

Construcción de un Modelo de Programación
Líneal para la Planta de Industrias
Cárnicas de la Escuela Agrícola
Panamericana

MICROCIS:	1517
FECHA:	23/01/91
ENCARGADO:	UABGAS

P O R

Claudio Velasco Mac Lean

T E S I S

PRESENTADA A LA
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION
DEL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

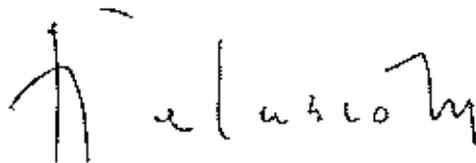
El Zamorano, Honduras
Abril, 1990

BIBLIOTECA WILSON POPENDL
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 93
TEGUCIGALPA HONDURAS

CONSTRUCCION DE UN MODELO DE PROGRAMACION LINEAL
PARA LA PLANTA DE INDUSTRIAS CARNICAS DE LA
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

por
Claudio Velasco Mac Lean.

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana
permiso para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para los usos que considere necesarios.
Para otras personas y otros fines, se reservan
los derechos de autor.



Claudio Velasco Mac Lean.

Abril, 1990

DEDICATORIA

Este trabajo está didicado a mis padres y hermanos.

RECONOCIMIENTOS

A la Fundación Alemana para el Desarrollo, por el financiamiento otorgado para mi preparación académica.

Al comité asesor de este trabajo.

Al personal administrativo y trabajadores de la Planta de Industrias Cárnicas de la Escuela Agrícola Panamericana.

Al Sr. Raúl Calderón y familia.

Al Sr. Fredy Flores y Familia.

CONTENIDO

	PAGINA
I. INTRODUCCION.....	1
A. <u>Antecedentes</u>	1
B. <u>Definición del Problema</u>	2
C. <u>Objetivos</u>	5
1. General.....	5
2. Especificos.....	5
D. <u>Alcance del proyecto</u>	6
II. REVISION DE LITERATURA.....	7
A. <u>Programación Lineal</u>	7
1. Aplicación.....	7
2. Definición.....	7
a. <u>Económica</u>	7
b. <u>Matemática</u>	7
3. Requisitos para la formulación de un problema de programación lineal.....	8
4. Postulados básicos de la programación lineal.....	9
a. <u>Linealidad o proporcionalidad</u>	9
b. <u>Aditividad</u>	9
c. <u>Divisibilidad de recursos y de productos</u>	10
d. <u>Determinicidad</u>	10
B. <u>Método Simplex de Programación Lineal</u>	10
1. Definición.....	10
2. Variables de tolerancia y conversión de inecuaciones de restricción en igualdades.....	11
3. Notación matricial.....	11
4. Procedimiento de cómputo para el método simplex.....	12
III. METODOLOGIA.....	13
A. <u>Construcción del Modelo</u>	13
1. Actividades del modelo.....	13
a. <u>Actividades de producción para el comedor estudiantil</u>	13
b. <u>Actividades de producción para el puesto de ventas</u>	14
2. Restricciones del modelo.....	15
a. <u>Restricciones de mano de obra</u>	15
b. <u>Restricciones de equipo</u>	16
c. <u>Restricciones de materia prima</u>	17
d. <u>Restricciones de demanda</u>	18
3. Planteamiento de la función objetivo.....	20
4. Planteamiento de la matriz del modelo.....	21

5. Descripción algebraica del modelo.....	22
IV. RESULTADOS.....	33
A. <u>Solución Base</u>	33
1. Análisis de actividades.....	33
2. Análisis de holguras.....	33
3. Análisis de penalización.....	37
4. Análisis de precios sombra.....	37
5. Análisis de sensibilidad del modelo.....	40
6. Análisis comparativo para una semana típica de producción.....	41
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
VI. RESUMEN.....	51
VII. BIBLIOGRAFIA.....	53
VIII. ANEXOS.....	54

INDICE DE CUADROS

FABINA

Cuadro. 1	Esquema reducido de la matriz del modelo.	24
Cuadro. 2	Coeficientes técnicos y costos por el uso de mano de obra por actividad. Detalle del tiempo de uso de mano de obra por cada 100 lbs. de producto.	25
Cuadro. 3a	Coeficientes técnicos y costos de energía por el uso de equipo. Detalle del tiempo de funcionamiento de equipo por cada 100 lbs. de producto.	26
Cuadro. 3b	Coeficientes técnicos y costos de depreciación por el uso de equipo. Detalle del tiempo de ocupación de equipo por cada 100 lbs. de producto.	27
Cuadro. 4	Coeficientes técnicos y costos de materia prima principal por actividad. Detalle por cada 100 lbs. de producto.	28
Cuadro. 5	Resumen de costos variables por actividad. Expresado en Lps. por cada 100 lbs. de producto.	29
Cuadro. 6	Restricciones para los recursos.	30
Cuadro. 7	Restricciones de demanda.	31
Cuadro. 8	Coeficientes para las actividades dentro de la función objetivo.	32
Cuadro. 9	Utilidad total sobre costos variables con el modelo. Detalle por producto.	34
Cuadro. 10	Análisis de holgura para equipo. Expresado en horas. Análisis de holgura para materia prima principal. Expresado en lbs.	35
Cuadro. 11	Análisis de penalización.	37
Cuadro. 12	Análisis de precios sombra para materia prima principal.	39

INDICE DE ANEXOS

	PAGINA
Anexo. 1 Costos de materia prima accesoria por cada 100 lbs. de producto.	55
Anexo. 2 Costos de material de embutido por cada 100 lbs. de producto.	56
Anexo. 3 Costos de material de empaque por cada 100 lbs. de producto.	57
Anexo. 4 Disponibilidad de carne de cerdo para 8 meses del año 1989. Expresado en lbs.	58
Anexo. 4 (continuación). Disponibilidad de carne de res para 8 meses del año 1989. Expresado en lbs.	59
Anexo. 5 Resultado del modelo.	60
Anexo. 6 Resultado del modelo.	61
Anexo. 6 (continuación).	62

I. INTRODUCCION

A. Antecedentes

La planta de industrias cárnicas de la Escuela Agrícola Panamericana, al igual que otras secciones de la institución se caracteriza por cumplir funciones académicas y de producción. Capacitar a estudiantes dentro de esta rama agroindustrial hace que el sistema de producción tenga variables distintas a agroindustrias similares en el rubro, cualquier estudio técnico económico enfocado a solucionar problemas o proponer cambios tendrá que tomarlas en cuenta para tener real validez.

El destino de la producción se dirige a dos receptores principales de mercado; el comedor estudiantil y el puesto de ventas de la institución. Un porcentaje de las ventas, no superior al 8 %, son ventas a supermercados y otros consumidores quienes utilizan estos subproductos elaborados de la carne en su actividad productiva; ventas de este tipo son canalizadas a través del puesto de ventas.

Desde 1986 se nota un incremento significativo en los volúmenes de operación y de ventas, aumento que se torna aún más importante desde 1987 año en el que se inauguran las nuevas instalaciones de rastro en la institución.

En los últimos tres años la venta de sub productos elaborados constituye en promedio el 46% de las ventas totales

La planta de Industrias cárnicas de la Escuela Agrícola Panamericana, por sus características académicas y de producción, tropieza con una serie de problemas que fueron identificados por la observación directa de los procesos productivos llevados en cada una de las secciones. Los problemas de la planta pueden agruparse en dos

B. Definición del problema.

sección de productos cárnicos. estudio pretende implementar un modelo de este tipo a la programación lineal es uno de estos métodos y el presente ganancias con la mejor asignación de recursos posible. La mercado de manera que se garantiza la maximización de las producto, tomando en cuenta las restricciones físicas y de con un método que permita programar la cantidad ideal de cada productos, es claro que ya existe la conveniencia de contar cárnicos, su volumen de operación y la gran diversidad de Dada la importancia que tiene la sección de productos 0.18 % para ventas por pedido en este mismo periodo de tiempo. comedor, un aumento de 11.05 % para el puesto de ventas y de ventas por pedido, con una disminución de 11.21% para el al comedor estudiantil, 65.7% al puesto de ventas, y 5.52% son cortes de carne fresca). De este 46 %, el 28.7% está destinado y pelajes, y de la sección de deshuese y corte; hueso y % restante comprende ventas de la sección de matanzas; cueros del rastro, con un incremento de 9.78% de 1986 a 1988, (el 34

categorías principales, problemas que tienen su origen en la misma sección y problemas externos a la planta que inciden negativamente en la planificación de las actividades.

Con base en los registros de recepción de ganado, se puede determinar gran variación en el número de animales recibidos de una semana a otra, estas variaciones no permiten hacer proyecciones confiables del suministro de materia prima y por ende los planes de producción semanales son replanteados dependiendo de la cantidad y tipo de materia prima con que se cuenta en el momento de producción.

El suministro de materia prima indirecta, tanto nacional como importada, también tropieza con problemas, falta de periodicidad y cumplimiento en la entrega de pedidos por parte de los proveedores, sin embargo, al ser estas materias utilizadas en menores proporciones, la administración soluciona este problema haciendo pedidos de grandes volúmenes que le permitan organizar la producción basándose solamente en las existencias de materia prima directa.

Estas irregularidades en el suministro y existencias de materias primas tienen implicaciones directas en lo que es el sistema de mercadeo de productos de la sección. Hasta la fecha los volúmenes de producción abastecen satisfactoriamente la demanda del comedor y del puesto de venta, sin embargo esta demanda es solamente satisfecha en cantidad (libras totales de carne fresca y de subproductos) y no en tipo de productos, es decir que se cubre la cantidad solicitada con los tipos de

productos que se hayan podido elaborar con la materia prima existente en ese momento.

Internamente se tropieza con una serie de problemas en cuanto a la organización y planificación de las actividades, problemas inherentes a las funciones académicas y de adiestramiento que se llevan a cabo en la sección. La rotación de estudiantes a través de cada una de las labores para su adiestramiento hace que la eficiencia del trabajo sea menor a la que se podría esperar si solamente se trabajara con personal de planta.

La red de producción por la que pasa la materia prima hasta llegar al producto final puede ser calificada como típicamente semiartesanal, donde el mismo trabajador circula por casi todas las etapas de producción. El inicio de la elaboración de un producto no se da sino hasta que se dé por finalizada la elaboración de otro que ya está en proceso, en caso de dar inicio a la elaboración de un producto, mientras otro continúa en proceso, se producen grandes tiempos de espera en el paso de una a otra etapa de elaboración. Esta imposibilidad de montar una red de producción continua, con tiempos de espera lo más reducidos posibles y donde se pueda optimizar el uso del equipo existente, se debe prioritariamente al hecho de no existir relación en la capacidad de los equipos que componen la red.

Estas características, más que problemas, hacen que se torne difícil determinar coeficientes técnicos estrictamente

exactos para el montaje de un modelo de programación lineal.

La implementación de un modelo de programación lineal no está enfocada a solucionar estos problemas, pero si asegura la maximización del beneficio, logrando la asignación óptima de los recursos (especialmente materia prima directa) , determinando, además, cual es la cantidad óptima que se debe elaborar de cada producto para satisfacer la demanda tanto en cantidad como en tipo de producto.

