
0.523 0.41
0.5 0.5
0.48
0.45 0.43 0.364
0.248 0.12 0.203
0.5 0.5 0.41
0.48 0.523
0.25 0.465
0.24
0.25 0.25 0.24
0.25 0.24
0.2 0.24
0.19
0.247
0.396
1.98
0.396
1.98

18		1		
19				0.3
20	1			
21		1		
22				0.3
23	1			
24		1		
25				0.3
26			0.1	
27			0.1	
28			0.1	
29				0.3
30				
0.12				
31				
0.12				
32				
0.12				
33				
0.12				
34				
0.12				
35				
0.12				
36				
0.12				
37				
0.12				
38				
0.12				
39				
0.12				
40				
0.12				
41				
0.12				
42				
0.12				
43				
0.12				
44				
0.12				
45				
0.12				
46				
0.12				
47				
0.12				
48				
0.12				
49				
0.12				
50				
0.12				
51				0.05
52			0.05	
53			0.05	
54				0.05
55			0.05	
56			0.05	
57			0.05	
58			0.05	
59			0.05	
60				0.05
61			0.05	

62		0.05		
63			0.05	
64				0.05
65	0.05			
66		0.05		
67				0.05
68	0.05			
69		0.05		
70				0.05
71	0.05			
72		0.05		
73			0.05	
74				0.05
75			0.05	
76	0.05			
77		0.05		
78	0.05			
79		0.05		
80			0.05	
81	0.05			
82			0.05	
83		0.05		
84			0.05	
85		0.05		
86		0.05		
87		0.05		
88		0.05		
89		0.05		
90		0.05		
91		0.05		
92		0.05		
93				0.1
94				
0.01				
95				0.1
96				0.1
97				
98				0.1
0.1				
99				
0.1				
100				
0.01				
101				
0.05				
102				
0.05				
103				
0.05				
104				
0.05				
105				
0.05				
106				
0.05				
107				0.1
108				
109				0.1
0.1				
110				
0.1				
111				0.1
112				
0.05				
113				0.05

```

114                                     0.05
115                                     0.05
116                                     0.05
117                                     0.05
PARAMETER
STin(s)  cantidades necesarias iniciales de s
$call=xls2gms r=a2:b69 i=C:\WINDOWS\gamsdir\13STi.xls  o=parSTin.inc
$include parSTin.inc

PARAMETER
STmax(s)  maxima capacidad disponible de almacenamiento del estado s  en miles de
litros
$call=xls2gms r=a2:b69 i=D:\PRUEBA\STmA.xls  o=parSTmax.inc
$include parSTmax.inc

PARAMETER
Pr(s)  precio del estado s
$call=xls2gms r=a2:b69 i=C:\proyectoexcel\13Pr.xls  o=parPr.inc
$include parPr.inc

PARAMETER
R(s)  requerimientos de mercado para el estado s (Demanda)en miles de litros
$call=xls2gms r=a2:b69 i=C:\proyectoexcel\13R.xls  o=parR.inc
$include parR.inc

TABLE
PP(i,j,s)  Proporción de estado producido desde la tarea i
$call=xls2gms r=pp!a2:bs119 i=D:\PRUEBA\salamera.xls  o=parPP.inc
$include parPP.inc
DISPLAY PP ;

TABLE
PC(i,j,s)  Proporción de estado consumido en la tarea i
$call=xls2gms r=pc!a2:bs119 i=D:\PRUEBA\salamera.xls  o=parPC.inc
$include parPC.inc
DISPLAY PC ;

TABLE
T(i,j)  Tiempo medio de procesamiento de la unidad j procesando la tarea i en horas
$call=xls2gms r=a3:v120 i=C:\WINDOWS\gamsdir\TMP1.xls  o=parT.inc
$include parT.inc
DISPLAY T;

SCALARS
A "variacion minima en tiempo de procesamiento" /0.9888888888/
K "variacion maxima en tiempo de procesamiento" /1.0966666666/
H tiempo horizonte /5.5/
PARAMETER
Tmin(i,j) "tiempo minimo de procesamiento";
  Tmin(i,j)= A*T(i,j);
PARAMETER
Tmax(i,j) "tiempo maximo de procesamiento";
  Tmax(i,j)=K*T(i,j);
PARAMETER
G(i,j) "termino variable de procesamiento de la tarea i en la unidad j";
  G(i,j)$(Vmax(i,j) ne 0)= (Tmax(i,j)-Tmin(i,j))/(Vmax(i,j)-Vmin(i,j));

VARIABLES
WV(i,n)  variable binaria que asigna el comienzo de la tarea i en el punto evento n
YV(j,n)  variable binaria que asigna la utilizacion de la unidad j en el punto evento
n

```

B(i,j,n) cantidad de material comprometido en la tarea i en la unidad j en cualquier punto evento n
D(s,n) cantidad de estado entregandose al mercado en el punto evento n
ST(s,n) cantidad de estado s en el punto evento n
Ti(i,j,n) tiempo en el que comienza la tarea i en la unidad j en el punto evento n
Tf(i,j,n) tiempo en el que termina la tarea i en la unidad j en el punto evento n
Z funcion objetivo
;

POSITIVE VARIABLES B,D,ST,Ti,Tf;

BINARY VARIABLES WV,YV;

EQUATIONS

ASI1 Asignacion de tareas

ASI2,ASI3,ASI4,ASI5,ASI6,ASI7,ASI8,ASI9,ASI10,ASI11,ASI12,ASI13,ASI14,ASI15,ASI16,ASI17,ASI18,ASI19,ASI20,ASI21,asig1,asig2,asig3,asig4,asig5,asig6,asig7,asig8,asig9,asig10,asig11,asig12,asig13,asig14,asig15,asig16,asig17,asig18,asig19,asig20,asig21

CAP1 Restricciones de capacidad minima

CAP2,CAP3,CAP4,CAP5,CAP6,CAP7,CAP8,CAP9,CAP10,CAP11,CAP12,CAP13,CAP14,CAP15,CAP16,CAP17,CAP18,CAP19,CAP20,CAP21

CAP22 Restricciones de capacidad maxima

CAP23,CAP24,CAP25,CAP26,CAP27,CAP28,CAP29,CAP30,CAP31,CAP32,CAP33,CAP34,CAP35,CAP36,CAP37,CAP38,CAP39,CAP40,CAP41,CAP42

ALM Restricciones de almacenamiento

BLS1 Restricciones de balance de material

BLS1A,BLS2,BLS2A,BLS3,BLS3A,BLS4,BLS4A,BLS5,BLS5A,BLS6,BLS6A,BLS66,BLS66A
BLS7,BLS7A,BLS8,BLS8A,BLS22,BLS22A,BLS23,BLS23A,BLS24,BLS24A,BLS25,BLS25A,BLS26,BLS26A
,BLS27,BLS27A,BLS28,BLS28A,BLS29,BLS29A,BLS30,BLS30A,BLS31,BLS31A,BLS32,BLS32A,BLS33,BLS33A,BLS34,BLS34A,BLS35,BLS35A,BLS36,BLS36A,BLS37,BLS37A,BLS38,BLS38A,BLS39,BLS39A,BLS40,BLS40A,BLS41,BLS41A,BLS42,BLS42A,BLS43,BLS43A,BLS44,BLS44A,BLS45,BLS45A,BLS46,BLS46A,BLS47,BLS47A,BLS48,BLS48A,BLS49,BLS49A,BLS50,BLS50A,BLS51,BLS51A,BLS52,BLS52A,BLS53,BLS53A,BLS54,BLS54A,BLS55,BLS55A,BLS56,BLS56A,BLS57,BLS57A,BLS58,BLS58A,BLS59,BLS59A,BLS60,BLS60A,BLS61,BLS61A,BLS62,BLS62A,BLS63,BLS63A,BLS64,BLS64A,BLS65,BLS65A,BLS67,BLS67A,BLS68,BLS68A

