

ANALISIS DE INVERSIONES

IULIO

1975

MARTES 22

18:00 - 19:30    Introducción    Moreno Bonett

19:30 - 21:00    La Ingeniería de Sistemas y el Análisis de Inversiones.    F. J. Jauffred

JUEVES 24

18:00 - 21:00    Fundamentos de la Evaluación de Proyectos    Escutia Navarro

MARTES 29

18:00 - 21:00    Evaluación de Proyectos (I)    Escutia Navarro

JUEVES 31

18:00 - 21:00    Análisis Efecto-Costo    Zúñiga Barrera

AGOSTO

MARTES 5

18:00 - 21:00    Modelos Deterministas Estáticos.    Ayala e Izaguirre

JUEVES 7

18:00 - 21:00    Modelos Deterministas Estáticos.    Ayala e Izaguirre

MARTES 12

18:00 - 21:00    Modelos Deterministas Dinámicos.    Zamudio.

JUEVES 14

18:00 - 21:00 Modelos Aleatorios Estáticos. Acosta Flores

MARTES 19

18:00 - 21:00 Modelos Aleatorios Dinámicos. Acosta Flores

JUEVES 21

18:00 - 21:00 Aplicaciones. Ochoa Rosso

MARTES 26

18:00 - 21:00 Aplicaciones. Castellanos Guzmán

JUEVES 28

18:00 - 19:30 Aplicaciones . Reyes Ortega

19:30 - 21:00 Mesa Redonda .

# ANALISIS DE INVERSIONES

## Temario

- 1.- INTRODUCCION.- La Ingeniería de Sistemas. Objetivos y manera de proceder de la Ingeniería de Sistemas. El Análisis de Inversiones y la Ingeniería de Sistemas. Tipos de problemas de inversión. Jerarquía, independencia, divisibilidad, horizonte de planeación, características de los -- beneficios ( deterministas o aleatorios ).
  
- 2.- EVALUACION DE PROYECTOS.- Interés. Tasas de interés - nominal y efectiva. Equivalencias financieras. Necesidad del Cálculo monetario y su papel. Valor y precio de costo. Composición de un proyecto. La evaluación. Método del - valor presente. Evaluación por incrementos de inversión. Análisis Beneficio-Costo. El beneficio a escala nacional. El beneficio a escala de una empresa. Análisis Efectividad- Costo.
  
- 3.- MODELOS DETERMINISTAS ESTATICOS.- La programación lineal. Análisis de insumo-producto y programación lineal. Elección por el lado de la demanda. Elección por el lado - de la oferta. Modelos para proyectos independientes divi-

sibles y de un sólo período; proyectos indivisibles. Modelos para proyectos dependientes, indivisibles y de un solo período.

- 4.- MODELOS DETERMINISTAS DINAMICOS.- La programación dinámica. Modelos para proyectos independientes, divisibles e indivisibles. Modelos para proyectos dependientes, divisibles e indivisibles.
  
- 5.- MODELOS ALEATORIOS ESTATICOS.- Procedimientos crudos para analizar inversiones con riesgo. Procedimientos refinados para analizar inversiones con riesgo. Análisis probabilístico de una sola inversión. Valor esperado y variancia del valor presente neto. Ejemplos ilustrativos. Modelos de programación matemática de selección de cartera. Adaptación del modelo de selección de cartera para presupuestar el capital. Modelo de programación cuadrática entera para distribuir el presupuesto. Enfoque de Adelson en Teoría de Decisiones para distribuir el presupuesto. Arboles de decisión y decisiones secuenciales de inversión.

6.- MODELOS ALEATORIOS DINAMICOS.- Modelos de programación cuadrática mixta. Algoritmo de Benders. Algoritmo A. Equivalentes bajo certeza en la función objetivo y restricciones aleatorias. Ejemplos ilustrativos.

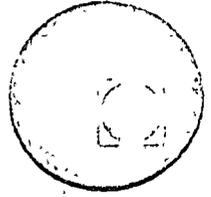
Q

Q

Q



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



ANALISIS DE INVERSIONES

" EVALUACION DE PROYECTOS ".

ING. ESCUTIA NAVARRO.

# EVALUACION DE PROYECTOS

## INTRODUCCION

El objetivo básico de todo estudio económico de un proyecto es evaluarlo, es decir, calificarlo para determinar si es bueno o malo y compararlo con otros proyectos de acuerdo con una determinada escala de valores a fin de establecer un orden de prelación. Esta tarea exige precisar las "ventajas" y "desventajas" de la asignación de recursos a un fin dado. El problema teórico de establecer cual es el criterio de evaluación que se debe utilizar para establecer prelación no ha sido aún resuelto en definitiva; sin embargo, se distinguen dos grupos principales: por un lado los patrones de comparación de proyectos conforme al interés del empresario privado y por el otro los que interesan a la comunidad en su conjunto y que se pueden llamar criterios sociales de evaluación.

Los capítulos en que podemos dividir el estudio de un proyecto son:

- i) Estudio de Mercado.- Estudio de la demanda de los bienes y servicios a que el proyecto se refiere.
- ii) Determinación del tamaño y la localización.- Determinación de la capacidad de producción que ha de instalarse y de la localización de la nueva unidad productora.

- iii) ~~Ingeniería del Proyecto.~~- Descripción técnica del proyecto, investigaciones preliminares, especificación de los equipos y estructuras, selección de los procesos de elaboración, justificación del grado de mecanización adoptado, cantidad y calidad de los insumos requeridos, etc.
  
- iv) ~~Cálculo de las Inversiones.~~- Cálculo de las inversiones totales en moneda nacional y extranjera que el proyecto exige, considerando la inversión en activos fijos y el capital de trabajo ó circulante.
  
- v) ~~Presupuesto de gastos e ingresos anuales y organización de los datos para la evaluación.~~- Estimación de los costos e ingresos que resultarían del funcionamiento de la empresa incluyendo en forma ordenada aquellos antecedentes que puedan ser necesarios para evaluar el proyecto; efectos sobre la balanza de pagos, presupuestos y disponibilidad de la mano de obra, etc.
  
- vi) ~~Evaluación del Proyecto.~~- Utilización de criterios de evaluación para poder calificar el proyecto y compararlo con otros para determinar preferencias.
  
- vii) ~~Financiamiento.~~- Especificaciones de las fuentes monetarias a que se recurrirá y las formas en que se proyecta canalizar los recursos financieros para llevar a cabo la iniciativa.
  
- viii) ~~Organización y Ejecución.~~- Solución de problemas relativos a la constitución legal de la empresa y a la organización para el montaje y realización del proyecto.
  
- ix) *RESUMEN Y PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.*

i) ESTUDIOS DE MERCADO

Mercado es un conjunto de individuos cuyas solicitudes de oferta y demanda, conducen a establecer un precio, llamado precio de mercado, que ha de normar las transacciones que se realicen con ciertos bienes o servicios.

El estudio de mercado tiene por objetivo determinar la cuantía de bienes y servicios que han de fluir de una unidad productora y que la comunidad esta dispuesta a adquirir a determinado precio.

La función de demanda de un bien o servicio, expresa las cantidades demandadas por la comunidad en función del precio de venta de ese bien o servicio, o sea que es una función del tipo  $Q = Q(P)$ .

La función de oferta de un bien o servicio, expresa las cantidades que los productores estan dispuestos a ofrecer al mercado, en función del precio de venta de ese bien o servicio y tambien es de la forma  $Q = Q(P)$ .

Existe un precio para el cual se igualan las dos funciones y que corresponde al precio de mercado.

La nueva producción debida al proyecto se sumará en algunos casos al actual volumen de transacciones y en otros solo reemplazará a una parte o a la totalidad de los bienes ó servicios procedentes de otros orígenes (nacionales o extranjeros).

La determinación cuantitativa de la demanda solo tiene sentido en relación con determinados precios de venta, los cuales influirán sobre el monto de los ingresos estimados.

El estudio de mercado deberá proporcionar criterios útiles para determinar la capacidad que ha de instalarse en la nueva unidad productora y estimar los probables ingresos durante la vida útil de la realización del proyecto.

La recopilación de antecedentes, comprendidos los relativos a la comercialización y a la influencia de la política económica, sentará las bases empíricas del estudio, pues permitirá conocer en cada caso las variables más importantes que afectan la cuantía de la demanda y los precios. Si hay racionamientos, subsidios, aranceles protectores, etc.

Con los antecedentes obtenidos y las hipótesis de trabajo adoptadas, se podrán establecer algunas premisas teóricas con objeto de cuantificar la demanda actual y futura.

Otro aspecto a considerar en el estudio de mercado es el que se refiere tanto a la elasticidad de la demanda con respecto al ingreso y con respecto al precio.

La elasticidad de la demanda con respecto al ingreso indica la variación porcentual de la demanda al producirse una variación porcentual del ingreso.

$$E_y = \frac{\frac{\Delta Q}{Q}}{\frac{\Delta Y}{Y}}$$

La elasticidad de la demanda con respecto al precio indica la variación porcentual de la demanda de un bien o servicio, al producirse una variación porcentual en el precio de venta de ese bien o servicio.

$$E_p = - \frac{\frac{\Delta Q}{Q}}{\frac{\Delta p}{p}}$$

Esta última es negativa ya que la función demanda es estrictamente decreciente.

El conocimiento del coeficiente de elasticidad-precio de la demanda de un bien o servicio cualquiera, permite formarse una idea aproximada de la magnitud en que podrá cambiar la cuantía de la demanda y en consecuencia el valor de las ventas, en el caso de que se produzca una modificación en el precio de esa mercadería.

Si se tiene por ejemplo que la demanda sea de 2 camisas al año por hombre al precio de \$ 100/camisa y que la elasticidad precio sea de 3 para este producto, al subir el precio a \$ 101/camisa (1%), el consumo por hombre al año disminuirá en 3% o sea a 1.94/hombre. Si se tratara de un área en que viven 10 000 consumidores de camisas, el volumen de ventas, que era de \$ 2 millones al año disminuiría a \$ 1 959 400 ( $10\ 000 \times 1.94 \times 101$ ).

Existen algunos servicios "gratuitos", como la educación, la salud pública, carreteras, etc, para los cuales es difícil estimar la demanda, por lo que solo se toman como base ciertos indicadores como ingresos per capita, habitantes/cama de hospital, habitantes/médico, niños/profesor, etc. y se comparan con estos mismos indicadores existentes en otros países.

Una vez conocida la demanda actual, será necesario hacer algunas hipótesis para tratar de cuantificar la demanda futura tomando en cuenta hasta donde sea posible, la idiosincrasia de los consumidores, las elasticidades de los bienes ó servicios considerados, etc; así como también las series históricas con que se cuente relacionadas con los consumidores de estos bienes ó servicios.

## ii) TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Como para cualquier otro aspecto del proyecto, la solución óptima en cuanto a tamaño y ubicación será aquella que conduzca al resultado económico más favorable para el proyecto en conjunto. Este resultado se puede medir por uno ó más de los siguientes coeficientes: utilidades por unidad de capital (Rentabilidad), costo unitario mínimo, cociente de ventas a costos, cuantía total de las utilidades.

Dentro de las relaciones recíprocas generales existentes entre los diferentes aspectos de un proyecto, con respecto al tamaño se pueden considerar las siguientes:

La relación tamaño-mercado, en cuyo análisis adquiere especial interés el dinamismo de la demanda y su distribución geográfica. En segundo lugar se encuentra la relación entre el tamaño y el costo de producción, conocida también por economía de escala. Como los costos de producción, incluido el flete hasta el lugar de uso, serán también función de la localización, considerando la influencia de la distribución geográfica de la demanda, puede apreciarse la especial vinculación entre tamaño y localización.

Las alternativas de tamaño entre las cuales se puede escoger se van reduciendo a medida que se examinan los aspectos relacionados con la ingeniería, las inversiones, la localización, etc. La magnitud del mercado dará la primera orientación, ya que la demanda puede ser tan pequeña que solo justifique la instalación mínima, eliminándose inicialmente cualquiera otra solución. Si el mercado es suficiente para admitir varias alternativas, muchas de ellas pueden quedar eliminadas al decidir la técnica y la localización. Las alternativas que queden después de este primer análisis podrán examinarse conforme a los criterios de evaluación citados. La

Decisión final se podría adoptar en base de estos coeficientes y otros factores no cuantificables.

La decisión sobre el tamaño dependerá del punto de vista con que se aborde el problema. Al empresario privado le interesa, en esencia lograr la máxima rentabilidad ó las utilidades totales que se puedan obtener con el capital propio. El costo unitario le preocupa mas bien en términos de su posición competitiva. Desde el punto de vista de la comunidad en conjunto, interesa fundamentalmente producir el bien ó servicio al menor costo por unidad, y si el precio de venta es el mismo, la escala a la cual se consigue esta es la misma que lleva al máximo el cociente ventas a costos.

El problema de la localización se suele abordar en dos etapas: en la primera se decide la zona general en que se instalará la empresa y en la segunda se elige el punto preciso, considerando ya los problemas de detalle (costos de terrenos, facilidades administrativas, etc.) Hay factores como las estructuras tributarias, concesiones legales, disponibilidad de edificios, etc., que en ciertos casos son de detalle y en otros pueden ser de gran importancia. En general, los problemas decisivos serán los de transporte y de disponibilidad y costo de los insumos.

Habrán casos en que, con el fin de descongestionar ciertas zonas de un país, se adopte una política deliberada para diversificar geográficamente la producción. En igualdad de condiciones y aún con pequeñas desventajas, se promueve la instalación industrial en determinadas zonas, creando al mismo tiempo incentivos tributarios o de otro orden.

La presentación y el estudio del problema se pueden facilitar mucho mediante planos y diagramas. En un plano se pueden colocar por ejemplo, las fuentes de materias primas, los posibles empalmes eléctricos, las fuentes de agua, las zonas de mercado, las distancias por carretera y por ferrocarril, etc.

### ii) INGENIERIA DEL PROYECTO

La ingeniería del proyecto se refiere a aquella parte del estudio que se relaciona con su fase técnica, es decir, con la participación de los ingenieros en las etapas del estudio, instalación, puesta en marcha y funcionamiento.

El tipo de problemas que plantea la fase técnica del proyecto en términos generales es:

- i) Ensayos e investigaciones preliminares.- Estos ensayos abarcan — cuestiones de muy variable naturaleza; pruebas de resistencia del terreno para la construcción de edificios, experiencias de laboratorio ó en plantas de ensayo para demostrar la posibilidad de utilizar materias ó procedimientos determinados y las condiciones en que esta utilización sería posible, etc.
- ii) Selección y descripción del proceso de producción.- En muchos casos el proyecto no plantea problemas especiales en cuanto al proceso ó sistema de producción, pero en otros encierra complejidades y alternativas que convendría explicar conjuntamente con las soluciones ofrecidas relacionándolas con las investigaciones previas.
- iii) Selección y especificación de equipos.- Hay que distinguir las dos etapas que implica el proceso de selección, la elección del tipo de equipo, para especificar las propuestas y selección entre los distintos equipos dentro del tipo elegido, a fin de decidir entre las propuestas.
- iv) Los edificios industriales y su distribución en el terreno.- Los lugares de recepción, almacenes, talleres centrales y otras instalaciones, deberán estar emplazadas en buena disposición funcional respecto a los cuerpos del edificio de la fábrica propiamente tal,

y a los servicios de transporte. La distribución de los edificios industriales en el terreno tendrá una relación muy importante con los problemas de manejo y circulación de materias primas, materiales en proceso de elaboración y productos. Es muy importante prever desde el comienzo las posibles ampliaciones, a fin de mantener la relación armónica inicial.

- v) Distribución de los equipos en los edificios o en otros puntos de la fábrica.- La eficiencia de la operación manufacturera depende en gran medida de la disposición de los equipos, pues ésta repercute en economías de movimiento, tiempo y materiales, y en general en la facilidad dinámica del proceso.
- vi) Proyectos complementarios de ingeniería.- Es muy frecuente que en los proyectos tengan que preverse instalaciones adicionales destinadas a proporcionar servicios necesarios para la producción misma o para la población ocupada en el proyecto. Los ejemplos más claros serían las obras complementarias de agua potable e industrial o destinadas a la evacuación de aguas residuales; a establecer conexiones o plantas de energía eléctrica, gasoductos o empalmes de transportes, a la construcción de campamentos y viviendas, oficinas de administración, edificios para el bienestar de la población, etc.
- vii) Rendimientos.- Decididos el método de fabricación, el tamaño de la planta y la disposición de equipos y edificios, será posible estimar la cuantía de cada uno de los insumos que demandará el proyecto, tanto en el montaje como en el funcionamiento. La estimación de esa cuantía en términos físicos es la hipótesis básica para estimar los costos de operación y el de estos insumos, y también servirá como elemento de comparación para juzgar la eficiencia administrativa y técnica estimada para la empresa ya en funcionamiento.

- viii) ~~Flexibilidad en la capacidad de producción.~~ Este punto ha sido ya abordado en relación con la distribución de los edificios en el terreno y de los equipos en los edificios. La necesidad de dar flexibilidad a la capacidad de producción se deriva a veces de la naturaleza de la demanda y por otras causas. La adaptación a las variaciones estacionales de la demanda, plantea la necesidad de una flexibilidad desde el punto de vista de lograr producir eficientemente a los distintos ritmos de producción, dada una cierta capacidad.
- ix) ~~Programas de trabajo.~~ El programa de trabajo establece la ordenación con que se procederá a la instalación y puesta en marcha de la empresa. Su objetivo puede resumirse esencialmente en los siguientes puntos: a) prever una serie de problemas que se presentarán en la etapa de montaje y anticipar posibles soluciones; b) establecer una secuencia de inversiones sobre cuya base se estudiará el financiamiento del proyecto, y c) establecer el plan preliminar de funcionamiento hasta llegar a la capacidad normal.

#### iv) LAS INVERSIONES EN EL PROYECTO.

La decisión de llevar adelante un proyecto, significa asignar a su realización una cantidad de variados recursos que se pueden agrupar en dos grandes tipos: a) los que requieren la instalación del proyecto o sea el montaje y b) los requeridos para la etapa de funcionamiento propiamente dicha.

Los recursos necesarios para la instalación constituyen el capital fijo o inmovilizado del proyecto, y los que requieren el funcionamiento constituyen el capital de trabajo o circulante.

El activo o acervo fijo comprende el conjunto de bienes que no son motivo de transacciones corrientes por parte de la empresa. Se adquieren una sola vez durante la etapa de instalación del proyecto y se utilizan a lo largo

de su vida útil. Su valor monetario constituye el capital fijo de la empresa. Se suelen clasificar en tangibles e intangibles los primeros son como maquinaria y equipos con sus costos de montaje, los edificios e instalaciones complementarias, la tierra y los recursos naturales y los segundos pueden ser las patentes, los derechos de autor, los gastos de organización y puesta en marcha.

En general, una parte de las inversiones se debe hacer en moneda extranjera, ya sea por concepto de equipos y otros componentes de la inversión fija o por la necesidad de mantener existencias de bienes importados. El proyecto deberá especificar cuanto habrá que invertir en moneda nacional y cuanto en moneda extranjera, a fin de poder estimar los efectos directos sobre la balanza de pagos.

Los proyectos de propósitos múltiples plantean el problema de establecer que parte de la inversión común se debe considerar necesaria para cada propósito. La forma de solucionar el problema suele tener gran importancia para las decisiones políticas relacionadas con la asignación de los fondos destinados a obras públicas. Si una obra financiada con fondos públicos cumple simultáneamente propósitos de riego y de producción de energía eléctrica, por ejemplo, la manera de prorratar la inversión entre ambos objetivos afectará a la cuantía de los costos fijos de obtención de uno y otro propósito, lo que a su vez puede afectar a los precios que se cobrarían por el agua y por la energía eléctrica.

El problema no ha encontrado solución definitiva aún y los autores que han abordado el tema reconocen en general, que siempre habrá una cuestión de juicio, criterio o circunstancias que no se puede llevar a fórmulas, sin embargo existen varios criterios que pueden considerarse satisfactorios para realizar ese prorrato.

4) EL PRESUPUESTO DE INGRESOS Y GASTOS Y LA ORDENACION DE LOS DATOS BASICOS - PARA LA EVALUACION.

El cálculo básico es el de los gastos e ingresos anuales que resultarían de llevar a la realidad el proyecto, datos que se pueden presentar tabulados en forma de una cuenta de dos columnas llamada presupuesto estimativo de ingresos y gastos. A partir de este presupuesto es fácil obtener la cuantía de las utilidades anuales, los costos unitarios, los cocientes ó módulos de ventas a costos y otras cifras o coeficientes significativos. Las informaciones de detalle para estimar cada rubro del presupuesto pueden también resumirse y organizarse como presupuestos parciales de mano de obra, materias primas y otros materiales, energía, etc., lo que facilitará el cotejo de las necesidades del proyecto en cada uno de estos insumos con las fuentes en que pueden obtenerse.

Tanto el presupuesto global anual de ingresos y gastos, como los presupuestos parciales anuales podrán variar a lo largo de la vida útil del proyecto. Las causas principales de variación son: a) las posibles fluctuaciones de precios y b) los distintos porcentajes de la capacidad de producción realmente utilizada.

En resumen, para fines de evaluación cada presupuesto anual tendrá vigencia por un número de años durante el cual se supone que no habrá cambios importantes y muy a menudo se opera simplemente con un solo presupuesto, que se considera representativo de toda la vida útil.

vi) CRITERIOS DE LA EVALUACION DE PROYECTOS

I Las diferencias sustantivas entre los criterios de evaluación se refieren a las diferentes maneras de considerar, especificar y medir lo que en cada caso se entiende por recursos empleados y beneficios obtenidos; sin embargo, todo cómputo de evaluación debe abordar los conceptos de valoración, homogeneidad y extensión.

A. La valoración

Debido a la diferente naturaleza física de los bienes y servicios, la determinación de su cuantía relativa para fines de evaluación se expresa mediante un denominador común, que es la unidad monetaria. La valoración consiste en asignar precios a los bienes y servicios relacionados con un proyecto, los cuales no siempre son los precios de mercado los representativos, sino los que llamaremos precios sociales, que no son más que los precios de mercado corregidos para fines de evaluación.

B. Homogeneidad

Los cálculos de evaluación abarcan toda la vida útil del proyecto, por lo que habrá que operarse con valores monetarios correspondientes a transacciones realizadas en distintas fechas. Para que tales magnitudes sean comparables, es necesario hacer las homogéneas respecto al tiempo, utilizando para ello equivalencias financieras.

C. Extensión

La realización de un proyecto provoca una serie de reacciones económicas en cadena hacia atrás ó "hacia el origen" y hacia adelante ó "hacia el des

taño" del mismo. El problema de la extensión consiste en considerar y cuantificar estas repercusiones económicas del proyecto, dentro del criterio de evaluación adoptado.

En este aspecto, los criterios de evaluación se dividen en dos grandes grupos, los que miden los efectos que corresponden sólo al proyecto mismo, que se llaman "efectos directos" y los que tratan de medir también los "efectos indirectos", tanto en cuanto a recursos empleados, como a beneficios resultantes.

#### D. TIPOS DE COEFICIENTES DE EVALUACION

Las distintas formas de valorar, la posibilidad de incluir o no los efectos indirectos y la posibilidad de seleccionar y definir de distintas maneras los patrones de comparación, hacen que existan muchos criterios de evaluación y que se plantee la cuestión de cual de ellos será mas adecuado.

#### II.- LA EVALUACION PARA EL EMPRESARIO Y LA EVALUACION SOCIAL

Una buena parte de las controversias registradas en torno a los criterios de prioridad surgen indudablemente de la falta de una distinción clara del objetivo de la evaluación ya que depende de la entidad en favor de quien se evalúa, por lo que han surgido confusiones al valerse de criterios adecuados para seleccionar en función del interés individual y tratar de aplicarlos a casos en que hay que hacerlo en función del interés social.

Estas consideraciones permiten establecer la primera gran distinción entre los criterios de evaluación: por un lado, los que son útiles para la comparación entre los proyectos privados y por el otro, aquellos que son aplicados

bles desde un punto de vista social. No hay profusa correspondencia en cuanto a lo que el empresario privado entiende por beneficios, ya que su móvil fundamental es el de las utilidades, sea en términos absolutos o por unidad de capital propio (Rentabilidad). Tampoco hay dudas sobre las formas de medición: en cuanto a valoración le interesan los precios de mercado y en cuanto a extensión sólo los beneficios y costos directos del proyecto. El problema es conceptual y prácticamente más difícil en el caso de la evaluación social.

Cabe señalar que quienquiera que sea el realizador o promotor de un proyecto, pertenezca al sector público o al privado, deberá afrontar el problema del financiamiento, lo que hace siempre necesaria una evaluación a precios de mercado. Además, aunque se determine la prelación desde el punto de vista social, muchos proyectos se dejarán a la iniciativa privada, y en ese caso habrá que determinar si serán atractivos ó no para el empresario privado y cuales serían los incentivos que podrían despertar su interés.

### III.- LOS DISTINTOS CRITERIOS DE EVALUACION SOCIAL.-

La mayor complejidad de la evaluación social explica la diversidad de criterios sugeridos en la práctica ó que sería posible proponer, y a la vez la dificultad para lograr una clasificación satisfactoria de los mismos. Para facilitar un primer esquema conceptual se presentan dos formas de agruparlos:

#### a) Criterios parciales e integrales.-

La ordenación de los proyectos en una escala de prelación, se puede lograr mediante un coeficiente único de evaluación ó mediante la combinación, ponderada en alguna forma, de varios coeficientes parciales.

Se llaman criterios integrales a aquellos que tratan de ofrecer un parámetro único y total de evaluación y parciales o fraccionarios a aquellos que están destinados a combinarse con otros.

Entre los coeficientes parciales de evaluación se pueden citar por ejemplo, la mano de obra ocupada por unidad de capital y el aporte neto a la balanza de pagos por unidad de inversión total o de la componente de la inversión en divisas.

b) ~~La~~ productividad de un recurso o del complejo de insumos:--

Los coeficientes de evaluación se pueden definir aritméticamente como cocientes entre lo que en términos generales se llamarían "ventajas" y "desventajas" del proyecto. Las fórmulas de evaluación miden pues, -- productividades de algún tipo y se podría hacer una distinción entre -- aquellos criterios que miden la productividad de un solo factor o recurso económico (por ejemplo, el capital o la mano de obra) y aquellos otros que miden la productividad del conjunto de los insumos requeridos.

Decidida cual es la productividad que el criterio de evaluación desea expresar; cabe aún una extensa gama de variación en cuanto a los valores que se colocarán en el numerador. Así, si se desea medir la productividad del capital, se podrá hacer en términos de valor agregado -- por unidad de capital, de divisas ahorradas por unidad de capital, de personal ocupado por unidad de capital, etc.

Consideraciones similares pueden hacerse con respecto a la productividad de otros factores singulares ó del complejo de insumos.

#### IV LA SITUACION ENTRE LOS CRITERIOS PARA EVALUAR

En términos generales puede afirmarse que si se trata de evaluar con criterio social, lo que mas importa es el incremento del producto nacional que se obtiene por unidad del complejo de recursos que se emplean en el proyecto. Todas las magnitudes se debieran valorar a precios sociales y habría que tomar en cuenta no solo los beneficios y recursos directamente relacionados con el proyecto, sino también los indirectos.

Sin embargo, en muchos casos se prefiere medir la productividad del recurso escaso, usando como denominador en el cociente de evaluación el capital, la mano de obra ó las divisas invertidas; pero esta evaluación puede resultar incompleta, ya que el proceso de producción envuelve la utilización conjunta de los factores que se complementan e integran en la llamada función de producción.

La producción en una faena agrícola podría aumentar porque los obreros -- aprovechan mejor su tiempo, porque se les entrega mejor semilla ó porque se pone a su disposición tractores y otras máquinas. Si se omiten todos estos factores y solo se mide la producción por hombre, no será posible establecer si se obtuvo un producto mayor con la misma suma de factores, uno de los cuales rindió más, o gracias al aumento de los recursos empleados.

Se pueden hacer planteamientos similares en cuanto a los beneficios o efectos del proyecto cuantificados en el numerador del cociente, lo que hace -- que se presenten limitaciones prácticas y conceptuales para reunir todos -- estos efectos y sumarlos en unidades homogéneas. De ahí que se propongan -- a veces coeficientes parciales para medir por separado los efectos. A base de ellos se podría obtener una idea de conjunto que permitiera determinar p<sup>re</sup>laciones, dando mayor ponderación a aquel factor que se considere -- más importante en un caso dado, aunque esta ponderación podría llegar a -- tener un grado de subjetividad del mismo orden que las apreciaciones indispensables para vencer las limitaciones prácticas en la obtención de los datos necesarios para la evaluación integral.

## V FACTORES ECONÓMICOS Y POLÍTICOS EN LA EVALUACIÓN

Las consideraciones de naturaleza política, suelen desempeñar un papel decisivo en las prioridades de la inversión. Además, hay muchos proyectos destinados a abastecer servicios que no son materia de mercado y cuya demanda no se expresa en términos monetarios, sino en peticiones o gestiones de los grupos interesados, como los servicios de alcantarillado, el alumbrado público, etc.

Conviene tener presente que en las prioridades de inversión pueden influir planteamientos relacionados con la necesidad de dar mejor cohesión social y administrativa a un país.

De todo lo anterior podría desprenderse que al final de cuentas, no son tan importantes los criterios económicos de evaluación ya que a la postre la evaluación económica está supeditada a un criterio político y por consiguiente no habrá justificación para esforzarse en una evaluación cuidadosa; sin embargo, la conclusión correcta es la inversa. Si por razones de orden político, un proyecto A resulta preferible a otro B siendo que conforme a la evaluación económica B es superior a A, es preciso conocer el precio que se paga por esa decisión política; pero ese precio sólo se puede averiguar calculando los coeficientes económicos de prelación.

Por otra parte, no hay que caer en el extremo de suponer que todos los proyectos estarán sujetos a un análisis de tipo político específico. Dado un cierto marco de política económica y realidad institucional, lo más probable es que la decisión respecto a la mayoría de los proyectos se tome simplemente conforme a un criterio económico de evaluación. La importancia de la evaluación económica es pues indudable.

## VI EL FACTOR TIEMPO EN LA EVALUACION

En las evaluaciones se debe considerar el factor tiempo en el uso de los capitales, en las disponibilidades de los ingresos y en el espaciamento de los egresos lo cual implica la adopción de una tasa de interés. El problema consiste en hacer homogéneas series de dinero en el tiempo, pues para efectos de comparación económica y evaluación, la suma de los costos y de los ingresos resultantes en la vida de la empresa no se podrá realizar a menos que los componentes se hagan homogéneos. De igual manera se razona para considerar el caso en que los valores anuales de ingresos o egresos no sean iguales, ya sea por cambio de capacidad, por variaciones de precios, de tipos de cambio y si se desea reducir las cifras a valores anuales uniformes y equivalentes, habrá que realizar cálculos de regularización en el tiempo.

Los métodos de equivalencia mas comunmente usados son el del valor uniforme anual equivalente y el del valor actualizado, los cuales se deducen de las mismas fórmulas, por lo que la utilización de uno ó de otro depende de los datos del problema o de los objetivos perseguidos.