C. Objetivos

1. General

Elaborar e implementar un modelo de programación lineal, aplicable y flexible para la sección de producción de subproductos cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana.

2. Específicos

1.- Identificar las variables externas, internas, técnicas y económicas que constituyan una limitación en la programación, continuidad y eficiencia de la producción.

2.- Establecer las cantidades óptimas a procesar de cada producto a fin de conseguir la maximización del beneficio y que cubra prioritariamente la demanda del comedor estudiantil.

3.- Validar el modelo planteado durante un período de tiempo, de tal manera que pueda evaluarse su aplicabilidad y flexibilidad a las condiciones de la planta.

D. Alcances del proyecto.

Este proyecto sólo comprende la sección de subproductos elaborados de la planta de productos cárnicos, excluyendo del estudio las secciones de matanza y deshuese debido a que estas secciones pueden considerarse (para el proyecto) como fases para la obtención de la materia prima para la elaboración de subproductos. Sin embargo estas dos secciones pueden ser objeto de estudios similares.

Para la construcción del modelo se toma en cuenta la actividad de producción actual, costos y precios vigentes, y los tres puntos de destino anteriormente mencionados. Sin embargo el modelo tendrá la flexibilidad necesaria a cambios en cualquiera de estos aspectos, sin perder validez como herramienta útil para la administración, en la asignación correcta de recursos que proporcionen el máximo beneficio.

El modelo está enfocado a determinar las cantidades óptimas a procesar de cada producto, no incluye cambios en las proporciones en que intervienen los recursos (materia prima directa e indirecta) dentro de la mezcla de cada producto, aunque el modelo permite cambiar los coeficientes técnicos de cada producto.

La puesta en práctica del modelo durante un período de ensayo se hará después de analizados los resultados.

II. REVISION DE LITERATURA

A. Programación lineal.

1. Aplicación.

La asignación correcta y uso eficiente de los recursos limitados de una empresa a fin de obtener el máximo rendimiento de los mismos, es uno de los problemas que deben ser tomados en cuenta al momento de tomar decisiones.

Muchos de estos problemas de decisión donde se busca la maximización del ingreso o la minimización de los costos de producción pueden ser solucionados matemáticamente por medio de la programación lineal.

2. Definición.

a. Económica.

En términos económicos Thierauf (8) define a la programación lineal como un método de asignación de recursos limitados en forma tal que se satisfagan las leyes de oferta y demanda para los productos de la empresa.

b. Matemática.

Matemáticamente la programación lineal puede ser definida como un método para maximizar o minimizar una función objetivo cuando se consideran ciertas restricciones. Esta función necesariamente lineal describe una relación entre dos o más variables que son directa y precisamente proporcionales,

cumpliendo así la condición de linealidad.

Dada la función : $Z = b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$

Sujeta a restricciones de la forma:

$$a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n \leq f_1$$

$$a_2X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n \geq f_2$$

$$a_nX_1 + a_nX_2 + \dots + a_nX_n = f_3$$

Donde X_j representa a las variables desconocidas, a_n a los coeficientes conocidos (recursos), b_j representa el costo o los precios de mercado de cada producto y f_n las restricciones del recurso.

Se debe cumplir la condición básica de que todo X_j debe ser ≥ 0 (positivos o nulos) por el hecho de que no se pueden producir unidades negativas de un artículo o utilizar cantidades negativas de un recurso.

3. Requisitos para la formulación de un problema de programación lineal.

Al momento de formular un problema para programación lineal se deben tener en cuenta los siguientes requisitos.

- Debe tenerse bien definida la función objetivo o lo que es lo mismo, el objetivo; este puede ser maximizar el beneficio utilizando los recursos disponibles, minimizar los costos usando una cantidad limitada de factores productivos, o bien optimizar la distribución de los factores productivos en un periodo de tiempo.

- Debe ser posible hacer una selección entre distintas alternativas de acción o combinación de recursos a fin de escoger la que mejor se ajuste al objetivo planteado.

- Tanto la función objetivo como las restricciones existentes deben cumplir la condición de linealidad. Es decir las ecuaciones e inecuaciones deben ser planteadas como un sistema de ecuaciones simultáneas de primer grado.

- Las variables que describen el problema deben estar interrelacionadas para que sea posible establecer relaciones matemáticas entre ellas.

- Los recursos deben ser limitados y económicamente cuantificables.

4. Postulados básicos de la Programación Lineal

Dorfman (4), propone cinco postulados básicos para los problemas de programación lineal.

a. Linealidad o proporcionalidad

Este supuesto especifica las relaciones lineales entre las variables del modelo. Asumir la linealidad implica que se trabaja en condiciones de rendimientos constantes para los recursos.

b. Aditividad

Este supuesto especifica que el uso total de recursos y el valor de la función objetivo para cualquier nivel de actividad, será igual a la suma de las correspondientes cantidades utilizadas por cada actividad.

c. Divisibilidad de los recursos y de los productos

Este supuesto especifica que los recursos pueden utilizarse en unidades fraccionadas y que también pueden obtenerse productos en unidades no enteras.

d. Determinicidad

Asume que todos los parámetros del modelo son constantes durante su aplicación.

B. Método Simplex de Programación Lineal.

Son pocos los problemas de programación lineal en los que sólo se toman en cuenta 2 o 3 variables, la mayoría alcanza un nivel de complejidad que requiere de un método que permita resolver problemas con cientos de variables y restricciones, este método recibe el nombre de técnica Simplex de programación lineal.

1. Definición.

El método Simplex consiste en un proceso iterativo, que parte de una solución básica factible para mejorarla paulatinamente hasta llegar a una solución óptima del problema.

Lange Oskar (5) explica este proceso de la siguiente manera:

Para resolver el problema de programación lineal utilizamos sobre todo aquellos medios a los que corresponden el máximo incremento de la función objetivo hasta el punto que

nos permitan las ecuaciones de balance , y así sucesivamente con los medios a los que corresponden incrementos menores de la función objetivo.

2. Variables de tolerancia y conversión de inecuaciones de restricción en igualdades.

Puesto que las restricciones pueden estar planteadas como desigualdades con signo (< o >), que definen un problema de maximización o minimización respectivamente, es necesario convertirlas en igualdades para poder plantear un sistema de ecuaciones que pueda ser solucionado, esto se logra agregando una variable llamada "variable de tolerancia", que es aquella variable que se suma o resta al lado izquierdo de una desigualdad para convertirla en igualdad.

3. Notación matricial.

El método Simplex utiliza el álgebra de matrices para resolver un sistema de ecuaciones simultáneas. se toma en cuenta la función objetivo y las ecuaciones de restricción, el problema puede ser formulado en forma de matrices de la siguiente manera:

$$C = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} x_1, x_2, \dots, x_n \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{mn} \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}$$

Ahora el problema en forma matricial queda como:

Maximizar: $F(X) = CX$
 Sujeto a: $AX = B$ $B \geq 0$
 $X \geq 0$

4. Procedimiento de computo para el método Simplex.

Aquí se presenta un resumen de los pasos que Sanbury (7), propone para el procedimiento de computo de un problema:

- 1.- Estructurar el problema
- a. Seleccionar las variables pertinentes y las limitaciones.
- b. Expresar en forma de ecuaciones las relaciones entre todas las variables y limitaciones.
- c. Determinar la función objetivo.

2.- Desarrollo de una solución inicial factible.

3.- Valorar las variables alternativas que se puedan producir en el problema.

4.- Seleccionar una de las variables y determinar el número de unidades de cada variable representado por la solución revisada.

5.- Hacer las correcciones necesarias para expresar las nuevas proporciones de sustitución entre las variables de la solución y todas las demás.

6.- Repetir 3, 4, 5 veces hasta que un análisis en la fase 3 revele que no pueden hacerse más cambios favorables.

III. METODOLOGIA

A. Construcción del modelo

1. Actividades del modelo

En el modelo planteado se pueden identificar dos grupos de actividades: producción de sub productos cárnicos para el comedor estudiantil y producción de sub productos cárnicos para el puesto de ventas. Ambos grupos tienen en común los procesos de transformación de la materia prima para convertirla en productos aptos para el consumo. En el cuadro 1 las actividades están situadas horizontalmente y definen las columnas del modelo.

a. Actividades de producción para el comedor estudiantil

A este grupo de actividades pertenecen todos los productos dirigidos a satisfacer los requerimientos del comedor estudiantil, estos productos son el resultado de la transformación de la materia prima (molido, emulcificado, mezclado, embutido, prensado y cocción), sin incluir las operaciones de empaque. Pueden ser identificadas en el modelo como:

- CP1 Producción y venta de Frankfurter al comedor.
- CP3 Producción y venta de Jamonada al comedor
- CP4 Producción y venta de Salami Imperial al comedor.

- CP5 Producción y venta de Mortadela al comedor.
- CP7 Producción y venta de Pastete al comedor.
- CP9 Producción y venta de Chorizo Criollo al comedor.
- CP19 Producción y venta de Jamón Cocido al comedor.
- CP20 Producción y venta de Tocino Ahumado al comedor.
- CP21 Producción y venta de Chuleta Ahumada al comedor.

b. Actividades de producción para el puesto de ventas

A este grupo de actividades pertenecen todos los productos en que para su elaboración, la materia prima sufre todo el proceso de transformación, más las operación de empaque. Estas actividades pueden ser identificadas en el modelo como:

- VP1 Producción y venta de Frankfurter al P. Ventas.
- P2 Producción y venta de Milanesa al P. Ventas.
- VP3 Producción y venta de Jamonada al P. Ventas.
- VP4 Producción y venta de Salami Imperial al P. Ventas.
- VP5 Producción y venta de Mortadela al P. Ventas.
- P6 Producción y venta de Salchicha Country al P. Ventas.
- VP7 Producción y venta de Pastete al P. Ventas.
- PS Producción y venta de Arrollado al P. Ventas.
- VP9 Producción y venta de Chorizo Criollo al P. Ventas.
- P10 Producción y venta de Chorizo Español al P. Ventas.
- P11 Producción y venta de Salami Fuet al P. Ventas.
- P12 Producción y venta de Masa Pizza Boom al P. Ventas.
- P13 Producción y venta de Copetines al P. Ventas.

- P14 Producción y venta de Longaniza al P. Ventas.
 P15 Producción y venta de Morcilla Especial al P. Ventas.
 P16 Producción y venta de Corned Beef al P. Ventas.
 P17 Producción y venta de Queso de Cabeza al P. Ventas.
 P18 Producción y venta de Lomito Kassler al P. Ventas.
 VP19 Producción y venta de Jamón Cocido al P. Ventas.
 VP20 Producción y venta de Tocino Ahumado al P. Ventas.
 VP21 Producción y venta de Chuleta Ahumada al P. Ventas.
 P22 Producción y venta de Jamón de Res al P. Ventas.

La distinción entre ambos grupos surge del uso diferencial de equipo, material y mano de obra de empaque.