DEM Restricciones de demanda

DUR1 Restricciones de duracion de las tareas

DUR2,DUR3,DUR4,DUR5,DUR6,DUR7,DUR8,DUR9,DUR10,DUR11,DUR12,DUR13,DUR14,DUR15,DUR16,DUR17,DUR18,DUR19,DUR20,DUR21

SEC1 Restricciones de secuencia misma tarea misma unidad

SEC1A,SEC1B,SEC1C,SEC1D,SEC1E,SEC2,SEC3,SEC4,SEC5,SEC6,SEC7,SEC8,SEC9,SEC10,SEC11,SEC12,SEC13,SEC14,SEC15,SEC16,SEC17,SEC18,SEC19,SEC20,SEC21,SEC22,SEC23,SEC24,SEC25,SEC26,SEC27,SEC28,SEC29,SEC30,SEC31,SEC32,SEC33,SEC34,SEC35,SEC36,SEC37,SEC38,SEC39,SEC40,SEC41,SEC42,SEC43,SEC44,SEC45,SEC46,SEC47,SEC48,SEC49,SEC50,SEC51,SEC52,SEC53,SEC54,SEC55,SEC56,SEC57,SEC58,SEC59,SEC60,SEC61,SEC62,SEC63

SEC64 Restricciones de secuencia diferente tarea misma unidad

SEC65,SEC66,SEC67,SEC68,SEC69,SEC70,SEC71,SEC72,SEC73,SEC74,SEC74A,SEC75,SEC76,SEC77,SEC77A,SEC77B,SEC77C,SEC78

SEC79 Restricciones de secuencia diferente tarea diferente unidad

SEC80,SEC79A,SEC80A,SEC81,SEC82,SEC83,SEC84,SEC85,SEC86,SEC87,SEC88,SEC89,SEC90,SEC91,SEC92,SEC93,SEC94,SEC95,SEC96,SEC97,SEC98,SEC99,SEC100,SEC101,SEC102,SEC103,SEC104,SEC105,SEC106,SEC107,SEC108,SEC109,SEC110,SEC111,SEC112,SEC113,SEC114,SEC115,SEC116,SEC117,SEC118,SEC119,SEC120,SEC121,SEC122,SEC123,SEC124,SEC125,SEC126,SEC127,SEC128,SEC129,SEC130,SEC131,SEC132,SEC133,SEC134,SEC135,SEC136,SEC137,SEC137A,SEC137B,SEC137C,SEC138,SEC139,SEC140,SEC141,SEC142,SEC143,SEC144,SEC145,SEC146,SEC147,SEC148,SEC149,SEC150,SEC151

EC151, SEC152, SEC153, SEC154, SEC155, SEC156, SEC157, SEC158, SEC159, SEC160, SEC161, SEC162, SEC163, SEC164, SEC165, SEC166, SEC167, SEC165A, SEC166A, SEC167A, SEC168, SEC169, SEC170, SEC171, SEC172, SEC173, SEC174, SEC175, SEC176, SEC177, SEC178, SEC179, SEC180, SEC181, SEC182, SEC183, SEC184, SEC185, SEC186, SEC187, SEC188, SEC189, SEC190, SEC191, SEC192, SEC193, SEC194, SEC195, SEC196, SEC197, SEC198, SEC199, SEC200, SEC201, SEC202, SEC203, SEC204, SEC205, SEC206, SEC207, SEC208, SEC209, SEC210, SEC211, SEC212, SEC213, SEC214, SEC215, SEC216, SEC217, SEC218, SEC219, SEC220, SEC221, SEC222, SEC223, SEC224, SEC225, SEC226, SEC227, SEC228, SEC229, SEC230, SEC231, SEC232, SEC233, SEC234, SEC235, SEC236, SEC237, SEC238, SEC239, SEC240, SEC241, SEC242, SEC243, SEC244, SEC245, SEC246, SEC247, SEC248, SEC249, SEC250, SEC251, SEC252, SEC253, SEC254, SEC255, SEC256, SEC257, SEC258, SEC259, SEC260, SEC261, SEC262, SEC263, SEC264, SEC265, SEC266, SEC267, SEC268, SEC269, SEC270, SEC271, SEC272, SEC273, SEC274, SEC275, SEC276, SEC277, SEC285, SEC286, SEC287, SEC288, SEC289, SEC290

TERM1 Terminacion de tareas previas en la misma unidad
TERM2, TERM3, TERM4, TERM5, TERM6, TERM7, TERM8, TERM9, TERM10, TERM11, TERM12, TERM13, TERM14, TERM15, TERM16, TERM17, TERM18, TERM19, TERM20, TERM21, TERM22, TERM23, TERM24, TERM25, TERM26, TERM27, TERM28, TERM29, TERM30, TERM31, TERM32, TERM33

THORZ1 Restricciones de terminacion de tareas dentro del tiempo horizonte
THORZ2, THORZ3, THORZ4, THORZ5, THORZ6, THORZ7, THORZ8, THORZ9, THORZ10, THORZ11, THORZ12, THORZ13, THORZ14, THORZ15, THORZ16, THORZ17, THORZ18, THORZ19, THORZ20, THORZ21, THORZ22, THORZ23, THORZ24, THORZ25, THORZ26, THORZ27, THORZ28, THORZ29, THORZ30, THORZ31, THORZ32, THORZ33, THORZ34, THORZ35, THORZ36, THORZ37, THORZ38, THORZ39, THORZ40, THORZ41, THORZ42

MAX Funcion objetivo;

ASI1(n).. sum(past1(i, j), WV(i, n))=e= YV("P1", n);
ASI2(n).. sum(MARM1(i, j), WV(i, n))=e= YV("MA1", n);
ASI3(n).. sum(MARM2(i, j), WV(i, n))=e=YV("MA2", n);
ASI4(n).. sum(MARM3(i, j), WV(i, n))=e= YV("MA3", n);
ASI5(n).. sum(MARM4(i, j), WV(i, n))=e= YV("MA4", n);
ASI6(n).. sum(TINSAB1(i, j), WV(i, n))=e=YV("TS1", n);
ASI7(n).. sum(TINSAB2(i, j), WV(i, n))=e=YV("TS2", n);
ASI8(n).. sum(TINSAB3(i, j), WV(i, n))=e=YV("TS3", n);
ASI9(n).. sum(MAQ1(i, j), WV(i, n))=e=YV("M1", n);
ASI10(n).. sum(MAQ2(i, j), WV(i, n))=e=YV("M2", n);
ASI11(n).. sum(MAQ3(i, j), WV(i, n))=e=YV("M3", n);
ASI12(n).. sum(MAQ4(i, j), WV(i, n))=e= YV("M4", n);
ASI13(n).. sum(MAQ5(i, j), WV(i, n))=e= YV("M5", n);
ASI14(n).. sum(MAQ9(i, j), WV(i, n))=e= YV("M9", n);
ASI15(n).. sum(MAQ10(i, j), WV(i, n))=e= YV("M10", n);
ASI16(n).. sum(MAQ11(i, j), WV(i, n))=e= YV("M11", n);
ASI17(n).. sum(MAQ12(i, j), WV(i, n))=e= YV("M12", n);
ASI18(n).. sum(MAQ13(i, j), WV(i, n))=e= YV("M13", n);
ASI19(n).. sum(MAQ14(i, j), WV(i, n))=e= YV("M14", n);
ASI20(n).. sum(MAQ15(i, j), WV(i, n))=e= YV("M15", n);
ASI21(n).. sum(MAQ16(i, j), WV(i, n))=e= YV("M16", n);