### 1.- Costo uniforme anual equivalente.-

Los costos totales de un proyecto están constituidos por un desembolso inicial, correspondiente a la inversión en una fecha dada y por una serie de desembolsos que se irán produciendo anualmente, durante todos los años de la vida útil del proyecto y con la siguiente expresión, se puede transformar la suma invertida P en una serie equivalente de valores anuales iguales R en donde ya están consideradas la depreciación y los intereses.

$$R = P \frac{i (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Al factor entre paréntesis se le llama "factor de recuperación de capital". Conocida la tasa de interés  $i$  y el plazo de duración de la inversión  $n$ , el factor de recuperación se puede obtener en tablas financieras.

Ejemplo.— Consideremos dos proyectos A y B cuyas características son las siguientes:

	<u>A</u>	<u>B</u>
Inversión fija	10 000	7 000
Costos de producción (funcionamiento, conservación, impuestos, intereses y arriendos).	3 000	3 500

El factor de recuperación de capital obtenido de las tablas para 10 años y 6% es de 0.13587, por lo que el costo equivalente anual por la inversión fija es:

$$\text{Proyecto A} \quad 10\,000 \times 0.13587 = 1\,359$$

$$\text{Proyecto B} \quad 7\,000 \times 0.13587 = 951$$

El costo total anual será:

$$\text{Proyecto A} : 1\,359 + 3\,000 = 4\,359$$

$$\text{Proyecto B} : 951 + 3\,500 = 4\,451$$

Si ambos proyectos producen la misma cantidad y calidad de cosas, resultará que el proyecto B es más caro.

Cuando al final de la vida útil se recupera una parte "L" de la inversión fija, la fórmula del costo equivalente anual es:

$$R = (P - L) \times f.r.o. + L \times i$$

2.- Valor actualizado-

Para poder hacer homogéneos los valores en términos de denominación anual, se puede hacer en términos de inversión inicial, reduciendo todos los pagos anuales al equivalente de un solo pago, efectuado junto con la inversión. En este caso las fórmulas descuentan los valores futuros, permitiendo sumar los costos de la inversión con todos los costos anuales. Dada una serie de valores periódicos de  $n$  términos y un tipo de interés  $i$ , las fórmulas permiten calcular la inversión inicial equivalente. Desde luego, este proceso de actualización es el mismo que se aplica también a los ingresos. Despejando el valor inicial en la fórmula anteriormente vista queda:

$$P = \frac{R}{f.r.c.} = R \times (f.a)$$

O sea que el recíproco del factor de recuperación del capital es el factor de actualización. Esta expresión se utilizará para obtener el valor inicial equivalente de una serie de valores anuales iguales; pero si no todos los valores son iguales, se puede aplicar la expresión:

$$P = \frac{R}{(1 + i)^t}$$

En donde  $R$  es una cantidad en el año  $t$  y  $P$  es el valor inicial equivalente de esa cantidad a una tasa de interés  $i$ .

Ejemplo.- Supongamos los mismos dos proyectos A y B del ejemplo anterior, pero ahora deseamos actualizar los datos.

El factor de actualización de la serie a 10 años y 6% de interés es 7.36, por lo que el valor inicial equivalente de los costos anuales es:

Proyecto A:  $7.36 \times 3\ 000 = 22\ 080$

Proyecto B:  $7.36 \times 3\ 500 = 25\ 760$

Por lo que el costo actualizado total será de:

Proyecto A:  $10\ 000 + 22\ 080 = 32\ 080$

Proyecto B:  $7\ 000 + 25\ 760 = 32\ 760$

## VII ASIGNACIÓN DE VALORES

### Precios de Mercado y Costos Sociales.-

El precio de mercado sería representativo del valor real de los bienes y servicios, si funcionaran libremente las leyes de la oferta y la demanda, en condiciones de competencia perfecta, ocupación plena de todos los recursos y completa movilidad de los factores. Si por interferencias, trabas ó reglamentaciones de cualquier orden no se cumplen estas condiciones, el sistema de precios estará deformado. De ahí que se considere necesario corregir los precios de mercado para obtener el llamado costo social de los factores.

Las modificaciones fundamentales que se han propuesto hacer a los precios de mercado, se podrían agrupar en dos grandes tipos que no se excluyen entre sí. Unas consisten en eliminar de dichos precios las influencias de impuestos y subsidios y las otras en emplear los llamados "costos de oportunidad". El costo de oportunidad de un recurso requerido por un proyecto, es el valor imputable a este recurso, de lo que se dejaría de producir en otra actividad en la que se podría utilizar y de la que se le sustraería para emplearlo en el proyecto.

## VII EFECTOS INDIRECTOS

Cada proyecto establece una cadena de reacciones que tendrá siempre efectos cuantitativos de amplio radio de acción. Si se dispusiera de un cuadro muy detallado de insumo-producto, cabría utilizarlo para estimar las consecuencias finales de la introducción de tal o cual alteración representada por un proyecto dado. Pero en la generalidad de los casos, no se contará con tales cuadros. La alternativa está en realizar algún tipo de estimaciones que aún no siendo perfectas, sean por lo menos mejores que las que se obtienen al considerar sólo los efectos directos.

La cuantía de los efectos indirectos en la evaluación social del proyecto, tanto en cuanto a beneficios, como a recursos empleados, variará según el tipo de proyecto de que se trate. En general, los proyectos destinados a producir servicios básicos para la producción, se justificarán por sus efectos en el resto de la economía, mas bien que por los resultados del proyecto mismo. Consideraciones similares pueden ser también válidas en cuanto al servicio de transportes.

## VIII CRITERIOS DEL EMPRESARIATO PRIVADO

### 1.- La Rentabilidad.-

El empresario privado juzga los méritos de un proyecto, esencialmente en términos de las utilidades que produciría y ese es, en consecuencia, el rubro del cual le interesa lograr un máximo. Por otra parte, todos los recursos que pondría en juego para obtener estas utilidades, los reduce al común denominador de unidades de capital, rubro que le interesa reducir al mínimo compatible con los requisitos del proyecto. En este caso se utiliza lo que se llama rentabilidad del proyecto y se suele expresar como el porcentaje que representan las utilidades anuales, respecto al capital empleado para obtenerlas.

Aunque el concepto de rentabilidad es claro, la medición de su coeficiente se presta a ambigüedades derivadas de la distinta manera de definir el capital y las utilidades. Así, en cuanto a capital puede distinguirse por una parte, entre capital fijo y circulante, y por otra, entre capital propio y créditos de diverso tipo. En cuanto a utilidades, el cálculo dará resultados distintos según como se consideren la depreciación y los intereses.

El hecho de que la forma de financiamiento afecte la rentabilidad, es precisamente lo que hace posible emplear la política crediticia como un medio eficaz para hacer atractiva una inversión dada.

El cálculo de la rentabilidad se puede plantear determinando la tasa de interés con la cual se obtiene la equivalencia financiera entre una serie de valores anuales y un capital dado. Los valores anuales que se consideran son las utilidades brutas, es decir, las que se computan sin costos por depreciación y que se les puede llamar también ingresos netos, por ser la diferencia entre los ingresos y costos anuales de producción. A esta tasa de interés se le llama rentabilidad por equivalencia. Su cálculo tiene la ventaja de que elimina algunas de las ambigüedades señaladas y evita la necesidad de adoptar en los costos una tasa convencional de interés por el uso de capital.

Ejemplo.- Supóngase que la inversión inicial en un proyecto de 20 años de vida es 10 000, que los ingresos iguales anuales son 20 000 y que los egresos, excluidos depreciación e intereses son 19 000 todos los años. ¿Cuál es la rentabilidad de la inversión inicial?

Llamando ingresos netos a la diferencia entre ingresos y egresos anuales, su valor sería de 1 000 al año. El problema consiste en determinar la tasa que hace equivalentes 20 anualidades de 1 000 con una inversión inicial de 10 000.

Aplicando las expresiones de factor de actualización y de recuperación del capital se tiene:

$$f.a. = \frac{10\ 000}{1\ 000} = 10$$

$$r.r.o. = \frac{1\ 000}{10\ 000} = 0.10$$

Para 20 años, el factor de actualización vale 10.594 con  $i = 7\%$  y 9.818 con  $i = 8\%$ , por lo que interpolando llegamos a  $i = 7.76\%$  que es la rentabilidad por equivalencia de la inversión.

El cálculo anterior es sencillo, debido a que los valores anuales de ingresos y egresos se suponen iguales. Cuando no lo son, la tasa de interés para la equivalencia se calcula por procedimientos de actualización angular, que consisten en actualizar a distintas tasas de interés, cada uno de los valores anuales obtenidos como diferencia entre los ingresos netos y los intereses correspondientes al capital circulante. Sumados estos valores actualizados, se comparan con la inversión inicial y se determina también por aproximaciones sucesivas e interpolación, la tasa de interés para la cual la suma es exactamente igual a la inversión.

## 2.- La Velocidad de Rotación del Capital.-

Este coeficiente se obtiene como cociente entre el valor bruto anual de la producción de la empresa y el capital. El coeficiente es solo de evaluación parcial, porque al empresario le interesa el máximo de utilidades; pero la velocidad de rotación del capital es un índice significativo, por revelar la cifra de negocios que se puede alcanzar con una inversión dada, que es también el reflejo indirecto de sus posibles utilidades. El valor recíproco de este coeficiente es una de las expresiones cuantitativas empleadas para medir la intensidad de capital de un proyecto.

## X CRITERIOS SOCIALES DE EVALUACION

### 1.- La Relación Producto-Capital:

Así como la rentabilidad mide la productividad del capital en términos -- que interesan principalmente al empresario privado (utilidades), la relación entre el valor agregado al producto nacional y el capital expresa la productividad de este último en un sentido social.

Se llama "valor agregado" a la diferencia entre el valor de venta de la -- producción estimada en el proyecto y las compras que se deben hacer a -- otras empresas para obtener esa producción (materias primas, energía, lubricantes, repuestos, etc). El valor agregado es numéricamente igual a la suma de sueldos, salarios, arriendos, intereses y utilidades de la empresa; con respecto a la depreciación y a los impuestos indirectos, el valor agregado puede ser neto ó bruto y valorado a costo de los factores o a precios de mercado. Es neto si excluye la depreciación y es a costo de factores -- si excluye la tributación indirecta ó los subsidios.

En el cálculo del capital se suelen incluir las inversiones en existencias, que en algunos casos pueden adquirir especial importancia.

La productividad del capital en términos de valor agregado directo no ofrece grandes ventajas como criterio exclusivo de evaluación. Así lo demuestra el caso de los proyectos que producen servicios tales como energía -- eléctrica y transportes, generalmente de bajo valor agregado directo, pero de gran trascendencia indirecta. Si se empleara el criterio directo quedarían descartados de una lista de prelación, siendo que suelen tener alta prioridad. De ahí que tenga importancia considerar la relación producto -- capital, teniendo en cuenta los efectos directos e indirectos.

## 2.- Ocupación por Unidad de Capital.-

Siempre será interesante consignar en el proyecto las repercusiones que - este tendrá en cuanto a ocupación, principalmente si existen problemas especiales de desocupación. La cantidad de personal que se logre ocupar por unidad de capital, puede pasar a ser un coeficiente de alta ponderación.

Este coeficiente de ocupación, como podría designársele, se obtendrá dividiendo el número de personas empleadas por el proyecto entre el capital total que el mismo requiere. La valoración social del capital invertido será aquí especialmente interesante, pues si hay desocupación disminuirá el denominador sin afectar al numerador, mejorando mucho el coeficiente. La valoración a precios de mercado será también indispensable, para abordar - el problema del financiamiento.

Conviene recordar a este respecto, los distintos tipos de mano de obra que los proyectos requieren, pues en general puede ser no calificada la disponible, de ahí que pueda ser útil computar por unidad de capital, los coeficientes de ocupación de mano de obra no calificada.

La ocupación de personal en un determinado sector, contribuirá a crear nuevas fuentes de trabajo. En una situación de desocupación, esos efectos indirectos pueden ser muy importantes por lo que convendrá estimarlos aunque su medición envuelva dificultades prácticas y conceptuales.

## 3.- El Factor Divisas.-

Un proyecto puede ser consumidor o productor neto de divisas, según que - el balance final de divisas insumidas y divisas liberadas por sustitución de importaciones ó incremento en las exportaciones, de un saldo negativo ó positivo. Se llama efecto positivo de divisas a la cuantía de moneda ex-

trajera que el proyecto permite liberar por sustitución de importaciones o por mayores exportaciones. El efecto negativo del proyecto estará representado por la cuantía de las divisas requeridas para su instalación, operación y mantenimiento. El efecto neto será la diferencia entre los efectos positivo y negativo.

Un coeficiente sencillo para evaluar el proyecto en cuanto a divisas se obtendría dividiendo el efecto neto anual en divisas entre la componente de divisas de la inversión que requiere el proyecto, o sea, que es una especie de relación producto-capital, pero referida sólo a la moneda extranjera que interese.

#### 4.- ~~Gestorno~~=Beneficio=Costo

Al comentar el criterio de rentabilidad del capital, se vió que este se aplicaba porque da una mayor importancia a lo que le interesa al empresario: las utilidades por unidad de capital empleado en la empresa; sin embargo, desde un punto de vista social, puede interesar mas bien lograr el máximo de la producción total (no sólo de las utilidades), con el mínimo del complejo de recursos empleados (no sólo del capital). A este coeficiente se le llama beneficios-costos y se expresa por el cociente obtenido al dividir el valor de la producción entre los costos totales involucrados.

A continuación se presenta un ejemplo tomando en cuenta sólo los efectos indirectos y valorando a precios de mercado.

	Proy. A	Proy. B
Inversión Total Fija	2 000	2 000
Valor de la Producción Anual (ingresos)	1 000	1 250

	Proy. A	Proy. B
Costos de Producción Anual (funcionamiento, conservación, impuestos, seguros)	550	800
Costo Equivalente Anual de La Inversión Fija (Al 6% de interes)	271	271
Costo Equivalente Anual Total	821	1 071
Beneficios-Costos	1.22	1.17

El cálculo de este coeficiente basándose solo en los beneficios y costos directos del proyecto y valorados a precios de mercado, no conducirá a una evaluación que refleje en forma adecuada la mejor conveniencia social.

Si pensamos en proyectos con elevado cociente de beneficios-costos directos que a simple vista revelan no tener prioridad social, como los correspondientes a la elaboración de artículos suntuarios en un país con limitaciones de capital, puede tener excelentes utilidades sin que sea beneficioso para la comunidad.

En cambio proyectos como caminos, agua potable, alcantarillado, etc., suelen acusar una baja tasa de beneficios-costos directos; sin embargo, los beneficios más importantes son indirectos, debido a que facilitan la producción de otros sectores de la economía.

En este último tipo de proyectos se acostumbra trabajar con los beneficios directos e indirectos provocados cada año de la vida útil y con los costos sociales anuales involucrados, con la cual se obtiene un cociente de beneficios-costos al dividir la suma actualizada de los beneficios entre la su

ma actualizada de los costos, cociente que debe ser mayor que la unidad — para considerar atractiva la inversión.

En ocasiones se acostumbra definir otro índice no en forma de cociente sino de diferencia entre la suma de beneficios actualizados y la suma de costos actualizados a la que se le llama beneficio neto actualizado y que deberá ser positiva para que la inversión sea atractiva.

En todos estos cálculos, interviene una tasa de actualización que desde el punto de vista social difiere de la tasa de interés (valor del dinero), ya que aquella se establece de manera de asegurar que las inversiones consideradas no tengan un mejor empleo en otro sector de la economía.

Es necesario considerar, que la tasa de actualización constituye un medio para tener en cuenta el deseo del país de obtener resultados rápidos, o al contrario, de sacrificar los resultados obtenidos en los primeros años para beneficiar a las generaciones futuras. Una tasa de actualización elevada favorece a los proyectos que generan beneficios a corto plazo, mientras que una tasa baja conduce a aceptar proyectos con beneficios importantes, a largo plazo.

Otro indicador llamado coeficiente de rentabilidad inmediato se obtiene — dividiendo los beneficios en el primer año de operación del proyecto, entre la suma de costos actualizados. La importancia de este indicador es — que permite determinar el año óptimo de puesta en servicio de un proyecto, siendo el año en el cual el coeficiente de rentabilidad inmediata es igual a la tasa de actualización, siempre y cuando la serie de beneficios sea — creciente con el tiempo. Para evitar el tener que seleccionar una tasa de actualización en ocasiones se suele utilizar la llamada tasa interna de — rendimiento, que no es más que la tasa a la que hay que actualizar los beneficios y los costos, de manera que su suma sea igual considerando el horizonte económico o la vida útil del proyecto. Esta tasa se obtiene por — aproximaciones sucesivas y deberá ser mayor a la de actualización para que el proyecto sea atractivo.

Ejemplo.- Supongamos un proyecto cuya vida útil sea de 5 años a partir de su puesta en operación y que la inversión inicial sea de 10 000 realizada en un año. Los beneficios anuales directos e indirectos y los costos anuales correspondientes a operación, conservación, etc. se muestran en el siguiente cuadro.

<u>Año</u>	<u>Gastos</u>	<u>Beneficios</u>
0	-	-
1	10 000	-
2	500	1 000
3	550	1 800
4	590	2 700
5	620	6 000
6	650	8 500

Considerando una tasa de actualización del 12% y actualizando al año 0 los beneficios y los costos mediante la expresión:

$$b_0 = \frac{b_n}{(1+i)^n}$$

en donde i es la tasa de actualización.

<u>Año</u>	<u>Factor de Actualización</u>	<u>Gastos Actualizados</u>	<u>Beneficios Actualizados</u>
0	1	-	-
1	0.89	8 900	-
2	0.79	395	790
3	0.71	390	1 273
4	0.64	377	1 728
5	0.57	353	3 420
6	0.51	332	4 335
<hr/>			
S U M A S		10 747	11 551

Relación beneficios-costos  $11\ 551/10\ 747 = 1.07$  (mayor que 1)  
Beneficio neto actualizado  $11\ 551 - 10\ 747 = 804$  (mayor que 0)  
Coeficiente de rentabilidad inmediata  $= \frac{1\ 000}{10\ 747} = 0.093$  (9.3%)

Para obtener la tasa interna de rendimiento se repetiría el mismo cálculo anterior variando la tasa de actualización, hasta obtener la misma suma de beneficios actualizados y costos actualizados.

## XI CRITERIOS MIXTOS.

Los criterios mixtos consisten en evaluar los proyectos utilizando diversos criterios parciales de los ya mencionados y después en función de las importancias relativas de estos criterios ponderarlos cualitativamente o si es posible cuantitativamente, ya sea para llegar a un coeficiente único que permita establecer las prelacións, o para establecerlas a partir de consideraciones subjetivas. La principal dificultad en este tipo de criterios consiste en determinar la forma de combinar y ponderar los criterios parciales de evaluación, para llegar a un índice final que permita establecer las ordenes relativas de prioridad de diferentes proyectos.

## XII ORDENES DE PRELACION

Ya sea a partir de los criterios mixtos, o utilizando el coeficiente de evaluación mas conveniente según el caso, se establecen los ordenes de prelación para indicar los proyectos desde el más ventajoso hasta el menos ventajoso. Este orden de prioridad permitirá seleccionar los proyectos a realizar, ya que como los recursos no son ilimitados, no se podrán realizar todos los proyectos cuyo índice de evaluación indique que es bueno, sino solamente aquellos que tengan la mayor prioridad después de considerar también los aspectos sociales y políticos.

La programación matemática puede ser de gran ayuda para determinar la combinación óptima de proyectos a realizar, teniendo en cuenta las restricciones de recursos que puedan existir y algunas otras limitaciones en cuanto a divisas, mano de obra desocupada, etc, de manera de lograr el máximo del objetivo buscado que puede ser el beneficio neto actualizado, o las utilidades, etc.

نقد  
نقد

### FINANCIAMIENTO Y ORGANIZACIÓN

Para llevar a cabo un proyecto, es necesario establecer como será financiado y como se estructurará la entidad responsable de su ejecución. Es preciso concebir una empresa determinada que cuente efectiva ó virtualmente con los fondos de financiamiento, realice las obras proyectadas y dirija las faenas de producción.

La experiencia muestra que son pocos todos los esfuerzos que se hagan por prever y resolver los problemas que se pudieran presentar en este período de transición. La nueva organización tendrá que hacer frente a cuestiones de orden legal, contratar personal técnico y administrativo, redactar estatutos y terminar los estudios para llegar a la etapa de proyecto final.

Las cuestiones relativas al financiamiento, están muy relacionadas con las de la organización de la empresa. Si por ejemplo, se decide que el capital sea aportado en forma de acciones, ello implica tomar una decisión no solo en cuanto a la forma de financiamiento, sino también en lo que se refiere a la estructura social de la empresa.

En términos generales, no se justificará realizar en forma minuciosa estudios relativos a la organización y financiamiento, si previamente no se ha resuelto llevar adelante la iniciativa. Sin embargo, la calificación de un proyecto y la decisión de realizarlo pueden a veces estar relacionadas con determinadas cuestiones legales, financieras o administrativas. Tal sería el caso de los proyectos que necesiten expropiaciones,

el de los que suponen problemas especiales vinculados con la localización ó con el uso de ciertas patentes, etc.

Por otra parte, las limitaciones financieras pueden constituir un factor importante, en la determinación de otros aspectos del proyecto como financiamiento se deberá considerar simultáneamente con el resto del proyecto y no después.

Los recursos para el financiamiento de proyectos, provienen de dos fuentes generales: i) Las utilidades no distribuidas, las reservas de depreciación o de otro tipo, a las que se engloba bajo el nombre de "fuentes internas" de las empresas y ii) El mercado de capitales y los bancos que constituyen las llamadas "fuentes externas". Ambas se relacionan entre si, pues cuando las utilidades no distribuidas y las reservas de depreciación no se reinvierten en la propia empresa, pueden afluir al mercado de capitales y establecer una demanda de otros títulos y valores. Las fuentes internas de ciertas empresas, pasan de esta manera a ser fuentes externas de otras.

Los proyectos del sector público se financiarán con los saldos positivos de la cuenta corriente de este sector y con los préstamos obtenidos del sector privado local o de fuentes externas. Como el superávit provendrá esencialmente de impuestos pagados por la comunidad, la formación de este ahorro se habrá logrado principalmente a través del sistema impositivo. Naturalmente, la asignación de fondos para inversiones específicas será resuelta por decisión gubernamental, y dichas inversiones se podrán realizar a través de entidades fiscales. Así pues, el problema de obtener y asignar recursos para proyectos del sector público, está estrechamente ligado con la política fiscal y con las finalidades del programa.

ix) RESUMEN Y PRESENTACION DEL PROYECTO

Los funcionarios ejecutivos de alta jerarquía, a los que les corresponda tomar decisiones u opinar sobre proyectos tendrá en general poco tiempo para revisar todo el material que se somete a su consideración, y algunas veces no podrán apreciarse los detalles técnicos de los estudios. Conviene pues, resumir el proyecto para facilitar la formación de un juicio global acerca de él, sin necesidad de estudiarlo en todas sus partes.

La presentación de las materias que componen un proyecto, se puede hacer de varias maneras igualmente satisfactorias. El orden y la forma de presentación dependerán de la preferencia personal del proyectista, de la índole del proyecto, etc., sin embargo una forma aceptable puede ser siguiendo el orden marcado en este trabajo, empezando por un resumen de todos los capítulos y procurando no recargar el texto con todos los detalles, razonamientos, estadísticas, análisis y estudios parciales que pueden haber sido necesarios para llegar a determinadas conclusiones, sino distinguir las materias que son imprescindibles en cuanto a contenido y coherencia, de aquellas otras que son accesorias, reservando estas últimas para anexos o apéndices.

10) Ejemplos.-

Obtener las equivalencias financieras de \$ 10 000 en el año o para las siguientes cuatro modalidades de pago, considerando un interés del 6% anual, y un plazo de 10 años para la amortización.

- a) Si se pagan los intereses al final de cada año y se amortizan los \$ 10 000 de una sola vez al final de los 10 años.

En cada uno de los primeros 9 años, se pagarán únicamente 600 correspondientes a los intereses anuales, o sea 5 400 y en el último

año se pagaran 10 600, correspondientes a la amortización y a los intereses del último año, por lo que los \$ 10 000 del año 0 son equivalentes a \$ 16 000 pagados en la forma expuesta.

b) Amortizando \$ 1 000 cada año, y pagando el interés por el saldo del capital no amortizado

<u>Fin del año</u>	<u>Adeudo</u>	<u>Amortización</u>	<u>Intereses</u>	<u>Pago anual total</u>
0	10 000	-	-	-
1	9 000	1 000	600	1 600
2	8 000	1 000	540	1 540
3	7 000	1 000	480	1 480
4	6 000	1 000	420	1 420
5	5 000	1 000	360	1 360
6	4 000	1 000	300	1 300
7	3 000	1 000	240	1 240
8	2 000	1 000	180	1 180
9	1 000	1 000	120	1 120
10	0	1 000	60	1 060
<hr/>				
T o t a l		10 000	3 300	13 300

o sea, que los \$ 10 000 iniciales son equivalentes a los \$13 300 pagados en la forma indicada.

c) Pagando una cuota anual por intereses y amortizaciones, de tal manera que la suma de ambas sea igual cada año.

Para esto, calculamos el factor de recuperación de capital, para  $i=6\%$  y  $n=10$  años y se obtiene  $f.r.c.=0.135868$ , por lo que las cuotas anuales equivalentes serán de 1358.68. Como el primer año se pagarán de intereses \$ 600, la amortización será de 758.68, por lo que el saldo para el siguiente año será de 9 241.32, al cual se le-

Obtendrá el 6% para determinar los intereses en el segundo año y — por diferencia obtener la cuota de amortización.

En el siguiente cuadro se puede observar, que la cuota de amortización es cada año mas alta, mientras que la de intereses cada año — mas baja.

<u>Fin del Año</u>	<u>Adeudo</u>	<u>Amortización</u>	<u>Intereses</u>	<u>Cuota Anual Total</u>
0	10 000	-	-	-
1	9 241.32	758.68	600.00	1 358.68
2	8 437.12	804.20	554.48	1 358.68
3	7 584.67	852.45	506.23	1 358.68
4	6 681.07	903.60	455.08	1 358.68
5	5 723.25	957.82	400.86	1 358.68
6	4 707.98	1 015.28	343.40	1 358.68
7	3 631.77	1 076.20	282.48	1 358.68
8	2 491.00	1 140.77	217.91	1 358.68
9	1 281.78	1 209.22	149.46	1 358.68
10	-	1 281.78	76.90	1 358.68
<b>T o t a l</b>		<b>10 000.00</b>	<b>3 586.80</b>	<b>13 586.80</b>

o sea, que los \$ 10 000 iniciales son equivalentes a \$ 13 586.80 pagados en la forma indicada.

Se puede observar que esta cantidad \$ 13 586.80 es bastante parecida a la del caso b) \$ 13 300; sin embargo para tasas de interés mas altas y mayor plazo, la diferencia entre los dos valores tiende a crecer.

a) Si se adopta una forma de pago, sin abonos intermedios, pagando al final de los 10 años de una sola vez el capital y los intereses compuestos se tendría:

$$C = 10\ 000 (1+i)^n = 10\ 000 (1.06)^{10} = 17\ 908.49$$

Estos \$ 17 908.49 pagados al final de los 10 años, son equivalentes a los \$ 10 000.00 iniciales.

Se puede deducir de lo anterior, que se pueden plantear infinitas combinaciones de amortización, que darán otras tantas sumas diferentes, todas ellas financieramente equivalentes, dados los plazos y la tasa de interés.

2.- Para las mismas cuatro consideraciones del ejemplo anterior, obtener las equivalencias financieras de los \$ 10 000, pero considerando ahora  $i=10\%$  y  $n=8$  años.

3.- Si para amortizar una inversión, se van a pagar 6 cuotas anuales iguales con valor de \$2 000.00 cada una, determinar el valor de la inversión inicial y lo correspondiente a pago de amortización e intereses en cada año, considerando una tasa de interés del 5%

El factor de actualización para 6 años y 5% de interés resulta ser 5.07462, por lo que la inversión inicial equivalente es:

$$I = 5.07462 \times 2\ 000 = \$ 10\ 151.38$$

Los intereses en el primer año =  $0.05 \times 10\ 151.38 = 507.57$  y la amortización en el primer año =  $2\ 000 - 507.46 = 1\ 492.43$  y el saldo para el siguiente año =  $10\ 149.24 - 1\ 492.54 = 8\ 658.95$ .

El cuadro completo es el siguiente:

Fin. del Año	Saldo	Amortización	Intereses	Cuota Anual
0	10 151.38	-	-	-
1	8 658.95	1 492.43	507.57	2 000.00
2	7 091.90	1 567.05	432.95	2 000.00
3	5 446.50	1 645.40	354.60	2 000.00
4	3 718.83	1 727.67	272.33	2 000.00
5	1 904.77	1 814.06	185.94	2 000.00
6		1 904.77	95.23	2 000.00
<b>T o t a l</b>		<b>10 151.38</b>	<b>1 848.62</b>	<b>12 000.00</b>

- 41- Si ahora se tuvieran 5 cuotas anuales iguales con valor de \$ 3 200.00 y considerando un interés del 9%, cual sería la inversión inicial -- equivalente.
- 51- Supóngase que en un proyecto se requieren \$ 1 600 millones en inversiones fijas, las cuales se realizarán de acuerdo con los programas -- de la siguiente manera:

Año	1	25 %
Año	2	50 %
Año	3	20 %
Año	4	5 %

Para tal fin, en el primer año de instalación se obtendrá un crédito por \$ 1 000 millones, para financiar el equipo importado, al 6% de -- interés anual sobre saldos insolutos y amortizable en 10 partes igua -- les, en otros tantos años a partir del segundo año del período de -- instalación. El resto de la inversión correspondiente a terrenos, -- obras civiles, instalaciones y equipos civiles, se financiará con -- capital propio.

A los aportes de capital propio se les imputará un 4% anual no acumu -- lable, durante el período de instalación.

Si las inversiones a base de capital extranjero y nacional son a --  
 igual ritmo, determinar el valor del capital fijo del proyecto, al --  
 comienzo del 5º año.