Los cuadros 2, 3b y 4 muestran los coeficientes técnicos para ambos grupos de actividades relacionados con el uso de recursos restrictivos. Los anexos 1, 2 y 3 muestran el uso de recursos considerados no restrictivos (Materia prima accesoria, material de embutido y de empaque). El cuadro 5 muestra un resumen de costos por el uso de todos los recursos de producción (restrictivos y no restrictivos).

2. Restricciones del modelo.

a. Restricciones de mano de obra.

Las operaciones de transformación son realizadas por dos trabajadores de planta y tres estudiantes. Entre los dos trabajadores reúnen una cantidad máxima semanal de 88 horas disponibles y los estudiantes 72 horas semanales. Las operaciones de empaque son ejecutadas por un trabajador de

planta y tres estudiantes. Para estas operaciones se cuenta con 44 horas disponibles de trabajador y de 72 horas estudiante. El uso y disponibilidad de horas estudiante no son tomado en cuenta como coeficientes técnicos dentro del modelo pero si es computado el costo atribuido a su utilización. Las restricciones de mano de obra trabajador para operaciones de transformación y empaque pueden ser identificadas en el modelo de la siguiente forma:

MM01. Máximo de mano de obra disponible semanalmente para actividades de proceso.

MM02. Máximo de mano de obra disponible semanalmente para actividades de empaque.

b. Restricciones de equipo.

En este segundo grupo de restricciones, se contempla la disponibilidad máxima de horas en funcionamiento de equipo utilizado en las actividades de transformación y empaque. Se estima que cada equipo puede trabajar 8 horas diarias acumulando un total de 44 horas semanales disponibles por equipo. El cuadro 6 muestra el nivel restrictivo para este recurso.

Las restricciones de equipo se identifican en el modelo como:

ME1. Máximo de horas disponibles de Molino por semana.

ME2. Máximo de horas disponibles de Cutter por semana.

- ME3. Máximo de horas disponibles de Mezclador por semana.
- ME4. Máximo de horas disponibles de Embutidor por semana.
- ME5. Máximo de horas disponibles de Escaldador por semana.
- ME6. Máximo de horas disponibles de Ahumador por semana.
- ME7. Máximo de horas disponibles de Rebanador por semana.
- ME8. Máximo de horas disponibles de Sellador por semana.
- ME9. Máximo de horas disponibles de Inyector por semana.

c. Restricciones de materia prima.

Solamente se considera como restricción de materia prima, a la disponibilidad máxima de los distintos tipos de recortes cárnicos obtenidos en las labores de faena y deshuese. Las cantidades restrictivas fueron calculadas utilizando coeficientes de rendimiento, es decir, el porcentaje de rendimiento de cada tipo de recorte que se espera de la faena de un animal, estos coeficientes fueron obtenidos mediante la aplicación de pruebas de rendimiento a animales sacrificados en las instalaciones del rastro. En el cuadro 6 puede observarse el nivel de estas restricciones.

En el anexo 4 puede observarse la disponibilidad de carnes en distintos meses del año. En el modelo las filas de restricción de materia prima principal son identificadas como:

MMPR1	Máxima disponibilidad semanal de res 1.
MMPR2	Máxima disponibilidad semanal de res 2.
MMPC1	Máxima disponibilidad semanal de cerdo 1.
MMPC2	Máxima disponibilidad semanal de cerdo 2.
MMPCE	Máxima disponibilidad semanal de cerdo extra.
MMPC	Máxima disponibilidad semanal de cerdo- recorte de cabeza.
MMFG	Máxima disponibilidad semanal de grasa.
MMPS	Máxima disponibilidad semanal de sangre.
MMPL	Máxima disponibilidad semanal de lomo de cerdo.
MMPH	Máxima disponibilidad semanal de chuleta.
MMPJ	Máxima disponibilidad semanal de recorte para jamón de res.
MMPT	Máxima disponibilidad semanal de tocino.
MMPP	Máxima disponibilidad semanal de pierna de cerdo.

d. Restricciones de demanda.

Atender la demanda del comedor estudiantil constituye la prioridad uno de las actividades de venta de la sección. Para cada uno de los productos, el comedor requiere envíos semanales fijos. La cuantía de estos envíos fue determinada en base a los registros de pedido y recepción de productos en el comedor ¹, para la gestión 1989. El cuadro 7 muestra esta

¹ Más información personal de la Lic. Ligia de Contreras, administradora del comedor estudiantil.

información.

En el modelo estas restricciones pueden ser identificadas como:

- rCP1 Requerimiento semanal de Frankfurter.
- rCP3 Requerimiento semanal de Jamonada.
- rCP4 Requerimiento semanal de Salami imperial.
- rCP5 Requerimiento semanal de Mortadela.
- rCP7 Requerimiento semanal de Pastete.
- rCP9 Requerimiento semanal de Chorizo Criollo.
- rCP19 Requerimiento semanal de Jamón Cocido.
- rCP20 Requerimiento semanal de Tocino Ahumado.
- rCP21 Requerimiento semanal de Chuleta Ahumada.

La venta de sub productos cárnicos por intermedio del puesto de ventas tiene topes de demanda, éstos deben ser respetados por el modelo, es así que se imponen límites máximos para las actividades de producción de sub productos para el puesto de ventas. Los límites fueron establecidos tomando en cuenta la información existente en los registros de venta y en apreciaciones personales de la administración del puesto de ventas. El cuadro 7 muestra esta información.

Estas restricciones pueden ser identificadas dentro del modelo se la siguiente forma:

- mVP1 Máxima producción de Frankfurter para P. Ventas.

mP2	Máxima producción de Milanesa para P. Ventas.
mVP3	Maxima producción de Jamonada para P. Ventas.
mVP4	Máxima producción de Salami Imperial para P. Ventas.
mVP5	Máxima producción de Mortadela para P. Ventas.
mP6	Máxima producción de Salchicha Country para P. Ventas.
mVP7	Máxima producción de Pastete para P. Ventas.
mP8	Máxima producción de Arrollado para P. Ventas.
mVP9	Máxima producción de Chorizo Criollo para P. Ventas.
mP10	Máxima producción de Chorizo Español para P. Ventas.
....	
....	
mVP19	Máxima producción de Jamón Cocido para P. Ventas.
mVP20	Máxima producción de Tocino Ahumado para P. Ventas.
mVP21	Máxima producción de Chuleta Ahumada para P. Ventas.
mP22	Máxima producción de Jamón de Res para P. Ventas.

3. Planteamiento de la función objetivo.

La función objetivo es aquella a quien queremos maximizar

y está sujeta a todas las restricciones anteriormente descritas. En la función quedan identificadas todas las actividades del modelo, los coeficientes para todas las actividades son los beneficios netos de la producción y venta de 100 libras de producto y llevan signo positivo. Estos coeficientes pueden observarse en el cuadro B.

Una versión resumida de la función del modelo sería:

$$\text{MAX } 146vp_1 + 122.51p_2 + \dots + 100.48cp_3 + \dots + 152.50p_{22}$$

4. Planteamiento de la matriz del modelo

En la matriz del modelo (cuadro 1) puede identificarse la función objetivo y las ecuaciones de restricción con sus respectivos valores máximos o de igualdad. El número de columnas de la matriz es el número de actividades del modelo, y el número de líneas es el número de restricciones. En la intersección de una columna con una línea se encuentra el coeficiente técnico relacionado con la actividad correspondiente a esa columna y con el recurso relacionado con esa línea de restricción. Es así, que si analizamos una sola línea de restricción y todas sus intersecciones con las columnas de actividades, veremos que la sumatoria de todas las actividades multiplicadas por sus coeficientes técnicos debe ajustarse al valor de restricción de dicha línea según sea la dirección del límite impuesto. En el cuadro 1 se presenta una versión resumida de la matriz del modelo.

5. Descripción algebraica del modelo

Algebraicamente el modelo puede ser planteado de la siguiente forma:

$$\text{Max:} \quad Bvp_j + Bcp_i$$

Sujeto a:

1. Restricción de mano de obra para transformación.

$$k \text{ VP}_{1-22} + k \text{ CP}_{1,3,4,5,7,9,19,20,21} \leq \text{MMO1}$$

2. Restricción de mano de obra para empaque.

$$k \text{ VP}_{1-22} \leq \text{MMO2}$$

3. Restricción de equipo para transformación.

$$k \text{ VP}_{1-22} + k \text{ CP}_{1,3,4,5,7,9,19,20,21} \leq \text{ME}_{\text{trans.}}$$

4. Restricción de equipo para empaque.

$$k \text{ VP}_{1-22} \leq \text{ME}_{\text{empq}}$$

5. Restricción de materia prima principal.

$$k \text{ VP}_{1-22} + k \text{ CP}_{1,3,4,5,7,9,19,20,21} \leq \text{MMP}$$

6. Restricciones de demanda.

a. Para el comedor estudiantil.

$$cp_i = rcp_i$$

b. Para el puesto de venta.

$$vp_j = mvp_j$$

Donde:

B. Beneficio

vp. Productos para el puesto de venta.

- cp. Productos para el comedor estudiantil.
- k. Coeficientes técnicos.
- i. Número del producto dirigido al comedor estudiantil.
- j. Número del producto dirigido al puesto de venta.

Cuadro 1. Esquema reducido de la matriz del Modelo.

FUNCION OBJETIVO		vp1	cp1	p2	vp3	cp3	vp4	cp4	vp21	cp21	p22	
		146.5	157.3	122.5	82.9	95.4	106		110	98.1	152.5	
RESTRI- CIONES	VALOR DE RESTRICION	ACTIVIDADES										
MP01	00	1.00	1.00	1.20	1.75	1.75	2.20					
MP02	44	1		1			1.5					
ME1	44	0.29	0.29	0.29	0.22	0.22	0.26		0.83	0.03	0.7	
ME2	44	0.45	0.45	0.52	0.57	0.57	0.52		1		2	
ME3	44				0.48	0.48	0.45					
ME4	44	0.57	0.57	0.24	0.24	0.24	0.5					
ME5	44	0.33	0.33	1.75	1.75	1.75	1					
ME6	44	0.50	0.50	1.5	1.5	1.5	1					
ME7	44			1			1.5				2	
ME8	44	1		1			1.6		2	0.5	0.5	
ME9	44											
MPR1	1573	15	15	13	16	16	21					
MPR2	736.6		12									
MPR3	151.5	35	35	40	10	10						
MPR4	404.6			12	10	10	70					
MPR5	133.8				60	50						
MPR6	57											
MPR7	386	20	20	4	8	6						
MPR8	186.5											
MPR9	44.5											
MPR10	202											
MPR11	231											
MPR12	187.8											
MPR13	535.6								100	100	100	
PCP1	0.35		1									
PCP2	0.72					1						
PCP3												
PCP4												
PCP5												
PCP6												
PCP7												
PCP8												
PCP9												
PCP10												
PCP11	1.62	1								1		
PCP12	2.8											
PCP13												
PCP14												
PCP15												
PCP16												
PCP17												
PCP18												
PCP19												
PCP20												
PCP21												
PCP22	1.5										1	

Cuadro. 2 Coeficientes técnicos y costos por el uso de mano de obra por actividad.
Detalle del tiempo de uso de mano de obra por cada 100 lbs. de producto.