asig1(n).. sum(past1(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig2(n).. sum(MARM1(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig3(n).. sum(MARM2(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig4(n).. sum(MARM3(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig5(n).. sum(MARM4(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig6(n).. sum(TINSAB1(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig7(n).. sum(TINSAB2(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig8(n).. sum(TINSAB3(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig9(n).. sum(MAQ1(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig10(n).. sum(MAQ2(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig11(n).. sum(MAQ3(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig12(n).. sum(MAQ4(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig13(n).. sum(MAQ5(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig14(n).. sum(MAQ9(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig15(n).. sum(MAQ10(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig16(n).. sum(MAQ11(i, j), WV(i, n))=1=1;
asig17(n).. sum(MAQ12(i, j), WV(i, n))=1=1;

```

asig18(n).. sum(MAQ13(i,j),WV(i,n))=1=1;
asig19(n).. sum(MAQ14(i,j),WV(i,n))=1=1;
asig20(n).. sum(MAQ15(i,j),WV(i,n))=1=1;
asig21(n).. sum(MAQ16(i,j),WV(i,n))=1=1;

CAP1(i,n)$(past1(i,"P1")).. Vmin(i,"P1")*WV(i,n)=1=B(i,"P1",n);
CAP2(i,n)$(MARM1(i,"MA1")).. Vmin(i,"MA1")*WV(i,n)=1=B(i,"MA1",n);
CAP3(i,n)$(MARM2(i,"MA2")).. Vmin(i,"MA2")*WV(i,n)=1=B(i,"MA2",n);
CAP4(i,n)$(MARM3(i,"MA3")).. Vmin(i,"MA3")*WV(i,n)=1=B(i,"MA3",n);
CAP5(i,n)$(MARM4(i,"MA4")).. Vmin(i,"MA4")*WV(i,n)=1=B(i,"MA4",n);
CAP6(i,n)$(TINSAB1(i,"TS1")).. Vmin(i,"TS1")*WV(i,n)=1=B(i,"TS1",n);
CAP7(i,n)$(TINSAB2(i,"TS2")).. Vmin(i,"TS2")*WV(i,n)=1=B(i,"TS2",n);
CAP8(i,n)$(TINSAB3(i,"TS3")).. Vmin(i,"TS3")*WV(i,n)=1=B(i,"TS3",n);
CAP9(i,n)$(MAQ5(i,"M5")).. Vmin(i,"M5")*WV(i,n)=1=B(i,"M5",n);
CAP10(i,n)$(MAQ9(i,"M9")).. Vmin(i,"M9")*WV(i,n)=1=B(i,"M9",n);
CAP11(i,n)$(MAQ1(i,"M1")).. Vmin(i,"M1")*WV(i,n)=1=B(i,"M1",n);
CAP12(i,n)$(MAQ2(i,"M2")).. Vmin(i,"M2")*WV(i,n)=1=B(i,"M2",n);
CAP13(i,n)$(MAQ3(i,"M3")).. Vmin(i,"M3")*WV(i,n)=1=B(i,"M3",n);
CAP14(i,n)$(MAQ4(i,"M4")).. Vmin(i,"M4")*WV(i,n)=1=B(i,"M4",n);
CAP15(i,n)$(MAQ10(i,"M10")).. Vmin(i,"M10")*WV(i,n)=1=B(i,"M10",n);
CAP16(i,n)$(MAQ11(i,"M11")).. Vmin(i,"M11")*WV(i,n)=1=B(i,"M11",n);
CAP17(i,n)$(MAQ12(i,"M12")).. Vmin(i,"M12")*WV(i,n)=1=B(i,"M12",n);
CAP18(i,n)$(MAQ13(i,"M13")).. Vmin(i,"M13")*WV(i,n)=1=B(i,"M13",n);
CAP19(i,n)$(MAQ14(i,"M14")).. Vmin(i,"M14")*WV(i,n)=1=B(i,"M14",n);
CAP20(i,n)$(MAQ15(i,"M15")).. Vmin(i,"M15")*WV(i,n)=1=B(i,"M15",n);
CAP21(i,n)$(MAQ16(i,"M16")).. Vmin(i,"M16")*WV(i,n)=1=B(i,"M16",n);

CAP22(i,j,n)$(past1(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP23(i,j,n)$(MARM1(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP24(i,j,n)$(MARM2(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP25(i,j,n)$(MARM3(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP26(i,j,n)$(MARM4(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP27(i,j,n)$(TINSAB1(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP28(i,j,n)$(TINSAB2(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP29(i,j,n)$(TINSAB3(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP30(i,j,n)$(MAQ5(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP31(i,j,n)$(MAQ9(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP32(i,j,n)$(MAQ1(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP33(i,j,n)$(MAQ2(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP34(i,j,n)$(MAQ3(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP35(i,j,n)$(MAQ4(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP36(i,j,n)$(MAQ10(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP37(i,j,n)$(MAQ11(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP38(i,j,n)$(MAQ12(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP39(i,j,n)$(MAQ13(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP40(i,j,n)$(MAQ14(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP41(i,j,n)$(MAQ15(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);
CAP42(i,j,n)$(MAQ16(i,j)).. Vmax(i,j)*WV(i,n)=g=B(i,j,n);

ALM(s,n).. ST(s,n)=1=STmax(s);

BLS1.. ST("s1","n0")=e=STin("s1") + sum((j,i),PC(i,j,"s1")*B(i,j,"n0"));
BLS1A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s1",n)=e=ST("s1",n-1) + sum((j,i),PC(i,j,"s1")*B(i,j,n))
;
BLS2.. ST("s2","n0")=e= STin("s2");
BLS2A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s2",n)=e=ST("s2",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s2")*B(i,j,n-1));
BLS3.. ST("s3","n0")=e= STin("s3");
BLS3A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s3",n)=e=ST("s3",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s2")*B(i,j,n-1));
BLS4.. ST("s4","n0")=e= STin("s4")+sum((j,i),PC(i,j,"s4")*B(i,j,"n0"));
BLS4A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s4",n)=e=ST("s4",n-1)+PP("1","P1","s4")*B("1","P1",n-1)+PC("59","M5","s4")*B("59","M5",n)+PC("75","M5","s4")*B("75","M5",n)+PC("74","M9","s4")*B("74","M9",n)+PC("113","M9","s4")*B("113","M9",n)+PC("114","M4","s4")*B("114","M4",n);
BLS5.. ST("s5","n0")=e= STin("s5")-D("s5","n0");

```

```

BLS5A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s5",n)=e= ST("s5",n-1)+PP("74", "M9", "s5")*B("74", "M9", n-1)-D("s5",n);
BLS6.. ST("s6", "n0")=e= STin("s6")-D("s6", "n0");
BLS6A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s6",n)=e= ST("s6",n-1)+PP("59", "M5", "s6")*B("59", "M5", n-1)-D("s6",n);
BLS66.. ST("s66", "n0")=e= STin("s66")-D("s66", "n0");
BLS66A(n)$(ord(n) gt 1)..ST("s66",n)=e= ST("s66",n-1)+PP("75", "M5", "s66")*B("75", "M5", n-1)+PP("113", "M9", "s66")*B("113", "M9", n-1)+PP("114", "M4", "s66")*B("114", "M4", n-1)-D("s66",n);
BLS7.. ST("s7", "n0")=e= STin("s7")+sum((j,i),PC(i,j,"s7")*B(i,j,"n0"));
BLS7A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s7",n)=e=ST("s7",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s7")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s7")*B(i,j,n-1));
BLS8(s)$(ORD(s)gt(7)and ord(s)lt(22))..ST(s,"n0")=e=STin(s)-D(s,"n0");
BLS8A(s,n)$(ORD(s)gt(7) and ORD(s)lt(22)and ord(n) gt 1)..ST(s,n)=e= ST(s,n-1)+sum((j,i),PP(i,j,s)*B(i,j,n-1))-D(s,n);
BLS22.. ST("s22", "n0")=e=STin("s22")+sum((j,i),PC(i,j,"s22")*B(i,j,"n0"));
BLS22A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s22",n)=e=ST("s22",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s22")*B(i,j,n));
BLS23.. ST("s23", "n0")=e=STin("s23")+sum((j,i),PC(i,j,"s23")*B(i,j,"n0"));
BLS23A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s23",n)=e=ST("s23",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s23")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s23")*B(i,j,n-1));
BLS24.. ST("s24", "n0")=e=STin("s24")+sum((j,i),PC(i,j,"s24")*B(i,j,"n0"));
BLS24A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s24",n)=e=ST("s24",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s24")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s24")*B(i,j,n-1));
BLS25.. ST("s25", "n0")=e= STin("s25")-D("s25", "n0");
BLS25A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s25",n)=e= ST("s25",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s25")*B(i,j,n-1))-D("s25",n);
BLS26.. ST("s26", "n0")=e= STin("s26")-D("s26", "n0");
BLS26A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s26",n)=e= ST("s26",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s26")*B(i,j,n-1))-D("s26",n);
BLS27.. ST("s27", "n0")=e= STin("s27")+sum((j,i),PC(i,j,"s27")*B(i,j,"n0"));
BLS27A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s27",n)=e= ST("s27",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s27")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s27")*B(i,j,n-1));
BLS28.. ST("s28", "n0")=e= STin("s28")+sum((j,i),PC(i,j,"s28")*B(i,j,"n0"));
BLS28A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s28",n)=e= ST("s28",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s28")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s28")*B(i,j,n-1));
BLS29.. ST("s29", "n0")=e= STin("s29")-D("s29", "n0");
BLS29A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s29",n)=e= ST("s29",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s29")*B(i,j,n-1))-D("s29",n);
BLS30.. ST("s30", "n0")=e= STin("s30")+sum((j,i),PC(i,j,"s30")*B(i,j,"n0"));
BLS30A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s30",n)=e= ST("s30",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s30")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s30")*B(i,j,n-1));
BLS31.. ST("s31", "n0")=e= STin("s31")-D("s31", "n0");
BLS31A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s31",n)=e= ST("s31",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s31")*B(i,j,n-1))-D("s31",n);
BLS32.. ST("s32", "n0")=e= STin("s32")+sum((j,i),PC(i,j,"s32")*B(i,j,"n0"));
BLS32A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s32",n)=e= ST("s32",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s32")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s32")*B(i,j,n-1));
BLS33.. ST("s33", "n0")=e= STin("s33")+sum((j,i),PC(i,j,"s33")*B(i,j,"n0"));
BLS33A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s33",n)=e= ST("s33",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s33")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s33")*B(i,j,n-1));
BLS34.. ST("s34", "n0")=e= STin("s34")-D("s34", "n0");
BLS34A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s34",n)=e= ST("s34",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s34")*B(i,j,n-1))-D("s34",n);
BLS35.. ST("s35", "n0")=e=STin("s35")+sum((j,i),PC(i,j,"s35")*B(i,j,"n0"));
BLS35A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s35",n)=e=ST("s35",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s35")*B(i,j,n));
BLS36.. ST("s36", "n0")=e= STin("s36")+sum((j,i),PC(i,j,"s36")*B(i,j,"n0"));
BLS36A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s36",n)=e=ST("s36",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s36")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s36")*B(i,j,n-1));
BLS37.. ST("s37", "n0")=e= STin("s37")+sum((j,i),PC(i,j,"s37")*B(i,j,"n0"));
BLS37A(n)$(ord(n) gt 1).. ST("s37",n)=e=ST("s37",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s37")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s37")*B(i,j,n-1));
BLS38.. ST("s38", "n0")=e= STin("s38")-D("s38", "n0");