Calendario de Inversiones

Año	Componente Extranjera	Componente Nacional	T o t a l
1	250 000 000	150 000 000	400 000 000
2	500 000 000	300 000 000	800 000 000
3	200 000 000	120 000 000	320 000 000
4	50 000 000	30 000 000	80 000 000
<b>Totales</b>	<b>1 000 000 000</b>	<b>600 000 000</b>	<b>1 600 000 000</b>

Amortización e Intereses de la Deuda

Año	Deuda	Amortización	Intereses	T o t a l
1	1 000 000 000	-	60 000 000	60 000 000
2	1 000 000 000	100 000 000	60 000 000	160 000 000
3	900 000 000	100 000 000	54 000 000	154 000 000
4	800 000 000	100 000 000	48 000 000	148 000 000
<b>Total Intereses</b>			<b>222 000 000</b>	

Aportación de Capital Propio

Año	Inversión	Amortización e Intereses de la deuda	Subtotal	Intereses Imputables al Capital
1	150 000 000	60 000 000	210 000 000	33 600 000 (16%)
2	300 000 000	160 000 000	460 000 000	55 200 000 (12%)
3	120 000 000	154 000 000	274 000 000	21 920 000 (8%)
4	30 000 000	148 000 000	178 000 000	7 120 000 (4%)
Total Intereses Imputados				117 840 000

Capital fijo al comienzo del 5<sup>a</sup> año.

$$1 600 000 000 + 222 000 000 + 117 840 000 = 1 939 840 000$$

- 5.- Calcular el capital fijo del proyecto del ejemplo anterior al comienzo del 5<sup>a</sup> año, para los dos casos siguientes:
- a) Sin considerar intereses sobre las cuotas de amortización y
  - b) Considerando que los pagos de amortización e intereses de la deuda se realizan al término de los periodos contables.
- 7.- Determinar la inversión fija al año de puesta en marcha del proyecto, así como el valor del capital circulante del mismo, si se cuenta con los siguientes datos:

Trimestre	Equipo, edificio e instalaciones	Pagos Extraordinarios a Personal	Costos Organiz. Admón.	Ing. y Admón.	Gastos de puesta en marcha
1	90	—	—	10	—
2	100	—	—	—	—
3	100	—	—	—	—
4	90	—	—	—	—
5	100	—	—	30	—
6	—	—	—	30	—
7	100	10	10	—	—
8	—	10	10	10	80

ii) A las inversiones se les imputa un interés del 2% trimestral no acumulable.

iii) La composición de costos por unidad producida (en pesos) es la siguiente:

Materia prima	10
Materiales	2
Gastos varios	10
Sueldos y salarios	8
Amortización	2
Intereses	1

iv) La duración del proceso de elaboración es de 3 meses.

v) La capacidad de producción diaria es de 250 unidades.

vi) La existencia de materiales y materia prima en depósito deberá ser igual a la necesaria para la producción de 2 meses.

vii) El plazo de venta es de 30 días.

viii) El plazo de compra de materiales es de 15 días.

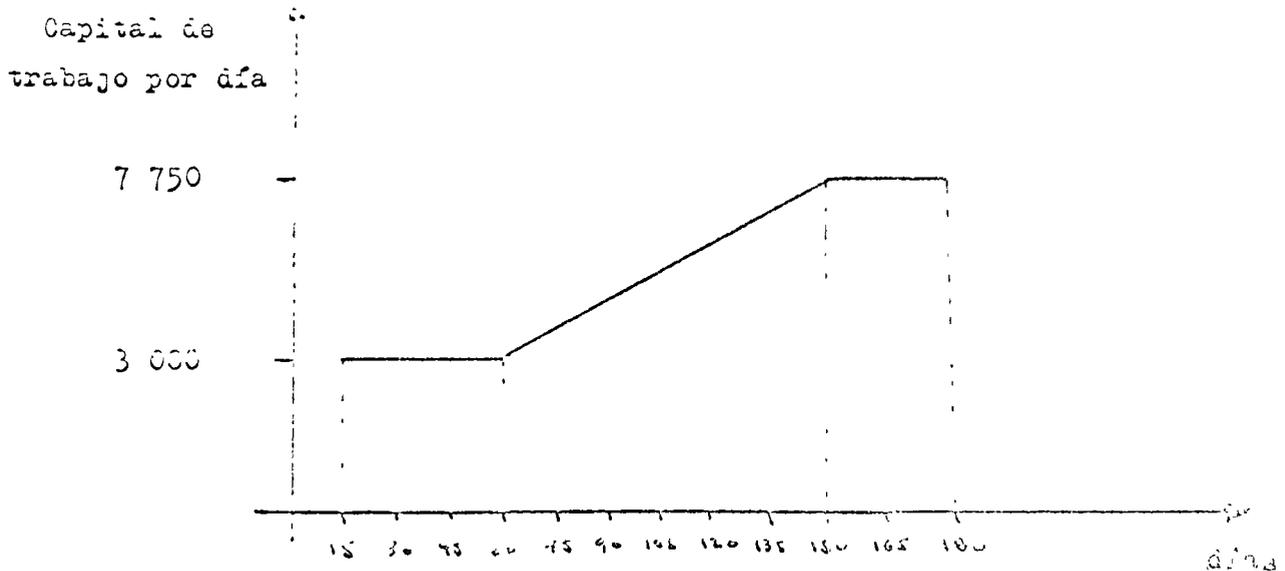
Capital fijo a la puesta en marcha

Trimestre	Inversión	Inventarios	Total
1	100	16 (16%)	116
2	100	14 (14%)	114
3	100	12 (12%)	112
4	90	9 (10%)	99
5	130	10.4 (8%)	140.4
6	30	1.8 (6%)	31.8
7	120	4.8 (4%)	124.8
8	110	2.2 (2%)	112.2
Capital Fijo			800.20

Cálculo del capital circulante

El capital circulante lo definiremos como su fuese inventario.  
 Materia prima y materiales  $(10+2) \times 250$  unidades/día = \$ 3 000/día.  
 Los gastos de producción, sin considerar la amortización son:

$$(10 + 2 + 10 + 8 + 1) \times 250 \text{ unidades/día} = \$7 750/\text{día}.$$

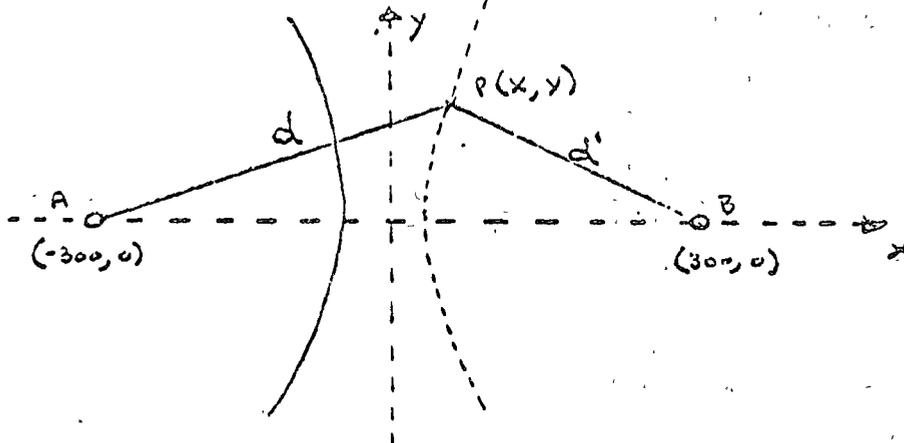


El capital circulante, será el área bajo la curva.

$$45 \times 3\,000 + (3\,000 + 7\,750) \times 90/2 + 7\,750 \times 30 = \\ = 135\,000 + 483\,750 + 232\,500 = \$ 851\,250$$

8.- Repetir el cálculo anterior; pero considerando ahora un interés de 1.5% trimestral acumulable y un período de elaboración de 2 meses.

9.- La distancia entre dos poblaciones es de 600 Km., en cada una de ellas existe un ingenio que produce azúcar de remolacha. El costo de producción en el primer ingenio es de \$ 4 840/Ton. y en el segundo \$ 4 688/Ton. Determinar el área de mercado de cada proyecto, suponiendo un flete uniforme de \$ 1.00/Ton.-Km.



El precio por tonelada de azúcar de remolacha en el punto P sería de:

$$\text{Llevada del punto A: } 4\,840 + d$$

$$\text{Llevada del punto B: } 4\,688 + d'$$

La condición para que P sea un punto de la frontera de las áreas de mercado de los dos proyectos, es que los precios en ese punto sean iguales, ya sea llevada desde el punto A o desde el punto B.

$$4\ 840 + \sqrt{(300+x)^2 + Y^2} = 4\ 688 + \sqrt{(300-x)^2 + Y^2}$$
$$\sqrt{(300+x)^2 + Y^2} = \sqrt{(300-x)^2 + Y^2} - 152$$

Elevado al cuadrado

$$(300+x)^2 + Y^2 = (300-x)^2 + Y^2 - 304 \sqrt{(300-x)^2 + Y^2} - 23\ 104$$
$$90\ 000 + 600x + x^2 = 90\ 000 - 600x + x^2 - 304 \sqrt{(300-x)^2 + Y^2} - 23\ 104$$
$$1\ 200x - 23\ 104 = 304 \sqrt{(300-x)^2 + Y^2}$$

Elevado al cuadrado nuevamente

$$1\ 440\ 000x^2 - 55\ 449\ 600x + 533\ 794\ 816 = 92\ 416 \sqrt{(90\ 000 - 600x + x^2) + Y^2}$$
$$1\ 440\ 000x^2 - 55\ 449\ 600x + 533\ 794\ 816 = 92\ 416x^2 - 55\ 449\ 600x + 8\ 317\ 440\ 000 +$$
$$+ 92\ 416 Y^2$$
$$1\ 347\ 584x^2 - 92\ 416 Y^2 = 7783\ 645\ 184$$

Finalmente:

$$\frac{x^2}{5\ 776} - \frac{Y^2}{84\ 224} = 1$$

Que es la ecuación de una hipérbola; aunque solo la rama cercana al punto A es la que tiene sentido.

2.2. Determinar el área de los proyectos del ejemplo anterior, pero ahora considerando tarifas diferenciales con las distancias del siguiente tipo:

<u>Distancia</u>	<u>Costo por toneladas (\$)</u>
100	88.00 /
200	122.00
300	159.00
400	184.00
500	210.00
600	231.00
700	247.00
800	263.00
900	280.00
1 000	295.00
1 100	312.00
1 200	328.00
1 300	344.00
1 400	353.00
1 500	366.00
1 600	379.00
1 700	392.00
1 800	405.00
1 900	418.00
2 000	431.00

Para kilometrajes intermedios, se interpola linealmente entre los extremos inferior y superior, así por ejemplo para 420 Km., el costo por tonelada sería  $184 + 0.20 (210 - 184) = 184 + 5.2 = 189.2$

Sugestión.- Los puntos de la frontera deberán cumplir con:

$$4\ 840 + f_a = 4\ 688 + f_b$$

o sea:  $f_b - f_a = 152$

Se puede suponer el  $f_d$  y obtener el  $f_p$ . Realizando esta operación - varias veces pueden quedar delimitadas en forma aproximada las áreas de mercado de cada proyecto.

1. Contando con los siguientes datos, determinar el coeficiente de elasticidad-ingreso del consumo de cemento.

<u>Concepto</u>	<u>1 9 6 2</u>	<u>1 9 6 7</u>
Ingreso Nacional (a precios constantes de 1950)	\$ 62 353 Millones	\$ 63 227 Millones
Población	16 519 120 Hab.	18 575 527 Hab.
Importación de cemento	435 343 Ton.	60 000 Ton.
Exportación de cemento	---	---
Existencias al comienzo del año	---	5 000 Ton.
Existencias al final del año	1 000 Ton.	705 Ton.
Producción de cemento	1 251 770 Ton.	1 659 321 Ton.

Consumos globales reales:

$$Q_{1962} = 1\,251\,770 + 435\,343 - 0\,000 = 1\,686\,113$$

$$Q_{1967} = 1\,659\,321 + 60\,000 + 5\,000 - 705 = 1\,723\,616$$

Consumo per cápita:

$$q_{1962} = \frac{1\,686\,113}{16\,519\,120} = 0.102 \text{ Ton/Hab.}$$

$$q_{1967} = \frac{1\,723\,616}{18\,575\,527} = 0.093 \text{ Ton/Hab.}$$

Ingreso per cápita:

$$y_{1962} = \frac{62\,353\,000\,000}{16\,519\,120} = \$ 3\,780/\text{Hab.}$$

$$y_{1967} = \frac{63\,227\,000\,000}{18\,575\,527} = \$ 3\,400/\text{Hab.}$$

Tasas de crecimiento:

$$\gamma_q = \frac{\Delta q}{q} = \frac{0.093 - 0.102}{0.102} = - 0.09$$

$$\gamma_y = \frac{\Delta y}{y} = \frac{3.400 - 3.780}{3.780} = - 0.10$$

Entonces

$$\epsilon_y(q) = \frac{-0.09}{-0.10} = + 0.9$$

2.12. Con los datos del ejemplo anterior, y considerando que en 1973 la población será de 23.000.000 habitantes y el ingreso per cápita será de \$ 4 000/Hab., determinar el posible consumo global de cemento.

Para el período de 1967 a 1973, las tasas de crecimiento son:

$$\gamma_y = \frac{4.000 - 3.400}{3.400} = \frac{600}{3.400} = 0.176$$

Por lo tanto:

$$\gamma_q = \epsilon_y(q) \times \gamma_y = 0.9 \times 0.176 = 0.158$$

Por lo que el consumo per cápita de cemento en 1973 será de:

$$q_{1973} = 1.158 \times 0.093 = 0.108 \text{ Ton/Hab.}$$

y el consumo global real en ese año será de:

$$Q_{1973} = 23.000.000 \text{ hab} \times 0.108 \text{ ton/hab} = 2.484.000 \text{ ton.}$$

43.- Consideremos dos ciudades A y B, las cuales estan ligadas por un camino pavimentado de 100 Km de longitud, en el cual los autom6viles - circulan a una velocidad media de 70 K/Hr., los autobuses a 65 K/Hr. y los camiones a 60 K/Hr. El tráfante actual es de 2 500 vehiculos- por día, de los cuales el 50% corresponde a autom6viles, el 15% a - autobuses y el 35% restante a camiones.

Se pretende estudiar un proyecto carretero entre los mismos puntos - A y B con mejores especificaciones y más corto, con objeto de disminuir los costos de transporte. De acuerdo al proyecto, los autom6vils - los podrán circular por este camino a una velocidad media de 90 K/Hr., los autobuses a 85 K/Hr. y los camiones a 70 K/Hr. La longitud de - este camino será de 70 Km y se espera que aproximadamente el 40% del tránsito se podrá desviar del camino antiguo al propuesto (dato obte- nido con ayuda de estudios de origen y destino)

El tránsito en el camino actual esta creciendo a una tasa del 8% - - anual y se espera que se mantenga hasta el primer año de operación - de la obra, a partir del cual se esperan incrementos del 10%, 12%, - 13%, 11%, 9% hasta volverse a estabilizar a 6% anual.

El costo horario por vehiculo y operadores se ha estimado en \$ 6.15 - para autom6viles, \$ 32.97 para autobuses y \$ 32.97 para camiones y - el costo de tracción por vehiculo-kil6metro se ha estimado en \$ 0.30 para autom6viles, \$ 0.54 para autobuses y \$ 0.73 para camiones.

Los costos considerados son los siguientes:

Inversión	\$	1 000 000/Km. a realizar en dos - años, en el primer año 40% y en el segundo 60%.
Conservación	\$	20 000/Km/año
Reconstrucción al año 9		90 000/Km.
Reconstrucción al año 16		150 000/Km.

Obtener la relación beneficios-costos del proyecto, considerando como ventajas los ahorros en tiempo de recorrido y los ahorros en depreciación por menor longitud que tendrán los usuarios durante un horizonte económico de 20 años de operación y considerando una tasa de actualización del 12% anual.

Cálculo del ahorro unitario

	Automóviles	Autobuses	Camiones
<b>Tiempo de recorrido</b>			
Camino actual	1.43 Es.	1.54 Es.	1.67 Es.
Camino propuesto	<u>0.78</u>	<u>0.82</u>	<u>1.00</u>
Ahorro	0.65	0.72	0.67
<b>Longitud</b>			
Camino actual	100 Km.	100 Km.	100 Km.
Camino propuesto	<u>70</u>	<u>70</u>	<u>70</u>
Ahorro	30	30	30
<b>Costos</b>			
Horario por vehículo y operadores	6.15	32.97	32.97
De tracción por vehículo-kilómetro	0.30	0.54	0.73
Composición del tránsito	0.50	0.15	0.35

Ahorro unitario anual por tiempo

Automóviles	$0.65 \times 6.15 \times 0.50 \times 365 =$	\$	729.55
Autobuses	$0.72 \times 32.97 \times 0.15 \times 365 =$		1 295.75
Camiones	$0.67 \times 32.97 \times 0.35 \times 365 =$		2 821.45
	Subtotal		<u>4 846.75</u>

Ahorro unitario anual por costos de tracción

Automóviles	$30 \times 0.30 \times 0.50 \times 365 =$	\$	1 642.50
Autobuses	$30 \times 0.54 \times 0.15 \times 365 =$		886.95
Camiones	$30 \times 0.73 \times 0.35 \times 365 =$		2 797.80
	Subtotal		<u>5 327.25</u>

Ahorro unitario anual \$ 10 174.00

Proyección del Tránsito y Beneficios  
(en miles de pesos)

<u>Año</u>	<u>Factor</u>	<u>Tránsito</u>	<u>Beneficios</u>	
0	1.00	1 000	—	
1	1.03	1 080	—	} Escapa de construcción
2	1.06	1 166	—	
3	1.08	1 259	12 809	} 1er. año de operación
4	1.10	1 385	14 090	
5	1.12	1 551	15 781	
6	1.13	1 753	17 835	
7	1.11	1 945	19 788	
8	1.09	2 120	21 569	
9	1.08	2 290	23 294	
10	1.08	2 473	25 158	
11	1.08	2 671	27 171	
12	1.08	2 885	29 344	
13	1.08	3 115	31 691	
14	1.08	3 364	34 226	
15	1.08	3 633	36 964	
16	1.08	3 924	39 921	
17	1.08	4 238	43 117	
18	1.08	4 577	46 566	
19	1.08	4 943	50 291	
20	1.08	5 338	54 314	
21	1.08	5 765	58 659	
22	1.08	6 226	63 343	

En lo que se refiere a costos se tendrá:

Inversión:	\$ 1 000 000/Km x 70 Km. =	\$ 70 000 000
	Año 1	28 000 000 (40%)
	Año 2	42 000 000 (60%)
Conservación anual	\$ 20 000 x 70 =	1 400 000
Reconstrucción al año 9	90 000 x 70 =	6 300 000
Reconstrucción al año 16	150 000 x 70 =	10 500 000

Determinación de la relación beneficios-costos  
(Miles de pesos)

Año	Factor Act.	Beneficios	Beneficios Act.	Costos	Costos Actualizados
0	1.00	---	---	---	---
1	1.12	---	---	28 000	25 000
2	1.25	---	---	42 000	33 600
3	1.40	12 809	9 149	1 400	1 000
4	1.57	14 090	8 974	1 400	892
5	1.76	15 781	8 966	1 400	795
6	1.97	17 835	9 053	1 400	711
7	2.21	19 788	8 954	1 400	633
8	2.47	21 569	8732	1 400	567
9	2.77	23 294	8 409	1 400	505
10	3.10	25 158	8 115	1 400	451
11	3.48	27 171	7 807	6 300	1 810
12	3.90	29 344	7 524	1 400	359
13	4.36	31 691	7 268	1 400	321
14	4.89	34 226	7 000	1 400	286
15	5.47	36 964	6 757	1 400	256
16	6.13	39 921	6 512	1 400	228
17	6.86	43 117	6 285	1 400	204
18	7.69	46 566	6 055	10 500	1 365
19	8.61	50 291	5 841	1 400	162
20	9.64	54 314	5 634	1 400	145
21	10.80	58 659	5 431	1 400	129
22	12.10	63 343	5 235	1 400	115
<b>S u m a s</b>			147 701		68 534

$$\text{Relación beneficios-costos} = \frac{147\ 701}{68\ 534} = 2.15 \quad (\text{mayor que } 1)$$

De esto se deduce que la obra es conveniente, ya que la relación es mayor que la unidad; sin embargo, deberá compararse con otras obras para saber su orden de prioridad.

$$\text{Beneficio neto actualizado} = 147\ 701\ 000 - 68\ 534\ 000 = \$ 79\ 167\ 000$$

Por tanteos puede calcularse la tasa interna de retorno, variando la tasa de actualización hasta igualar la suma de beneficios actualizados con la suma de costos actualizados.

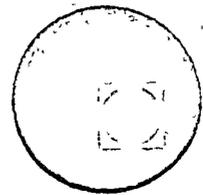
## B I B L I O G R A F I A

- 1 Manual de Proyectos de Desarrollo Económico.- Naciones Unidas.
- 2 Apuntes de la clase de Evaluación de Proyectos de la División de Estudios Superiores de la Facultad de Ingeniería de la -- U.N.A.M., impartida por el Ing. Alejandro González Cueto.
- 3 La Evaluación de Proyectos de Desarrollo Económico.- John A.- King. Banco Mundial. Editorial Tecnos.
- 4 Carreteras en los países en vía de desarrollo.- E. Odier.- Ed\_ torial Eyrolles.





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



ANALISIS DE INVERSIONES

---

-- EVALUACION DE PROYECTOS --

PROF: M. en I. FCO. ESCUTIA NAVARRO

# FINALIDAD DE LA ECONOMIA INTERINDUSTRIAL

①

- 1) ESTUDIA LAS INTERRELACIONES ENTRE PRODUCTORES  
COMO COMPRADORES DE PRODUCCIONES MUTUAS
- 2) COMO CONSUMIDORES DE RECURSOS ESCASOS
- 3) COMO VENEDORES A LOS CONSUMIDORES FINALES

SE OCUPA DEL ANALISIS CUANTITATIVO DE LA  
INTERDEPENDENCIA DE LAS UNIDADES DE PRODUCCION  
Y DE CONSUMO EN UNA ECONOMIA.

○

○

○

# USOS DE LA ECONOMIA

## INTERINDUSTRIAL

### 1) ANALISIS DE LA ESTRUCTURA ECONOMICA

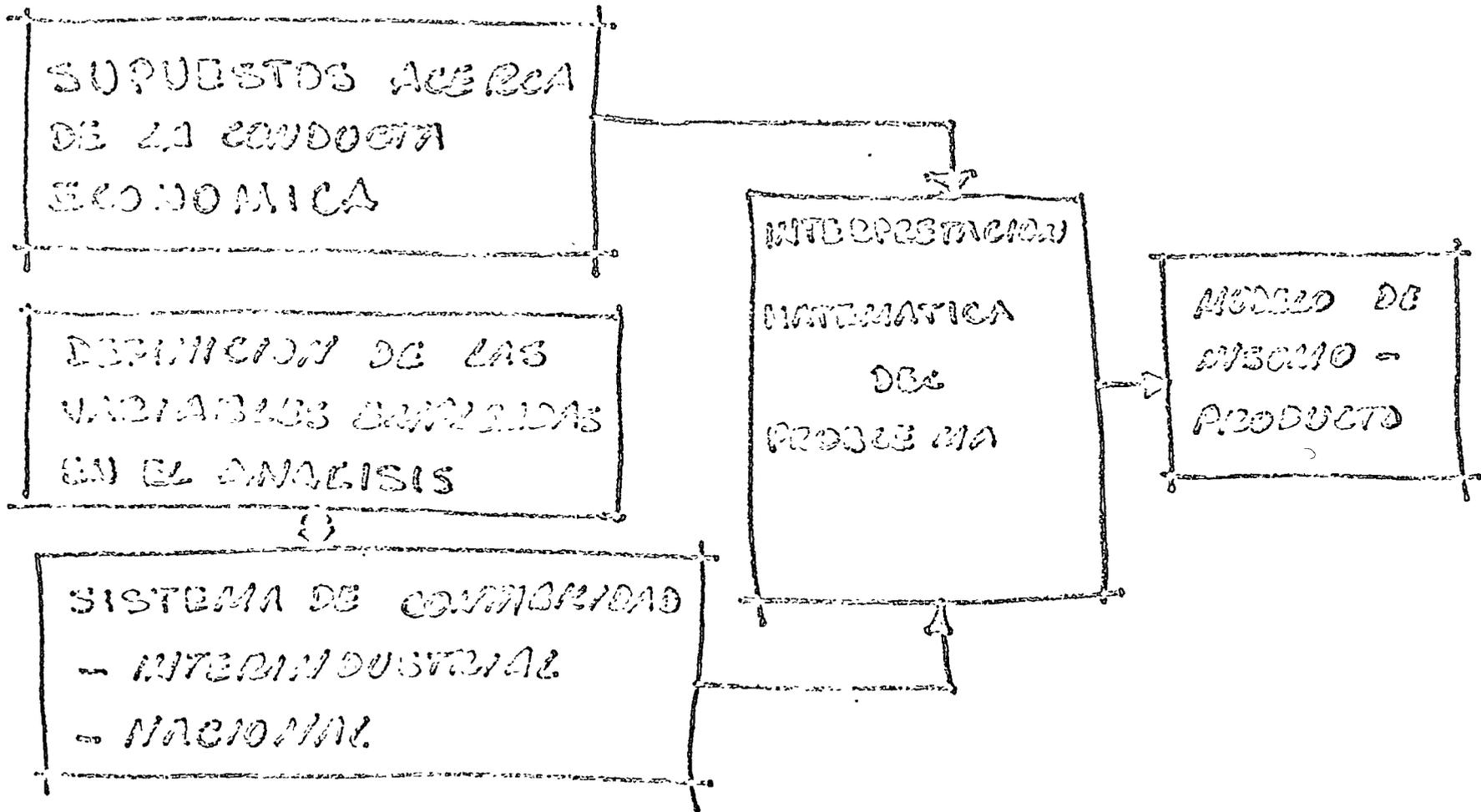
Ej: EFECTO DE UN INCREMENTO EN LAS EXPORTACIONES SOBRE UNA INDUSTRIA DADA O SOBRE UN FACTOR DE LA PRODUCCION.

### 2) FORMULACION DE PROGRAMAS DE ACCION

Ej: LAS POLITICAS RESTRICTIVAS DE LAS IMPORTACIONES O CON MIRAS A EXPANSIONAR LA PRODUCCION DE ACERO DEBE TENER EN CUENTA LAS NECESIDADES DE LOS SECTORES CONSUMIDORES DE ACERO

### 3) PREDICCION DE ACONTECIMIENTOS FUTUROS

# MODELO DE INSUMO-PRODUCTO <sup>③</sup>



# SUPOUESTOS ACERCA DE LA CONDUCTA ECONOMICA:

1) UN PRODUCTO DADO ES SUMINISTRADO POR  
UN SOLO SECTOR DE PRODUCCION

UN SOLO METODO DE PRODUCCION

UNA SOLA PRODUCCION PRIMARIA

2) LOS INSUMOS COMPRADOS POR CADA SECTOR  
SON UNA FUNCION LINEAL DEL NIVEL DE  
PRODUCCION

# CLASIFICACION DE LOS INSUMOS <sup>⑤</sup> Y LOS CONSUMOS

- 1) INSUMOS PRODUCIDOS : MERCANCIAS COMPRADAS A OTROS SECTORES PARA SER INCORPORADAS A LA PRODUCCION
- 2) INSUMOS PRIMARIOS : MERCANCIAS QUE NO SE PRODUCEN DENTRO DEL SISTEMA, ES EL VALOR ADICIONADO DE LA PRODUCCION
- 3) CONSUMO INTERMEDIO : MERCANCIAS VENDIDAS A OTROS SECTORES PARA SER INCORPORADAS A LA PRODUCCION
- 4) CONSUMO FINAL : MERCANCIAS VENDIDAS A OTROS SECTORES PARA SU EMPLEO ULTIMO

# EJ: CONTABILIDAD NACIONAL

SECTORES DE PRODUCC.	CONSUMO INTERMEDIO				CONSUMO FINAL				INVERSIONES	SUB-TOTAL	DISPO- NIBILIDAD BRUTA TOTAL	
	SECTORES DE CONSUMO INTERMEDIO				INTERNO							
	①	②	③	SUB TOT	C <sub>p</sub>	C <sub>g</sub>	I <sub>b</sub>	SUB TOT				
1 AGRICULTURAS	5	70	5	80	45	0	-10	35	20	105	105	
2 INDUSTRIAL	10	150	50	210	250	0	115	365	35	400	400	
3 SERVICIOS	35	120	35	190	125	75	10	210	5	215	215	
4 IMPORTACIONES	0	35	5	40	5	0	10	15	0	15	50	
Ⓐ SUB-TOTAL	50	375	95	520	425	75	105	605	60	665	665	
INGRESOS DE BIENES NACIONALES E IMPORTADOS				520	CONSUMO				605	INGRESO DE BIENES EXTRANJEROS		60
VALOR AÑADIDO BRUTO A PARTIR DE FACTORES				520	= VAB <sub>ABP</sub>				605	= PIB <sub>ABP</sub>		60
1 REMUNERACION AL TRABAJO	20	115	130	265								
2 REN. EMPRESAS Y CAPITAL	55	50	90	195								
3 REN. PRODUCCION	5	20	40	65								
Ⓑ IMP. INDIC - SUCCIOS	5	40	10	55								
PRODUCCION BRUTA TOTAL	100	310	115	525	= P <sub>BT</sub>							

Y<sub>NET</sub> = -15

# VALORES DE LA MATRIZ PARA EL SISTEMA DE VALORES

$$VAB_{acc} = RT + R_{exc} + PD = 315 + 195 + 65 = 575$$

$$VAB_{adm} = RT + R_{exc} + PD + (I-s) = 315 + 195 + 65 + 55 = 575 + 55 = 630$$

$$VAN_{acc} = RT + R_{exc} = 315 + 195 = 410$$

$$VAN_{adm} = RT + R_{exc} + (I-s) = 315 + 195 + 55 = 465$$

$$UI = \sum_i \sum_j X_{ij} = 530$$

$$UF = C_p + C_g + Ib + E = 685$$

$$DBT = UI + UF = 530 + 685 = 1215$$

$$DBT = R_{DBT} + M = 1160 + 55 = 1215$$

$$PBI_{adm} = C_p + C_g + E_b + (E-M) = 625 + (60 - 55) = 630$$

$$YBI_{adm} = RT + R_{exc} + PD + (I-s) = 315 + 195 + 65 + 55 = 630$$

# REQUISITOS DE LA MATRIZ \*

## \* PARA CONTABILIDAD NACIONAL

SEA  $Y_{nfe}$ : INGRESO DEL RESTO DEL MUNDO POR INTERVENIR EN LA PRODUCCION

$$RBN = C_p + C_g + I_b + (E - M) + Y_{nfe} = 425 + 75 + 125 + (60 - 55) - 15 = \\ = PBI + Y_{nfe} = 630 - 15 = 615$$

$$YBN_{ext} = RT + R_{ove} + PD + (E - S) + Y_{nfe} = 315 + 195 + 65 + 55 - 15 = \\ = YBI + Y_{nfe} = 630 - 15 = 615$$

$$Y = Y/N_{act} = P.T + REC + Y_{nfe} = 130 + 90 - 15 = 75 \text{ (ACTIVO NETO)}$$

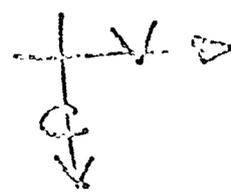
$$YPC = Y/N \quad \text{si } N = 10 \quad YPC = 7.5$$

$$SSE = (E - M) = 60 - 55 = 5$$

$$SBP = (E - M) + Y_{nfe} = 60 - 55 - 15 = -10$$

# SISTEMA DE CONTABILIDAD INTERINDUSTRIAL

	SECTORES DE COMRA												
	CONSUMO INTERMEDIO			CONSUMO INTERMEDIO TOTAL	CONSUMO FINAL					USO TOTAL DE OBRERA TOTAL	INVERSIONES	PRODUCCION	
	SECTOR	1 ...	j ...		n	INVERSION	CONSUMO	GASTOS	EXTRANC.				USO FINAL
SECTOR DE PRODUCCION	1	...	j	...	n	I <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	G <sub>i</sub>	E <sub>i</sub>	Y <sub>i</sub>	Z <sub>i</sub>	M <sub>i</sub>	X <sub>i</sub>
1	$X_{11} \dots X_{1j} \dots X_{1n}$	$U_1$	$I_1$	$C_1$	$G_1$	$E_1$	$Y_1$	$Z_1$	$M_1$	$X_1$			
...	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:			
2	$X_{21} \dots X_{2j} \dots X_{2n}$	$U_2$	$I_2$	$C_2$	$G_2$	$E_2$	$Y_2$	$Z_2$	$M_2$	$X_2$			
...	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:			
n	$X_{n1} \dots X_{nj} \dots X_{nn}$	$U_n$	$I_n$	$C_n$	$G_n$	$E_n$	$Y_n$	$Z_n$	$M_n$	$X_n$			
RECURSOS PRODUCIDOS TOTALES	$U_1$	$U_j$	$U_n$										
RECURSOS PRIMARIOS SIN ASIGNAR	$V_1$	$V_j$	$V_n$		$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V$	$V$		
PRODUCCION TOTAL	$X_1$	$X_j$	$X_n$		$I$	$C$	$G$	$E$	$Y$	$Z$			