ACTIVIDAD	PROCESO		EMPAQUE		ACTIVIDAD	HMS REQUERIR	HMS REQUERIR	HMS ESTRUCURAS	HMS ESTRUCURAS	COSTO 1ps	COSTO 1ps
	HMS REQUERIR	HMS ESTRUCURAS	HMS ESTRUCURAS	HMS ESTRUCURAS							
U1,OP1	1.03	1.03	1.03	1.03	U1	1	1			4.094	2.230
P2	1.29	1.29	1.29	1.29	P2	1	1			3.368	2.230
U19,OP3	1.75	1.75	1.75	1.75	U19	1	1			4.782	2.230
U1,OP4	2.23	2.68	2.68	2.68	U14	1.5	1.5			5.998	3.430
U19,OP5	1.29	1.29	1.29	1.29	U15	1	1			3.398	2.230
P5	2	2	2	2	P5	1.5	1.5			5.235	3.430
OP7,OP7	1.11	1.11	1.36	1.36	OP7	2	2			2.997	4.590
P8	0.93	0.93	1.56	1.56	P8	1.5	1.5			2.972	3.430
U19,OP9	2.22	2.22	2.7	2.7	U19	1	1			5.765	2.230
P10	2.22	2.22	2.7	2.7	P10	1	1			5.585	2.230
P11	2.22	2.22	2.7	2.7	P11	1	1			5.795	2.230
P12	1.16	1.16	1.76	1.76	P12	1	1			3.277	2.230
P13	5.81	3.30	3.30	3.30	P13	1.5	1.5			14.057	0.000
P14	2.22	2.7	2.7	2.7	P14	1	1			5.935	3.430
P15	1.06	1.06	1.86	1.86	P15	1.5	1.5			4.042	2.230
P16	1.74	2.22	2.22	2.22	P16	1	1			4.736	2.230
P17	2.96	3.44	3.44	3.44	P17	1	1			7.911	2.230
P18	0.91	1.02	1.02	1.02	P18	2	2			2.760	4.590
U19,OP19	0.66	0.66	1.32	1.32	U19	2.5	2.5			2.002	5.700
U20,OP20	0.41	0.41	0.82	0.82	U20	2.5	2.5			1.244	5.244
U21,OP21	0.66	0.66	1.41	1.41	U21	1	1			2.410	2.230
P22	0.7	0.7	1.52	1.52	P22	2	2			2.175	4.590

x Eficiencia del estudiante en actividades de procesos 20%.

xx Eficiencia del estudiante en actividades de empaque 60%.

Salarios calculados con base en estas porcentajes.

Quadro. 3a Coeficientes técnicos y costos de energía por el uso de equipo
 0-talle del tiempo de funcionamiento de equipo por cada 100 lb
 de producto.

ACTIVIDAD	A	B	C	D	E	F	G	H	I	COSTO/ 100 LIBRAS
UP1, CP1	0.13	0.25		0.16	0.55	0.58				2.781
P2	0.13	0.25		0.08	1.75	1.5				8.341
UP3, CP3	0.06	0.25	0.16	0.08	1.75	1.5				8.355
UP4, CP4	0.1	0.25	0.13	0.25	1	1				8.392
UP5, CP5	0.13	0.25		0.08	1.75	1.5				8.341
P6	0.13	0.25		0.16	0.5	1				4.404
UP7, CP7	0.13	0.25				2.5				7.839
P8			0.16							8.881
UP9, CP9	0.1		0.16	0.55						8.172
P10	0.1		0.16	0.55		0.75				2.487
P11	0.1		0.16	0.55		0.75				2.487
P12	0.13		0.5							0.074
P13	0.13		0.55			0.25				1.025
P14	0.1		0.16	0.55		0.5				1.702
P15	0.06			0.41	0.56					1.484
P16	0.1		0.16	0.55	1.25					2.629
P17			0.16	0.55	1.25					2.603
P18									0.66	3.248
UP19, CP19					4				0.41	8.002
UP20, CP20										3.180
UP21, CP21									0.55	12.242
P22					1.5	1.5			0.5	7.627
UP1									1	0.136
P2									1	0.187
UP3									1	0.187
CP4							1.5	1.5		0.281
CP5							1			0.187
P5								1.5		0.204
UP7										0.334
P9							1.5	1.5		0.281
UP9									1	0.136
P10									1	0.136
P11									1	0.136
P12										0.000
P13								1.5		0.204
P14								1		0.136
P15								1.5		0.204
P16							1			0.187
P17								1		0.187
P18									1	0.334
UP19							2.5	2.5		0.418
UP20							2.5	2.5		0.418
UP21										0.272
P22							2	2		0.334

A. Molino	Lps/hr	0.260	F. Abujador	Lps/hr	0.060
B. Cuetter	0.020	G. Rebujador	0.031		
C. Hencilador	0.133	H. Sellador	0.136		
D. Embutsidor	0.378	I. Inyector	0.103		
E. Escaldador	1.990				

Cuadro. 2b Coeficientes técnicos y costos de depreciación por el uso de equipo. Detalle del tiempo de recuperación de equipo por cada 100 lbs. de producto.

ACTIVIDAD	A	B	C	D	E	F	G	H	I	COSTO/ 100 LIBRAS
UP1,CP1	0.29	0.43		0.57	0.73	0.59				0.627
P2	0.22	0.32		0.24	1.75	1.5				0.236
UP3,CP3	0.22	0.37	0.48	0.24	1.75	1.5				1.407
UP4,CP4	0.26	0.32	0.45	0.5	1	1				1.022
UP5,CP5	0.29	0.32		0.24	1.75	1.5				1.259
PC	0.29	0.37		0.57	0.5	1				0.910
UP7,CP7	0.29	0.37				2.5				1.231
UP8,CP8	0.26		0.48	0.74	2					0.764
P10	0.26		0.48	0.74		0.75				0.195
P11	0.26		0.48	0.74		0.75				0.525
P12	0.26		0.62							0.059
P13	0.26		0.52	1		0.25				0.361
P14	0.26		0.48	0.74		0.5				0.415
P15	0.22			0.62	0.56					0.240
P16	0.26		0.48	0.62	1.25					0.459
P17	0.26		0.48	0.41	1.25					0.429
P18						2			0.66	1.240
UP19,CP19					4				0.41	1.012
UP20,CP20						3				1.230
UP21,CP21					1.5	1.5			0.5	1.715
P22									0.5	1.050
UP1							1			0.120
P2							1.5			0.120
UP3							1			0.180
UP4							1.5			0.120
UP5							1			0.090
P6							2			0.240
UP7							1.5			0.180
P8							1			0.060
UP9							1			0.060
P10							1			0.060
P11							1			0.060
P12							1			0.060
P13							1.5			0.090
P14							1.5			0.090
P15							1			0.090
P16							1			0.120
P17							1			0.120
P18							2			0.240
UP16							2.5			0.300
UP20							2.5			0.300
UP21							2			0.240
P22							2			0.240

H. Molino	Lps/hr	F. Amunador	Lps/hr
B. Culebr	0.050	G. Rebanador	0.440
C. Mezclador	0.280	H. Sellador	0.060
D. Embudador	0.070	I. Inyector	0.050
E. Escaldador	0.250		

Cuadro. 5 Resumen de costos variables por actividad. Expresado en Lps. por cada 100 lbs. de producto.

ACTIVIDAD	NOMBRE DEL PRODUCTO	HANO DE OBRA	H. PRIMARIA	H. PRIMARIA ACCESORIA	MAT. DE EMBUTIDO	MATERIAL ENPAQUE	MAQUINARIA EQUIPO	COSTOS VARIABLES	
								TOTAL COSTO	VARIABLE
VP1	Frankfurter *	7.174	161.100	16.143	39.600	23.100	3.614	250.731	
P2	Milanesa *	5.638	209.780	9.280	6.370	28.980	9.985	270.033	
VP3	Jamonada *	7.042	271.600	6.734	9.240	29.880	10.088	334.584	
VP4	Salami Imperial *	9.418	227.500	9.455	10.000	25.740	6.854	289.047	
VP5	Hortadela *	5.638	159.500	13.178	6.370	28.980	9.985	223.631	
P6	Salchicha Country *	9.626	152.300	18.795	21.250	19.000	5.608	225.579	
VP7	Pastete *	7.557	158.800	11.328	0.000	33.300	9.814	220.829	
P8	Arrollado *	6.392	255.050	18.206	0.000	41.760	7.205	328.614	
VP9	Cherizo Criollo *	8.265	222.000	19.737	21.250	19.000	0.563	290.815	
P10	Cherizo Español *	8.265	226.000	14.353	21.250	19.000	3.188	292.036	
P11	Salami Fuet *	8.265	250.500	17.783	21.250	19.760	3.188	320.746	
P12	Hasa Pizza Room *	3.277	185.200	46.728	0.000	2.000	0.132	237.337	
P13	Capelines *	17.477	227.400	14.820	57.600	19.000	1.681	337.978	
P14	Lengoniza *	8.265	232.500	21.496	21.250	19.000	2.313	304.824	
P15	Morcilla Especial *	8.262	100.000	29.016	21.250	19.000	2.118	179.646	
P16	Correo Beef *	7.016	212.500	0.940	9.240	33.660	3.375	266.731	
P17	Queso de Cabeza *	10.191	250.000	12.129	9.240	41.760	3.318	326.639	
P18	Lomo Kassler *	7.320	400.000	14.810	0.000	23.750	11.162	457.042	
VP19	Jamon Cocido *	7.702	296.000	14.810	0.000	30.030	9.732	358.274	
VP20	Tacino *	6.480	276.000	0.000	0.000	22.260	11.240	315.965	
VP21	Chuleta Ahumada *	4.690	310.000	14.810	0.000	15.310	14.459	359.269	
P22	Jamon de res *	6.735	370.000	14.810	0.000	30.030	9.251	430.826	
CP1	Frankfurter **	4.894	161.100	16.143	39.600		3.418	225.155	
CP3	Jamonada **	4.762	271.600	6.734	9.240		9.801	302.137	
CP4	Salami Imperial **	5.938	227.500	9.455	10.080		6.424	259.457	
CP5	Hortadela **	3.368	159.500	13.178	6.370		9.698	192.104	
CP7	Pastete **	2.937	158.800	11.328	0.000		9.270	182.995	
CP9	Cherizo Criollo **	5.985	222.000	19.737	21.250		0.367	269.339	
CP19	Jamon cocido **	2.002	286.000	14.810	0.000		9.015	321.837	
CP20	Tacino **	1.244	276.000	0.000	0.000		10.500	287.744	
CP21	Chuleta ahumada **	2.410	310.000	14.810	0.000		14.067	341.287	

* Productos para el puesto de ventas.
 ** Productos para el comedor estudiantil.

Cuadro. 4 Coeficientes técnicos y costos de materia prima principal por actividad.
Detalle por cada 100 lbs. de producto.