```

BLS38A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s38",n)=e= ST("s38",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s38")*B(i,j,n-1))-D("s38",n);
 BLS39.. ST("s39","n0")=e= STin("s39")+sum((j,i),PC(i,j,"s39")*B(i,j,"n0"));
 BLS39A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s39",n)=e=ST("s39",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s39")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s39")*B(i,j,n-1));
 BLS40.. ST("s40","n0")=e= STin("s40")-D("s40","n0");
 BLS40A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s40",n)=e= ST("s40",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s40")*B(i,j,n-1))-D("s40",n);
 BLS41.. ST("s41","n0")=e= STin("s41")+sum((j,i),PC(i,j,"s41")*B(i,j,"n0"));
 BLS41A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s41",n)=e=ST("s41",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s41")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s41")*B(i,j,n-1));
 BLS42.. ST("s42","n0")=e= STin("s42")+sum((j,i),PC(i,j,"s42")*B(i,j,"n0"));
 BLS42A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s42",n)=e=ST("s42",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s42")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s42")*B(i,j,n-1));
 BLS43.. ST("s43","n0")=e= STin("s43")-D("s43","n0");
 BLS43A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s43",n)=e= ST("s43",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s43")*B(i,j,n-1))-D("s43",n);
 BLS44.. ST("s44","n0")=e= STin("s44")-D("s44","n0");
 BLS44A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s44",n)=e= ST("s44",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s44")*B(i,j,n-1))-D("s44",n);
 BLS45.. ST("s45","n0")=e= STin("s45")-D("s45","n0");
 BLS45A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s45",n)=e= ST("s45",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s45")*B(i,j,n-1))-D("s45",n);
 BLS67.. ST("s67","n0")=e= STin("s67")-D("s67","n0");
 BLS67A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s67",n)=e= ST("s67",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s67")*B(i,j,n-1))-D("s67",n);
 BLS46.. ST("s46","n0")=e= STin("s46")+sum((j,i),PC(i,j,"s46")*B(i,j,"n0"));
 BLS46A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s46",n)=e=ST("s46",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s46")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s46")*B(i,j,n-1));
 BLS47.. ST("s47","n0")=e= STin("s47")+sum((j,i),PC(i,j,"s47")*B(i,j,"n0"));
 BLS47A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s47",n)=e=ST("s47",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s47")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s47")*B(i,j,n-1));
 BLS48.. ST("s48","n0")=e= STin("s48")+sum((j,i),PC(i,j,"s48")*B(i,j,"n0"));
 BLS48A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s48",n)=e=ST("s48",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s48")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s48")*B(i,j,n-1));
 BLS49.. ST("s49","n0")=e= STin("s49")-D("s49","n0");
 BLS49A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s49",n)=e= ST("s49",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s49")*B(i,j,n-1))-D("s49",n);
 BLS50.. ST("s50","n0")=e= STin("s50")-D("s50","n0");
 BLS50A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s50",n)=e= ST("s50",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s50")*B(i,j,n-1))-D("s50",n);
 BLS51.. ST("s51","n0")=e= STin("s51")-D("s51","n0");
 BLS51A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s51",n)=e= ST("s51",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s51")*B(i,j,n-1))-D("s51",n);
 BLS52.. ST("s52","n0")=e= STin("s52")+sum((j,i),PC(i,j,"s52")*B(i,j,"n0"));
 BLS52A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s52",n)=e=ST("s52",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s52")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s52")*B(i,j,n-1));
 BLS53.. ST("s53","n0")=e= STin("s53")+sum((j,i),PC(i,j,"s53")*B(i,j,"n0"));
 BLS53A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s53",n)=e=ST("s53",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s53")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s53")*B(i,j,n-1));
 BLS54.. ST("s54","n0")=e= STin("s54")-D("s54","n0");
 BLS54A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s54",n)=e= ST("s54",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s54")*B(i,j,n-1))-D("s54",n);
 BLS55.. ST("s55","n0")=e= STin("s55")+sum((j,i),PC(i,j,"s55")*B(i,j,"n0"));
 BLS55A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s55",n)=e=ST("s55",n-1)+sum((j,i),PC(i,j,"s55")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s55")*B(i,j,n-1));
 BLS56.. ST("s56","n0")=e= STin("s56")-D("s56","n0");
 BLS56A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s56",n)=e= ST("s56",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s56")*B(i,j,n-1))-D("s56",n);
 BLS57.. ST("s57","n0")=e= STin("s57")-D("s57","n0");
 BLS57A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s57",n)=e= ST("s57",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s57")*B(i,j,n-1))-D("s57",n);
 BLS58.. ST("s58","n0")=e= STin("s58")-D("s58","n0");
 BLS58A(n)\$(ord(n) gt 1).. ST("s58",n)=e= ST("s58",n-1)+sum((j,i),PP(i,j,"s58")*B(i,j,n-1))-D("s58",n);

```

BLS59..          ST("s59","n0")=e= STin("s59")-D("s59","n0");
BLS59A(n)$(ord(n) gt 1)..          ST("s59",n)=e= ST("s59",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s59")*B(i,j,n-1))-D("s59",n);
BLS60..          ST("s60","n0")=e= STin("s60")-D("s60","n0");
BLS60A(n)$(ord(n) gt 1)..          ST("s60",n)=e= ST("s60",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s60")*B(i,j,n-1))-D("s60",n);
BLS61..          ST("s61","n0")=e= STin("s61")+sum((j,i),PC(i,j,"s61")*B(i,j,"n0"));
BLS61A(n)$(ord(n) gt 1)..          ST("s61",n)=e=ST("s61",n-
1)+sum((j,i),PC(i,j,"s61")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s61")*B(i,j,n-1));
BLS62..          ST("s62","n0")=e= STin("s62")-D("s62","n0");
BLS62A(n)$(ord(n) gt 1)..          ST("s62",n)=e= ST("s62",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s62")*B(i,j,n-1))-D("s62",n);
BLS63..          ST("s63","n0")=e= STin("s63")+sum((j,i),PC(i,j,"s63")*B(i,j,"n0"));
BLS63A(n)$(ord(n) gt 1)..          ST("s63",n)=e=ST("s63",n-
1)+sum((j,i),PC(i,j,"s63")*B(i,j,n))+sum((j,i),PP(i,j,"s63")*B(i,j,n-1));
BLS64..          ST("s64","n0")=e= STin("s64")-D("s64","n0");
BLS64A(n)$(ord(n) gt 1)..          ST("s64",n)=e= ST("s64",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s64")*B(i,j,n-1))-D("s64",n);
BLS65..          ST("s65","n0")=e= STin("s65")-D("s65","n0");
BLS65A(n)$(ord(n) gt 1)..          ST("s65",n)=e= ST("s65",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s65")*B(i,j,n-1))-D("s65",n);
BLS68..          ST("s68","n0")=e= STin("s68");
BLS68A(n)$(ord(n) gt 1)..          ST("s68",n)=e=ST("s68",n-
1)+sum((j,i),PP(i,j,"s68")*B(i,j,n-1));