# DEFINICION DE LAS VARIABLES EMPLEADAS EN EL ANALISIS INTERINDUSTRIAL

SUB  $i$  : SECTOR DE PRODUCCION (MERCANCIA  $i$ )

SUB  $j$  : SECTOR DE COMPRA

$X_{ij}$  : CANTIDAD DE MERCANCIA  $i$  CONSUMIDA POR EL SECTOR  $j$

$E_i$  : OFERTA TOTAL DE LA MERCANCIA  $i$

$X_i$  : PRODUCCION TOTAL DE LA MERCANCIA  $i$

$M_i$  : IMPORTACIONES DE LA MERCANCIA  $i$

$Y_i$  : DEMANDA FINAL DE LA MERCANCIA  $i$

$W_i$  : CONSUMO INTERMEDIO TOTAL DE LA MERCANCIA  $i$

$U_j$  : CONSUMO TOTAL DE INSUMOS PRODUCIDOS DEL SECTOR  $j$

$V_j$  : CONSUMO TOTAL DE INSUMOS PRIMARIOS DEL SECTOR  $j$

$X_j$  : PRODUCCION TOTAL DEL SECTOR  $j$

# MATRICES

1) MATRIZ ES UN ARREGLO DE NÚMEROS EN COLUMNAS Y  
FILAS:  
i FILAS  
j COLUMNAS

EJEMPLO  $[A] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}$  ES UNA MATRIZ CUADRADA DE  
ORDEN 2

EJEMPLO  $[B] = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \end{bmatrix}$  ES UNA MATRIZ HORIZONTAL

$[c] = \begin{bmatrix} c_{11} \\ c_{21} \end{bmatrix}$  ES UNA MATRIZ VERTICAL

2) OPERACIONES CON MATRICES

SUMA:  $A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}$ ;  $B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix}$ ;  $A+B = \begin{bmatrix} a_{11}+b_{11} & a_{12}+b_{12} \\ a_{21}+b_{21} & a_{22}+b_{22} \end{bmatrix}$

EJEMPLO:  $A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix}$ ;  $B = \begin{bmatrix} 4 & 3 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$ ;  $A+B = \begin{bmatrix} 5 & 5 \\ 5 & 5 \end{bmatrix}$

# MATRICIAS

MULTIPLICACION:  $A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}$ ;  $B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix}$

$$A \times B = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} + a_{12}b_{21} & a_{11}b_{12} + a_{12}b_{22} \\ a_{21}b_{11} + a_{22}b_{21} & a_{21}b_{12} + a_{22}b_{22} \end{bmatrix}$$

EJEMPLO:  $A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix}$ ;  $B = \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 2 & 2 \end{bmatrix}$ ;  $A \times B = \begin{bmatrix} (1 \cdot 3) + (2 \cdot 2) & (1 \cdot 1) + (2 \cdot 2) \\ (3 \cdot 3) + (4 \cdot 2) & (3 \cdot 1) + (4 \cdot 2) \end{bmatrix}$

$$A \times B = \begin{bmatrix} 7 & 5 \\ 14 & 11 \end{bmatrix}$$

3) MATRIZ UNITARIO O MATRIZ IDENTIDAD:

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

4) MATRIZ INVERSA: SEA  $A$ , SU INVERSA  $A^{-1}$  TAL QUE

$$A \times A^{-1} = I$$

CALCULO DE LA MATRIZ INVERSA DE A

$$A^{-1} = \frac{A^{adj}}{|A|} = \frac{[A_{co}]^T}{|A|}$$

EJEMPLO:  $A = \begin{bmatrix} 0.5 & -0.25 \\ -0.2 & 0.6 \end{bmatrix}$

$$A_{co} = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.2 \\ 0.25 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$[A_{co}]^T = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.25 \\ 0.2 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$|A| = (0.5)(0.6) - (-0.25)(-0.2) = 0.3 - 0.05 = 0.25$$

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} 0.6/0.25 & 0.25/0.25 \\ 0.2/0.25 & 0.50/0.25 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.4 & 1 \\ 0.8 & 2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0.5 & -0.25 \\ -0.2 & 0.6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2.4 & 1 \\ 0.8 & 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

# SOLUCION DE UN SISTEMA DE ECUACIONES LINEALES

---

SEA:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2$$

$\vdots$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m$$

M ECUACIONES  
M INCOGNITAS  
TERMINO INDEPENDIENTE PARA  
ALGUNA  $j, \neq 0$

MATRICIALMENTE:

$$\bar{x}_i [a_{ij}] = \bar{b}_i \quad \text{--- (1)}$$

SEA  $[a_{ij}]^{-1}$  LA MATRIZ INVERSA DE  $[a_{ij}]$

MULTIPLICANDO AMBOS MIEMBROS DE (1) POR  $[a_{ij}]^{-1}$ :

$$\bar{x}_i [a_{ij}] [a_{ij}]^{-1} = \bar{b}_i [a_{ij}]^{-1}$$

SOLUCION

$$\boxed{\bar{x}_i = \bar{b}_i [a_{ij}]^{-1}} *$$

# ANÁLISIS DE COSTO PARA

## TEORICO

SEC. PROD.	SEC. COMPRA		PROD. SEC.
	C. INICIAL	C. FINAL	
	1 2 ... n	$Y_i$	
1	$X_{11} X_{12} \dots X_{1n}$	$Y_1$	$X_1$
2	$X_{21} X_{22} \dots X_{2n}$	$Y_2$	$X_2$
...	...	...	...
n	$X_{n1} X_{n2} \dots X_{nn}$	$Y_n$	$X_n$
REVEN. PRODUC.	$U_1 U_2 \dots U_n$		
REVEN. PRIM.	$V_1 V_2 \dots V_n$		
REVEN. TOT.	$X_1 X_2 \dots X_n$		

$$\begin{aligned}
 X_1 &= X_{11} + X_{12} + \dots + X_{1n} = Y_1 \\
 X_2 &= X_{21} + X_{22} + \dots + X_{2n} = Y_2 \\
 &\vdots \\
 X_n &= X_{n1} + X_{n2} + \dots + X_{nn} = Y_n
 \end{aligned}$$

EL PROBLEMA CONSISTE EN DADO UN CONSUMO FINAL  $Y_i$  DETERMINAR LA PRODUCCION  $X_i$ . SE TIENE UN SISTEMA DE  $n^2 + n$  ECUACIONES CON  $n$  ECUACIONES.

## EJEMPLO

SEC. PROD.	SECT. COMPRA		Y <sub>i</sub>	X <sub>i</sub>
	C.S.	C.S.		
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>		
S <sub>1</sub>	5	5	0	10
S <sub>2</sub>	2	8	10	20
U <sub>i</sub>	7	13		
V <sub>i</sub>	3	7		
X <sub>i</sub>	10	20		

$$\begin{aligned}
 10 - 5 - 5 &= 0 \\
 20 - 2 - 8 &= 10
 \end{aligned}$$

COMO SE SUPUSO QUE LOS INSUMOS COMPRADOS POR CADA SECTOR SON UNA FUNCION LINEAL DEL NIVEL DE PRODUCCION SE TIENE QUE  $X_{ij} = a_{ij} X_j$  DONDE  $a_{ij}$  SE DENOMINA COEFICIENTE TECNICO, SE TIENE QUE

$$a_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j}$$

SUSTITUYENDO EN EL MODELO TEORICO SE TIENE QUE:

$$\begin{aligned}
 X_1 &= a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1n} X_n + Y_1 \\
 X_2 &= a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2n} X_n + Y_2 \\
 &\vdots \\
 X_n &= a_{n1} X_1 + a_{n2} X_2 + \dots + a_{nn} X_n + Y_n
 \end{aligned}$$

FACTORIZANDO:

$$\begin{aligned}
 X_1 (1 - a_{11}) - a_{12} X_2 - \dots - a_{1n} X_n &= Y_1 \\
 a_{21} X_1 - X_2 (1 - a_{22}) - \dots - a_{2n} X_n &= Y_2 \\
 &\vdots \\
 a_{n1} X_1 - a_{n2} X_2 - \dots - X_n (1 - a_{nn}) &= Y_n
 \end{aligned}$$

INTERCAMBIANDO MULTIPLICAMOS EL RESULTADO ANTERIOR:

$$\begin{bmatrix} (1-a_{11}) & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & (1-a_{22}) & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & (1-a_{nn}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$$

ES UN SISTEMA DE ECUACIONES LINEAL CON  $n$  ECUACIONES Y  $n$  INCOGNITAS.

$$\boxed{(I-A)X = Y} \quad \text{--- ①}$$

SOLUCIÓN:

MULTIPLICANDO ① POR  $(I-A)^{-1}$ :

$$(I-A)(I-A)^{-1}X = (I-A)^{-1}Y$$

$$IX = (I-A)^{-1}Y$$

$$\boxed{X = (I-A)^{-1}Y}$$

SOLUCIÓN

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A'_{11} & A'_{12} & \dots & A'_{1n} \\ A'_{21} & A'_{22} & \dots & A'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A'_{n1} & A'_{n2} & \dots & A'_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$$

CALCULO DE LOS COEFICIENTES TECNICOS :  $a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j}$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3/10 & 5/20 \\ 2/10 & 2/20 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.25 \\ 0.2 & 0.1 \end{bmatrix}$$

CALCULO DE  $(I-A)$ :

$$(I-A) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.3 & 0.25 \\ 0.2 & 0.1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.7 & -0.25 \\ -0.2 & 0.9 \end{bmatrix}$$

CALCULO DE  $(I-A)^{-1}$ :

$$(I-A)^{-1} = \begin{bmatrix} 2.4 & 1 \\ 0.8 & 2 \end{bmatrix}$$

APLICANDO LA ECUACION SOLUCION  $x = (I-A)^{-1}y$  SE TIENE:

$$x = \begin{bmatrix} 2.4 & 1 \\ 0.8 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 10 \\ 20 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 24 \\ 18 \end{bmatrix}$$

SOLUCION:

SECTORES DE PRODUCCION	SECTORES DE COMPRAS		PRODUCCION
	U1	U2	
	S1	S2	Yi
S1	22.0	12.0	10
S2	8.8	19.2	20
Uj	30.8	31.2	
Vj	13.2	16.8	
Xj	44.0	48.0	

DONDE LOS NUEVOS  $X_{ij}$  SE CALCULAN COMO:  $X_{ij} = a_{ij} X_i$

$$X_{11} = 0.5 \times 44 = 22$$

Y LOS  $V_j$  SE CALCULAN COMO:  $V_j = X_j - U_j$

$$V_1 = 44.0 - 30.8 = 13.2$$

# DEMANDA FINAL E INSUMOS PRIMARIOS

SE DEBEA ELIMINAR DEL SISTEMA LOS NIVELES DE PRODUCCIÓN Y TRADUCIR CUALQUIER COMPONENTE DE LA DEMANDA FINAL EN DEMANDA DE INSUMOS PRIMARIOS O ESTA PUEDA SER DETERMINADA COMO FUNCION DE LAS COMPONENTES DE LA DEMANDA FINAL.

SECTOR	F ① P. FINALES	A ② AGRICULTURA	B ③ P. CASICOS	S ④ SERVICIOS	$X_i$
F ①	400 (1) 1.250	0	0	0	400.
A ②	133 .417	116	0	0	250.
B ③	76 .233	16	57	0	150.
S ④	112 .351	14	6	66 (*) 1.111	200.
$\sum_j$	320	105	40	60	525

MATRIZ (\*)  
INVERSA  
PARA UN  
CASO DADO.  
(\*)  $X_{ij}$

DATOS PARA EL MODELO AMPLIADO

SECTOR	COEFICIENTES DE INSUMO				DEMANDA FINAL			
	F ①	A ②	B ③	S ④	$Y_C$	$Y_I$	$Y_E$	$Y$
F ①	0.8 (1) 1.250	0	0	0	215	70	35	320
A ②	0.3 .417	0.9 1.111	0	0	100	0	5	105
B ③	0.1 .233	0.1 .159	0.7 1.429	0	35	0	5	40
S ④	0.2 .351	0.1 .141	0.1 .159	0.9 1.111	60	0	0	60
ENERGIA (E)	0.7 (1) 2.33	0.2 2.59	0.8 2.66	0.35 .61				
TRABAJO (T)	0.6 (2) .451	0.2 .356	0.14 .325	0.79 .973				
RECURSOS NAT (P)	0 (3) .655	0 1.270	0.0 1.421	0				
DEMANDA FINAL TOTAL					410	70	45	525

$\sum_i a_{ij} = \sum_i b_i(1) \quad \sum_i b_j(2) \quad \sum_i b_j(3)$

# EFFECTOS DE LOS COMPONENTES DE DEMANDA FINAL SOBRE PRODUCCIONES E INSUMOS PRIMARIOS

(21)

EFFECTOS SOBRE:	CONSUMO	INVERSION	EXPORTACIONES	DEMANDA FINAL TOTAL
NIVELES DE PRODUCCION				
X <sub>1</sub>	268.8	87.5	43.7	400
X <sub>2</sub>	200.7	29.2	20.1	250
X <sub>3</sub>	117.1	16.7	16.3	150
X <sub>4</sub>	151.7	24.5	13.8	200
USO DE FACTORES				
TRABAJO (T)	200.4	32.3	19.8	253
CAPITAL (C)	389.2	163.1	107.7	1160
RECURSOS NAT. (R)	317.8	45.9	36.4	400
INTENSIDAD				
TRABAJO (T)	.489	.439	.440	.482
CAPITAL (C)	2.17	2.33	2.39	2.21
RECURSOS NAT. (R)	.775	.656	.309	.752

$$\text{INTENSIDAD} = \frac{\text{CANTIDAD NECESARIA DE CADA FACTOR}}{\text{DEMANDA FINAL}} = \frac{200.4}{410} = .489$$

# NOTAS DE CALCULO:

PARA EL CALCULO DE  $Y_c^i, Y_I^i, Y_E^i, Y^i$ :

$$\text{Ej: } (1.250, 0, 0, 0) \begin{bmatrix} 215 & 70 & 35 & 320 \\ 100 & 0 & 5 & 105 \\ 35 & 0 & 5 & 40 \\ 60 & 0 & 0 & 60 \end{bmatrix} = (1.25 \times 215)(1.25 \times 70)(1.25 \times 35)(1.25 \times 320)$$

$$= 268.8 \quad 87.5 \quad 43.7 \quad 200.$$

$$(I-A)^{-1} \quad Y \quad = \quad X$$

PARA EL CALCULO DE  $T_c, T_I, T_E, T$

$$\text{Ej: } (.06, .02, .14, .79) \begin{bmatrix} 268.8 \\ 200.7 \\ 117.1 \\ 161.7 \end{bmatrix} = 200.4$$

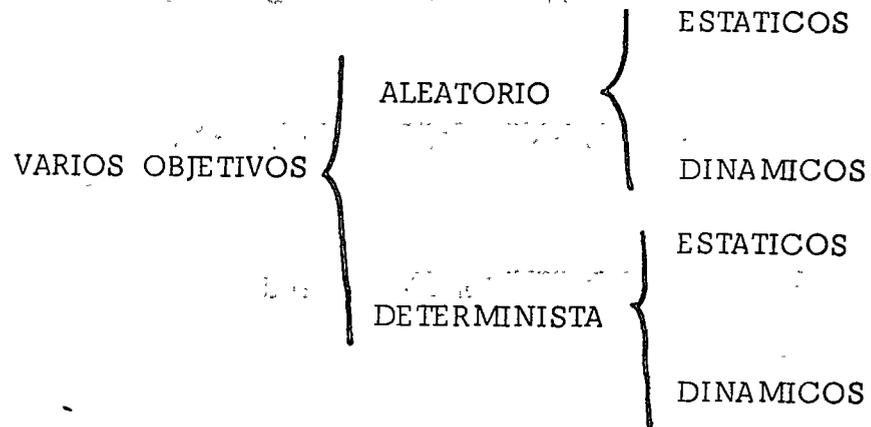
$$T_c = \sum t_j X_{jc}$$

$$T_I = \sum t_j X_{jI}$$

$$T_E = \sum t_j X_{jE}$$

$$T = \sum_{j=1}^n t_j X_j$$

MODELOS PARA EL ANALISIS DE INVERSIONES



CRITERIO PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS

1.- PURAMENTE FINANCIEROS

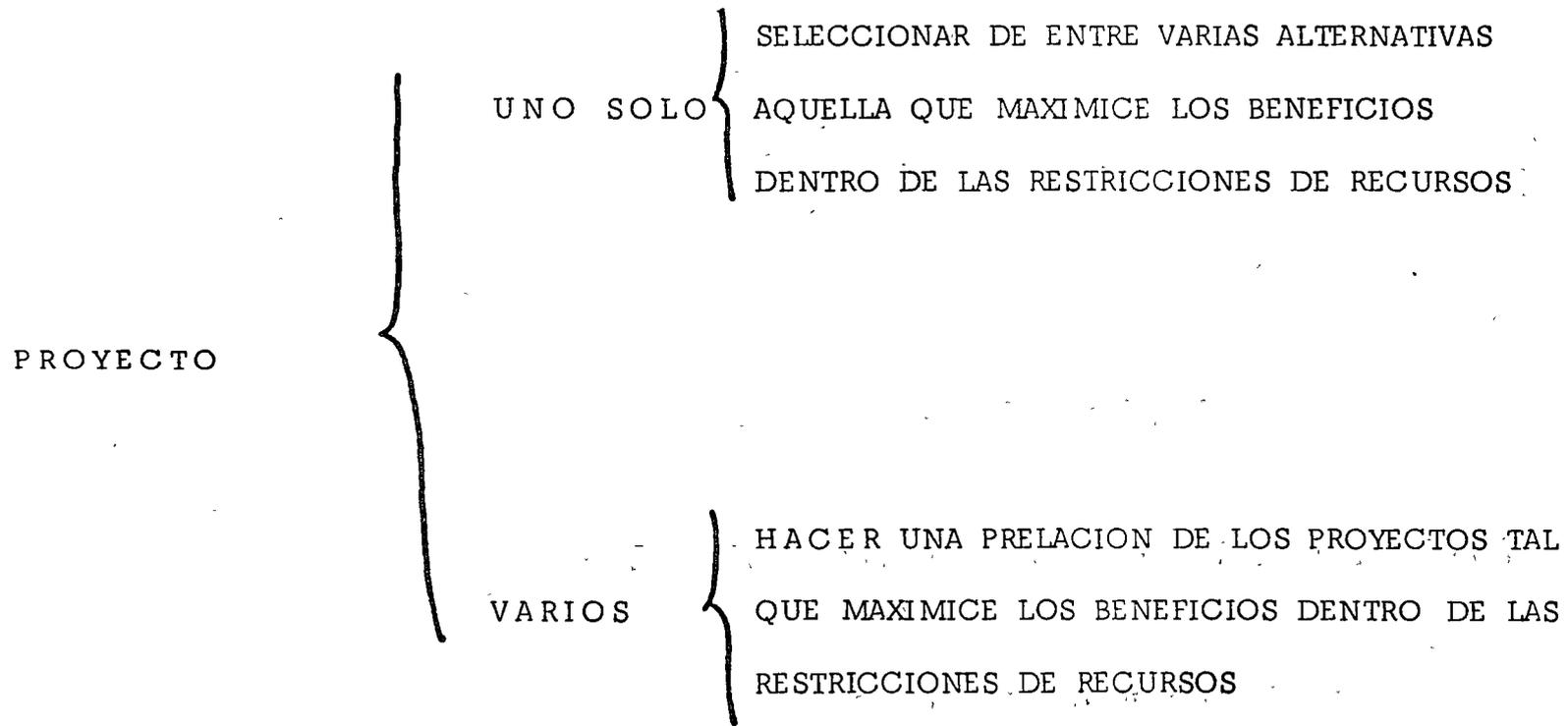
2.- PURAMENTE SOCIALES

3.- CRITERIOS MIXTOS

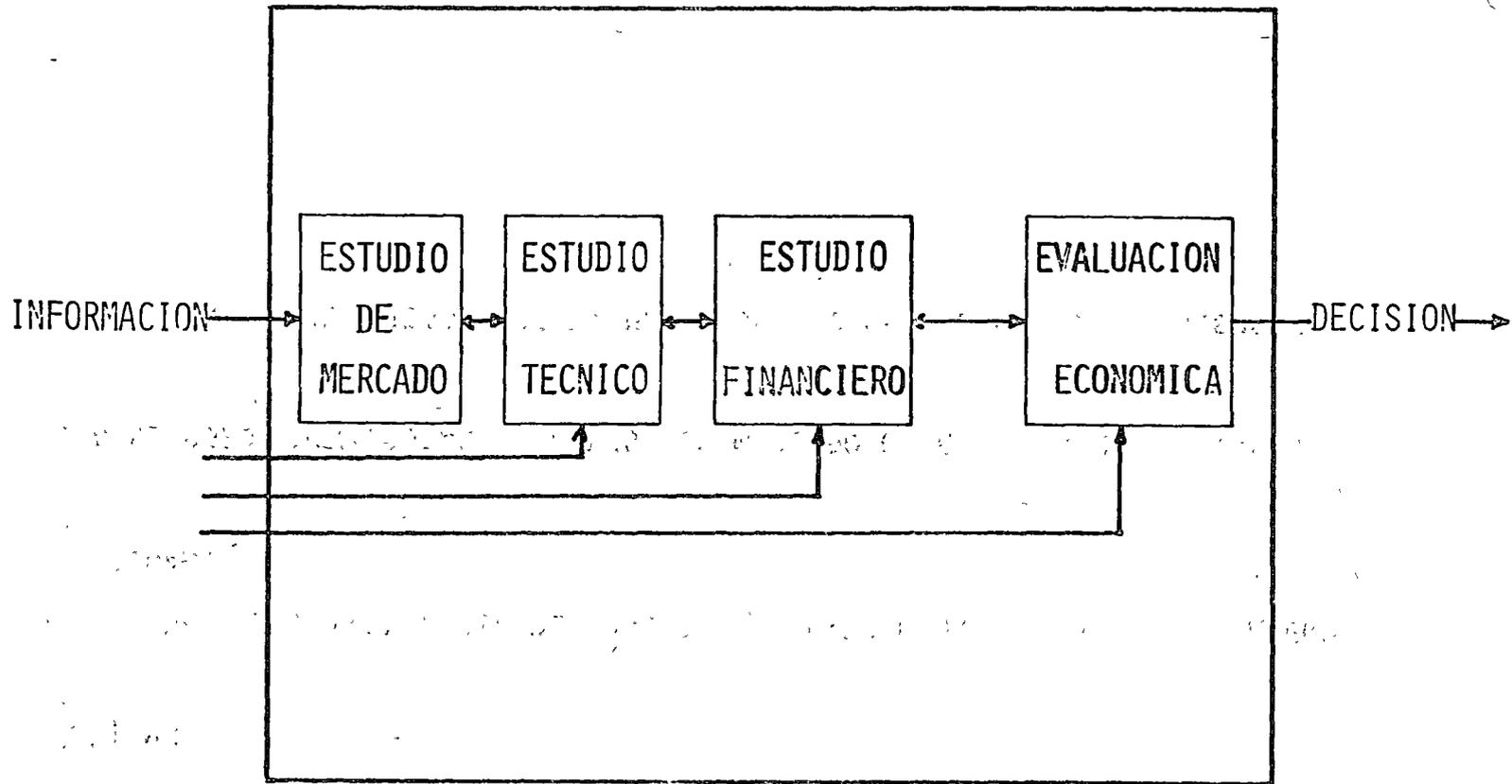
## CLASIFICACION DE PROYECTOS

- 1.- INDEPENDIENTES O DEPENDIENTES
- 2.- MUTUAMENTE EXCLUSIVOS O CONTINGENTES
- 3.- DIVISIBLES O INDIVISIBLES

POSIBLES CASOS PARA EL ANALISIS DE INVERSIONES



# EVALUACION DE UN PROYECTO



# ESTUDIO DE MERCADO

## I. OBJETIVO

DETERMINAR LA CONVENIENCIA DE PRODUCIR UN BIEN O UN SERVICIO PARA ATENDER UNA NECESIDAD.

ESTA SE PUEDE MANIFESTAR A TRAVES DEL MERCADO O DE PRESIONES SOCIALES.

DETERMINAR LAS CANTIDADES DE BIENES Y SERVICIOS Y LOS PRECIOS RESPECTIVOS.

II. DESARROLLO DEL ESTUDIO DE MERCADO

I. EL PRODUCTO EN EL MERCADO

1.1. PRODUCTO PRINCIPAL Y SUBPRODUCTOS

1.2. PRODUCTOS SUSTITUTIVOS O SIMILARES

1.3. PRODUCTOS COMPLEMENTARIOS

DESCRIPCION DEL PRODUCTO PRINCIPAL Y SUBPRODUCTOS

DESCRIPCION DE LOS PRODUCTOS SUSTITUTIVOS O SIMILARES

PROCESO

DESCRIPCION DE LOS PRODUCTOS COMPLEMENTARIOS

DESCRIPCION DE LOS PRODUCTOS COMPLEMENTARIOS

DESCRIPCION

DESCRIPCION

DESCRIPCION DE LOS PRODUCTOS COMPLEMENTARIOS

II. DESARROLLO DEL ESTUDIO DE MERCADO

2. EL AREA DEL MERCADO

2.1. POBLACION

- CONTINENTE ACTUAL Y TASA DE CRECIMIENTO
- ESTRUCTURA Y SUS CAMBIOS

2.2. INGRESO

- NIVEL ACTUAL Y TASA DE CRECIMIENTO
- ESTRATOS ACTUALES Y CAMBIOS EN LA DISTRIBUCION

2.3. FACTORES LIMITATIVOS DE LA COMERCIALIZACION

- ALTERABLES
- INALTERABLES

## II. DESARROLLO DEL ESTUDIO DE MERCADO

### 3. COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA

#### 3.1. SITUACION ACTUAL:

- SERIE ESTADISTICA BASICA
- ESTIMACION DE LA DEMANDA ACTUAL
- DISTRIBUCION ESPACIAL Y TIPOLOGICA DE CONSUMIDORES

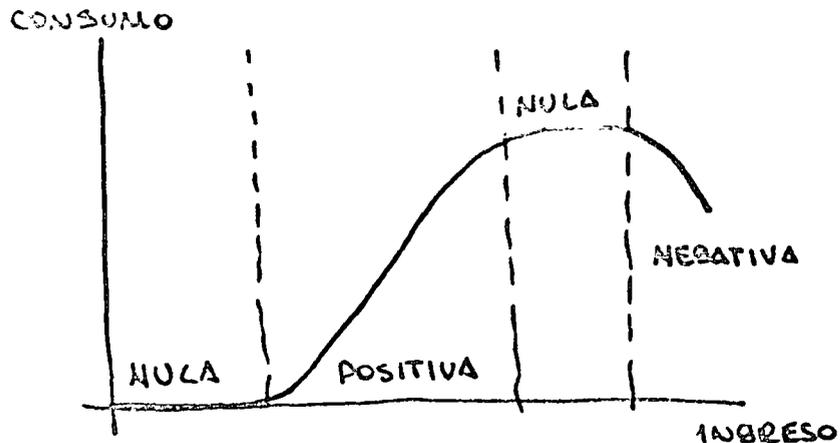
#### 3.2. CARACTERISTICAS TEORICAS DE LA DEMANDA

- COEFICIENTES DE CRECIMIENTO HISTORICO
- INDICES BASICOS

#### 3.3. SITUACION FUTURA: PROYECCION DE LA DEMANDA

- EXTRAPOLACION DE LA TENDENCIA HISTORICA
- ANALISIS DE FACTORES CONDICIONANTES DE LA DEMANDA FUTURA
- PREVISION CORREGIDA Y CALIFICADA DE LA DEMANDA FUTURA

# ELASTICIDAD - INGRESO DE LA DEMANDA



ELASTICIDAD =  $\frac{\text{CAMBIO RELATIVO EN LA CANTIDAD DEMANDADA}}{\text{CAMBIO RELATIVO EN EL INGRESO}}$

$$E = \frac{dq}{dy} \cdot \frac{y}{q} = \frac{\frac{dq}{q}}{\frac{dy}{y}}$$

VALOR DE E

DESCRIPCION

NEGATIVA

LA DEMANDA DEL BIEN DISMINUYE AL AUMENTAR EL INGRESO

NULA

LA DEMANDA DEL BIEN NO DISMINUYE AL AUMENTAR EL INGRESO

MAYOR QUE CERO Y MENOR QUE UNO

LA DEMANDA DEL BIEN AUMENTA EN MENOR PROPORCION QUE EL AUMENTO DE LA RENTA

MAYOR QUE UNO

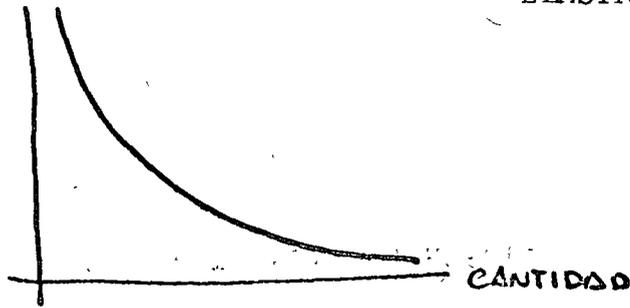
LA DEMANDA DEL BIEN AUMENTA EN MAYOR PROPORCION QUE EL AUMENTO DEL INGRESO

INELASTICA

ELASTICA

# ELASTICIDAD - PRECIO DE LA DEMANDA

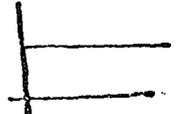
PRECIO



$$\text{ELASTICIDAD} = \frac{\text{CAMBIO RELATIVO EN LA CANTIDAD DEMANDADA}}{\text{CAMBIO RELATIVO EN EL PRECIO}}$$

$$e = \frac{\Delta q}{\Delta p} \cdot \frac{p}{q} = \frac{\frac{\Delta q}{q}}{\frac{\Delta p}{p}}$$

## FUNCION DE DEMANDA

VALOR DE E	DESCRIPCION	TERMINOLOGIA	CURVA	PRODUCTO
CERO	LA CANTIDAD DEMANDADA NO VARIA AL VARIAR EL PRECIO.	PERFECTAMENTE INELASTICA		PRIMERA NECESIDAD
MAYOR QUE CERO Y MENOR QUE UNO	LA CANTIDAD DEMANDADA VARIA EN PROPORCION MENOR A LA VARIACION DEL PRECIO	INELASTICA		
MAYOR QUE UNO MENOR QUE INFINITO	LA CANTIDAD DEMANDADA VARIA EN PROPORCION MAYOR A LA VARIACION DEL PRECIO	ELASTICA		
UNO	LA CANTIDAD DEMANDADA VARIA EN IGUAL PROPORCION A LA VARIACION DEL PRECIO	ELASTICIDAD UNITARIA		
INFINITO	DISPOSICION DE ADQUIRIR TODO A UN PRECIO Y NADA AUN PRECIO SUPERIOR	PERFECTAMENTE ELASTICA		SUNTUARIO

## II. DESARROLLO DEL ESTUDIO DE MERCADO

### 4. COMPORTAMIENTO DE LA OFERTA

#### 4.1. SITUACION ACTUAL

- SERIES ESTADISTICAS BASICAS
- ESTIMACION DE LA OFERTA ACTUAL
- INVENTARIO CRITICO DE LOS PROVEEDORES PRINCIPALES

#### 4.2. ANALISIS DEL REGIMEN DEL MERCADO

#### 4.3. SITUACION FUTURA: EVOLUCION PREVISIBLE DE LA OFERTA.

- UTILIZACION DE CAPACIDAD OCIOSA
- PLANES DE AMPLIACION DE CAPACIDAD INSTALADA
- FACTORES CONDICIONANTES DE LA EVOLUCION PREVISIBLE
- ESTIMACION CORREGIDA Y CALIFICADA DE LA OFERTA FUTURA

## II. DESARROLLO DEL ESTUDIO DE MERCADO

### 5. DETERMINACION DE LOS PRECIOS DEL PRODUCTO

#### 5.1. MECANISMOS DE FORMACION DE LOS PRECIOS DEL PRODUCTO

- PRECIO EXISTENTE EN EL MERCADO INTERNO
- PRECIO DADO POR SIMILARES IMPORTADOS
- PRECIOS FIJADOS POR EL SECTOR PUBLICO
- PRECIO ESTIMADO EN FUNCION DEL COSTO DE PRODUCCION
- PRECIO ESTIMADO EN FUNCION DE LA DEMANDA
- PRECIOS DEL MERCADO INTERNACIONAL
- PRECIOS REGIONALES

#### 5.2. ACOTAMIENTO DEL PRECIO PROBABLE Y SU EFECTO SOBRE LA DEMANDA:

- PRECIO MAXIMO
- PRECIO MINIMO
- EFECTOS SOBRE LA DEMANDA

OFERTA/DEMANDA		COMPETITIVA			OLIGOPOLICA		
		INTERNA	EXTERNA	COMBINADA	INTERNA	EXTERNA	COMBINADA
D I S P E R S A	INT						
	EXT.	1	2	3	...		
	COM.						
C O N C E N T R A D A	INT.						
	EXT.						
	COM.			...	34	35	36

POSIBLES CONDICIONES DEL MERCADO



## II. DESARROLLO DEL ESTUDIO DE MERCADO

### 6. POSIBILIDADES DEL PROYECTO

#### 6.1. CONDICIONES DE COMPETENCIA DEL PROYECTO

- PROGRAMACION DE LA PRODUCCION EN FUNCION DE LA OPERACION Y DISPONIBILIDADES
- FRACCION DE LA DEMANDA QUE EL PROYECTO CUBRIRA

#### 6.2. DEMANDA POTENCIAL DEL PROYECTO

- DEMANDA ATENDIDA DURANTE LA VIDA UTIL.

III. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE MERCADO

1. DEMANDA ACTUAL DEL PRODUCTO Y SU PROYECCION.
2. OFERTA ACTUAL DEL PRODUCTO Y SU PROYECCION.
3. FRACCION DE LA DEMANDA QUE ATENDERA EL PROYECTO.

# ESTUDIO TECNICO

## I. OBJETIVOS

DISEÑAR LA FUNCION DE PRODUCCION OPTIMA QUE MEJOR UTILICE LOS RECURSOS DISPONIBLES PARA LA OBTENCION DE LOS BIENES O SERVICIOS DESEADOS.

DEMOSTRAR LA VIABILIDAD TECNICA Y JUSTIFICAR LA ALTERNATIVA QUE MEJOR SE AJUSTE, SEGUN EL PROYECTO DE QUE SE TRATE.

II. DESARROLLO DEL ESTUDIO TECNICO

"ESTUDIO BASICO"

1. TAMAÑO

1.1. CAPACIDAD DEL PROYECTO

1. DEFINICION DEL TAMAÑO
2. CAPACIDAD DISEÑADA
3. MARGENES DE CAPACIDAD UTILIZABLES:
  - RESERVAS
  - SOBRECARGA POSIBLE
  - FRACCIONAMIENTO

II. DESARROLLO DEL ESTUDIO TECNICO

"ESTUDIO BASICO"

1. TAMAÑO

1.2. FACTORES CONDICIONANTES DEL TAMAÑO

1. DIMENSION DEL MERCADO

2. CAPACIDAD FINANCIERA

3. DISPONIBILIDAD DE INSUMOS MATERIALES Y HUMANOS

4. PROBLEMAS DE TRANSPORTE

5. PROBLEMAS INSTITUCIONALES

6. CAPACIDAD ADMINISTRATIVA

1.2. JUSTIFICACION DEL TAMAÑO EN RELACION CON EL PROCESO Y LOCALIZACION.

## II, DESARROLLO DEL ESTUDIO TECNICO

### "ESTUDIO BASICO"

#### 2. PROCESO

##### 2.1. DESCRIPCION DE LAS UNIDADES DE TRANSFORMACION

###### 2.1.1. DESCRIPCION DEL PROCESO DE TRANSFORMACION

- INSUMOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS
- INSUMOS ALTERNATIVOS Y EFECTOS DE SU EMPLEO
- PRODUCTOS PRINCIPALES, SUBPRODUCTOS, INTERMEDIOS
- RESIDUOS
- DESCRIPCION DE ETAPAS INTERMEDIAS
- FLUJOGRAMA DEL PROCESO TOTAL

###### 2.1.2. DESCRIPCION DE INSTALACIONES EQUIPOS Y PERSONAL

- DEL PROCESO DE TRANSFORMACION
- DE LOS SISTEMAS COMPLEMENTARIOS

- II. DESARROLLO DEL ESTUDIO TECNICO  
"ESTUDIO BASICO"
2. PROCESO
- 2.2. CALIFICACION DE LAS UNIDADES EXISTENTES
- 2.2.1. CALIFICACION DEL DISEÑO
- PROBLEMAS DE ADECUACION
  - PROBLEMAS DE ESCALA DE PRODUCCION
- 2.2.2. CALIFICACION DE LA OPERACION EN CUANTO:
- INSUMOS
  - INSTALACIONES
  - PRODUCTOS
  - MANO DE OBRA
  - ECONOMIAS EXTERNAS
- 2.2.3. POSIBILIDADES DE EXPANSION DE LA CAPACIDAD UTILIZADA
- CAPACIDAD OCIOSA
  - INSTALACIONES INCOMPLETAS
  - SOBREDIMENSIONAMIENTO DE DISEÑO
  - EXPANSION POR CAMBIOS TECNOLOGICOS

II. DESARROLLO DEL ESTUDIO TECNICO  
"ESTUDIO BASICO"

2. PROCESO

2.3. 1 JUSTIFICACION DE LAS UNIDADES NUEVAS

2.3.1. JUSTIFICACION TECNICA DEL PROCESO DE TRANSFORMACION

i) JUSTIFICACION TECNICA DE LAS CONDICIONES INICIALES

- INSUMOS IMPORTADOS
- INSUMOS NACIONALES DISPONIBLES EN EL MERCADO
- INSUMOS NACIONALES CUYA PRODUCCION SE DESARROLLARA
- FACTORES RESTRICTIVOS O CONDICIONANTES

ii) INVENTARIO CRITICO DE LOS PROCESOS EXISTENTES

iii) CRITERIOS DE SELECCION DE ALTERNATIVAS Y ORDEN DE SU APLICACION

iv) ANALISIS DE LA ESCALA DE PRODUCCION

2.3.2. JUSTIFICACION DE LAS INSTALACIONES EQUIPOS Y PERSONAL

i) DEL PROCESO DE TRANSFORMACION

ii) DE LOS SISTEMAS COMPLEMENTARIOS

2.3.3. CAPACIDAD DE EXPANCIION DE LAS INSTALACIONES

2.3.4. JUSTIFICACION DEL PROCESO EN RELACION CON EL TAMAÑO Y LA LOCALIZACION

II. DESARROLLO DEL ESTUDIO TECNICO  
"ESTUDIO BASICO"

3. LOCALIZACION

3.1. DESCRIPCION

3.1.1. MICROLOCALIZACION

3.1.2. INTEGRACION EN EL MEDIO

- i) CONDICIONES GEOGRAFICAS, NATURALES, FISICAS
- ii) ECONOMIAS EXTERNAS
- iii) CONDICIONES INSTITUCIONALES

3.1.3. ORDENAMIENTO ESPACIAL INTERNO

- i) DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS TECNICAS DEL TERRENO
- ii) DISTRIBUCION DE LAS INSTALACIONES EN EL TERRENO
- iii) FLUJOGRAMA ESPACIAL

II. DESARROLLO DEL ESTUDIO TECNICO  
"ESTUDIO BASICO"

3. LOCALIZACION

3.2. CALIFICACION Y/O JUSTIFICACION CON RELACION A:

3.2.1. EL MEDIO:

- i) RAZONES DE GEOGRAFIA FISICA
- ii) ECONOMIAS Y DESECONOMIAS EXTERNAS
- iii) RAZONES INSTITUCIONALES

3.2.2. LAS CARACTERISTICAS DEL TERRENO

- i) DEL PROCESO PRODUCTIVO
- ii) DEL PROGRAMA DE EXPANSION

3.3.3. DISTANCIAS Y COSTOS DE TRANSPORTE

- i) DE LOS INSUMOS
- ii) DE LOS PRODUCTOS

3.2.4. POSIBILIDADES DE CONEXION DE UNIDADES NUEVAS Y EXISTENTES

- i) EN LA SOLUCION DE PROBLEMAS ACTUALES DE LOCALIZACION
- ii) EN LA EXPANSION DE LAS INSTALACIONES ACTUALES

3.2.5. JUSTIFICACION DE LA LOCALIZACION EN RELACION AL TAMAÑO Y AL PROCESO

II. DESARROLLO DEL ESTUDIO TECNICO  
"ESTUDIO COMPLEMENTARIO"

4. OBRAS FISICAS

4.1. INVENTARIO

- i) RELACION Y ESPECIFICACION DE OBRAS A REALIZAR
- ii) CLASIFICACION FUNCIONAL Y CARACTERISTICAS ESPECIFICAS

4.2. DIMENSIONES DE LAS OBRAS

- i) EXIGENCIAS EN TERRENOS
- ii) DIMENSIONES FISICAS

4.3. REQUISITOS DE LAS OBRAS

- i) MATERIALES
- ii) MANO DE OBRA
- iii) EQUIPOS, MAQUINARIA, HERRAMIENTA, INSTALACIONES PARA CONSTRUCCION.

4.4. PROBLEMAS ESPECIFICOS RESULTANTES DE:

- i) LAS CONDICIONES GEOGRAFICAS Y FISICAS
- ii) PROBLEMAS INSTITUCIONALES

4.5. COSTOS

- i) UNITARIOS DE LOS ELEMENTOS DE LAS OBRAS
- ii) TOTALES DE LAS OBRAS

II. DESARROLLO DEL ESTUDIO TECNICO  
"ESTUDIO COMPLEMENTARIO"

5. ORGANIZACION

5.1. ORGANIZACION PARA LA EJECUCION

- i) ENTIDADES EJECUTORAS
- ii) TIPOS DE CONTRATOS DE EJECUCION
- iii) ADMINISTRACION Y CONTROL DE LA EJECUCION

5.2. ORGANIZACION PARA LA OPERACION

- i) ESTABLECIMIENTO PROGRESIVO DE LA ORGANIZACION
- ii) ORGANIZACION JURIDICO-ADMINISTRATIVA
- iii) ORGANIZACION TECNICO-FUNCIONAL
- iv) SISTEMA DE CONTROL
- v) ORGANIGRAMA GENERAL

II. DESARROLLO DEL ESTUDIO TECNICO  
"ESTUDIO COMPLEMENTARIO"

6. PROGRAMACION

6.1. CONCLUSIONES DEL PROYECTO

- i) REVISION DEL ANTEPROYECTO
- ii) CONTACTOS FINALES CON PROVEEDORES
- iii) DISEÑO DEFINITIVO Y DETALLES

6.2. NEGOCIACION DEL PROYECTO

- i) CONSECUACION DEL FINANCIAMIENTO
- ii) OBTENCION DE AUTORIZACIONES LEGALES
- iii) CONTRATACION DE FIRMAS EJECUTORAS

6.3. EJECUCION DEL PROYECTO

- i) CONSTRUCCION DE OBRAS FISICAS
- ii) ADQUISICION Y/O FABRICACION DE MAQUINARIA Y EQUIPOS
- iii) MONTAJE DE MAQUINARIA Y EQUIPOS
- iv) CONTRATACION Y CAPACITACION DEL PERSONAL
- v) ORGANIZACION E INSTALACION DE LA EMPRESA

6.4. OPERACION DEL PROYECTO

- i) PLAZO PARA OPERACION EXPERIMENTAL Y PUESTA EN MARCHA
- ii) PERIODO PARA LLEGAR A LA OPERACION NORMAL PREVISTA

II. DESARROLLO DEL ESTUDIO TECNICO  
"ANALISIS DE COSTOS"

7. ANALISIS DE COSTOS

7.1. COSTO TOTAL DE LA INVERSION FISICA

- i) DE LA CONSTRUCCION DE OBRAS FISICAS
- ii) DE EQUIPOS Y MAQUINARIA
- iii) DE EXISTENCIAS

7.2. COSTO TOTAL DE OPERACION

- i) DE LA MANO DE OBRA
- ii) DE LOS MATERIALES
- iii) DE LOS SERVICIOS
- iv) DEPRECIACION

7.3. COSTOS UNITARIOS

- i) COSTOS UNITARIOS BASICOS Y SU ESTRUCTURA
- ii) COSTOS UNITARIOS MINIMOS Y COMPARACION CON LOS DE OTRAS ALTERNATIVAS TECNICAS.
- iii) CLASIFICACION DE LOS RUBROS DE COSTOS EN FIJOS Y VARIABLES

III. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO TECNICO

1. CAPACIDAD INSTALADA
2. INSUMOS CRITICOS
3. TECNOLOGIA
4. RENDIMIENTOS FISICOS
5. LOCALIZACION
6. OBRAS FISICAS PRINCIPALES
7. CARACTERISTICAS DE LA EMPRESA COMO ORGANIZACION
8. FECHAS PRINCIPALES DE LA REALIZACION DEL PROYECTO
9. COSTO DE PRODUCCION TOTAL Y UNITARIO EN FUNCIONAMIENTO NORMAL.

ESTUDIOS FINANCIERO

OBJETIVO:

DEMOSTRAR QUE EL PROYECTO PUEDE REALIZARSE CON LOS  
RECURSOS FINANCIERO DISPONIBLES.

EVALUAR LA DECISION DE COMPROMETER ESOS RECURSOS -  
FINANCIEROS CON OTRAS POSIBILIDADES CONOCIDAS DE -  
COLOCACION.

# ESTUDIO FINANCIERO

- I. RECURSOS FINANCIEROS PARA LA INVERSION
  1. NECESIDADES TOTALES DE CAPITAL
    - 1.1. PARA CUBRIR LA INVERSION FIJA
    - 1.2. PARA CUBRIR LAS NECESIDADES DE CAPITAL DE GIRO
    - 1.3. CALENDARIO DE LAS INVERSIONES
  2. CAPITAL DISPONIBLE
    - 2.1 CAPITAL REALIZADO A CORTO PLAZO
    - 2.2. CAPITAL REALIZADO A PLAZOS MEDIANO Y LARGO
    - 2.3. APORTES EN BIENES INTANGIBLES
  3. CAPACIDAD DE INVERSION DE LA EMPRESA

NOTA: CAPITAL FIJO

GASTOS DE ESTUDIOS, INVESTIGACIONES PRELIMINARES, PATENTES Y KNOW-HOW, ORGANIZACION DE LA EMPRESA, PERMISOS Y LICENCIAS, COMPRA DE TERRENOS Y RECURSOS NATURALES, GASTOS DE CONSTRUCCION DE OBRAS FISICAS, COMPRA DE MAQUINARIA Y EQUIPO, SU TRANSPORTE Y MONTAJE, PUESTA EN MARCHA DEL PROYECTO, INTERESES DURANTE LA ETAPA DE CONSTRUCCION ETC.

CAPITAL DE GIRO

NECESIDAD DE CAPITAL DE TRABAJO EN FUNCION DE DURACION Y ROTACION DEL PROCESO, NATURALEZA DE LAS MATERIAS PRIMAS, DISTANCIAS, TRANSPORTE, POLITICAS DE COMERCIALIZACION ETC.

# ESTUDIO FINANCIERO

## II. ANALISIS Y PROYECCIONES FINANCIERAS

### 1. PROYECCION DE LOS GASTOS

#### 1.1. GASTOS DE INVERSION

#### 1.2. GASTOS DE OPERACION

#### 1.3. GASTOS TOTALES POR AÑO

### 2. PROYECCION DE LOS INGRESOS

#### 2.1. INGRESOS DE CAPITAL

#### 2.2. INGRESOS DE OPERACION Y OTROS

#### 2.3. INGRESOS TOTALES POR AÑO

### 3. FINANCIAMIENTO ADICIONAL

### 4. PUNTO DE NIVELACION

MODELO DE PUNTO DE NIVELACION ( SIMPLIFICADO )

HIPOTESIS:

SEA V COSTO UNITARIO DE PRODUCCION

Cf COSTO FIJO POR AÑO

Ct COSTO TOTAL POR AÑO

N PRODUCCION EN UNIDADES

$$Ct = NV + Cf$$

- 1.- V ES CONSTANTE, DE DONDE NV ES LINEALMENTE DEPENDIENTE DE LA PRODUCCION.
- 2.- LOS COSTOS FIJOS Cf SON INDEPENDIENTES DE LA PRODUCCION
- 3.- NO HAY COSTOS DE FINANCIAMIENTO
- 4.- NO HAY INGRESOS EXTRAS, SOLO PRODUCTO DE LA OPERACION
- 5.- TODAS LAS UNIDADES SON VENDIDAS AL MISMO PRECIO
- 6.- TODAS LAS UNIDADES PRODUCIDAS SON VENDIDAS.

SEA S LAS VENTAS POR UNIDAD

Zg LA UTILIDAD BRUTA

$$Zg = NS - Ct = NS - ( NV + Cf ) \text{ ----- } 1$$

SEA Zt UTILIDAD NETA DESPUES DE IMPUESTOS, T TASA DECIMAL IMPUESTO

$$Zt = Zg ( 1-t )$$

EL PUNTO DE EQUILIBRIO ES SQUEL VOLUMEN DE PRODUCCION PARA EL CUAL  
SE CUMPLE QUE  $Zg = 0$

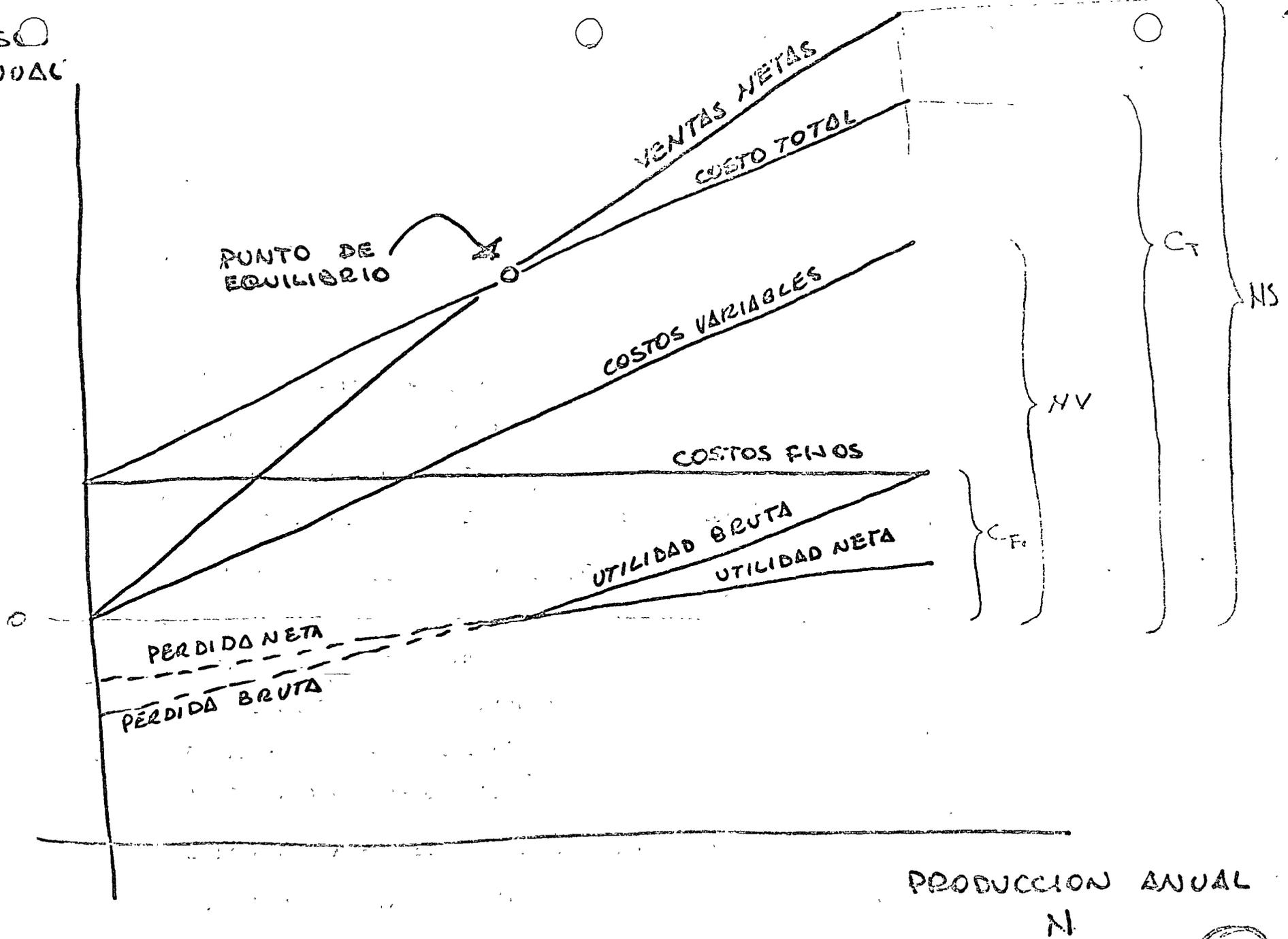
DE 1

$$0 = NS - NV - Cf = N ( S-V ) - Cf = N ( \dots$$

$$N ( \text{PUNTO DE EQUILIBRIO} ) = \frac{Cf}{S-v}$$



PESO  
ANUAL



MODELO SIMPLIFICADO DE PUNTO DE NIVELACION

# ESTUDIO FINANCIERO

- III. PROGRAMA DE FINANCIAMIENTO
  - 1. ESTRUCTURA Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO
    - 1.1. ORIGENES DEL FINANCIAMIENTO
    - 1.2. DISTRIBUCION EN EL TIEMPO
    - 1.3. FORMACION DEL CAPITAL PROPIO
    - 1.4. MODALIDADES DE CREDITO
  - 2. CUADRO DE FUENTES Y USOS DE FONDOS
    - 2.1. ORIGEN Y CRONOLOGIA DE RECAUDACION DE LOS FONDOS
    - 2.2. USO DE LOS FONDOS Y SU CRONOLOGIA
    - 2.3. CRONOLOGIA DE LAS DISPONIBILIDADES
    - 2.4. POLITICAS FINANCIERAS ALTERNATIVAS

CUENTA DE FUENTES Y USOS DE FONDOS

I <u>FUENTES</u>	ETAPA	INSTALACION			FUNCIONAM. PROGRESIVO	FUNCIONAM. NORMAL
	AÑOS	1	2	3 ...	K + 1... J	J+1 ... N
1.- CAPITAL PROPIO						
2.- PRESTAMOS A LARGO Y MEDIANO PLAZO						
3.- PRESTAMOS A CORTO PLAZO						
3.1 BANCOS						
3.2 PROVEEDORES						
4.- VENTAS						
5.- SALDO DEL AÑO ANTERIOR						
SUBTOTAL	"	A	"			
TOTAL DE FONDOS DISPONIBLES						

CUENTA DE FUENTES Y USOS DE FONDOS

	ETAPA	INSTALACION				FUNCIONAM. PROGRESIVO		FUNCIONAM. NORMAL	
	AÑO	1	2	3	... K	K+1	... J	J+1	... N
<u>11 USOS</u>									
6.- INVERSION FIJA									
7.- ACTIVO CUENTA CORRIENTE									
7.1 AUMENTO INVENTARIO									
7.2 AUMENTO CUENTAS POR COBRAR									
8.- COSTOS DE PRODUCCION									
(EXCLUSIVOS DEPRECIACION, INTERESES LARGO PLAZO .									
INCLUIDOS IMPUESTO TERRITORIAL									
E INTERESES CORTO PLAZO)									
9.- PAGO CREDITO A CORTO PLAZO									
10.- IMPUESTO A LA RENTA									
SUBTOTAL " B "									
TOTAL DE FONDOS APLICADOS									

CUENTA DE FUENTES Y USOS DE FONDOS

11 <u>DIFERENCIA</u> (A-B)	ETAPA	INSTALACION				FUNCIONAM PROGRESIVO			FUNCIONAM. NORMAL		
	AÑO	1	2	3	... K	K + 1	... J	J+1	... N		

DISPONIBILIDAD PARA PAGO DE DI  
VIDENDOS, SERVICIO DE CREDITOS  
LARGO PLAZO, FORMACION DE RE  
SERVAS

11.1 PAGO DIVIDENDOS

11.2 SERVICIO DE CREDITOS LARGO  
Y MEDIANO PLAZO

11.3 SALDO PARA EL AÑO SIGUIENTES

i) DEPRECIACION Y OTRAS RESERVAS

ii) DISPONIBILIDAD NETA

FINANCIEROS  
CONCEPTOS  
DEFINICIONES

Y	INGRESO CORRIENTE (DEDUCIDOS LOS IMPUESTOS INDIRECTOS)
G	GASTOS POR PAGO A LOS FACTORES (EXCEPTO CAPITAL), O GASTOS DE OPERACION
D	DEPRECIACION
I	PAGOS POR INTERESES
T	TRIBUTOS DIRECTOS

CONCEPTOS

FINANCIEROS TOMADOS A PARTIR DEL

CUADRO DE FUENTES Y USOS DE FONDOS:

DEFINICIONES

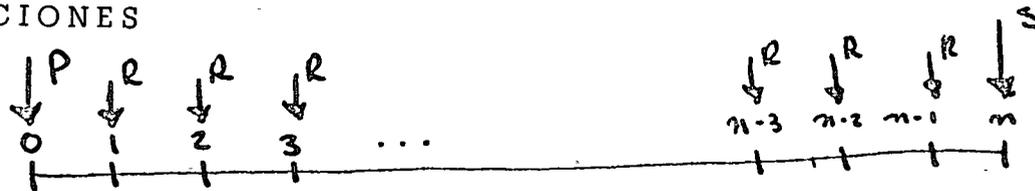
K	GASTOS NETOS DE CAPITAL
F	FINANCIAMIENTO EXTERNO
T'	TRIBUTOS INDIRECTOS SOBRE USO DE FACTORES
$U_{bo} = Y - g$	UTILIDADES BRUTAS DE OPERACION
$U_{no} = U_{bo} - D$	UTILIDADES NETAS DE OPERACION
$U_{pm} = U_{no} - I$	UTILIDADES NETAS A PRECIOS DE MERCADO
$U_{cf} = U_{pm} - T$	UTILIDADES NETAS A COSTO DE FACTORES
$M_c = U_{cf} + D$	MOVIMIENTO DE CAJA CORRIENTE
$M_o = M_c - K$	MOVIMIENTO DE CAJA DE OPERACION
$M_t = M_o + F$	MOVIMIENTO DE CAJA TOTAL
$M_{fe} = F - I$	MOVIMIENTO DE CAJA FINANCIADO EXTERNAMENTE
$M_{fi} = M_t - M_{fe}$	MOVIMIENTO DE CAJA FINANCIADO INTERNAMENTE

# ESTUDIO FINANCIERO

- IV. EVALUACION FINANCIERA
  - 1. TASA INTERNA DE RETORNO
  - 2. VALOR NETO ACTUALIZADO DE LOS INGRESOS
  - 3. RELACIONES FINANCIERAS BASICAS
  - 4. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO FINANCIERO

ALGUNOS CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE MATEMATICAS  
FINANCIERAS

DEFINICIONES



1.  $i$  : TASA DE INTERES ANUAL ( O DE OTRO PERIODO )
2.  $n$  : NUMERO DE AÑOS O PERIODOS
3.  $p$  : SUMA ACTUAL DE DINERO
4.  $s$  : VALOR QUE ALCANZA P DESPUES DE N AÑOS
5.  $r$  : PAGO UNIFORME QUE SE HACE AL FINAL DE CADA AÑO

CONVERSION	FORMULA ALGEBRAICA	FORMULA FACTOR	NOMBRE DEL FACTOR
P → S	$S = P (1+i)^n$	$S = P \cdot F_{ps,i,n}$	FACTOR DE INTERES COMPUESTO
S → P	$P = S (1+i)^{-n}$	$P = S \cdot F_{sp,i,n}$	FACTOR DE VALOR PRESENTE
R → P	$P = R \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$	$P = R \cdot F_{rp,i,n}$	FACTOR DE ACTUALIZACION DE LA SERIE
P → R	$R = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$	$R = P \cdot F_{pr,i,n}$	FACTOR DE RECUPERACION DE CAPITAL
R → S	$S = R \frac{(1+i)^n - 1}{i}$	$S = R \cdot F_{rs,i,n}$	SERIE UNIFORME EQUIVALENTE A UN VALOR FINAL FACTOR DE ACTUALIZACION
S → R	$R = S \frac{i}{(1+i)^n - 1}$	$R = S \cdot F_{sr,i,n}$	FACTOR DEL FONDO DE ACUMULACION

1. TASA INTERNA DE RETORNO :

ES AQUELLA TASA QUE APLICADA A LA ACTUALIZACION DE LA INVERSION Y DE LOS INGRESOS NETOS DE CADA PERIODO DE LA VIDA UTIL DEL PROYECTO, IGUALA A LOS VALORES ACTUALIZADOS

$$\sum_{t=0}^{t=n} (I_t - G_t) (1+r)^{-t} - \sum_{t=0}^{t=n} K_t (1+r)^{-t} = 0$$

DONDE :

$I_t$  = INGRESOS EN EL PERIODO  $t$

$G_t$  = GASTOS EN EL PERIODO  $t$

$K_t$  = MONTO DE LA INVERSION EN EL PERIODO  $t$

$N$  = VIDA UTIL DEL PROYECTO

$r$  = TASA INTERNA DE RETORNO

## 2. VALOR NETO ACTUALIZADO DE LOS INGRESOS

EL VALOR NETO ACTUALIZADO ES LA DIFERENCIA POSITIVA O NEGATIVA ENTRE  
LOS INGRESOS Y LOS GASTOS ACTUALIZADOS.

$$VAN = \sum_{t=0}^{t=n} (I_t - G_t) (1 + i)^{-t} - \sum_{t=0}^{t=n} K_t (1 + i)^{-t}$$

## 3. PERIODO DE RECUPERACION

EL TIEMPO EN QUE LA SUMA DE LOS INGRESOS NETOS SIN ACTUALIZAR, CUBREN  
EL MONTO DE LA INVERSION

$$\sum (I_t - G_t) + K$$

S ES EL NUMERO DE PERIODOS NECESARIOS PARA ALCANZAR LA IGUALDAD CON K

CRITERIO DEL EMPRESARIO PRIVADO ( UN SOLO FACTOR )

LA RENTABILIDAD.