ACTIVIDAD	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	COSTO/ 100 LIBRAS
VP1, CP1	15		35				20								161.100
P2	13.2	12.5	40	12.6			4.2								209.780
VP9, CP3	16		10	70	50		6								271.600
VP4, CP4	21			25			11								139.500
VP5, CP5	20	20		21			7								152.300
P6	22	21		16			20								158.800
VP7, CP7	6	6	20	7.5			9.3								235.050
VP9, CP9		-40		60											222.000
P10	84						16								226.000
P11	35		50				15								250.500
P12	36	39					25								185.200
P13			65				35								227.400
P14	17	25		58											232.500
P15							50	50							100.000
P16	85														212.500
P17						100									250.000
P18								100							400.000
VP19, CP19									100						296.000
VP20, CP20										100					276.000
VP21, CP21											100				310.000
P22												100			370.000

	Lbs/lb		Lbs/lb
A. Res 1	2.50	H. Sangre	0.10
B. Res 2	1.80	I. Lomo de cerdo	4.00
C. Cerdo 1	2.96	J. Pierna para jamón	2.96
D. Cerdo 2	2.50	K. Tocino	2.76
E. Cerdo extra	3.42	L. Chulete	3.10
F. Cerdo cabeza	2.50	M. Tajo para jamón de res	3.70
G. Grasa	1.00		

Cuadro. 6 Restricciones para los recursos

RECURSO	(1)	(2)	(3)	(4)
Mano de obra para transf.	MMO1	≤	88	hrs
Mano de obra para empaque	MMO2	≤	44	hrs
<u>Equipo</u>				
Molino	ME1	≤	44	hrs
Cutter	ME2	≤	44	hrs
Mezclador	ME3	≤	44	hrs
Embutidor	ME4	≤	44	hrs
Escaldador	ME5	≤	44	hrs
Ahumador	ME6	≤	44	hrs
Rebanador	ME7	≤	44	hrs
Sellador	ME8	≤	44	hrs
Inyector	ME9	≤	44	hrs
<u>Materia prima principal</u>				
Res 1	MMPR1	≤	1573	lbs
Res 2	MMPR2	≤	736.6	lbs
Cerdo 1	MMPC1	≤	151.1	lbs
Cerdo 2	MMPC2	≤	404.6	lbs
Cerdo extra	MMPCE	≤	133.8	lbs
Cerdo de cabeza	MMPCC	≤	57	lbs
Grasa	MMPG	≤	386	lbs
Sangre	MMPG	≤	186.6	lbs
Lomo de cerdo	MMPL	≤	44.5	lbs
Chuleta	MMPH	≤	187.8	lbs
Tajo para jamón de res	MMPJ	≤	536.6	lbs
Tocino	MMPT	≤	231	lbs
Pierna de cerdo	MMPP	≤	202	lbs

- (1) Abreviación de la restricción.
(2) Dirección de la restricción.
(3) Disponibilidad o nivel de restricción.
(4) Unidades.

Cuadro. 7 Restricciones de demanda

ACTIVIDAD	(1)	(2)	(3)
CP1	rCP1	=	0.35
CP3	rCP3	=	0.36
CP4	rCP4	=	0.47
CP5	rCP5	=	0.36
CP7	rCP7	=	0.70
CP9	rCP9	=	0.82
CP19	rCP19	=	1.40
CP20	rCP20	=	1.17
CP21	rCP21	=	1.82
VP1	mVP1	<=	2.80
VP3	mVP3	<=	3.00
VP4	mVP4	<=	5.00
VP5	mVP5	<=	3.00
P6	mP6	<=	3.00
VP7	mVP7	<=	1.00
P8	mP8	<=	3.50
VP9	mVP9	<=	4.00
P10	mP10	<=	2.50
P11	mP11	<=	2.00
P12	mP12	<=	0.50
P13	mP13	<=	1.50
P14	mP14	<=	2.50
P15	mP15	<=	1.50
P16	mP16	<=	0.50
p17	mP17	<=	0.50
p18	mP18	<=	2.00
VP19	mVP19	<=	2.00
VP20	mVP20	<=	1.00
VP21	mVP20	<=	1.50
P22	mP22	<=	1.50

(1) Abreviación de la restricción.

(2) Dirección de la restricción.

(3) Nivel de restricción expresado en cientos de libras.

Cuadro. 8 Coeficientes para las actividades dentro de la función objetivo.

ACTIVIDAD	NOMBRE DEL PRODUCTO	CANTIDAD lbs.	PRECIO/ lb.	COSTO/ lb.	VALOR ^a Lps.
VP1	Frankfurter *	100	4	2.507	149.269
P2	Milanesa *	100	4	2.700	129.967
VP9	Jamonada *	100	4.25	3.546	90.416
VP4	Salami Imperial *	100	4	2.890	110.959
VP3	Martadela *	100	3.15	2.237	91.349
P6	Salchicha Country *	100	3.1	2.256	84.421
VP7	Pastete *	100	4	2.208	179.171
P8	Arrollado *	100	4.8	3.286	151.386
VP9	Chorizo Criollo *	100	3.05	2.908	14.185
P10	Chorizo Especial *	100	6.2	2.921	327.944
P11	Salami Fuet *	100	6.2	3.207	299.254
P12	Masa Pizza Boom *	100	3	2.373	62.669
P13	Copetines *	100	4.25	3.380	87.022
P14	Longoniza *	100	3.45	3.048	40.176
P15	Morcilla Especial *	100	2.1	1.796	30.354
P16	Corned Beef *	100	4.35	3.667	168.269
P17	Queso de cabeza *	100	2.9	3.266	36.639
P18	Lomo Kassar *	100	5.9	4.570	132.958
VP19	Jamon Cocido *	100	5.4	3.583	231.726
VP20	Tocino *	100	5.4	3.160	224.035
VP21	Chuleta Ahumada *	100	4.8	3.593	120.731
P22	Jamon de res *	100	5.9	4.308	159.174
CP1	Frankfurter **	100	3.85	2.252	159.845
CP8	Jamonada **	100	4.05	3.021	102.863
CP4	Salami Imperial **	100	3.65	2.595	105.549
CP5	Martadela **	100	3	1.921	107.896
CP7	Pastete **	100	3.85	1.824	202.605
CP9	Chorizo criollo **	100	2.9	2.693	20.661
CP19	Jamon cocido **	100	5.5	3.218	228.173
CP20	Tocino **	100	5.1	2.677	222.256
CP21	Chuleta ahumada **	100	4.5	3.413	108.713

^a Los valores de esta columna son los utilizados, como los coeficientes de la función objetivo.

* Productos para el comedor de ventas.

** Productos para el comedor estudiantil.

IV. RESULTADOS

A. Solución Base

1. Análisis de Actividades

En esta sección se analizan las actividades que integran la solución base, los costos y el valor de la función objetivo (ingreso maximizado). En el cuadro 9 se presenta la cuantía en que interviene cada actividad, los costos y utilidades por actividad y la utilidad total sobre costos variables del modelo. Esta misma información puede encontrarse en la columna VALUE del anexo 5.

2. Análisis de holguras

El análisis de holgura nos indica la cantidad en que cada recurso ha sido utilizado y consecuentemente la cantidad sobrante de los mismos. Los valores proporcionados por el programa no necesitan mayor estudio posterior, pues en caso de que la disponibilidad del recurso haya sido totalmente explotada el valor de holgura o sobrante será cero (columna "SLACK OR SURPLUS" del anexo 6).

Cuadro. 9 Utilidad total sobre costos variables con el modelo. Detalle por producto.

ACTIVIDAD	NOMBRE DEL PRODUCTO	CANTIDAD lbs.	PRECIO/ lb.	COSTO/ lb.	VALOR Lps.
VP1	Frankfurter *	0.0	4.00	2.50	0.00
P2	Milanese *	0.0	4.00	2.70	0.00
VP3	Jamonada *	267.6	4.25	3.34	241.95
VP4	Salami Imperial *	160.7	4.00	2.89	178.30
VP5	Mortadela *	300.0	3.15	2.23	274.04
P6	Salchicha Country *	300.0	3.10	2.25	253.26
VP7	Pastete *	100.0	4.00	2.20	179.17
P8	Arrollado *	0.0	4.80	3.28	0.00
VP9	Chorizo Criollo *	0.0	3.05	2.90	0.00
P10	Chorizo Español *	250.0	6.20	2.92	819.86
P11	Salami Fuet *	156.9	6.20	3.20	469.53
P12	Masa Pizza Boom *	50.0	3.00	2.37	31.33
P13	Copetines *	0.0	4.25	3.38	0.00
P14	Longaniza *	0.0	3.45	3.04	0.00
P15	Morcilla Especial *	150.0	2.10	1.79	45.53
P16	Corned Beef *	50.0	4.35	2.66	84.13
P17	Queso de cabeza *	0.0	2.90	3.26	0.00
P18	Lomo Kassler *	44.5	5.90	4.37	59.16
VP19	Jamón Cocido *	62.0	5.90	3.58	143.67
VP20	Tocino *	100.0	5.40	3.16	224.03
VP21	Chuleta Ahumada *	5.8	4.80	3.59	7.00
P22	Jamón de res *	150.0	5.90	4.30	238.76
CP1	Frankfurter **	35.0	3.85	2.25	55.94
CP3	Jamonada **	0.0	4.05	3.02	0.00
CP4	Salami imperial **	47.0	3.65	2.59	49.60
CP5	Mortadela **	72.0	3.00	1.92	77.68
CP7	Pastete **	70.0	3.85	1.82	141.82
CP9	Chorizo criollo **	82.0	2.90	2.69	16.94
CP19	Jamón cocido **	140.0	5.50	3.21	319.44
CP20	Tocino **	117.0	5.10	2.87	260.04
CP21	Chuleta ahumada **	182.0	4.50	3.41	197.85
UTILIDAD TOTAL SOBRE COSTOS VARIABLES					4369.10

* Productos para el puesto de ventas.

** Productos para el comedor estudiantil.

Precios y costos vigentes en 1989.

El cuadro 10 muestra la disponibilidad, uso y holgura para cada recurso en términos totales.

Cuadro. 10 Análisis de holgura para equipo.
Expresado en horas.

EQUIPO	DISPONI- BILIDAD	CANTIDAD USADA	CANTIDAD SOBRANTE
Molino	44	5.549	38.451
Cutter	44	7.377	36.623
Mezclador	44	5.117	38.883
Embutidor	44	9.582	34.418
Escaldador	44	26.831	17.169
Ahumador	44	39.784	4.216
Rebanador	44	18.528	25.472
Sellador	44	29.463	14.537
Inyector	44	2.811	41.189

Análisis de holgura para materia prima principal.
Expresado en lbs.