```

DEM(s).. sum(n,D(s,n))=G= R(s);

```

DUR1(i,j,n)$(past1(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR2(i,j,n)$(MARM1(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR3(i,j,n)$(MARM2(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR4(i,j,n)$(MARM3(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR5(i,j,n)$(MARM4(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR6(i,j,n)$(TINSAB1(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR7(i,j,n)$(TINSAB2(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR8(i,j,n)$(TINSAB3(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR9(i,j,n)$(MAQ1(i,j))..           Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR10(i,j,n)$(MAQ2(i,j))..           Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR11(i,j,n)$(MAQ3(i,j))..           Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR12(i,j,n)$(MAQ4(i,j))..           Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR13(i,j,n)$(MAQ5(i,j))..           Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR14(i,j,n)$(MAQ9(i,j))..           Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR15(i,j,n)$(MAQ10(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR16(i,j,n)$(MAQ11(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR17(i,j,n)$(MAQ12(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR18(i,j,n)$(MAQ13(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR19(i,j,n)$(MAQ14(i,j))..          Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);

```

```

DUR20(i,j,n)$(MAQ15(i,j))..      Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);
DUR21(i,j,n)$(MAQ16(i,j))..      Tf(i,j,n)=e= Ti(i,j,n)+
Tmin(i,j)*WV(i,n)+G(i,j)*B(i,j,n);

SEC1(i,j,n)$(past1(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC1A(n)$(ord(n) gt 1)..Ti("2","P1",n)=g=Tf("1","P1",n-1)-2*H +H*WV("1",n-
1)+H*YV("P1",n-1);
SEC1B..      Ti("2","P1","n0")=l=Ti("1","P1","n0")-2*H
+H*WV("1","n0")+H*YV("P1","n0");
SEC1C..      Tf("2","P1","n0")=l=Tf("1","P1","n0")-2*H
+H*WV("1","n0")+H*YV("P1","n0");
SEC1D..      Ti("2","P1","n0")=l=Tf("1","P1","n1")-2*H
+H*WV("1","n1")+H*YV("P1","n1");
SEC1E..      Tf("2","P1","n0")=l=Tf("1","P1","n1")-2*H
+H*WV("1","n1")+H*YV("P1","n1");
SEC2(i,j,n)$(MARM1(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC3(i,j,n)$(MARM2(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC4(i,j,n)$(MARM3(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC5(i,j,n)$(MARM4(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC6(i,j,n)$(TINSAB1(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC7(i,j,n)$(TINSAB2(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC8(i,j,n)$(TINSAB3(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC9(i,j,n)$(MAQ1(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC10(i,j,n)$(MAQ2(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC11(i,j,n)$(MAQ3(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC12(i,j,n)$(MAQ4(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC13(i,j,n)$(MAQ5(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC14(i,j,n)$(MAQ9(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC15(i,j,n)$(MAQ10(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC16(i,j,n)$(MAQ11(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC17(i,j,n)$(MAQ12(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC18(i,j,n)$(MAQ13(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC19(i,j,n)$(MAQ14(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC20(i,j,n)$(MAQ15(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);
SEC21(i,j,n)$(MAQ16(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Tf(i,j,n-1)-2*H +H*WV(i,n-
1)+H*YV(j,n-1);

SEC22(i,j,n)$(past1(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Ti(i,j,n-1);
SEC23(i,j,n)$(MARM1(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Ti(i,j,n-1);
SEC24(i,j,n)$(MARM2(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Ti(i,j,n-1);
SEC25(i,j,n)$(MARM3(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Ti(i,j,n-1);
SEC26(i,j,n)$(MARM4(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Ti(i,j,n-1);
SEC27(i,j,n)$(TINSAB1(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Ti(i,j,n-1);
SEC28(i,j,n)$(TINSAB2(i,j)and ord(n) gt 1)..      Ti(i,j,n)=g=Ti(i,j,n-1);

```


SEC77(i,ip,j,n)\$(MAQ10(i,j)and MAQ10(ip,j)and ord(i)ne ord(ip)and ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g= Tf(ip,j,n-1)-2*H+ H*WV(ip,n-1)+H*YV(j,n-1);
 SEC77A(i,ip,j,n)\$(MAQ11(i,j)and MAQ11(ip,j)and ord(i)ne ord(ip)and ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g= Tf(ip,j,n-1)-2*H+ H*WV(ip,n-1)+H*YV(j,n-1);
 SEC77B(i,ip,j,n)\$(MAQ12(i,j)and MAQ12(ip,j)and ord(i)ne ord(ip)and ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g= Tf(ip,j,n-1)-2*H+ H*WV(ip,n-1)+H*YV(j,n-1);
 SEC77C(i,ip,j,n)\$(MAQ13(i,j)and MAQ13(ip,j)and ord(i)ne ord(ip)and ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g= Tf(ip,j,n-1)-2*H+ H*WV(ip,n-1)+H*YV(j,n-1);
 SEC78(i,ip,j,n)\$(MAQ16(i,j)and MAQ16(ip,j)and ord(i)ne ord(ip)and ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g= Tf(ip,j,n-1)-2*H+ H*WV(ip,n-1)+H*YV(j,n-1);

 SEC79(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("59","M5",n)=g= Tf("1","P1",n-1)-2*H+ H*WV("1",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC80(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("74","M9",n)=g= Tf("1","P1",n-1)-2*H+ H*WV("1",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC79A(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("113","M9",n)=g= Tf("1","P1",n-1)-2*H+ H*WV("1",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC80A(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("114","M4",n)=g= Tf("1","P1",n-1)-2*H+ H*WV("1",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC81(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("51","M5",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC82(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("53","M5",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC83(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("55","M5",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC84(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("56","M5",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC85(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("57","M5",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC86(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("58","M5",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC87(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("60","M9",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC88(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("64","M9",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC89(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("67","M9",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC90(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("70","M9",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC91(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("75","M5",n)=g= Tf("1","P1",n-1)-2*H+ H*WV("1",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC92(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("54","M9",n)=g= Tf("2","P1",n-1)-2*H+ H*WV("2",n-1)+H*YV("P1",n-1);
 SEC93(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("97","M11",n)=g= Tf("33","TS1",n-1)-2*H+ H*WV("33",n-1)+H*YV("TS1",n-1);
 SEC94(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("97","M11",n)=g= Tf("34","TS2",n-1)-2*H+ H*WV("34",n-1)+H*YV("TS2",n-1);
 SEC95(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("97","M11",n)=g= Tf("35","TS3",n-1)-2*H+ H*WV("35",n-1)+H*YV("TS3",n-1);
 SEC96(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("108","M11",n)=g= Tf("48","TS1",n-1)-2*H+ H*WV("48",n-1)+H*YV("TS1",n-1);
 SEC97(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("108","M11",n)=g= Tf("49","TS2",n-1)-2*H+ H*WV("49",n-1)+H*YV("TS2",n-1);
 SEC98(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("108","M11",n)=g= Tf("50","TS3",n-1)-2*H+ H*WV("50",n-1)+H*YV("TS3",n-1);
 SEC99(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("98","M12",n)=g= Tf("33","TS1",n-1)-2*H+ H*WV("33",n-1)+H*YV("TS1",n-1);
 SEC100(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("98","M12",n)=g= Tf("34","TS2",n-1)-2*H+ H*WV("34",n-1)+H*YV("TS2",n-1);
 SEC101(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("98","M12",n)=g= Tf("35","TS3",n-1)-2*H+ H*WV("35",n-1)+H*YV("TS3",n-1);
 SEC102(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("109","M12",n)=g= Tf("48","TS1",n-1)-2*H+ H*WV("48",n-1)+H*YV("TS1",n-1);
 SEC103(n)\$(ord(n) gt 1).. Ti("109","M12",n)=g= Tf("49","TS2",n-1)-2*H+ H*WV("49",n-1)+H*YV("TS2",n-1);