INDICADORES  
FINANCIEROS

$$\frac{\begin{array}{l} \text{TASA INTERNA DE RETORNO} \\ \text{VALOR NETO ACTUALIZADO DE LOS INGRESOS} \\ \text{PERIODO DE RECUPERACION} \\ \text{COSTO ANUAL EQUIVALENTE} \\ \text{VALOR BRUTO ANUAL PRODUCCION} \end{array}}{\text{CAPITAL}} = \text{VELOCIDAD DE ROTACION DE CAPITAL}$$

$$\frac{\text{CAPITAL}}{\text{VALOR BRUTO ANUAL PRODUCCION}} = \text{INTENSIDAD DE CAPITAL}$$

CRITERIOS SOCIALES DE EVALUACION ( UN SOLO FACTOR )

- \* RELACION PRODUCTO-CAPITAL =  $\frac{\text{VALOR AGREGADO AL PRODUCTO NACIONAL}}{\text{CAPITAL}}$
- \* VALOR AGREGADO = (PRODUCCION BRUTA - COMPRAS A TERCEROS-IMPUESTOS-DEPRECIACION)
- \* INTENSIDAD DE CAPITAL = (PRODUCTO CAPITAL) -1
- \* OCUPACION POR UNIDAD DE CAPITAL
- \* PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA
- \* FACTOR DIVISAS

## RELACION BENEFICIO COSTO

DESDE EL PUNTO DE VISTA SOCIAL INTERESA LOGRAR EL MAXIMO DE LA PRODUCCION TOTAL ( BENEFICIOS = COSTO + UTILIDAD ) CON UN MINIMO DE RECURSOS EMPLEADOS ( NO SOLO CAPITAL ).

$$\text{RELACION BENEFICIO COSTO} = \frac{\text{BENEFICIOS}}{\text{COSTOS}}$$

R.B - C.	}	$< 1$	NO ES RENTABLE
		$= 1$	INDIFERENTE
		$> 1$	RENTABLE

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO FINANCIERO

- 1.- NECESIDADES TOTALES DE CAPITAL
- 2.- CAPITAL PROPIO Y CREDITOS
- 3.- INGRESOS Y GASTOS EN FUNCIONAMIENTO NORMAL
- 4.- PUNTO DE NIVELACION

## EVALUACION ECONOMICA

- I EL SISTEMA ECONOMICO COMO MARCO ACTUAL DEL PROYECTO
  - 1. INDICADORES BASICOS GENERALES
    - 1.1 EN LA ECONOMIA COMO UN TODO
    - 1.2 EN EL SECTOR DEL PROYECTO
    - 1.3 EN EL AREA ECONOMICA INTERESADA POR EL PROYECTO (A NIVEL DEL PRO  
DUCTO INTERNO, INGRESO POR HABITANTE; MONTO DE EXPORTACIONES E  
IMPORTACIONES; COEFICIENTE DE INVERSION; Y OTROS INDICES MACRO -  
ECONOMICOS).

## EVALUACION ECONOMICA

2 . NATURALEZA Y RITMO DEL DESARROLLO DE LA ECONOMIA

2.1 EVOLUCION HISTORICA:

POBLACION

OCUPACION

PRODUCCION

PRODUCTIVIDAD

EXPORTACION

IMPORTACION

## EVALUACION ECONOMICA

### 2.2 CAMBIOS ESTRUCTURALES:

#### • EN LA COMPOSICION SECTORIAL

i DE LA OCUPACION

ii DEL PRODUCTO INTERNO

iii DE LA PRODUCTIVIDAD

#### • EN LA PARTICIPACION DEL SECTOR PUBLICO

#### • EN EL COEFICIENTE INVERSION-PRODUCTO

#### • EN LA DISTRIBUCION DE LA INVERSION:

iv POR TIPOS DE BIENES

v ENTRE LOS SECTORES PUBLICO Y PRIVADO

EN LAS ESTRUCTURAS DE LA EXPORTACION Y DE LA IMPORTACION  
SUS DESTINOS Y ORIGENES.

EVALUACION ECONOMICA

2.3 ASPECTOS SOCIALES:

i PRINCIPALES VARIABLES DEMOGRAFICAS

CONSUMO

NUTRICION

SALUD

EDUCACION

VIVIENDA Y ORGANIZACION ESPACIAL Y DE LA COMUNIDAD

# EVALUACION ECONOMICA

## ii. RELACIONES CON EL EXTERIOR

### . INTERCAMBIO Y SALDOS DEL COMERCIO EXTERIOR

VARIACION DE LAS RELACIONES DE INTERCAMBIO

PODER DE COMPRA DE LAS EXPORTACIONES

DESEQUILIBRIO Y FINANCIAMIENTO EXTERNO Y SUS MODALIDADES

SERVICIOS DE AMORTIZACION E INTERESES DEL CAPITAL EXTRANJERO

ACUMULACION DE LA INVERSION DIRECTA EXTRANJERA Y SU INCIDENCIA EN LA FORMACION DE CAPITAL.

# EVALUACION ECONOMICA

## II. FACTORES CONDICIONANTES DEL SISTEMA SOBRE EL CALCULO ECONOMICO DEL PROYECTO.

### 1. CALCULO ECONOMICO DEL PROYECTO EN SI

1.1. INVERSIONES Y SU COSTO

1.2. COSTO E INGRESOS DE OPERACION

1.3. ACTUALIZACION DE INGRESOS Y GASTOS

1.4. RENTABILIDAD DEL PROYECTO

VALOR NETO ACTUALIZADO

TASA INTERNA DE RETORNO

1.5. RELACION BENEFICIO-COSTO

1.6. ANALISIS DE SENSIBILIDAD ECONOMICA

# EVALUACION ECONOMICA

2. EL PROYECTO EN EL CALCULO ECONOMICO DE LA EMPRESA
- 2.1. EL APORTE DEL PROYECTO A LA EMPRESA
- 2.2. EL COSTO DEL PROYECTO COMO COSTO ADICIONAL DE LA EMPRESA
- 2.3. LA RENTABILIDAD MARGINAL DEL PROYECTO

# EVALUACION ECONOMICA

3. CALIFICACION Y CUANTIFICACION DE LOS FACTORES CONDICIONANTES.
  - 3.1. POR CARACTERISTICAS DEL MERCADO  
LA UTILIZACION DE PRECIOS DE CUENTA DEL CAPITAL, DE LA MANO DE OBRA Y DE LAS DIVISAS.  
ORIGEN E HIPOTESIS BASICAS DE LOS PRECIOS DE CUENTA.
  - 3.2. POR DISPONIBILIDAD LIMITADA DE RECURSOS FINANCIEROS.
  - 3.3. POR DISPONIBILIDAD LIMITADA DE DIVISAS.
  - 3.4. POR DISPONIBILIDAD LIMITADA DE INSUMOS FISICOS.
  - 3.5. POR LIMITACIONES TECNICAS
  - 3.6. POR LIMITACIONES DERIVADAS DE LA PLANIFICACION
  - 3.7. POR LIMITACIONES INSTITUCIONALES
4. FACTORES CONDICIONANTES NO SUPERABLES.
5. PROPOSICIONES DE POLITICA ECONOMICA PARA AJUSTAR AL PROYECTO DETERMINADOS FACTORES CONDICIONANTES.

## EVALUACION ECONOMICA

- III. EVALUACION DE LOS EFECTOS DEL PROYECTO SOBRE VARIABLES DEL SISTEMA ECONOMICO
- 1. EFECTOS DEL PROYECTO COMO INVERSION
  - 1.1. SOBRE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION DEL SISTEMA.
  - 1.2. SOBRE EL BALANCE DE PAGOS.
  - 1.3. SOBRE EL EMPLEO DE MANO DE OBRA.
  - 1.4. SOBRE LA UTILIZACION DE OTROS FACTORES DE PRODUCCION.
  - 1.5. SOBRE EL MERCADO DE CAPITALES Y LOS MECANISMOS FINANCIEROS.
  - 1.6. SOBRE LA ESTRUCTURA DE LA INVERSION.
  - 1.7. SOBRE LAS ECONOMIAS EXTERNAS DE OTRAS EMPRESAS.
  - 1.8. SOBRE EL NIVEL TECNOLÓGICO.
  - 1.9. SOBRE EL DESARROLLO REGIONAL Y EL AMBIENTE HUMANO.

# EVALUACION ECONOMICA

2. EFECTOS DEL PROYECTO COMO PROGRAMA DE PRODUCCION.
  - 2.1. SOBRE EL INGRESO.
  - 2.2. SOBRE EL BALANCE DE PAGOS.
  - 2.3. SOBRE EL EMPLEO DE MANO DE OBRA.
  - 2.4. SOBRE LA UTILIZACION DE OTROS FACTORES DE PRODUCCION.
  - 2.5. SOBRE LOS MECANISMOS DE FINANCIAMIENTO A CORTO PLAZO.
  - 2.6. SOBRE LA ESTRUCTURA DEL CONSUMO.
  - 2.7. SOBRE LAS ECONOMIAS EXTERNAS DE OTRAS EMPRESAS.
  - 2.8. SOBRE EL NIVEL TECNOLOGICO.

# EVALUACION ECONOMICA

3. ENFOQUE INTEGRADO DE LOS EFECTOS DEL PROYECTO COMO INVERSION Y PROGRAMA DE PRODUCCION.

3.1. CONSOLIDACION DE LOS EFECTOS DEL PROYECTO SOBRE EL SISTEMA

EFECTOS DIRECTOS

EFECTOS INDIRECTOS

EFECTOS SECUNDARIOS

3.2. CONSOLIDACION DE LOS EFECTOS DEL PROYECTO POR SUS CARACTERISTICAS.

IV. RESUMEN Y CONCLUSIONES DE LA EVALUACION.

CONCLUSIONES DE LA EVALUACION ECONOMICA  
(CONTENIDO)

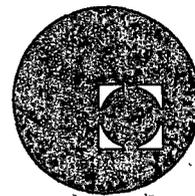
- 1.- PRINCIPALES RELACIONES DEL PROYECTO CON LA ECONOMIA
- 2.- CRITERIOS ADAPTADOS PARA LA EVALUACION
- 3.- PRINCIPALES INDICADORES Y COEFICIENTES UTILIZADOS
- 4.- CONCLUSIONES DE LA EVALUACION

2  
.





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



ANALISIS DE INVERSIONES

MODELOS DETERMINISTICOS ESTATICOS



ACT. CARLOS AYALA E IZAGUIRRE.

Centro de Educación Continua  
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente  
Toluca, México

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

# ANALISIS DE INVERSIONES

## MODELOS DETERMINISTICOS ESTATICOS

### 1. INTRODUCCION

### 2. PROGRAMACION MATEMATICA

- 2.1 EL MODELO DE PROGRAMACION LINEAL
- 2.2 EL PROBLEMA DUAL
- 2.3 EXTENSIONES DE LA PROGRAMACION LINEAL
- 2.4 EL MODELO DE PROGRAMACION DE METAS

### 3. SISTEMA DE PROGRAMAS ORIENTADOS A LA RESOLUCION DE PROBLEMAS DE PROGRAMACION MATEMATICA.

- 3.1 MPSX
- 3.2 OPTECH

### 4. ANALISIS DE INVERSIONES EN CONDICIONES DE CERTEZA

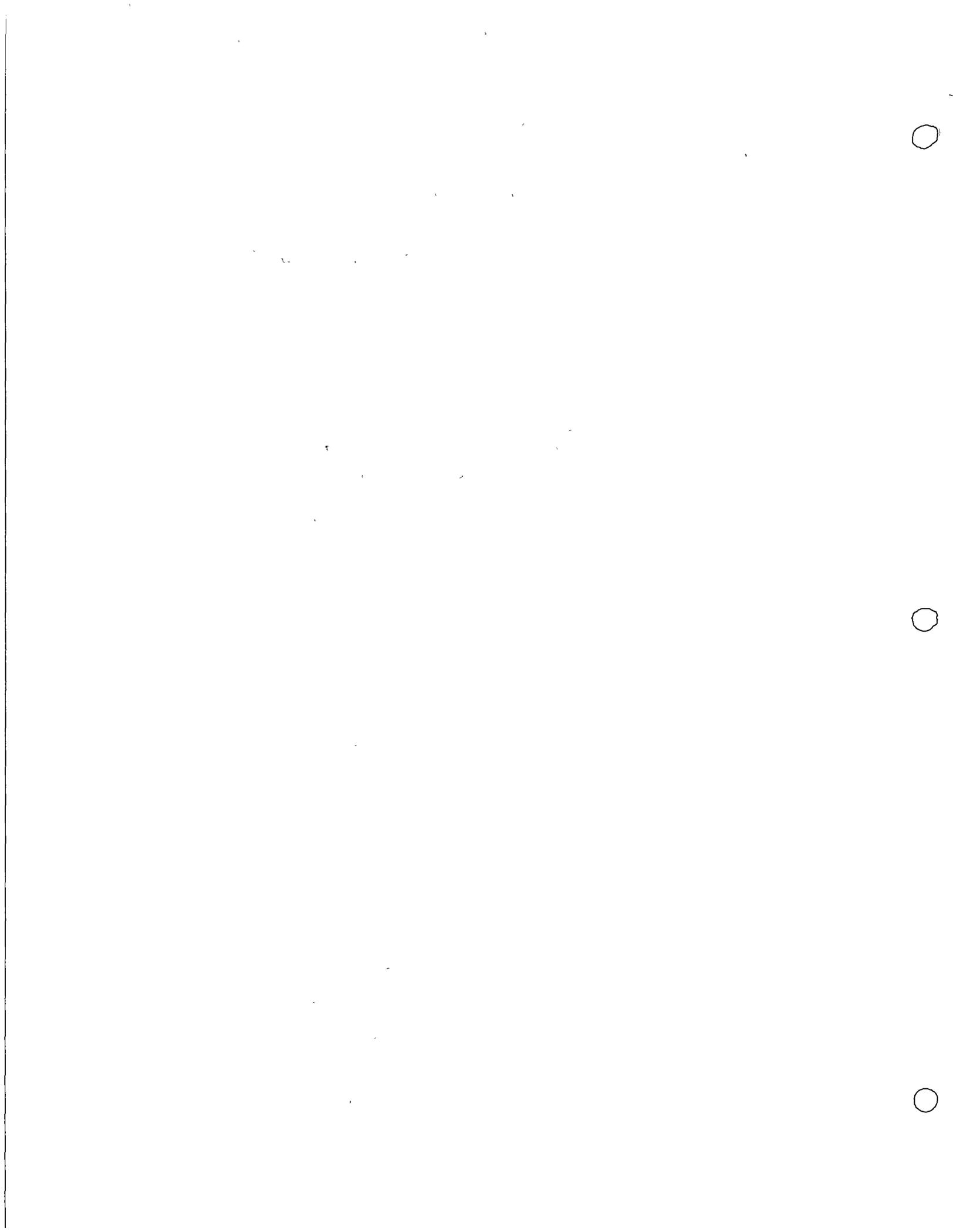
- 4.1 EL CRITERIO DEL VALOR ACTUAL NETO
- 4.2 EL CRITERIO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO
- 4.3 INVERSIONES SIMPLES
- 4.4 INVERSIONES NO-SIMPLES

- 4.4.1 INVERSIONES PURAS VERSUS MIXTAS

#### 4.5 DECISIONES DE INVERSION

- 4.5.1 EL METODO DEL ORDENAMIENTO
- 4.5.2 EL PROBLEMA DE LA TASA DE REINVERSION
- 4.5.3 EL METODO DE LA PROGRAMACION MATEMATICA

- 4.5.3.1 MODELO PARA LA PROGRAMACION DE -  
PROYECTOS CON RECURSOS LIMITADOS.
    - 4.5.3.2 UN MODELO PARA LA EVALUACION DE AL  
TERNATIVAS DE TRANSPORTE.
    - 4.5.3.3 PROGRAMACION OPTIMA DE INVERSIONES  
EN EL PROBLEMA DE LA ADQUISICION Y  
UTILIZACION DE BIENES DE CAPITAL.



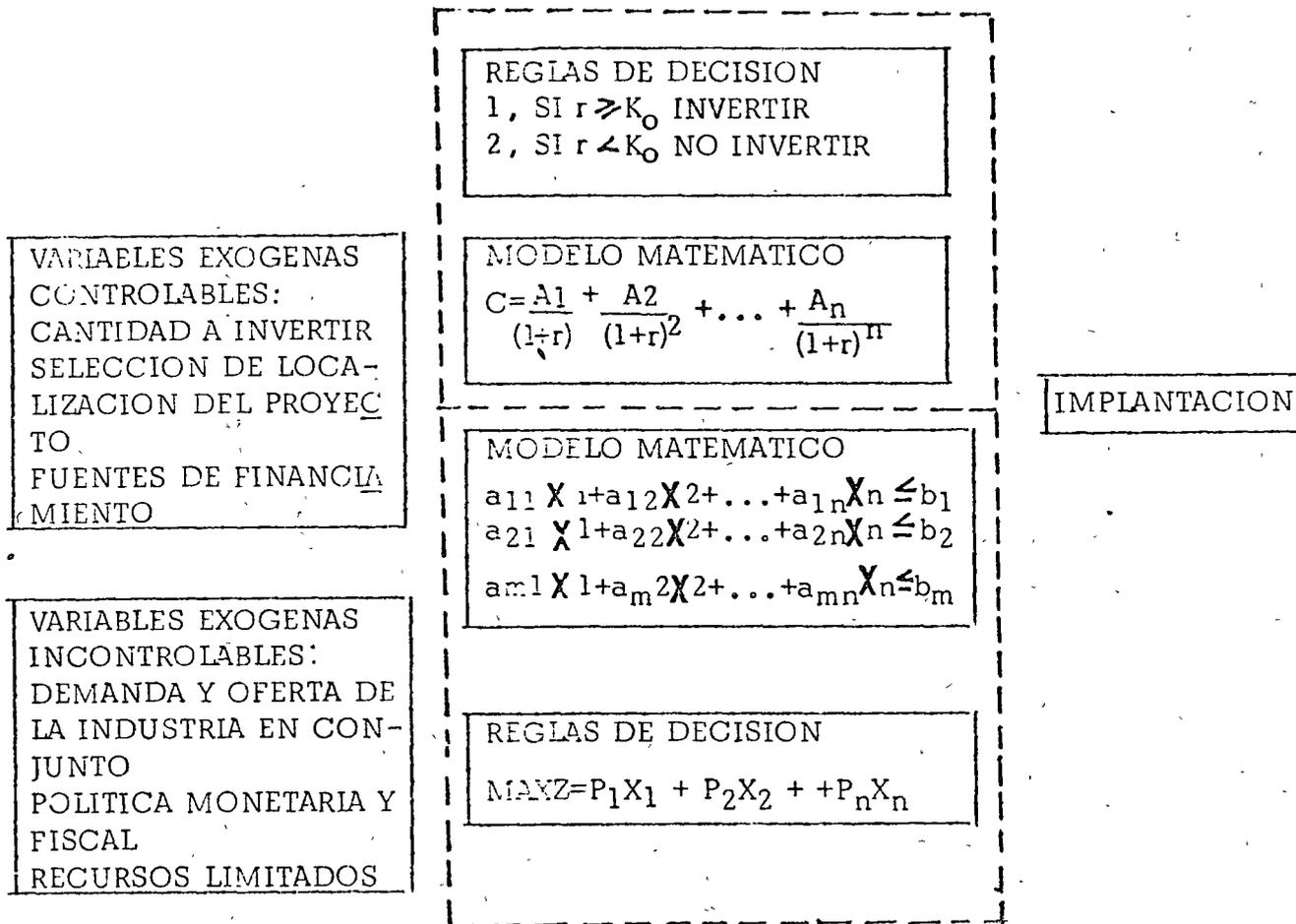
## 1. INTRODUCCION

Dentro del marco definido por el análisis de inversiones en modelos determinísticos estáticos examinaremos las principales decisiones financieras que afronta una empresa en distintas situaciones y en diferentes etapas de su desarrollo. Identificaremos los principales tipos de decisiones, y expondremos las técnicas teóricas y analíticas más adecuadas para resolverlas.

Analizaremos algunos aspectos del análisis de inversiones que pueden estudiarse en términos cuantitativos. El enfoque cuantitativo es indispensable porque muchas decisiones financieras importantes poseen naturaleza especialmente cuantitativa. Incluso en las decisiones que son principalmente cualitativas, el análisis cuantitativo puede ser útil para medir los factores mensurables, y por lo tanto estrechar el área de decisión que depende de una base subjetiva.

La aplicación de nuestro enfoque cuantitativo implicará el empleo de modelos matemáticos para representar los aspectos de la realidad que se vinculan con el proceso de decisión. (figura 1)

Figura 1.



## 2. PROGRAMACION MATEMATICA

La programación matemática, está relacionada con el problema de plantear un conjunto complejo de actividades económicas interdependientes en forma tal de obtener un cierto resultado óptimo. Una característica de estos problemas es el estar sujetos a un conjunto de restricciones ocasionadas por las condiciones propias del problema y que son satisfechas por un gran número de soluciones posibles, de tal manera que la selección de la solución óptima está sujeta en cierto grado a los objetivos generales que se persiguen (figura 2).

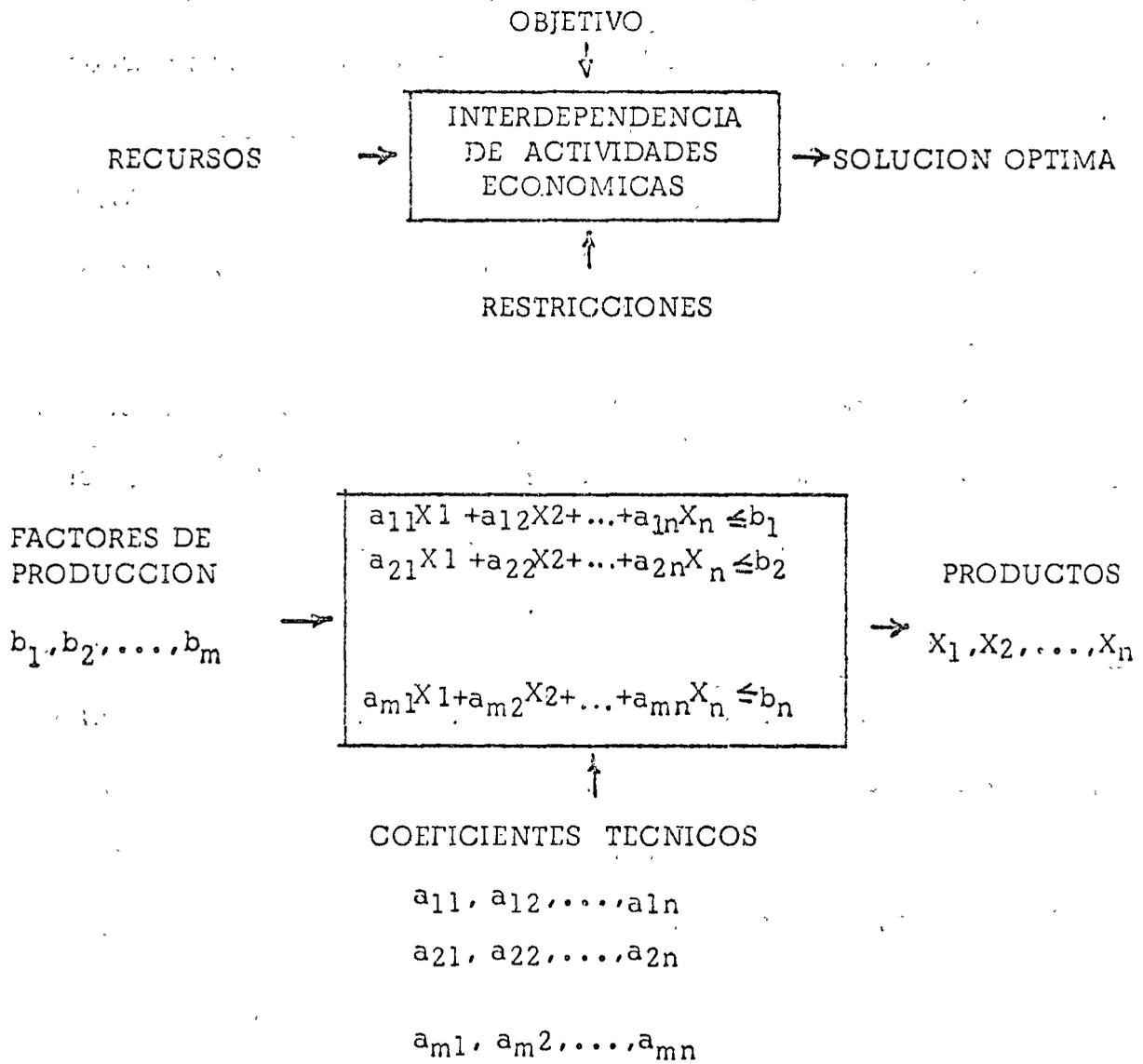
El término programación matemática se usa además para designar a las técnicas matemáticas que pueden utilizarse en la solución de tales problemas. Desde luego, a través de los métodos de la programación matemática, se tiene un conjunto de herramientas poderoso y flexible para investigaciones teóricas y empíricas que pueden adaptarse a una gran variedad de problemas prácticos tales como la planeación de obras, distribución de mercancías, minimización de tiempos y costos de procesos industriales, asignación óptima de personal, análisis de inversiones en problemas relacionados con el presupuesto y la planeación financiera, etc.

## 2.1 EL MODELO DE PROGRAMACION LINEAL

Formulación. Se dispone de ciertas cantidades de  $M$  factores de producción; llamaremos a estas cantidades  $b_1, b_2, b_3, \dots, b_M$ . Hay  $N$  productos que se pueden obtener utilizando esos factores; las cantidades (todavía sin determinar) de estos productos serán  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$ . Hay coeficientes técnicos fijos, es decir, la cantidad necesaria de cada factor para obtener una unidad de cada producto está dada. La cantidad del factor  $i$ -ésimo necesaria para obtener una unidad del producto  $j$ -ésimo la llamamos  $a_{ij}$ . (figura 2).

Está claramente implícito, cuando el problema se plantea en estas condiciones, que las constantes (las  $a$  y las  $b$ ) deben obedecer a ciertas restricciones si han de tener cierto sentido económico. Aunque esas restricciones parecen tremendamente obvias, tropezaríamos con serias dificultades si no las consignásemos: 1) Toda  $b_i$  tiene que ser positiva. 2) Los coeficientes técnicos  $a_{ij}$  no pueden ser negativos; sin embargo, podemos admitir que algunos de ellos sean cero: no todo factor ha de ser requerido para cada producto. 3) Pero alguna cantidad de un factor por lo menos tiene que ser necesaria para cada producto.

Figura 2.



Si un conjunto de resultados  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  ha de ser factible, tiene que satisfacer dos conjuntos de restricciones (figura 3). Primero, ningún  $x_j$  puede ser negativo (aunque algunos o todos pueden ser cero); esto nuevamente parece obvio, pero es vital que tales cuestiones obvias no se pasen por alto. Segundo, la cantidad de cualquier factor que se requiera para producir el conjunto de resultados en ningún caso ha de exceder a la cantidad disponible de ese factor. En otros términos el conjunto de resultados deberá estar comprendido en la región definida, por las restricciones (figura 4); llamémosla región factible.

Ahora sería posible plantear el problema que tenemos ante nosotros, tratando de buscar una determinación de todas las soluciones factibles, pero de todas ellas, las que están sobre la frontera son las verdaderamente interesantes; solo esas son las que, en un sentido u otro, maximizan la producción. (figura 5).

La manera de distinguir estas soluciones consiste en decir que, si los productos se valoran a precios fijos  $(p_1, p_2, \dots, p_N)$ , el valor de la producción  $(\sum p_j x_j)$  tiene que hacerse máximo.

Una consideración de estos modelos muestra que pueden dividirse en dos partes: Una, que describe la estructura de la opera-

Figura 3.

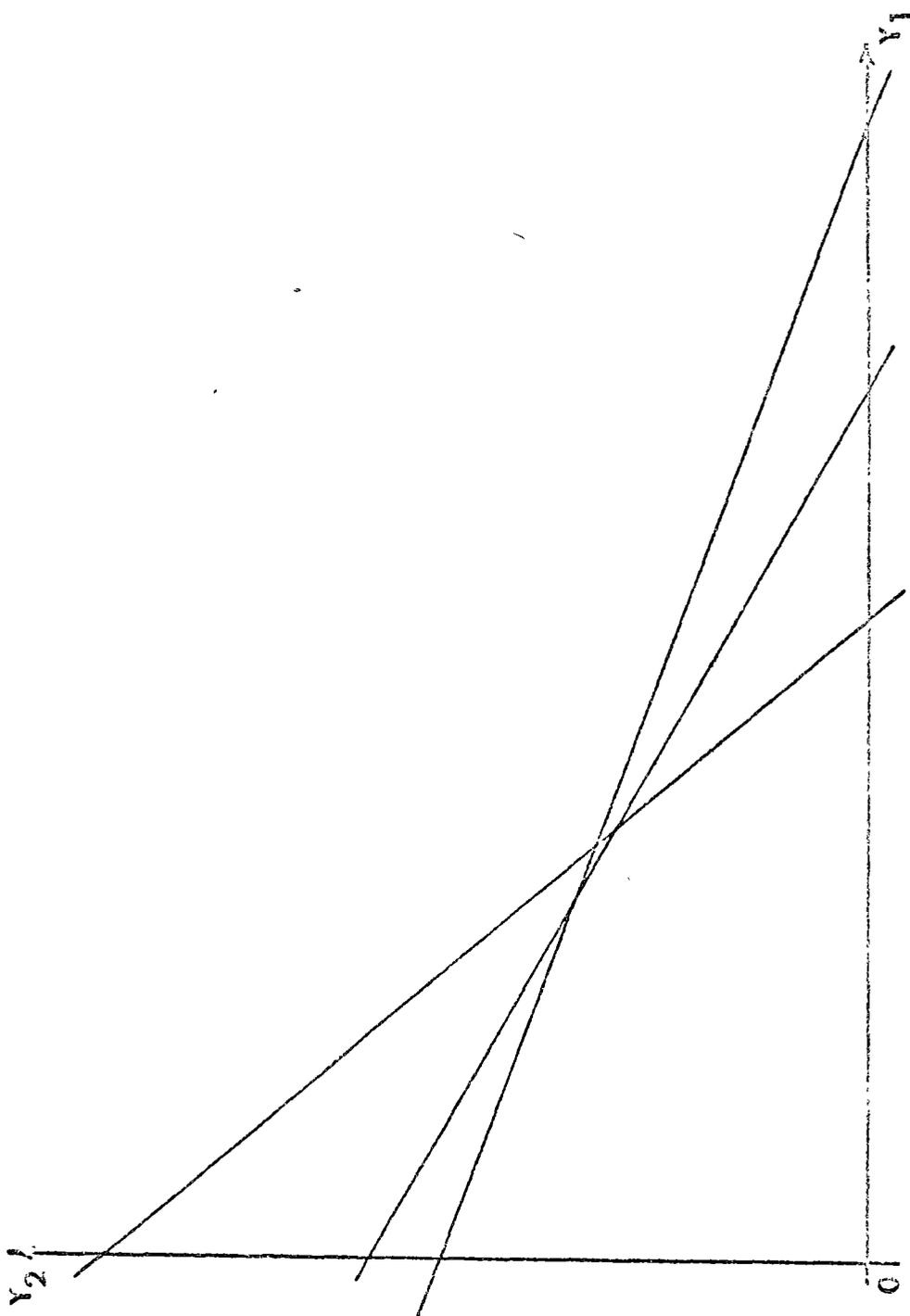


Figura 4.