MATERIA PRIMA PRINCIPAL	DISPONI- BILIDAD	CANTIDAD USADA	CANTIDAD SOBRANTE
Res 1	1573.0	557.542	1015.458
Res 2	736.6	227.100	509.500
Cerdo 1	151.5	151.500	0.000
Cerdo 2	404.6	404.604	0.000
Cerdo extra	133.8	133.800	0.000
Cerdo cabeza	57.0	0.000	57.000
Grasa	386.0	270.023	115.977
Sangre	186.6	75.000	111.600
Lomo de cerdo	44.5	44.500	0.000
pierna de cerdo	202.0	202.000	0.000
Tocino	231.0	217.000	14.000
Chuleta	187.8	187.800	0.000
Tajo para jamón de res	536.6	150.000	386.600

Cuadro. 10 (continuación)
Análisis de holgura para mano de obra. Expresado en horas.

MANO DE OBRA	(1) (2)		HORAS TRABAJADOR		HORAS ESTUDIANTE	
			USADA	SOBRANTE	USADAS	SOBRANTES
Para proceso	88	72	42.992	45.008	53.331	18.669
Para empaque	44	72	29.205	14.795	58.411	13.589

(1) Disponibilidad de horas trabajador.

(2) Disponibilidad de horas estudiante.

Esta información permite saber con exactitud cual es el requerimiento de recursos de producción para asegurar un nivel de producción que permita la maximización del beneficio. En el caso particular de materia prima principal permite determinar cual es la cantidad que debe ser transferida semanalmente de la sección de faena a la sección de elaboración de sub productos cárnicos.

El análisis siguiente es para las líneas que van de la 26 a la 54 de la columna "SLACK OR SURPLUS" del anexo 6 .Los valores para las líneas 34,35,36,40,41,43,45,46,50,51 y 53 representan la cantidad en la que cada actividad no ha alcanzado su nivel de restricción. El valor de cero para las líneas de este rango, indica que la actividad está incluida a su nivel limite dentro de la solución.

3. Análisis de Penalización

El análisis de penalización indica las disminuciones asociadas con el intento de hacer entrar en la solución una unidad de actividad. Este análisis se centra en aquellas cuya participación en la solución básica es nula (igual a cero). El cuadro 11 presenta el análisis de penalización para éstas actividades.

El anexo 5 en su columna "REDUCED COST" muestra el análisis para todas las actividades. Aquellas con valor distinto a cero en la solución base no presentan valor de penalización.

Cuadro. 11 Análisis de penalización.

ACTIVIDAD	VALOR DE PENALIZACION
VP1	61.248
P2	133.263
CP3	50.129
P8	280.339
VP9	76.888
P13	300.113
P14	49.268
P17	49.268

4. Análisis de Precios Sombra

El análisis de precios sombra especifica el cambio en el valor del programa que se produciría de existir una unidad menor o mayor de restricción en el valor original de disponibilidad de recursos o en el valor original del límite

admisible de actividad. El análisis se centra en aquellos recursos cuya disponibilidad ha sido totalmente explotada y para las actividades que tengan límites impuestos de participación en la solución. El cuadro 12 presenta el análisis para recursos y el cuadro 13 para actividades. Esta misma información puede encontrarse en la columna "DUAL PRICE" del anexo 6.

El valor del precio sombra está relacionado con la dirección de la restricción ($< = >$).

La disponibilidad de los recursos del cuadro 12 es utilizada a su nivel máximo ($< =$), los valores de este cuadro indican el aumento en el valor del programa en caso de aumentarse en una unidad la disponibilidad de dichos recursos, pues son éstas disponibilidades máximas las que determinan el volumen de producción resultante del modelo. De igual forma los precios sombra de los recursos de este cuadro indican la contribución marginal al ingreso de la última unidad incorporada del recurso. Esta información es de mucha importancia pues indica el precio máximo que se puede pagar por una unidad del recurso para incrementar los niveles de producción en forma económicamente factible.

Cuadro. 12 Análisis de precios sombra para Materia prima principal.

RECURSO	#. FILA (1)	(2)	PRECIO SOMBRA	(3)
Cerdo 1	15	<=	5.939	incremento
Cerdo 2	16	<=	1.514	incremento
Cerdo extra	17	<=	0.167	incremento
Lomo de cerdo	21	<=	1.249	incremento
Pierna para jamón	22	<=	2.246	incremento
Tajo para jamón de res	24	<=	1.100	incremento

(1) Número de fila de restricción (anexo. 6).

(2) Dirección de la restricción.

(3) Cambio en el valor de la solución base.

Cuadro. 13 Análisis de precios sombra para las restricciones de actividades.

ACTIVIDAD	#. FILA (1)	(2)	PRECIO SOMBRA	(3)
CP1	26	=	-50.395	disminución
CP3 + CP5	27	=	62.623	incremento
CP4	28	=	-5.338	disminución
CP7	29	=	52.599	incremento
CP9	30	=	-70.466	disminución
CP19	31	=	-3.435	disminución
CP20	32	=	214.396	incremento
CP21	33	=	-11.866	disminución
VP5	37	<=	46.026	incremento
P6	38	<=	48.484	incremento
VP7	39	<=	29.071	incremento
P10	42	<=	325.688	incremento
P12	44	<=	62.565	incremento
P15	47	<=	28.901	incremento
P16	48	<=	165.875	incremento
VP20	52	<=	216.057	incremento
P22	54	<=	152.504	incremento

(1) Número de fila de restricción (anexo. 6).

(2) Dirección de la restricción.

(3) Cambio en el valor de la solución base.

En el cuadro 13 las direcciones de igualdad (=) están relacionadas tanto con disminuciones como con aumentos en el valor de la solución base. El valor de las disminuciones se originaría del intento de forzar el aumento de producción de una actividad no rentable en una unidad (100 lb). El análisis es opuesto para aquellos valores relacionados con incrementos en el valor de la solución base, pues se trata de actividades rentables para las cuales sería beneficioso aumentar el nivel de restricción.

Las restricciones de máximo para las actividades de este cuadro limitan su participación en la solución base del modelo, un aumento de una unidad (100 lb.) en el nivel de restricción elevaría el valor del programa en los valores de precios sombra especificados en el cuadro.

Este análisis permite determinar cual o cuales de los productos son los más rentables y el grado de competencia entre ellos para intervenir en la solución. Los precios sombra más altos están relacionados con las actividades de estas características.

5. Análisis de sensibilidad del modelo

El análisis de sensibilidad nos permite determinar el rango en el cual la solución base permanece constante. El análisis se divide en dos partes, análisis para los coeficientes de la función objetivo y análisis para los niveles de restricción.

El cuadro 14 muestra los valores en los que se podrían aumentar o disminuir los coeficientes de la función objetivo (beneficio neto por producto) sin alterar los valores de la solución base. En el cuadro 15 se observan los valores de incremento o disminución para los niveles de restricción tanto de recursos como de demanda.

6. Análisis Comparativo para una semana típica de producción

En esta sección se presenta un estudio comparativo entre una semana típica de producción de la gestión 1989 y la semana de producción elaborada con el modelo. El análisis compara las cantidades elaboradas de cada producto, el beneficio sobre costos variables y el uso y sobrantes de los recursos considerados restrictivos.

Los datos para la semana típica de producción fueron extraídos de los registros de venta de la sección, ajustando promedios para los meses de mayor producción. Los cuadros 16 y 17 muestran los resultados de este análisis. Las cantidades negativas para las materias primas sobrantes del cuadro 17 se deben a la irregularidad en el suministro de materia prima lo que hace que no coincida necesariamente el período en que se determinó la disponibilidad con la semana típica considerada en el análisis.

Cuadro. 14 Análisis de sensibilidad para los coeficientes de la función objetivo.

VARIABLE	COEFICIENTE ACTUAL	INCREMENTO PERMITIDO	DISMINUCION PERMITIDA
VP1	146.269	60.208	Infinito
P2	129.697	128.634	Infinito
VP3	90.416	Infinito	14.791
CP3	102.863	56.014	Infinito
VP4	110.416	103.540	61.927
CP4	105.542	Infinito	Infinito
VP5	91.349	Infinito	51.914
CP5	107.896	Infinito	56.014
P6	84.421	Infinito	51.296
VP7	179.171	Infinito	34.231
CP7	202.605	Infinito	Infinito
P8	151.386	278.611	Infinito
VP9	14.185	80.457	Infinito
CP9	20.661	Infinito	Infinito
P10	327.944	Infinito	327.944
P11	299.254	73.957	86.012
P12	62.663	Infinito	62.663
P13	87.022	302.008	Infinito
P14	40.176	51.311	Infinito
P15	30.354	Infinito	30.354
P16	168.269	Infinito	168.369
P17	-36.639	36.639	Infinito
P18	132.958	Infinito	132.958
VP19	231.726	Infinito	231.726
CP19	228.173	Infinito	Infinito
VP20	224.035	Infinito	224.035
VP21	120.731	Infinito	120.731
CP21	108.713	Infinito	Infinito
P22	156.174	Infinito	156.174
CP1	159.854	Infinito	Infinito
CP20	222.256	Infinito	Infinito

Valores arrojados por el programa LINDO para Programación Lineal.

Cuadro. 15 Análisis de sensibilidad para las restricciones.

RESTRICCIÓN	LINEA #	NIVEL ACTUAL	INCREMENTO PERMITIDO	DISMINUCION PERMITIDA
MMO1	2	88	Infinito	45.007
MMO2	3	44	Infinito	14.794
ME1	4	44	Infinito	38.451
ME2	5	44	Infinito	36.623
ME3	6	44	Infinito	38.883
ME4	7	44	Infinito	34.418
ME5	8	44	Infinito	17.168
ME6	9	44	Infinito	4.215
ME7	10	44	Infinito	25.472
ME8	11	44	Infinito	14.536
ME9	12	44	Infinito	41.189
MMPR1	13	1573.000	Infinito	1015.439
MMPR2	14	736.600	Infinito	509.499
MMPC1	15	151.500	21.510	78.490
MMPC2	16	404.600	237.460	112.540
MMPCE	17	133.800	16.200	107.550
MMPCC	18	57.000	Infinito	57.000
MMPG	19	386.000	Infinito	115.977
MMP5	20	186.000	Infinito	111.600
MMPL	21	44.500	140.531	44.500
MMPF	22	202.000	138.000	62.000
MMPT	23	231.000	Infinito	14.000
MMPH	24	187.000	105.390	5.799
MMPJ	25	536.600	Infinito	386.600
rCP1	26	0.350	2.242	0.350
rCP3+rCP5	27	0.720	3.688	0.720
rCP4	28	0.470	1.607	0.470
rCP7	29	0.700	2.138	0.700
rCP9	30	0.820	1.875	0.820
rCP19	31	1.400	0.620	1.380
rCP20	32	1.170	0.140	1.170
rCP21	33	1.820	0.058	1.442
mVP1	34	2.800	Infinito	2.800
mVP3	35	3.000	Infinito	0.324
mVP4	36	5.000	Infinito	3.392
mVP5	37	3.000	3.688	3.000
mP6	38	3.000	5.359	3.000
mVP7	39	1.000	2.138	1.000
mP8	40	3.500	Infinito	3.500
mVP9	41	4.000	Infinito	4.000
mP10	42	2.500	5.621	2.500
mP11	43	2.000	Infinito	0.430
mP12	44	0.500	4.639	0.500
mP13	45	1.500	Infinito	1.500
mP14	46	2.500	Infinito	2.500

Cuadro. 15 (continuación).