SEC104(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("109", "M12", n)=g= Tf("50", "TS3", n-1)-2*H+ H*WV("50", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC105(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("99", "M13", n)=g= Tf("33", "TS1", n-1)-2*H+ H*WV("33", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC106(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("99", "M13", n)=g= Tf("34", "TS2", n-1)-2*H+ H*WV("34", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC107(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("99", "M13", n)=g= Tf("35", "TS3", n-1)-2*H+ H*WV("35", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC108(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("110", "M13", n)=g= Tf("48", "TS1", n-1)-2*H+ H*WV("48", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC109(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("110", "M13", n)=g= Tf("49", "TS2", n-1)-2*H+ H*WV("49", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC110(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("110", "M13", n)=g= Tf("50", "TS3", n-1)-2*H+ H*WV("50", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC111(i, j, n)\$ (MAQ1(i, j) and ord(n) gt 1).. Ti(i, j, n)=g=Tf("2", "P1", n-1)-2*H+H*WV("2", n-1)+H*YV("P1", n-1);
 SEC112(i, j, n)\$ (MAQ3(i, j) and ord(n) gt 1).. Ti(i, j, n)=g=Tf("2", "P1", n-1)-2*H+H*WV("2", n-1)+H*YV("P1", n-1);
 SEC113(i, j, n)\$ (MAQ4(i, j) and ord(n) gt 1).. Ti(i, j, n)=g=Tf("2", "P1", n-1)-2*H+H*WV("2", n-1)+H*YV("P1", n-1);
 SEC114(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("85", "M2", n)=g=Tf("42", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("42", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC115(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("85", "M2", n)=g=Tf("43", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("43", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC116(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("85", "M2", n)=g=Tf("44", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("44", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC117(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("86", "M2", n)=g=Tf("42", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("42", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC118(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("86", "M2", n)=g=Tf("43", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("43", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC119(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("86", "M2", n)=g=Tf("44", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("44", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC120(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("87", "M2", n)=g=Tf("42", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("42", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC121(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("87", "M2", n)=g=Tf("43", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("43", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC122(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("87", "M2", n)=g=Tf("44", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("44", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC123(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("88", "M2", n)=g=Tf("45", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("45", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC124(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("88", "M2", n)=g=Tf("46", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("46", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC125(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("88", "M2", n)=g=Tf("47", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("47", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC126(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("89", "M2", n)=g=Tf("45", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("45", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC127(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("89", "M2", n)=g=Tf("46", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("46", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC128(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("89", "M2", n)=g=Tf("47", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("47", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC129(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("90", "M2", n)=g=Tf("11", "MA1", n-1)-2*H+H*WV("11", n-1)+H*YV("MA1", n-1);
 SEC130(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("90", "M2", n)=g=Tf("12", "MA2", n-1)-2*H+H*WV("12", n-1)+H*YV("MA2", n-1);
 SEC131(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("90", "M2", n)=g=Tf("13", "MA4", n-1)-2*H+H*WV("13", n-1)+H*YV("MA4", n-1);
 SEC132(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("30", "TS1", n)=g=Tf("5", "MA1", n-1)-2*H+H*WV("5", n-1)+H*YV("MA1", n-1);
 SEC133(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("30", "TS1", n)=g=Tf("6", "MA2", n-1)-2*H+H*WV("6", n-1)+H*YV("MA2", n-1);
 SEC134(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("30", "TS1", n)=g=Tf("7", "MA4", n-1)-2*H+H*WV("7", n-1)+H*YV("MA4", n-1);
 SEC135(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("31", "TS2", n)=g=Tf("5", "MA1", n-1)-2*H+H*WV("5", n-1)+H*YV("MA1", n-1);

SEC136(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("31", "TS2", n)=g=Tf("6", "MA2", n-1)-2*H+H*WV("6", n-1)+H*YV("MA2", n-1);
 SEC137(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("31", "TS2", n)=g=Tf("7", "MA4", n-1)-2*H+H*WV("7", n-1)+H*YV("MA4", n-1);
 SEC135A(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("32", "TS3", n)=g=Tf("5", "MA1", n-1)-2*H+H*WV("5", n-1)+H*YV("MA1", n-1);
 SEC136A(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("32", "TS3", n)=g=Tf("6", "MA2", n-1)-2*H+H*WV("6", n-1)+H*YV("MA2", n-1);
 SEC137A(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("32", "TS3", n)=g=Tf("7", "MA4", n-1)-2*H+H*WV("7", n-1)+H*YV("MA4", n-1);

 SEC138(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("97", "M11", n)=g=Tf("33", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("33", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC139(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("97", "M11", n)=g=Tf("34", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("34", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC140(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("97", "M11", n)=g=Tf("35", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("35", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC141(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("108", "M11", n)=g=Tf("48", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("48", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC142(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("108", "M11", n)=g=Tf("49", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("49", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC143(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("108", "M11", n)=g=Tf("50", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("50", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC144(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("98", "M12", n)=g=Tf("33", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("33", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC145(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("98", "M12", n)=g=Tf("34", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("34", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC146(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("98", "M12", n)=g=Tf("35", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("35", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC147(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("109", "M12", n)=g=Tf("48", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("48", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC148(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("109", "M12", n)=g=Tf("49", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("49", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC149(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("109", "M12", n)=g=Tf("50", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("50", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC150(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("99", "M13", n)=g=Tf("33", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("33", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC151(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("99", "M13", n)=g=Tf("34", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("34", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC152(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("99", "M13", n)=g=Tf("35", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("35", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC153(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("110", "M13", n)=g=Tf("48", "TS1", n-1)-2*H+H*WV("48", n-1)+H*YV("TS1", n-1);
 SEC154(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("110", "M13", n)=g=Tf("49", "TS2", n-1)-2*H+H*WV("49", n-1)+H*YV("TS2", n-1);
 SEC155(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("110", "M13", n)=g=Tf("50", "TS3", n-1)-2*H+H*WV("50", n-1)+H*YV("TS3", n-1);
 SEC156(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("107", "M10", n)=g=Tf("14", "MA1", n-1)-2*H+H*WV("14", n-1)+H*YV("MA1", n-1);
 SEC157(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("107", "M10", n)=g=Tf("15", "MA2", n-1)-2*H+H*WV("15", n-1)+H*YV("MA2", n-1);
 SEC158(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("107", "M10", n)=g=Tf("16", "MA4", n-1)-2*H+H*WV("16", n-1)+H*YV("MA4", n-1);
 SEC159(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("14", "MA1", n)=g=Tf("3", "P1", n-1)-2*H+H*WV("3", n-1)+H*YV("P1", n-1);
 SEC160(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("15", "MA2", n)=g=Tf("3", "P1", n-1)-2*H+H*WV("3", n-1)+H*YV("P1", n-1);
 SEC161(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("16", "MA4", n)=g=Tf("3", "P1", n-1)-2*H+H*WV("3", n-1)+H*YV("P1", n-1);
 SEC162(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("17", "MA1", n)=g=Tf("2", "P1", n-1)-2*H+H*WV("2", n-1)+H*YV("P1", n-1);
 SEC163(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("18", "MA2", n)=g=Tf("2", "P1", n-1)-2*H+H*WV("2", n-1)+H*YV("P1", n-1);
 SEC164(n)\$ (ord(n) gt 1).. Ti("19", "MA4", n)=g=Tf("2", "P1", n-1)-2*H+H*WV("2", n-1)+H*YV("P1", n-1);