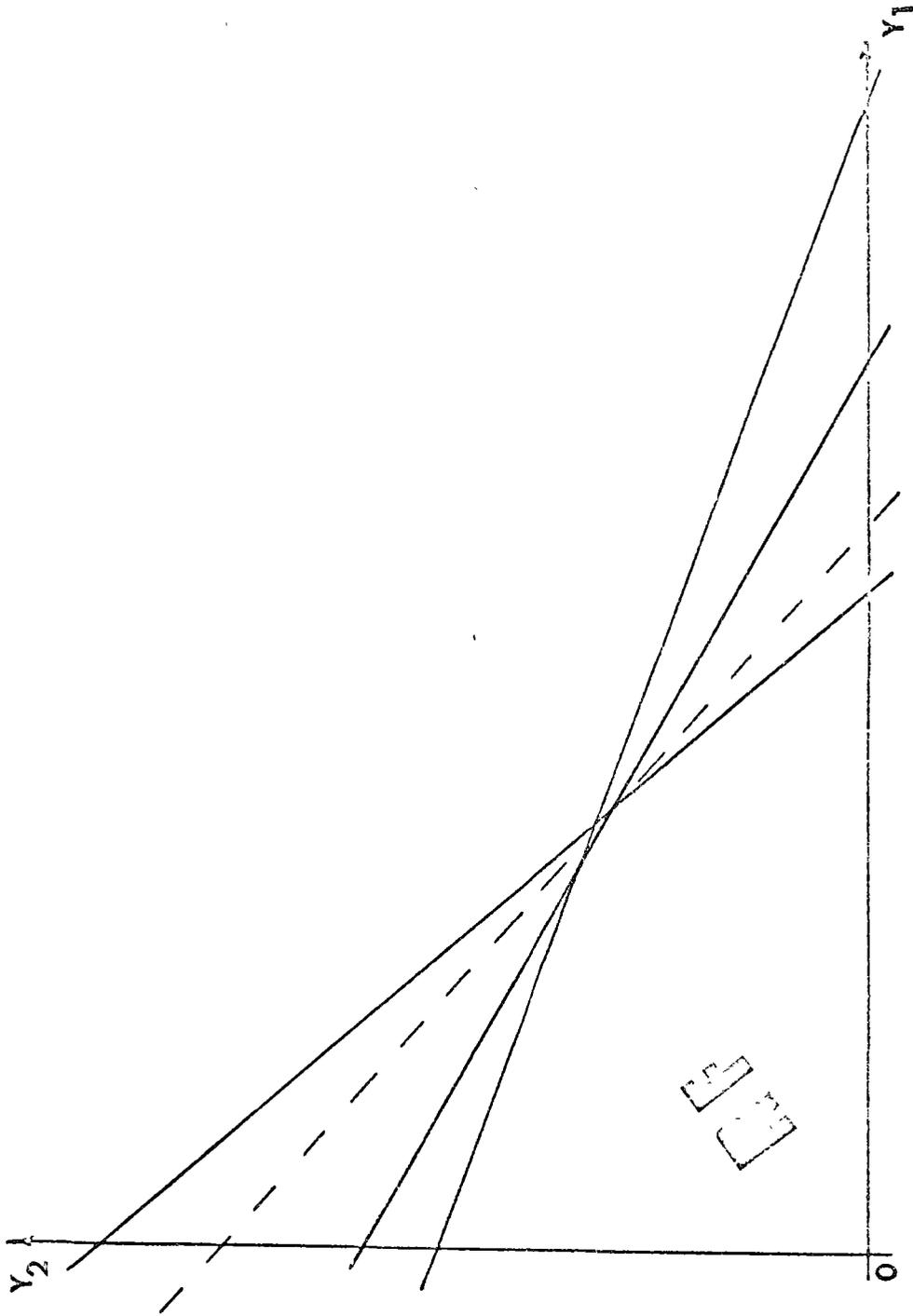
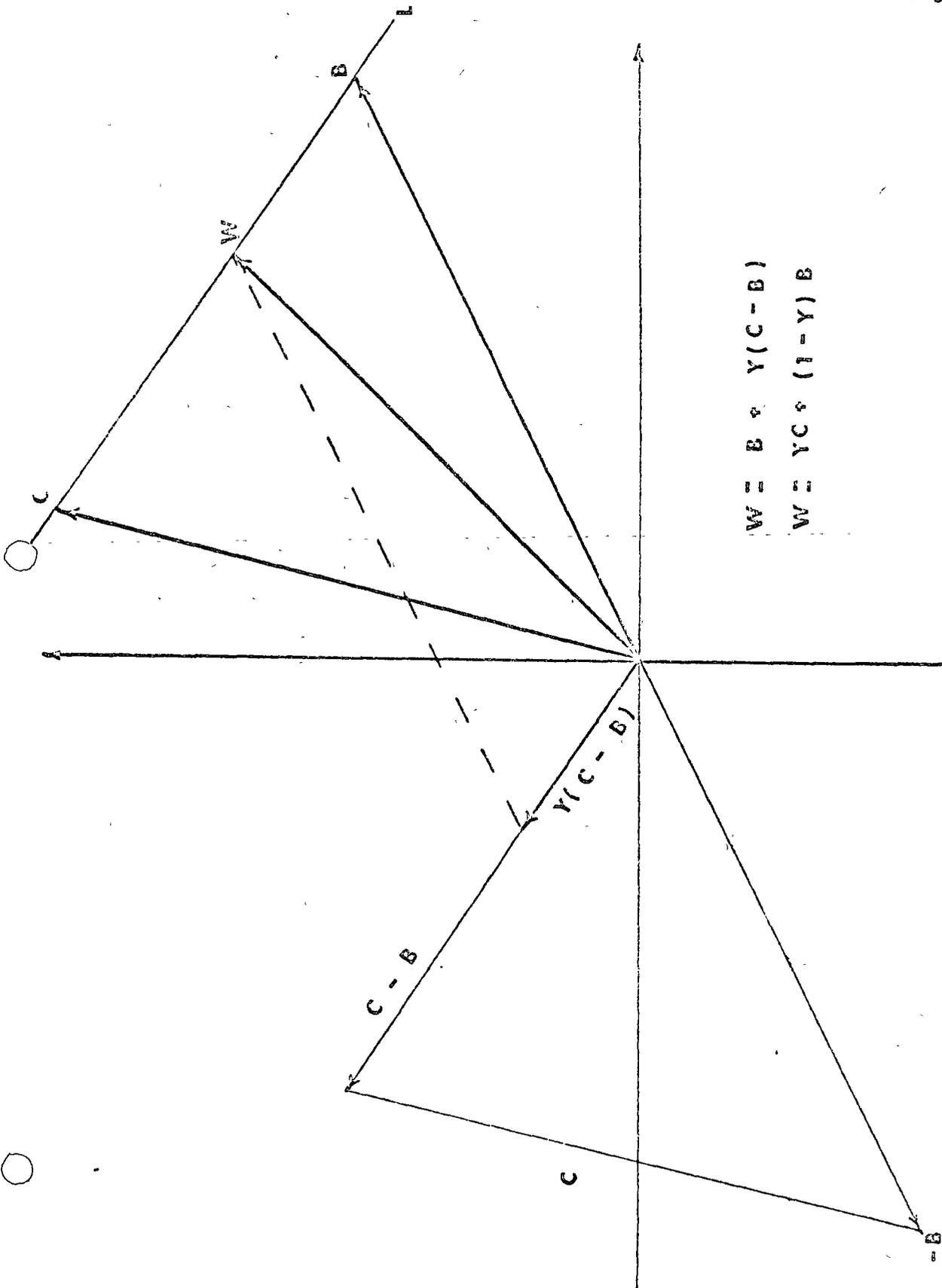


Figura 5.



$$W = B + Y(C-B)$$

$$W = YC + (1-Y)B$$

ción y las relaciones entre variables (tanto controlables como incontrolables), y otra, que valora las consecuencias de cualquier elección de variables en términos de beneficio, costo o cualquier otra medida de deseabilidad. La primera parte se refiere a las restricciones y la segunda a la función o criterio de objetivo. Estos problemas revisten la forma de búsqueda de los valores de las variables a decidir que hacen máximo o mínimo el valor de la función objetivo al mismo tiempo que satisfacen las restricciones.

Convexidad. Si existe una región factible ha de ser convexa; en el sentido de que dados dos puntos cualesquiera de la región, los puntos de la línea que los une han de estar también en dicha región (figura 6) Esta limitación persiste en todas las formas de la teoría lineal; ya que en regiones no convexas se presenta el problema de tomar (equivocadamente) un óptimo parcial como el óptimo global.

Es oportuno a esta altura consignar un ejemplo numérico, considere pues el siguiente (figuras 7-12).

Figura 6.

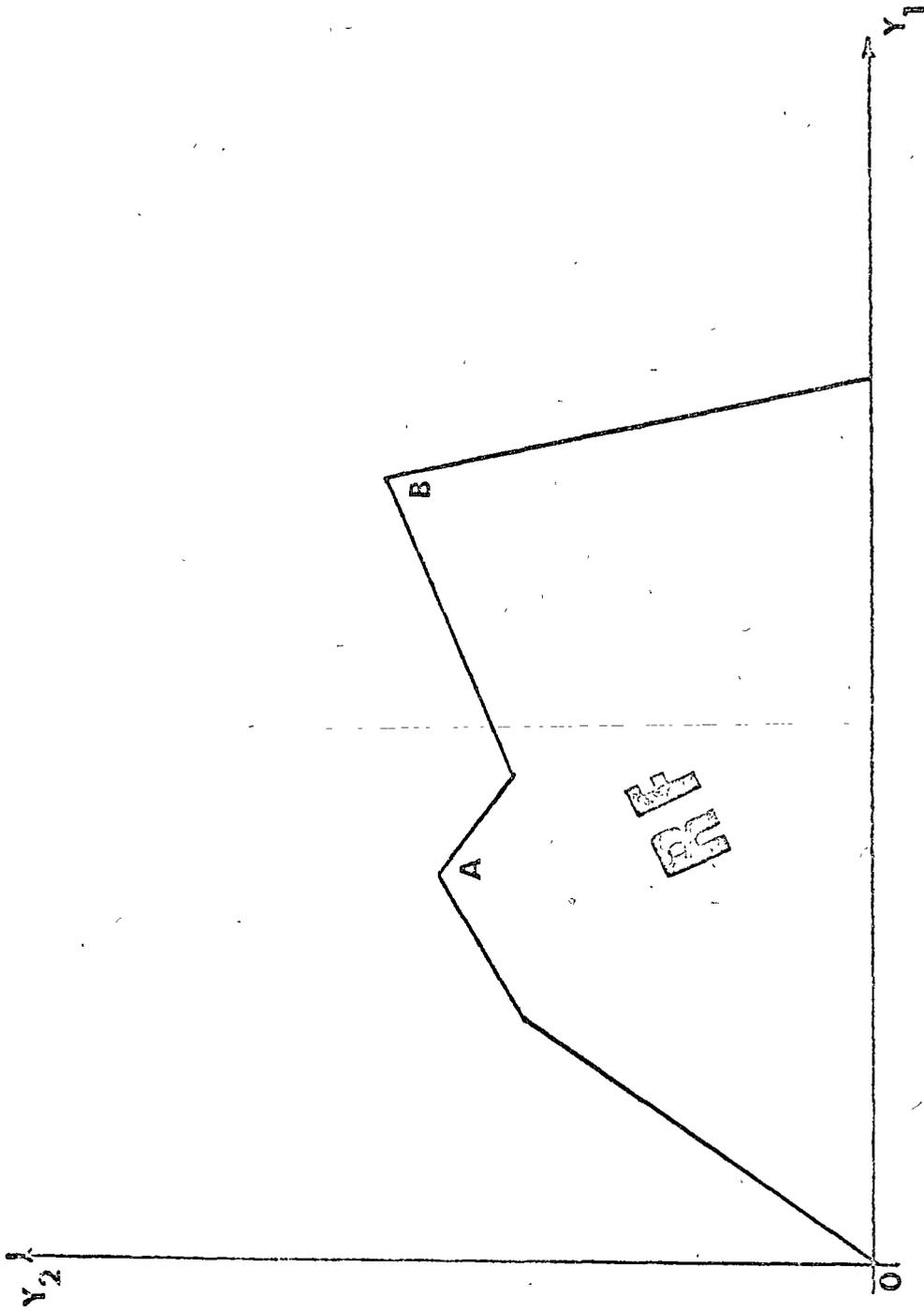


Figura 7.

	$M_1$	$M_2$	$M_3$
$P_1$	11	7	6
$P_2$	9	12	16

$$M_1 ; 9900$$

$$M_2 ; 8400$$

$$M_3 ; 9600$$

$$\text{GANANCIA UNITARIA: } P_1 ; 900$$

$$P_2 ; 1000$$

---

$$11X_1 + 9X_2 \leq 9900$$

$$7X_1 + 12X_2 \leq 8400$$

$$6X_1 + 16X_2 \leq 9600$$

$$\text{MAX}(Z = 900X_1 + 1000X_2)$$

EN DONDE  $X_j \geq 0$

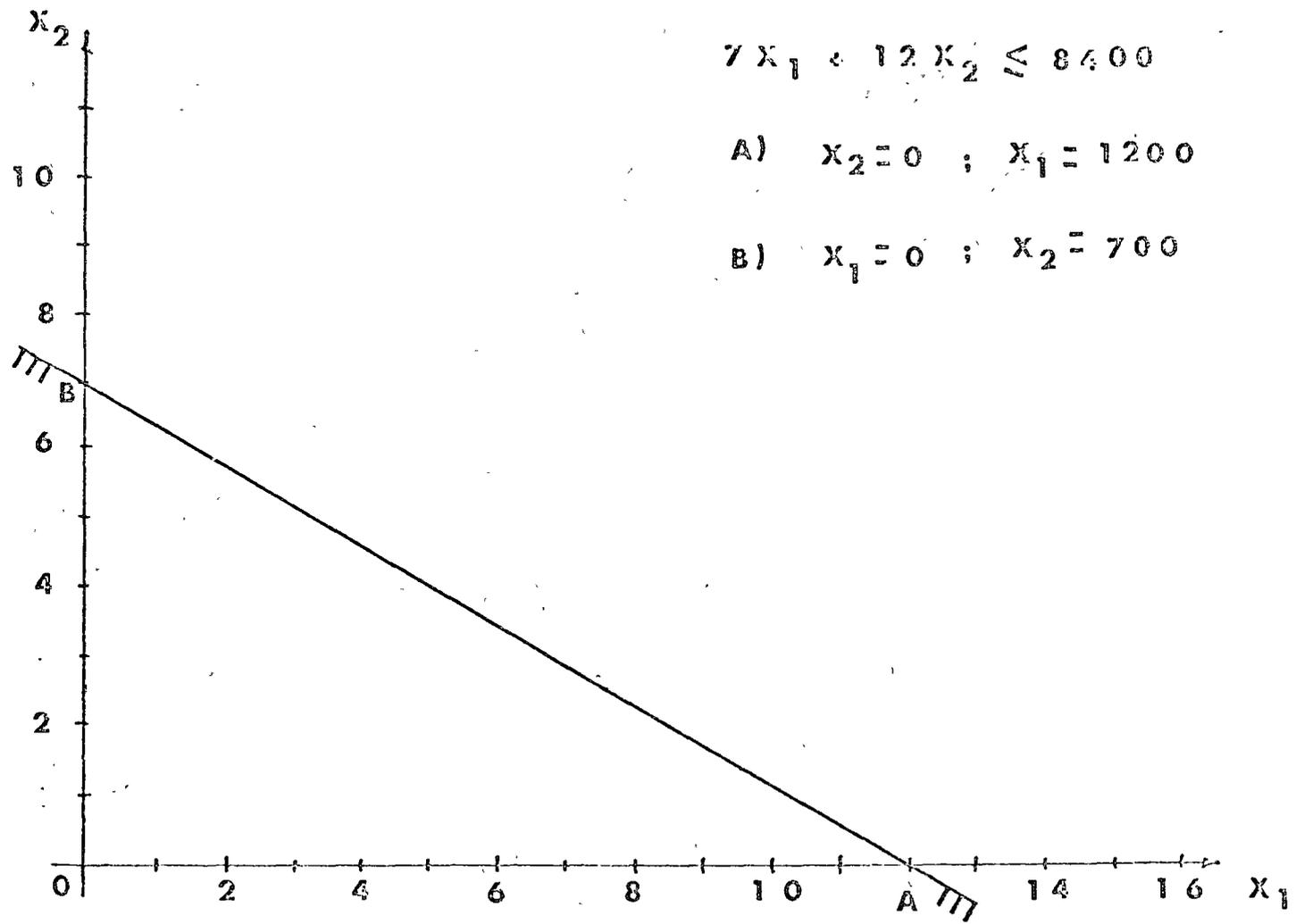


Figure 8

Figura 9.

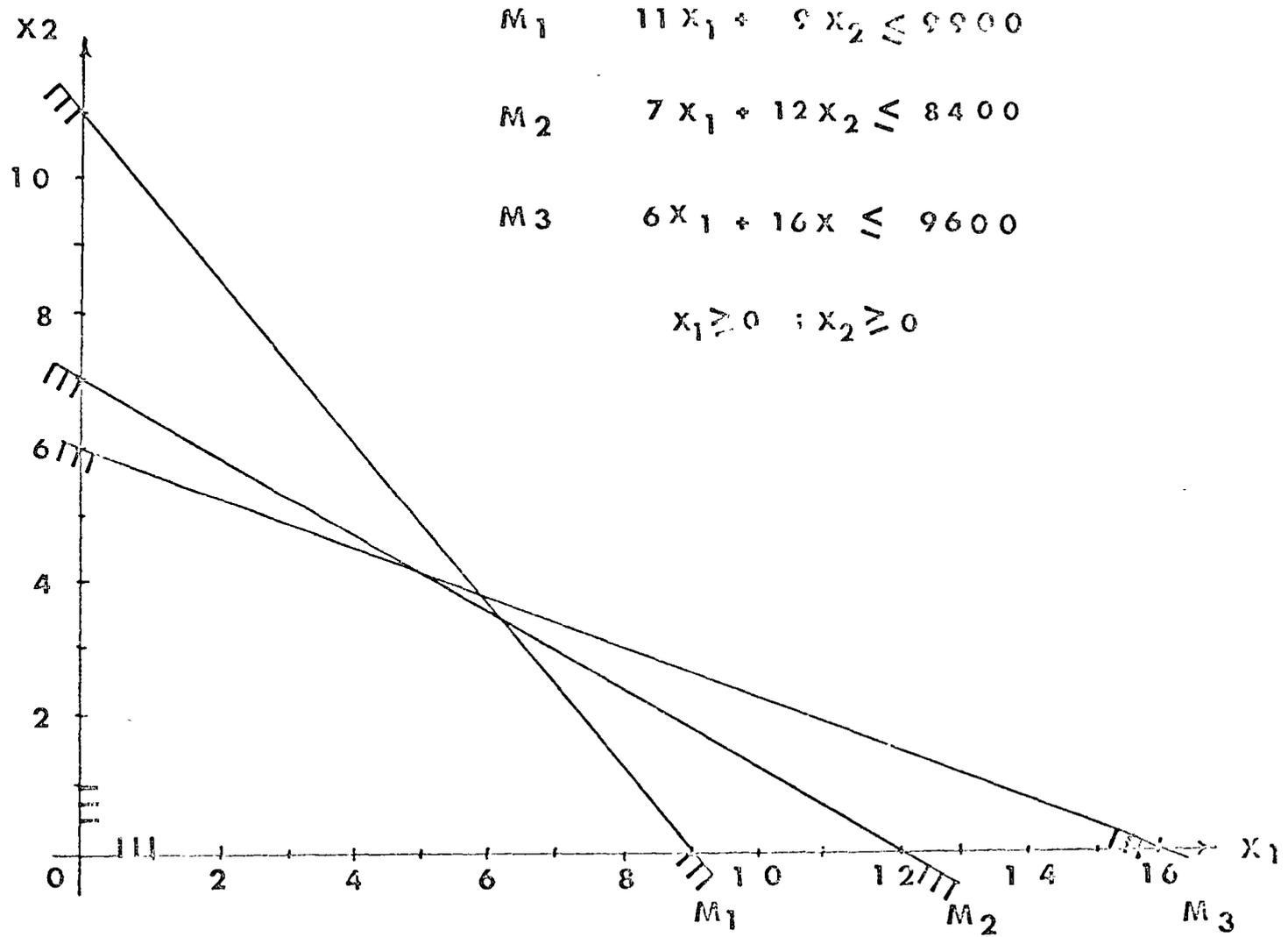


Figura 10.

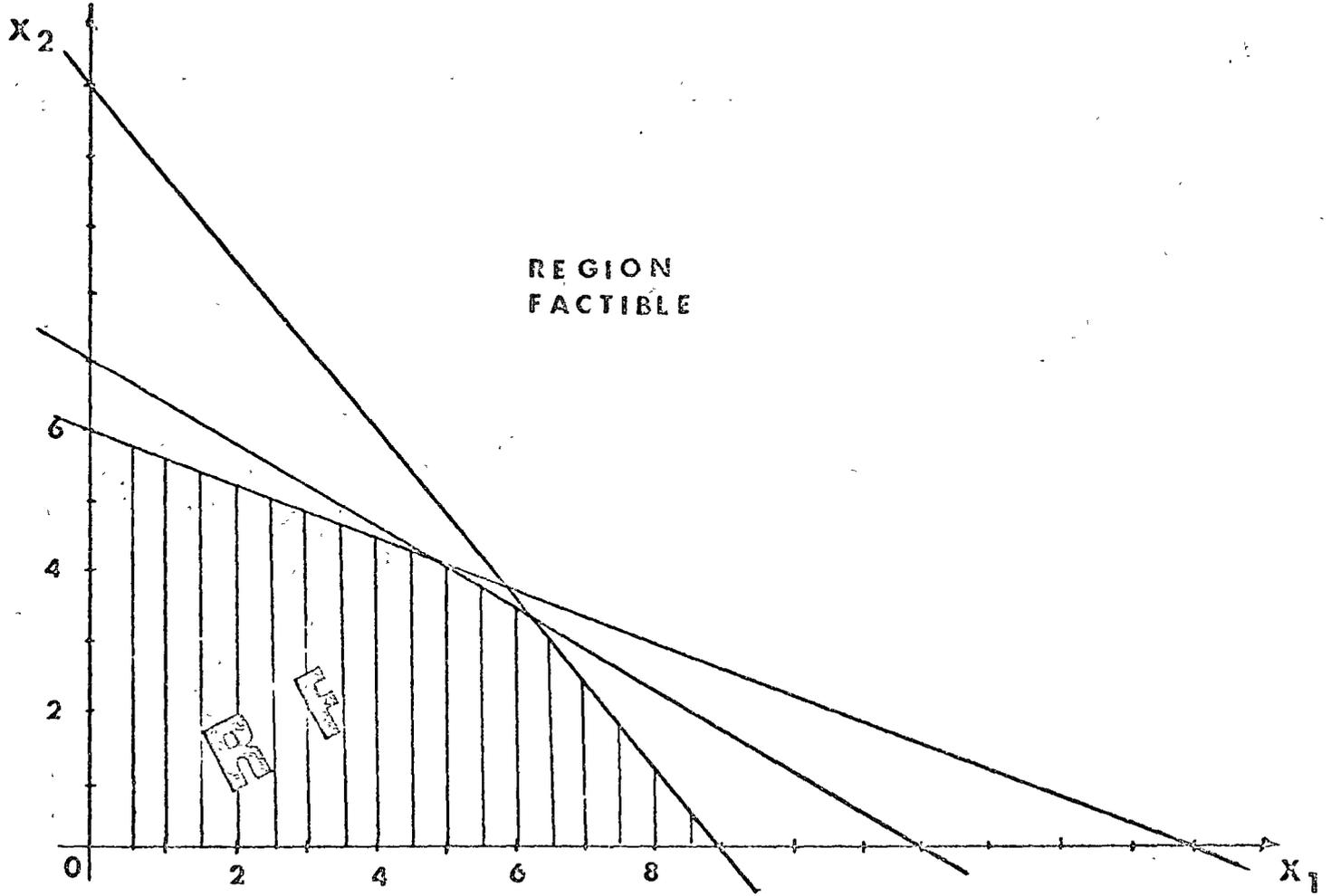


Figura 11.

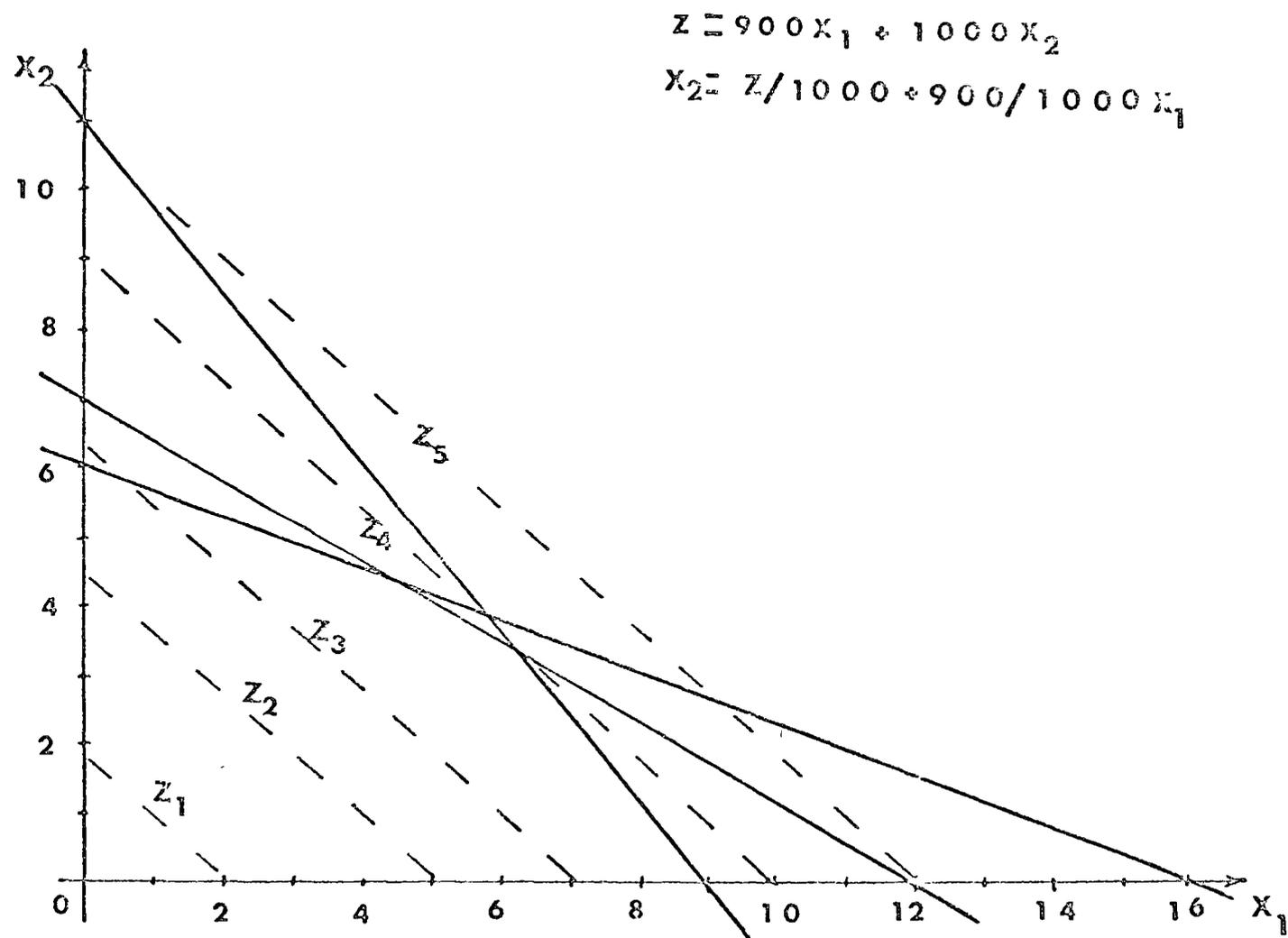
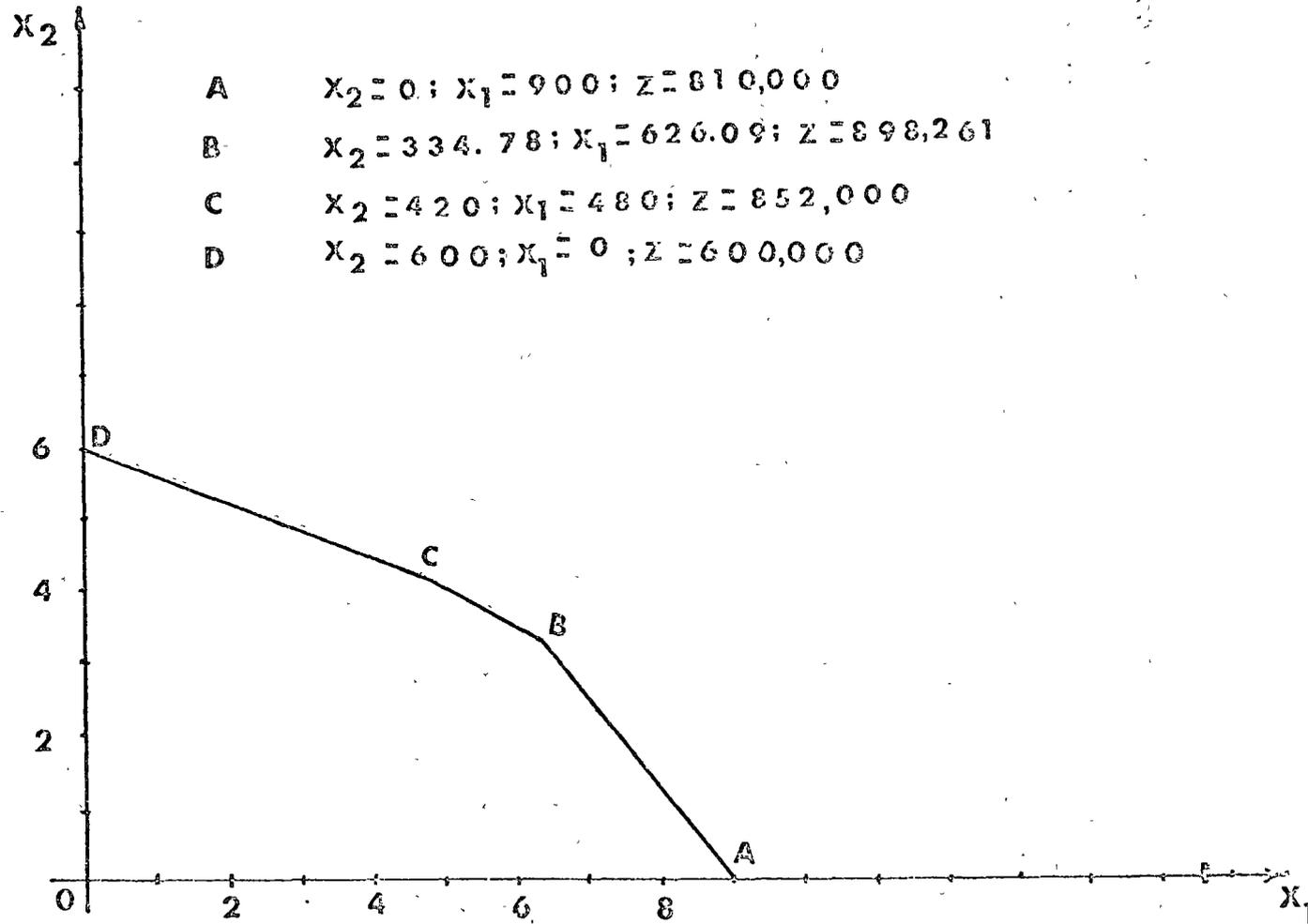


Figura 12.