RESTRIC- CIÓN	LINEA #	NIVEL ACTUAL	INCREMENTO PERMITIDO	DISMINUCION PERMITIDA
mP15	47	1.500	2.232	1.500
mP16	48	0.500	11.946	0.500
mP17	49	0.500	Infinito	0.500
mP18	50	2.000	Infinito	1.555
mVP19	51	2.000	Infinito	1.380
mVP20	52	1.000	0.140	1.000
mVP21	53	1.500	Infinito	1.442
mP22	54	1.500	2.810	1.500

Valores arrojados por el programa LINDO para Programación Lineal.

Cuadro. 16 Cantidades procesadas por producto y utilidad sobre costos variables para una semana típica de producción.

PRODUCTOS PARA EL COMEDOR				
PRODUCTO	CANTIDAD	COSTO/lb	PRECIO/lb	VALOR
Frankfurter	41.50	2.252	3.85	66.337
Milanesa	12.83	2.385	3.85	18.805
Jamonada	18.84	3.021	4.05	19.382
Salami Imperial	25.92	2.595	3.65	27.360
Mortadela	31.57	1.921	3.00	34.062
Salchicha Country	20.03	2.029	2.95	18.453
Fastete	44.84	1.824	3.85	90.856
Arrollado	0.00	2.830	4.20	0.000
Chorizo Criollo	72.90	2.693	2.90	15.061
Chorizo Español	1.20	2.706	5.90	3.835
Salami Fuet	0.97	2.985	5.90	2.823
Masa Pizza Boom	0.00	2.353	3.00	0.000
Copetines	3.50	3.153	4.05	3.137
Longaniza	10.73	2.833	3.30	5.007
Morcilla Especial	0.00	1.569	1.90	0.000
Corned Beef	7.47	2.305	4.10	13.402
Gueso de Cabeza	0.00	2.823	2.75	0.000
Lomo Kassler	2.92	4.282	5.50	3.554
Jamon Cocido	86.67	3.218	5.50	197.764
Tocino	79.04	2.877	5.10	175.681
Chuleta Ahumada	51.02	3.413	4.50	55.469
Jamon de Res	17.82	4.620	5.50	15.677
Utilidad sobre costos variables				766.664

Cuadro. 16 (continuación)

PRODUCTOS PARA EL PUESTO DE VENTAS				
PRODUCTO	CANTIDAD	COSTO/lb	PRECIO/lb	VALOR
Frankfurter	147.73	2.507	4.00	220.512
Milanesa	28.12	2.700	4.00	36.542
Jamonada	138.15	3.346	4.25	124.909
Salami Imperial	237.29	2.890	4.00	263.279
Mortadela	141.00	2.237	3.15	128.802
Salchicha Country	107.76	2.256	3.10	90.972
Pastete	36.23	2.208	4.00	64.917
Arrollado	41.28	3.286	4.80	62.491
Chorizo Criollo	141.41	2.908	3.05	20.059
Chorizo Español	88.50	2.921	6.20	290.215
Salami Fuet	84.60	3.207	6.20	253.165
Masa Pizza Boom	0.00	2.373	3.00	0.000
Copetines	81.96	3.380	4.25	71.323
Longaniza	83.56	3.048	3.45	33.570
Morcilla Especial	34.22	1.796	2.10	10.386
Corned Beef	40.16	2.667	4.35	67.584
Queso de Cabeza	22.24	3.266	2.90	-8.149
Lomo Kassler	18.77	4.570	5.90	24.958
Jamon Cocido	125.13	3.583	5.90	289.963
Tocino	58.53	3.160	5.40	131.127
Chuleta Ahumada	57.06	3.593	4.80	68.892
Jamon de Res	14.80	4.308	5.90	23.555
Utilidad sobre costos variables				2269.069
Utilidad total sobre costos variables				3035.733

Cuadro. 17 Cantidades usadas y sobrantes por recurso para una semana típica de producción. Con y sin el modelo.

EQUIPO	DISPONIBILIDAD	SIN EL MODELO		CON EL MODELO	
		CANTIDAD USADA	CANTIDAD SOBRANTE	CANTIDAD USADA	CANTIDAD SOBRANTE
Molino	44	4.509167	39.49083	5.548588	38.48141
Cutter	44	5.418135	38.58186	7.376661	36.62333
Mezclador	44	5.2351	38.7649	5.116581	38.88341
Embutidor	44	8.964011	35.03598	9.581877	34.41812
Escaldador	44	21.69135	22.30864	26.83127	17.16872
Ahumador	44	24.21503	19.78496	39.78412	4.215878
Rebanador	44	14.06	29.94	18.52757	25.47242
Sellador	44	24.03	19.97	29.46337	14.53662
Inyector	44	1.7194	42.2806	2.8109	41.1891

MATERIA PRIMA PRINCIPAL	DISPONIBILIDAD	SIN EL MODELO		CON EL MODELO	
		CANTIDAD USADA	CANTIDAD SOBRANTE	CANTIDAD USADA	CANTIDAD SOBRANTE
Res 1	1573	341.8465	1231.153	557.5421	1015.457
Res 2	736.6	196.026	540.574	227.1	509.5
Cerdo 1	151.5	241.4805	-89.9805	151.5	0.0
Cerdo 2	404.6	474.051	-69.451	404.6039	0.00019
Cerdo extra	133.8	78.5	55.3	133.8	0.0
Cerdo cabeza	57	22	35	0	57
Grasa	386	168.581	217.419	270.023	115.977
Sangre	186.6	17	169.6	75	111.6
Lomo de cerdo	44.5	22	22.5	44.5	0.0
Pierna de cerdo	202	212	-10	202	0.0
Tocino	231	138	93	217	14
Chuleta de cerdo	187.8	108	79.8	187.8	0.0
Tajo para jamón de res	536.6	33	503.6	150	386.6

Cuadro. 17 (continuación)

SIN EL MODELO						
MANDO DE OBRA	(1)	(2)	HORAS TRABAJADOR		HORAS ESTUDIANTE	
			USADA	SOBRANTE	USADAS	SOBRANTES
Para proceso	88	72	39.886	48.113	46.007	25.992
Para empaque	44	72	23.342	20.658	46.684	25.316

CON DEL MODELO						
MANDO DE OBRA	(1)	(2)	HORAS TRABAJADOR		HORAS ESTUDIANTE	
			USADA	SOBRANTE	USADAS	SOBRANTES
Para proceso	88	72	42.992	45.008	53.331	18.669
Para empaque	44	72	29.205	14.795	58.411	13.589

(1) Disponibilidad de horas trabajador.

(2) Disponibilidad de horas estudiante.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El modelo planteado determina las cantidades óptimas a procesar de cada producto para alcanzar L. 4,364.05 de beneficio máximo sobre costos variables semanalmente. Esta utilidad es 43.75 % mayor que el beneficio sobre costos variables registrado para una semana típica de producción en la gestión 1989, en términos de restabilidad se registra un incremento de 6.53 %. Esta diferencia se debe a un cambio en las cantidades elaboradas de cada producto y no a una mejoría en los coeficientes de rendimiento o a disminuciones en los costos variables.

2. El modelo planteado permite satisfacer la demanda del comedor como prioridad uno, y transferir al puesto de venta el volumen de productos que asegure la maximización del beneficio, además de mantener la variedad necesaria con fines de mercadeo.

3. Los recortes de cerdo 1, cerdo 2, cerdo extra, lomo de cerdo, pierna de cerdo, y tajo para jamón de res son utilizados en su totalidad constituyéndose en los recursos que limitan mayores niveles de producción y al mismo tiempo están relacionados con los precios sombra más elevados. La misma conclusión se aplica para la embutidora, equipo de cocción y ahumado y para el equipo de empaque.

4. Para los productos de mayor rentabilidad el rango en que puede disminuir la utilidad individual sobre costos variables es bastante amplio, sin que se vea afectado el valor global del modelo. Para que sea factible la introducción de productos no considerados en la solución, el rango en que debe incrementarse su utilidad individual es significativamente amplio.

La programación lineal es tan sólo una herramienta dentro de la investigación y planificación de operaciones, por lo tanto se recomienda:

1. Aplicar el modelo como una guía para la planificación de operaciones semanales de la sección.

2. Reajustar el modelo periódicamente de acuerdo a la disponibilidad de materia prima existente en cada período.

3. Reajustar el modelo en cuanto se registren cambios en precios y costos.

4. Apoyar la estructura y utilidad del modelo con estudios de tiempos y movimientos, y flujo de redes.

5. Hacer un estudio de mercado para productos cárnicos con el fin de determinar con detalle la demanda de dichos productos.

6. Complementar el modelo con un estudio de programación lineal para las demás secciones de producción del rastro.

VI. RESUMEN

El Rastro de la Escuela Agrícola Panamericana desempeña funciones académicas y de producción, estas características hace que se distinga de industrias similares en el rubro.

Dados los niveles de producción, los costos e ingresos generados en la sección de elaboración de sub productos cárnicos, resulta conveniente montar un modelo de programación lineal que asegure la maximización del beneficio y permita al mismo tiempo el uso más adecuado de los recursos de producción.

Para la construcción del modelo se tomaron en cuenta las actividades de producción realizadas en dicha sección, los costos, precios vigentes, y los coeficientes técnicos inherentes a cada actividad. Se consideran como recursos restrictivos, a la mano de obra, materia prima principal (carnes), y al equipo existente. También se incluyen restricciones de demanda para los dos destinos de la producción (puesto de venta y comedor estudiantil).

Los resultados determinan las cantidades óptimas a procesar de cada producto, para lograr una máxima utilidad semanal sobre costos variables de L. 4,364.05, mayor en un 43.75 % a la utilidad obtenida en una semana típica de producción sin considerar el modelo.

Para mayor utilidad del modelo es recomendable que se hagan

reajustes en cuanto ocurran cambios en disponibilidad de recursos, precios y costos, que se apoye el modelo con estudios similares en las demás secciones, que se hagan otros trabajos de investigación de operaciones, y que se determine con mayor precisión la demanda de sub productos cárnicos.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. BARSOV, A. 1976. ¿Qué es programación lineal?. Traducido del inglés por José Perez Castellanos. México D.F., México. Limusa.
2. BENEKE, R. y WINTERBOER, R. 1973. Programación lineal aplicación a la agricultura. Traducido del inglés por Jorge P Oliver. Barcelona, España. Aedos.
3. CORZO, A. 1988. Aplicación del método de programación lineal en una empresa agropecuaria. Tesis Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras.
4. DORFMAN, R. 1967. Programación lineal, su aplicación a la teoría de la empresa. Traducido del Inglés por Alfonso García. Madrid, España. Aguilar.
5. LANGE, O. 1971. Teoría general de la programación. Traducido del polaco por Melitón Bustamante. Barcelona, España. Ariel.
6. SALAZAR, C. 1984. Alternativas de producción en una finca utilizando un modelo multiperiódico de programación lineal. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
7. STANSBURY, R. 1968. Introducción a la programación lineal. Traducido del inglés por Pablo Gil Castro. Bilbao, España. Deusto.
8. THIERAUF, R. 1984. Introducción a la investigación de operaciones. Traducido del inglés por Rafael García. México D.F., México. Limusa.
9. TRUJILLO, J. 1982. Elementos de ingeniería industrial. Guadalajara, México. Limusa.