SEC224(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("48", "TS1", n) = g = Tf ("23", "MA1", n-1) - 2*H + H*WV ("23", n-1) + H*YV ("MA1", n-1);
 SEC225(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("48", "TS1", n) = g = Tf ("24", "MA2", n-1) - 2*H + H*WV ("24", n-1) + H*YV ("MA2", n-1);
 SEC226(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("48", "TS1", n) = g = Tf ("25", "MA4", n-1) - 2*H + H*WV ("25", n-1) + H*YV ("MA4", n-1);
 SEC227(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("49", "TS2", n) = g = Tf ("23", "MA1", n-1) - 2*H + H*WV ("23", n-1) + H*YV ("MA1", n-1);
 SEC228(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("49", "TS2", n) = g = Tf ("24", "MA2", n-1) - 2*H + H*WV ("24", n-1) + H*YV ("MA2", n-1);
 SEC229(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("49", "TS2", n) = g = Tf ("25", "MA4", n-1) - 2*H + H*WV ("25", n-1) + H*YV ("MA4", n-1);
 SEC230(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("50", "TS3", n) = g = Tf ("23", "MA1", n-1) - 2*H + H*WV ("23", n-1) + H*YV ("MA1", n-1);
 SEC231(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("50", "TS3", n) = g = Tf ("24", "MA2", n-1) - 2*H + H*WV ("24", n-1) + H*YV ("MA2", n-1);
 SEC232(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("50", "TS3", n) = g = Tf ("25", "MA4", n-1) - 2*H + H*WV ("25", n-1) + H*YV ("MA4", n-1);

 SEC233(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("111", "M10", n) = g = Tf ("29", "MA4", n-1) - 2*H + H*WV ("29", n-1) + H*YV ("MA4", n-1);
 SEC234(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("102", "M16", n) = g = Tf ("29", "MA4", n-1) - 2*H + H*WV ("29", n-1) + H*YV ("MA4", n-1);

 SEC235(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("95", "M10", n) = g = Tf ("39", "TS1", n-1) - 2*H + H*WV ("39", n-1) + H*YV ("TS1", n-1);
 SEC236(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("95", "M10", n) = g = Tf ("40", "TS2", n-1) - 2*H + H*WV ("40", n-1) + H*YV ("TS2", n-1);
 SEC237(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("95", "M10", n) = g = Tf ("41", "TS3", n-1) - 2*H + H*WV ("41", n-1) + H*YV ("TS3", n-1);

 SEC238(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("100", "M15", n) = g = Tf ("28", "MA3", n-1) - 2*H + H*WV ("28", n-1) + H*YV ("MA3", n-1);
 SEC239(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("103", "M16", n) = g = Tf ("28", "MA3", n-1) - 2*H + H*WV ("28", n-1) + H*YV ("MA3", n-1);
 SEC240(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("104", "M16", n) = g = Tf ("28", "MA3", n-1) - 2*H + H*WV ("28", n-1) + H*YV ("MA3", n-1);
 SEC241(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("105", "M16", n) = g = Tf ("28", "MA3", n-1) - 2*H + H*WV ("28", n-1) + H*YV ("MA3", n-1);
 SEC242(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("106", "M16", n) = g = Tf ("28", "MA3", n-1) - 2*H + H*WV ("28", n-1) + H*YV ("MA3", n-1);
 SEC243(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("112", "M16", n) = g = Tf ("27", "MA3", n-1) - 2*H + H*WV ("27", n-1) + H*YV ("MA3", n-1);

 SEC244(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("85", "M2", n) = g = Tf ("42", "TS1", n-1) - 2*H + H*WV ("42", n-1) + H*YV ("TS1", n-1);
 SEC245(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("86", "M2", n) = g = Tf ("42", "TS1", n-1) - 2*H + H*WV ("42", n-1) + H*YV ("TS1", n-1);
 SEC246(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("87", "M2", n) = g = Tf ("42", "TS1", n-1) - 2*H + H*WV ("42", n-1) + H*YV ("TS1", n-1);
 SEC247(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("101", "M16", n) = g = Tf ("42", "TS1", n-1) - 2*H + H*WV ("42", n-1) + H*YV ("TS1", n-1);

 SEC248(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("85", "M2", n) = g = Tf ("43", "TS2", n-1) - 2*H + H*WV ("43", n-1) + H*YV ("TS2", n-1);
 SEC249(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("86", "M2", n) = g = Tf ("43", "TS2", n-1) - 2*H + H*WV ("43", n-1) + H*YV ("TS2", n-1);
 SEC250(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("87", "M2", n) = g = Tf ("43", "TS2", n-1) - 2*H + H*WV ("43", n-1) + H*YV ("TS2", n-1);
 SEC251(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("101", "M16", n) = g = Tf ("43", "TS2", n-1) - 2*H + H*WV ("43", n-1) + H*YV ("TS2", n-1);

 SEC252(n)\$ (ord(n) gt 1) .. Ti ("85", "M2", n) = g = Tf ("44", "TS3", n-1) - 2*H + H*WV ("44", n-1) + H*YV ("TS3", n-1);

$SEC253(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("86", "M2", n) = g = Tf("44", "TS3", n-1) - 2 * H + H * WV("44", n-1) + H * YV("TS3", n-1);$
 $SEC254(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("87", "M2", n) = g = Tf("44", "TS3", n-1) - 2 * H + H * WV("44", n-1) + H * YV("TS3", n-1);$
 $SEC255(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("101", "M16", n) = g = Tf("44", "TS3", n-1) - 2 * H + H * WV("44", n-1) + H * YV("TS3", n-1);$

$SEC256(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("88", "M2", n) = g = Tf("45", "TS1", n-1) - 2 * H + H * WV("45", n-1) + H * YV("TS1", n-1);$
 $SEC257(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("88", "M2", n) = g = Tf("46", "TS2", n-1) - 2 * H + H * WV("46", n-1) + H * YV("TS2", n-1);$
 $SEC258(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("88", "M2", n) = g = Tf("47", "TS3", n-1) - 2 * H + H * WV("47", n-1) + H * YV("TS3", n-1);$

$SEC259(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("89", "M2", n) = g = Tf("45", "TS1", n-1) - 2 * H + H * WV("45", n-1) + H * YV("TS1", n-1);$
 $SEC260(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("89", "M2", n) = g = Tf("46", "TS2", n-1) - 2 * H + H * WV("46", n-1) + H * YV("TS2", n-1);$
 $SEC261(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("89", "M2", n) = g = Tf("47", "TS3", n-1) - 2 * H + H * WV("47", n-1) + H * YV("TS3", n-1);$

$SEC262(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("23", "MA1", n) = g = Tf("4", "P1", n-1) - 2 * H + H * WV("4", n-1) + H * YV("P1", n-1);$
 $SEC263(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("24", "MA2", n) = g = Tf("4", "P1", n-1) - 2 * H + H * WV("4", n-1) + H * YV("P1", n-1);$
 $SEC264(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("25", "MA4", n) = g = Tf("4", "P1", n-1) - 2 * H + H * WV("4", n-1) + H * YV("P1", n-1);$

$SEC265(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("96", "M2", n) = g = Tf("45", "TS1", n-1) - 2 * H + H * WV("45", n-1) + H * YV("TS1", n-1);$
 $SEC266(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("96", "M2", n) = g = Tf("46", "TS2", n-1) - 2 * H + H * WV("46", n-1) + H * YV("TS2", n-1);$
 $SEC267(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("96", "M2", n) = g = Tf("47", "TS3", n-1) - 2 * H + H * WV("47", n-1) + H * YV("TS3", n-1);$

$SEC268(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("91", "M2", n) = g = Tf("30", "TS1", n-1) - 2 * H + H * WV("30", n-1) + H * YV("TS1", n-1);$
 $SEC269(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("92", "M2", n) = g = Tf("30", "TS1", n-1) - 2 * H + H * WV("30", n-1) + H * YV("TS1", n-1);$

$SEC270(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("91", "M2", n) = g = Tf("31", "TS2", n-1) - 2 * H + H * WV("31", n-1) + H * YV("TS2", n-1);$
 $SEC271(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("92", "M2", n) = g = Tf("31", "TS2", n-1) - 2 * H + H * WV("31", n-1) + H * YV("TS2", n-1);$

$SEC272(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("91", "M2", n) = g = Tf("32", "TS3", n-1) - 2 * H + H * WV("32", n-1) + H * YV("TS3", n-1);$
 $SEC273(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("92", "M2", n) = g = Tf("32", "TS3", n-1) - 2 * H + H * WV("32", n-1) + H * YV("TS3", n-1);$
 $SEC274(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("62", "M2", n) = g = Tf("2", "P1", n-1) - 2 * H + H * WV("2", n-1) + H * YV("P1", n-1);$
 $SEC275(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("72", "M2", n) = g = Tf("2", "P1", n-1) - 2 * H + H * WV("2", n-1) + H * YV("P1", n-1);$
 $SEC276(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("79", "M2", n) = g = Tf("2", "P1", n-1) - 2 * H + H * WV("2", n-1) + H * YV("P1", n-1);$
 $SEC277(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("83", "M2", n) = g = Tf("2", "P1", n-1) - 2 * H + H * WV("2", n-1) + H * YV("P1", n-1);$
 $SEC285(n) \$(ord(n) \gt 1) \dots Ti("115", "M9", n) = g = Tf("2", "P1", n-1) - 2 * H + H * WV("2", n-1) + H * YV("P1", n-1);$