VIII. ANEXOS

Anexo. 2 Costo de material de embutido por cada 100 lbs. de producto.

ACTIVIDAD	PRECIO FUNDA	# FUNDAS	COSTO/ 100 lb
VP1, CP1	3.6	11	39.600
P2	0.49	13	6.370
VP3, CP3	0.77	12	9.240
VP4, CP4	0.86	28	10.080
VP5, CP5	0.49	13	6.370
P6	0.5	2.5	21.250
VP7, CP7			
P8			
VP9, CP9,	8.5	2.5	21.250
P10	8.5	2.5	21.250
P11	8.5	2.5	21.250
P12			
P13	3.6	16	57.600
P14	8.5	2.5	21.250
P15	8.5	2.5	21.250
P16	0.77	12	9.240
P17	0.77	12	9.240
P18			
VP19, CP19			
VP20, CP20			
VP21, CP21			
P22			

Precios vigentes en 1989.

Anexo. 3 Costos de material de empaque por cada 100 lbs. de producto.

ACTIVIDAD	lb/bolsa	# BOLSAS	TIPO	Lps/bolsa # ETIQUETAS	Lps/Etiq.	COSTO/ 100 lb.
VP1	0.91	110	6x12	0.16	110	0.05
P2	0.62	161	6x7	0.13	161	0.05
VP3	0.6	166	6x7	0.13	166	0.05
VP4	0.7	143	6x7	0.13	143	0.05
VP5	0.62	161	6x7	0.13	161	0.05
P6	1	100	6x9	0.14	100	0.05
VP7	0.54	185	6x7	0.13	185	0.05
P8	0.43	232	6x7	0.13	232	0.05
VP9	1	100	6x9	0.14	100	0.05
P10	1	100	6x9	0.14	100	0.05
P11	0.96	104	6x9	0.14	104	0.05
P12 *						2.000
P13	1	100	6x9	0.14	100	0.05
P14	1	100	6x9	0.14	100	0.05
P15	1	100	6x9	0.14	100	0.05
P16	0.93	167	6x7	0.19	167	0.05
P17	0.43	232	6x7	0.13	232	0.05
P18	0.8	125	6x9	0.14	125	0.05
VP19	0.7	143	6x12	0.16	143	0.05
VP20	0.94	106	6x12	0.16	106	0.05
VP21 *						15.310
P22	0.7	143	6x12	0.16	143	0.05
						30.030

* Contienen otro tipo de material de empaque.

Precios vigentes en 1989.

Anexo. 4 Disponibilidad de carne de cordero para 8 meses del año 1989. Expresado el lbs.

MES	ORIGEN	TGF	CORDOS	C1	C2	CE	CC	GRASA	PELLEJA
Febrero	EAP	11479.20	77	608.40	1624.31	537.23	229.58	1549.69	298.46
	Compra	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		11479.20	77	608.40	1624.31	537.23	229.58	1549.69	298.46
Marzo	EAP	8108.23	60	429.74	1147.31	379.47	162.16	1094.61	210.61
	Compra	2287.35	16	121.07	323.24	106.91	46.69	306.39	59.29
		10395.58	75	550.81	1470.55	486.37	207.85	1403.00	270.21
Abril	EAP	7502.00	47	397.61	1061.53	351.09	150.04	1012.77	195.05
	Compra	6063.47	50	321.36	857.98	283.77	121.27	818.57	157.65
		13565.47	97	718.97	1919.51	634.86	271.31	1831.34	352.70
Mayo	EAP	10560.87	71	559.73	1494.36	494.25	211.22	1425.72	274.58
	Compra	5482.00	48	290.55	775.70	256.56	109.64	740.07	142.53
		16042.87	114	850.27	2270.07	750.81	320.86	2165.79	417.11
Junio	EAP	6829.00	41	361.94	966.30	319.60	136.58	921.92	177.55
	Compra	4903.00	40	259.86	693.77	229.46	98.06	661.91	127.48
		11732.00	81	621.80	1660.08	549.06	234.64	1583.82	305.03
Julio	EAP	10903.97	67	577.91	1542.91	510.91	218.08	1472.04	269.50
	Compra	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		10903.97	67	577.91	1542.91	510.91	218.08	1472.04	269.50
Agosto	EAP	6000.00	35	318.00	849.00	280.80	120.00	810.00	156.00
	Compra	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		6000.00	35	318.00	849.00	280.80	120.00	810.00	156.00
Septiembre	EAP	16487.57	100	873.84	2332.99	771.62	329.75	2225.82	428.68
	Compra	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		16487.57	100	873.84	2332.99	771.62	329.75	2225.82	428.68
Octubre	EAP	13695.50	86	726.86	1937.91	640.95	273.91	1848.89	356.08
	Compra	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		13695.50	86	726.86	1937.91	640.95	273.91	1848.89	356.08
PROHEDIOS		12255.46	81	649.94	1794.15	573.56	246.11	1694.49	318.64

Anexo. 4 (Continuación). Disponibilidad de carne de res para 8 meses del año 1989. Expresado en lbs.

MESES	ORIGEN	YCF	RES	R1	R2	MANO DE PIEDRA	PUNTA DE FAJO
Febrero	Rapacho	20889.50	19	6410.99	3001.82	190.9032	2189.219
	G.laiche	2582.00	5	792.42	371.03	60.677	270.5936
		23471.50	54	7203.40	3372.85	551.5802	2459.813
Marzo					0.00	0	0
	G.carne	7809.00	19	2396.58	1122.15	183.5115	818.3832
	G.laiche	2198.00	5	674.57	315.85	51.653	230.3504
	Rapacho	2276.00	5	698.50	327.06	53.496	238.5248
	Comprado	5214.00	12	1600.18	749.25	122.529	546.4272
	17497.00	41	5369.83	2514.32	411.1795	1833.685	
Abril					0.00	0	0
	Rapacho	5901.00	15	1811.02	847.97	138.6735	618.4248
	G.laiche	1725.00	5	529.40	247.88	40.5375	180.78
	Compra	15571.00	36	4778.74	2237.55	365.9185	1631.840
	23197.00	56	7119.16	3333.41	545.1295	2431.045	
Mayo					0.00	0	0
	ERP	18484.00	16	5672.74	2656.15	431.374	1937.123
	G.laiche	2987.00	6	916.71	429.23	70.1945	313.0376
	Comprado	4912.00	12	1507.49	705.85	115.432	514.7776
	26383.00	64	8096.94	3791.24	620.0005	2764.938	
Junio					0.00	0	0
	G.carne	7483.00	15	2296.53	1075.31	175.8505	784.2184
	Terneros	548.00	5	168.18	78.75	12.878	57.4304
	G.laiche	1154.00	3	354.16	165.83	27.119	120.9392
	Comprado	9117.00	22	2798.01	1310.11	214.2495	955.4616
	18302.00	45	5616.88	2630.00	430.097	1918.049	
Julio					0.00	0	0
	ERP	20204.00	11	6200.61	2903.31	474.794	2117.379
	G.laiche	535.00	1	164.19	76.88	12.5725	56.068
		20739.00	12	6364.80	2980.19	487.3665	2173.447
Agosto					0.00	0	0
	G.carne	11004.00	26	3377.13	1581.27	258.594	1153.219
	G.laiche	4374.00	9	1342.38	628.54	102.789	458.3952
	Comprado	10076.00	24	3092.32	1447.92	236.786	1055.964
		25454.00	59	7811.83	3657.74	598.169	2667.579
Septiembre					0.00	0	0
	G.carne	18433.00	43	5657.09	2648.82	433.1755	1931.778
	G.laiche	2293.00	4	703.72	329.50	53.8855	240.3064
		20726.00	47	6360.81	2978.33	487.061	2172.084
PROMEDIOS		21971.19	51	6742.96	3157.26	516.32	2302.58

Anexo. 5 Resultado del modelo.

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO
4364.057

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
VP1	0.00000	60.20880
P2	0.00000	128.63460
VP3	2.67600	0.00000
CP3	0.00000	56.01472
VP4	1.30770	0.00000
CP4	0.47000	0.00000
VP5	3.00000	0.00000
CP5	0.72000	0.00000
P6	3.00000	0.00000
VP7	1.00000	0.00000
CP7	0.70000	0.00000
P8	0.00000	278.61120
VP9	0.00000	80.45729
CP9	0.82000	0.00000
P10	2.50000	0.00000
P11	1.56980	0.00000
P12	0.50000	0.00000
P13	0.00000	302.00820
P14	0.00000	51.31155
P15	1.50000	0.00000
P16	0.50000	0.00000
P17	0.00000	36.63900
P18	0.44500	0.00000
VP19	0.62000	0.00000
CP19	1.40000	0.00000
VP20	1.00000	0.00000
VP21	0.05800	0.00000
CP21	1.82000	0.00000
P22	1.50000	0.00000
CP1	0.35000	0.00000
CP20	1.17000	0.00000

Resultados arrojados por el programa
para Programación Lineal LINDO.

Anexo. 6 Resultado del modelo.

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICE
2	45.00795	0.00000
3	14.79463	0.00000
4	38.45142	0.00000
5	36.62337	0.00000
6	38.88344	0.00000
7	34.41816	0.00000
8	17.16879	0.00000
9	4.21594	0.00000
10	25.47243	0.00000
11	14.53663	0.00000
12	41.18910	0.00000
13	1015.45900	0.00000
14	509.49990	0.00000
15	0.00000	5.98508
16	0.00000	1.57737
17	0.00000	0.29583
18	57.00000	0.00000
19	115.97700	0.00000
20	111.60000	0.00000
21	0.00000	1.32958
22	0.00000	2.31726
23	14.00001	0.00000
24	0.00000	1.20731
25	386.60000	0.00000
26	0.00000	-49.62379
27	0.00000	68.46172
28	0.00000	-4.87300
29	0.00000	57.66545
30	0.00000	-73.98129
31	0.00000	-3.55299
32	0.00000	222.25600
33	0.00000	-12.01801
34	2.80000	0.00000
35	0.32400	0.00000
36	3.39229	0.00000
37	0.00000	51.91471
38	0.00000	51.29620
39	0.00000	34.23146
40	3.50000	0.00000
41	4.00000	0.00000
42	0.00000	327.94400
43	0.43020	0.00000
44	0.00000	62.66300
45	1.50000	0.00000

Anexo 6. (continuación)

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICE
46	2.50000	0.00000
47	0.00000	30.35400
48	0.00000	168.26900
49	0.50000	0.00000
50	1.55500	0.00000
51	1.38000	0.00000
52	0.00000	224.03500
53	1.44200	0.00000
54	0.00000	156.17400

Resultados arrojados por el program
para Programación Lineal LINDO.