$SEC286(i, j, n, np) \$(ENTERA(i, j) \text{ AND } ord(n) \gt 1) \dots Ti(i, j, n) = g = (Tf("75", "M5", np-1) - 2 * H + H * WV("75", np-1) + H * YV("M5", np-1));$

$SEC287(i, j, n, np) \$(ENTERA(i, j) \text{ AND } ord(n) \gt 1) \dots Ti(i, j, n) = g = (Tf("113", "M9", np-1) - 2 * H + H * WV("113", np-1) + H * YV("M9", np-1));$

SEC288(i,j,n,np)\$ (ENTERA(i,j) AND ord(n) gt 1).. Ti(i,j,n)=g=(Tf("114","M4",np-1)-2*H+H*WV("114",np-1)+H*YV("M4",np-1));

SEC289(i,j,n,np)\$ (ENTERA(i,j) AND ord(n) gt 1).. Ti(i,j,n)=g=(Tf("59","M5",np-1)-2*H+H*WV("59",np-1)+H*YV("M5",np-1));

SEC290(i,j,n,np)\$ (ENTERA(i,j) AND ord(n) gt 1).. Ti(i,j,n)=g=(Tf("74","M9",np-1)-2*H+H*WV("74",np-1)+H*YV("M9",np-1));

TERM1(i,j,n)\$ (past1(i,j) and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n)and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM2(i,j,n)\$ (MARM1(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM3(i,j,n)\$ (MARM2(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM4(i,j,n)\$ (MARM3(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM5(i,j,n)\$ (MARM4(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM6(i,j,n)\$ (TINSAB1(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM7(i,j,n)\$ (TINSAB2(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM8(i,j,n)\$ (TINSAB3(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM9(i,j,n)\$ (MAQ1(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM10(i,j,n)\$ (MAQ2(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM11(i,j,n)\$ (MAQ3(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM12(i,j,n)\$ (MAQ4(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM13(i,j,n)\$ (MAQ5(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM14(i,j,n)\$ (MAQ9(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM15(i,j,n)\$ (MAQ10(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM16(i,j,n)\$ (MAQ11(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

TERM17(i,j,n)\$ (MAQ12(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n) gt 1)..Ti(i,j,n)=g=sum(np,ip)\$ (ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)), (Tf(ip,j,np-1)-Ti(ip,j,np-1));

```

TERM18(i,j,n)$(MAQ13(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=g=sum((np,ip)$(ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)),(Tf(ip,j,np-1)-
Ti(ip,j,np-1)));
TERM19(i,j,n)$(MAQ14(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=g=sum((np,ip)$(ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)),(Tf(ip,j,np-1)-
Ti(ip,j,np-1)));
TERM20(i,j,n)$(MAQ15(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=g=sum((np,ip)$(ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)),(Tf(ip,j,np-1)-
Ti(ip,j,np-1)));
TERM21(i,j,n)$(MAQ16(i,j)and ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=g=sum((np,ip)$(ORD(np)<= ORD(n) and ORD(ip)=ORD(i)),(Tf(ip,j,np-1)-
Ti(ip,j,np-1)));
TERM22(n)$(ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt 1)..Ti("2","P1",n)=g=sum((np)$(ORD(np)<=
ORD(n)),(Tf("1","P1",np-1)-Ti("1","P1",np-1)));
TERM23(n)$(ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti("2","P1",n)=g=sum(np,(Tf("1","P1",np-1)-Ti("1","P1",np-1)));

TERM24(i,j,n)$(ENTERA(i,j)AND ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=g=sum((np)$(ORD(np)<= ORD(n)),(Tf("75","M5",np-1)-Ti("75","M5",np-1)));
TERM25(i,j,n)$(ENTERA(i,j)AND ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=g=sum((np)$(ORD(np)<= ORD(n)),(Tf("113","M9",np-1)-Ti("113","M9",np-
1)));
TERM26(i,j,n)$(ENTERA(i,j)AND ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=g=sum((np)$(ORD(np)<= ORD(n)),(Tf("114","M4",np-1)-Ti("114","M4",np-
1)));
TERM27(i,j,n)$(ENTERA(i,j)AND ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=g=sum((np)$(ORD(np)<= ORD(n)),(Tf("59","M5",np-1)-Ti("59","M5",np-1)));
TERM28(i,j,n)$(ENTERA(i,j)AND ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=g=sum((np)$(ORD(np)<= ORD(n)),(Tf("74","M9",np-1)-Ti("74","M9",np-1)));
TERM29(i,j,n)$(FORTI(i,j)AND ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=G=sum(np,(Tf("59","M5",np-1)-Ti("59","M5",np-1))+(Tf("1","P1",np-1)-
Ti("1","P1",np-1)));
TERM30(i,j,n)$(FORTI(i,j)AND ord(n)lt card(n)AND ord(n)gt
1)..Ti(i,j,n)=G=sum(np,(Tf("74","M9",np-1)-Ti("74","M9",np-1))+(Tf("1","P1",np-1)-
Ti("1","P1",np-1)));
TERM31(i,j)$(FORTI(i,j)).. Tf("74","M9","n1")=e=Ti(i,j,"n1");
TERM32(i,j)$(FORTI(i,j)).. Tf("59","M5","n1")=e=Ti(i,j,"n1");
TERM33(i,j)$(past1(i,j)).. STin("s1")*0.093617021=g=sum(n,(Tf(i,j,n)-Ti(i,j,n)));

THORZ1(i,j,n)$(past1(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ2(i,j,n)$(MARM1(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ3(i,j,n)$(MARM2(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ4(i,j,n)$(MARM3(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ5(i,j,n)$(MARM4(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ6(i,j,n)$(TINSAB1(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ7(i,j,n)$(TINSAB2(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ8(i,j,n)$(TINSAB3(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ9(i,j,n)$(MAQ1(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ10(i,j,n)$(MAQ2(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ11(i,j,n)$(MAQ3(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ12(i,j,n)$(MAQ4(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ13(i,j,n)$(MAQ5(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ14(i,j,n)$(MAQ9(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ15(i,j,n)$(MAQ10(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ16(i,j,n)$(MAQ11(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ17(i,j,n)$(MAQ12(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ18(i,j,n)$(MAQ13(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ19(i,j,n)$(MAQ14(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ20(i,j,n)$(MAQ15(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;
THORZ21(i,j,n)$(MAQ16(i,j)).. Tf(i,j,n)=1= H;

THORZ22(i,j,n)$(past1(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;
THORZ23(i,j,n)$(MARM1(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;
THORZ24(i,j,n)$(MARM2(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;

```

```
THORZ25(i,j,n)$ (MARM3(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ26(i,j,n)$ (MARM4(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ27(i,j,n)$ (TINSAB1(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ28(i,j,n)$ (TINSAB2(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ29(i,j,n)$ (TINSAB3(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ30(i,j,n)$ (MAQ1(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ31(i,j,n)$ (MAQ2(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ32(i,j,n)$ (MAQ3(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ33(i,j,n)$ (MAQ4(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ34(i,j,n)$ (MAQ5(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ35(i,j,n)$ (MAQ9(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ36(i,j,n)$ (MAQ10(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ37(i,j,n)$ (MAQ11(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ38(i,j,n)$ (MAQ12(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ39(i,j,n)$ (MAQ13(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ40(i,j,n)$ (MAQ14(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ41(i,j,n)$ (MAQ15(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;  
THORZ42(i,j,n)$ (MAQ16(i,j)).. Ti(i,j,n)=1= H;
```

```
MAX.. Z=e=sum((s,n),Pr(s)*D(s,n))+ sum ((s,n), Pr(s)*ST(s,n));
```

```
MODEL RIKALAC13 /ALL/ ;  
RIKALAC13.reslim=100000;  
RIKALAC13.iterlim=100000;
```

```
SOLVE RIKALAC13 using MIP maximizing Z;
```