## 2.2 EL PROBLEMA DUAL

Por lo que se refiere a la determinación del óptimo, queda completa la teoría del prototipo; sin embargo, todavía no hemos hablado del avance más notable de la teoría. Este se refiere a la determinación de los precios de los factores.

Considere, por un momento, un modelo de dos factores y dos productos como el de la figura 13. Correspondiendo a las ecuaciones.

$$a_{11} u_1 + a_{12} u_2 \leq b_1, \quad a_{21} u_1 + a_{22} u_2 \leq b_2$$

(que hacen que las producciones parezcan depender sólo de los coeficientes técnicos y de los factores), hay ecuaciones de precios y costos (no hay ningún beneficio que no pueda ser imputado a algún factor); estas serán

$$a_{11} v_1 + a_{21} v_2 \geq p_1, \quad a_{12} v_1 + a_{22} v_2 \geq p_2$$

Tomadas por sí solas, parecen ser que los precios de los factores  $v_1$  y  $v_2$  dependan sólo de los precios de los productos y de los coeficientes técnicos. (figura 14).

El objetivo en el primer par de ecuaciones consiste en maximizar el valor de la producción ( $\sum p_j u_j$ ). En cambio para el segundo par el objetivo consiste en minimizar los precios de los factores ( $\sum b_j v_j$ ).

Figura 13.

PRIMAL

$$\begin{aligned} \text{MAX } Z &= 900U_1 + 1000U_2 \\ 11U_1 + 9U_2 &\leq 9900 \\ 7U_1 + 12U_2 &\leq 8400 \end{aligned}$$

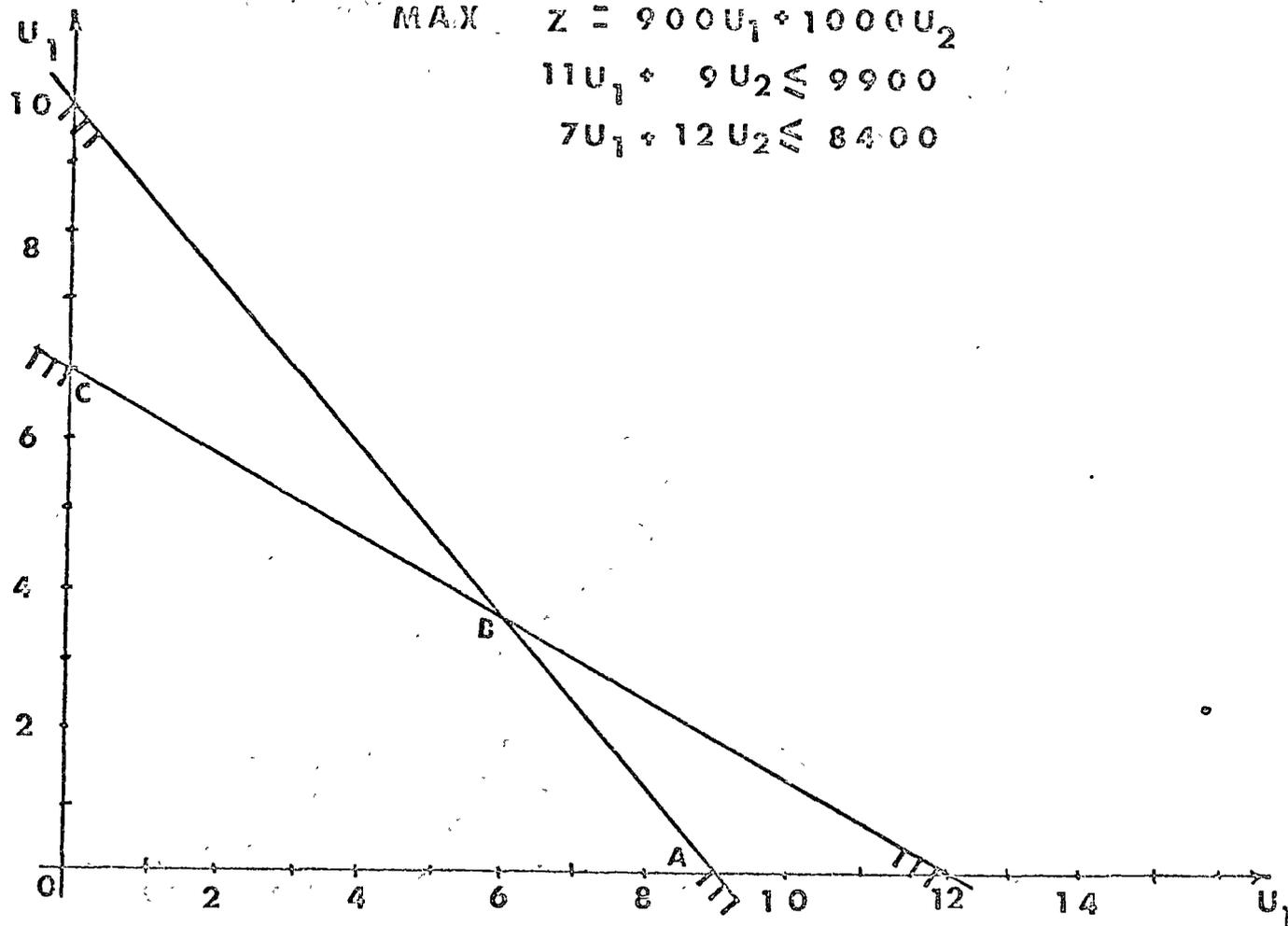
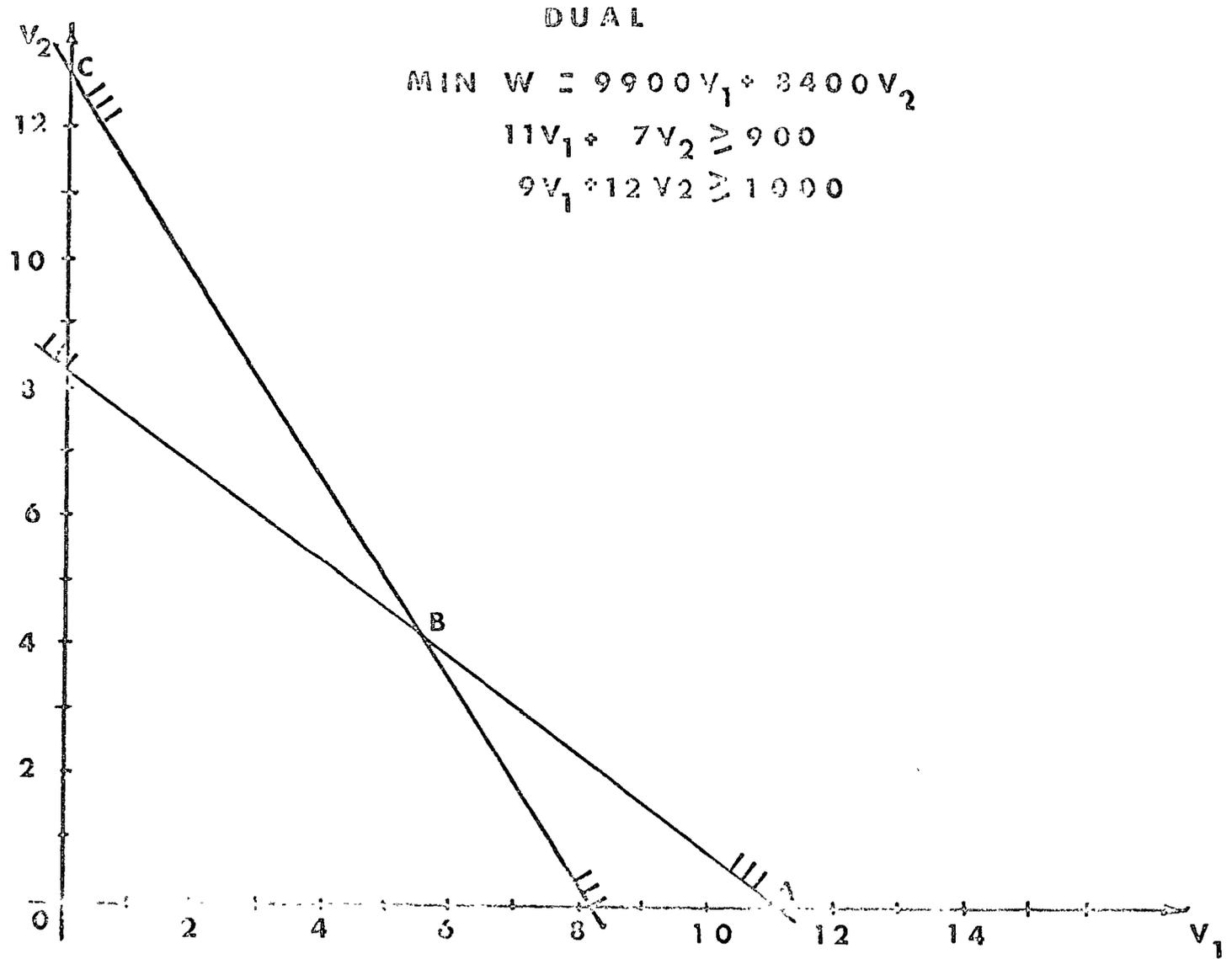


Figura 14.



### 2.3 EXTENSIONES DE LA PROGRAMACION LINEAL

Se recordará que en nuestra formulación del modelo de programación lineal, empezamos imponiendo ciertas restricciones a las constantes. Las  $a$  tenían que ser no-negativas (con la condición de que algún factor ha de ser necesario para cada producto); las  $b$  tenían que ser positivas; y después había la regla suplementaria de que las  $p$  tenían que ser no-negativas (pero no todas cero). Aunque estas restricciones eran útiles para empezar, puede que se haya advertido que, al final de nuestra discusión, estaban resultando bastante débiles. El problema de la minimización, que apareció como dual, podría haberse expresado como un problema de maximización, de la misma forma que el original (o "primal" como ha venido ha ser llamado) pero, en tal caso, los signos de todas las constantes hubieran debido ser cambiados. Dábamos por sentado que un problema de esta clase podría tratarse casi de la misma manera. Pero esto plantea una pregunta más amplia: ¿Necesitamos imponer alguna restricción a las constantes?.

Matemáticamente, la respuesta es negativa. La principal dificultad que surge si se hace esto, es que hemos de tener en cuenta algunas posibilidades secundarias. En primer lugar,

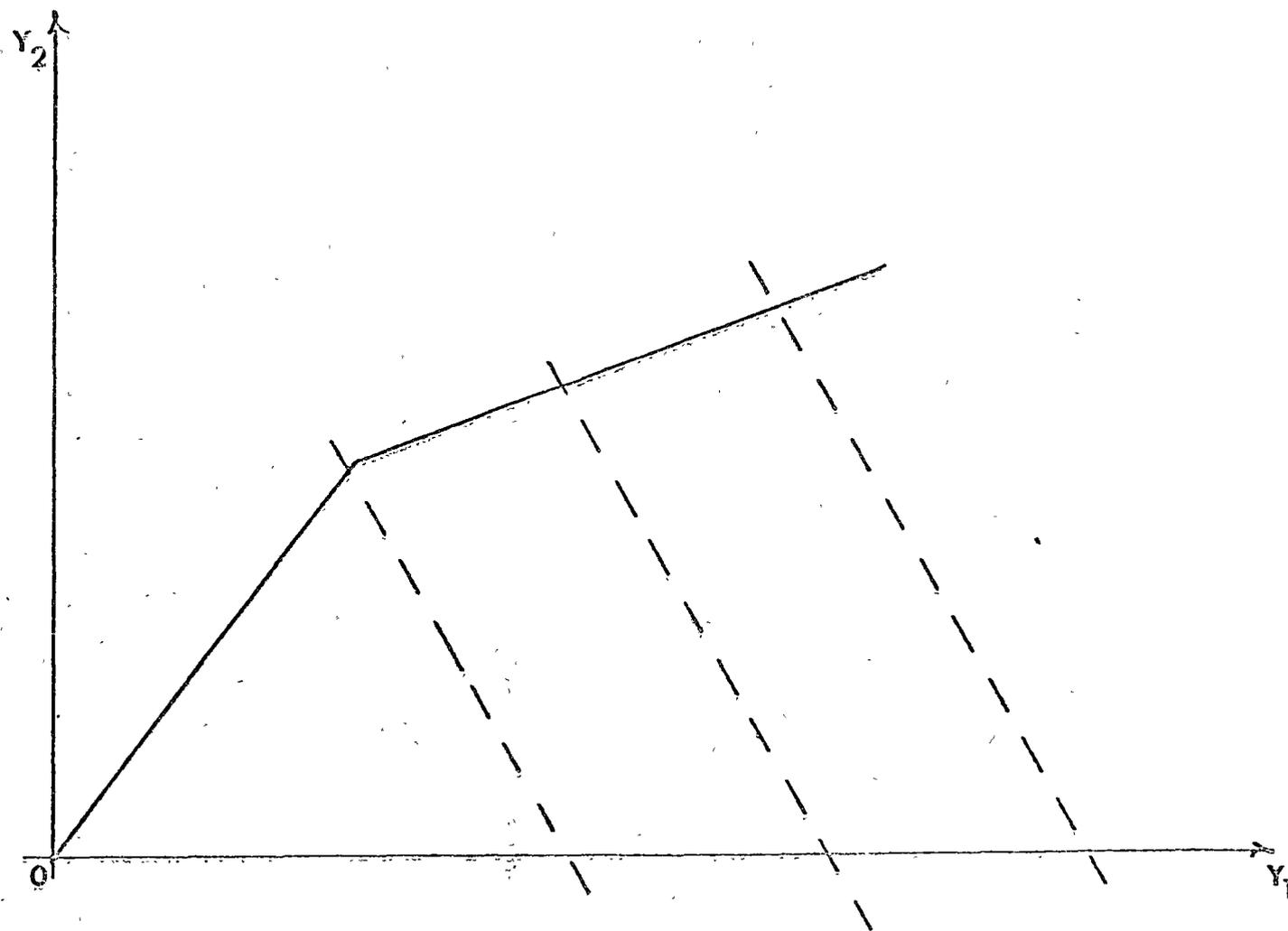
si no se establecen restricciones sobre las constantes, es posible que pueda no haber ninguna solución factible, ninguna región factible.

En segundo lugar, aún cuando hubiera una región factible, no es necesario que fuera optimizable para una función objetivo dada. Evidentemente, podría darse el caso de que  $z$  aumentara indefinidamente. (figura 15).

Ninguna de estas cosas puede ocurrir aceptando las restricciones iniciales; no puede ocurrir con el problema primal, ni puede ocurrir con el problema dual (es importante hacerlo notar). Este es un caso particular de un teorema general: El teorema de la dualidad, que dice que si existe un óptimo para el primal, también existe para el dual. Hay también una ampliación del teorema que enlaza las dos excepciones: dice que si el primal, aunque factible, no es optimizable, el dual no será factible. Puesto que ambos problemas (naturalmente) pueden considerarse como primales, la correspondencia se cumple (en cierto modo) en ambas direcciones.

PROGRAMACIÓN ENTERA. Se consideró hasta ahora la restricción de no-negatividad a las cantidades de los productos, este supuesto clasifica a los problemas con esta propiedad dentro de

Figura 15.



la programación continua. Sin embargo, con frecuencia se presentan situaciones en las cuales esta restricción debe limitar, aún más, a las cantidades de los productos a que estas sean variables enteras.

Esta limitación no se debe a otra cosa sino a la naturaleza propia del problema. Un artificio que proporciona buenos resultados en la selección de proyectos o en el análisis de inversiones, entre otros, es la utilización de la programación binaria que restringe a las variables involucradas en el modelo, a tomar los valores de cero o uno, determinando así el rechazo o la aceptación de un proyecto.

PROGRAMACION NO-LINEAL. Una extensión aún mayor de la programación matemática es considerar dentro de las restricciones o la función objetivo como ecuaciones no lineales (figura 16). Esta clase de problemas se plantean de manera análoga a los anteriormente analizados sin embargo, difieren en cuanto a la mecánica de resolución. Una manera alternativa de plantear estos problemas es mediante la programación separable, que consiste en, como su nombre lo indica, separar una curva en un número múltiple de líneas rectas. (figura 17-18).

Figura 16:

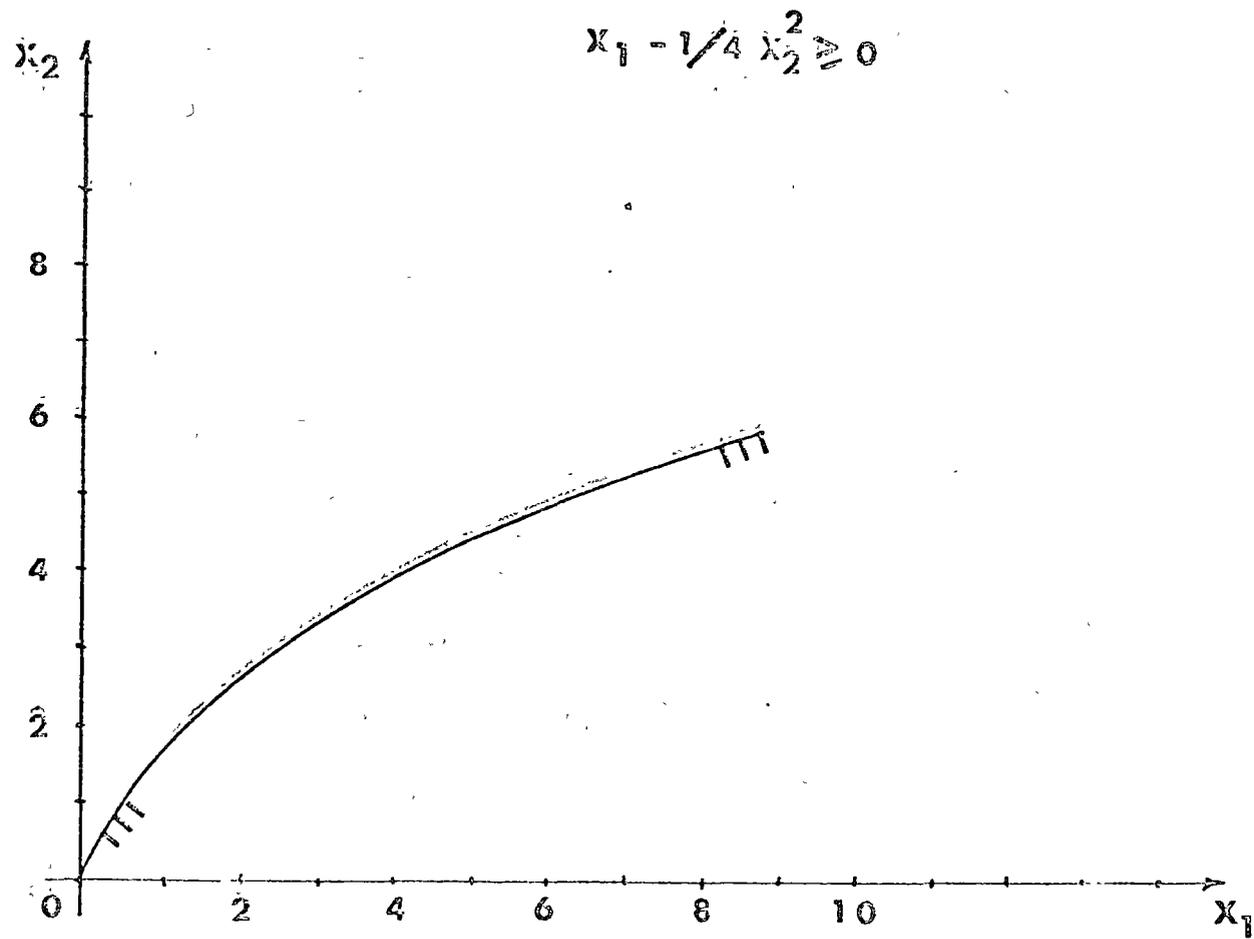


Figura 15.

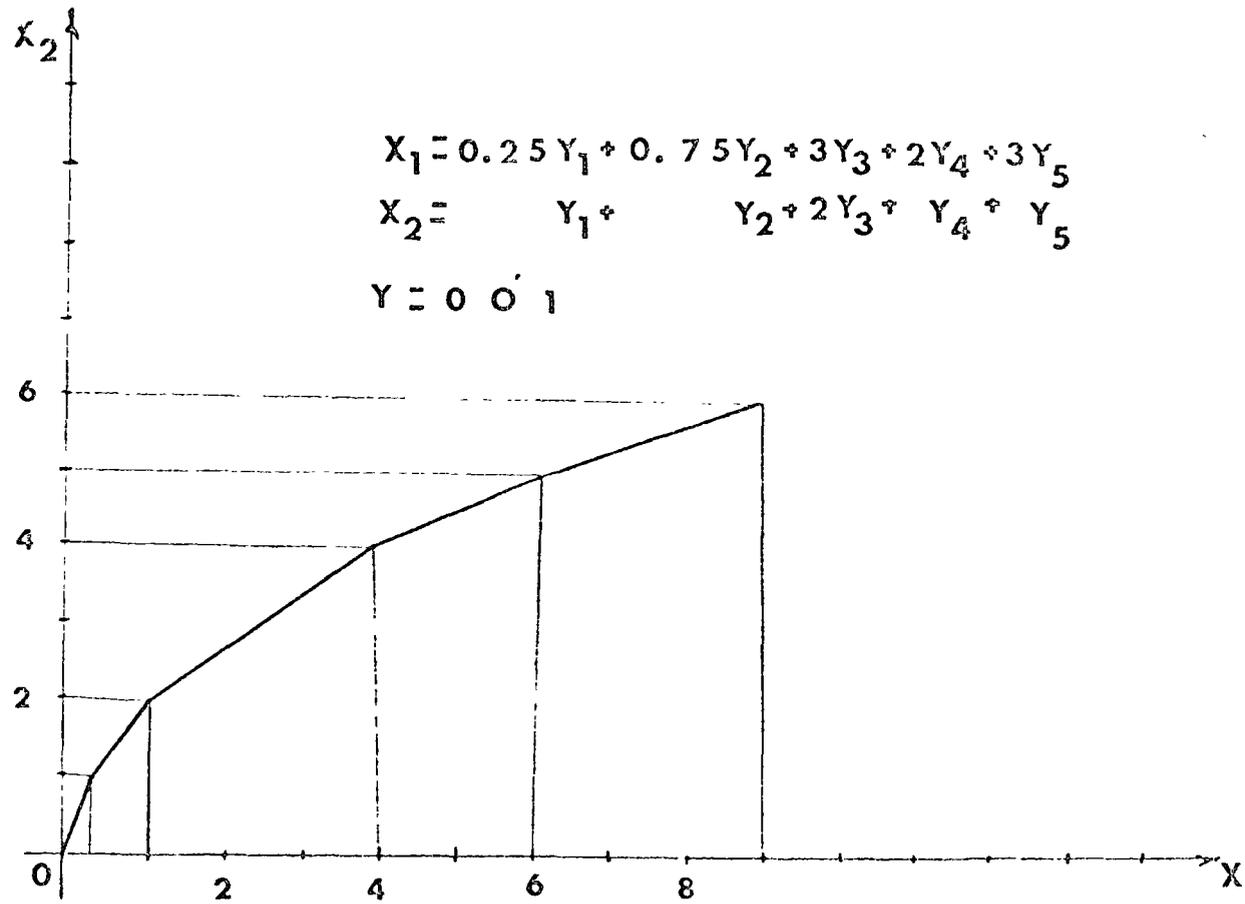
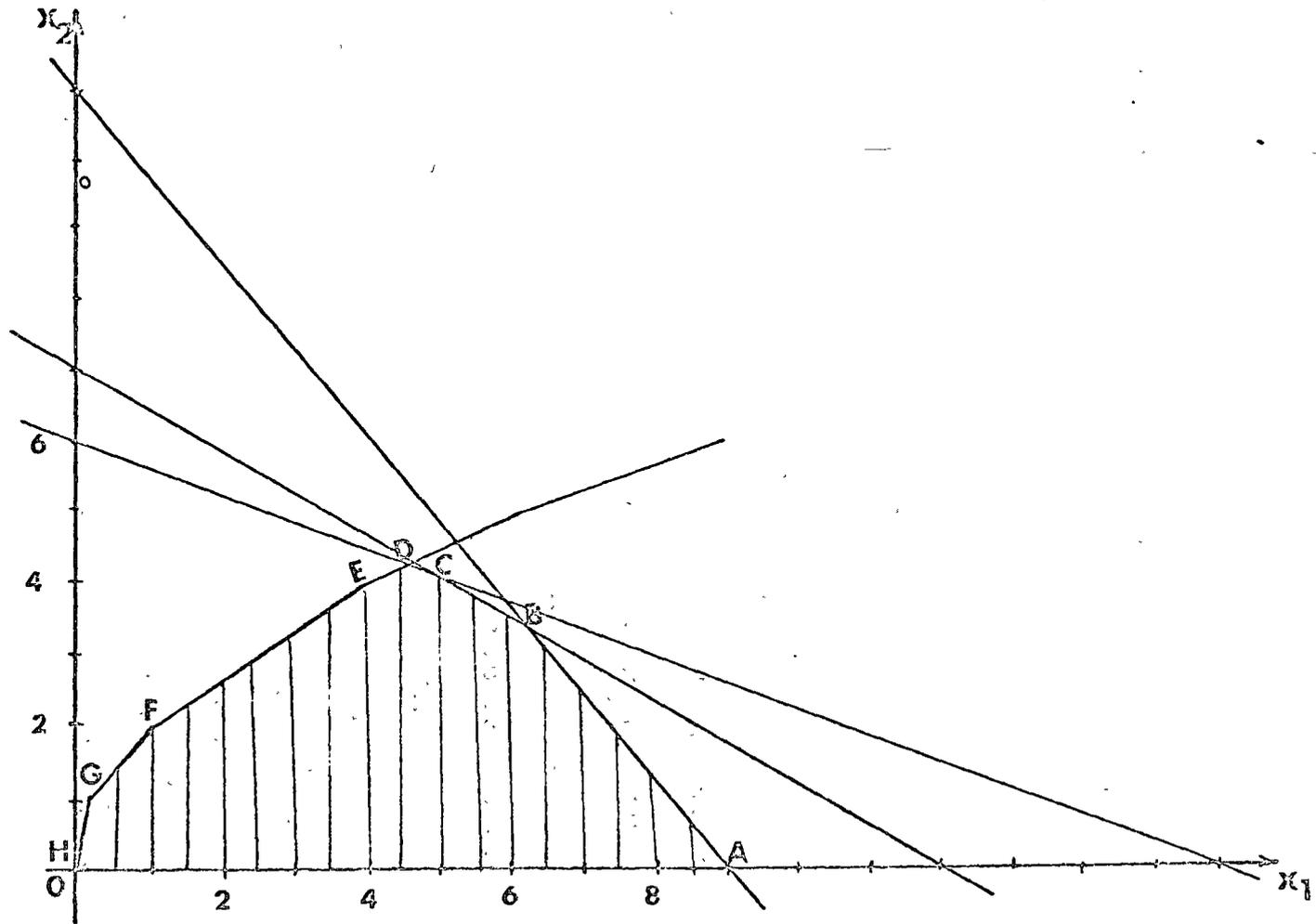


Figura 18.



## 2.4 EL MODELO DE PROGRAMACION DE METAS

La programación de metas es una variación de la programación lineal adaptada al problema de hallar una solución satisfactoria más bien que óptima.

En la programación lineal solo una meta se incorpora a la función objetivo que debe maximizarse o minimizarse. Si la administración tiene varias metas, las metas no incorporadas a la función objetivo reciben el tratamiento que corresponde a las restricciones del problema. Después el procedimiento de cálculo elige del conjunto de todas las soluciones que satisfacen las restricciones la (o las) que maximiza o minimiza la función objetivo. Como la empresa procura obtener el valor más elevado de la función objetivo afirmase que adopta un comportamiento optimizador. En la programación de metas, todas las metas, trátense de una o muchas, se incorporan a la función objetivo, y solo las condiciones ambientales reciben el trato que se dispensa a las restricciones<sup>9</sup>. Más aún, cada meta fija en un valor que a juicio de la administración es satisfactorio, pero que no siempre es el mejor que puede obtenerse. Entonces el procedimiento de cálculo selecciona entre el conjunto de todas las soluciones que satisfacen las

restricciones, la (o las) que mejor satisface los propósitos anunciados por la administración. Como en este caso el objetivo es obtener resultados satisfactorios, no los mejores resultados posibles, afirmase que la empresa adopta un comportamiento de satisfacción. (figura 19).

## PROGRAMACION DE METAS

a)

$$11X_1 + 9X_2 \leq 9900$$

$$7X_1 + 12X_2 \leq 8400$$

$$6X_1 + 16X_2 \leq 9600$$

$$\text{MAX } Z = 900 X_1 + 1000 X_2$$

b)

$$11X_1 + 9X_2 \leq 9900$$

$$7X_1 + 12X_2 \leq 8400$$

$$6X_1 + 16X_2 \leq 9600$$

$$900X_1 + 1000X_2 + x^+ - x^- = 900,000$$

$$\text{MIN } Z = x^+ + x^-$$

### 3.1 M P S X

SOLUCION FACTIBLE, NO = FACTIBLE, OPTIMA

ANALISIS DE SENSIBILIDAD

PARAMETRIZACION

- PROGRAMACION CONTINUA

NUMERO DE VARIABLES ILIMITADO

NUMERO DE RESTRICCIONES ILIMITADO

- PROGRAMACION ENTERA, MIXTA

NUMERO DE VARIABLES 4,095

NUMERO DE RESTRICCIONES ILIMITADO

INTERVALO DE LAS FRONTERAS + 32,767

- PROGRAMACION ENTERA BINARIA

NUMERO DE VARIABLES 4,095

NUMERO DE RESTRICCIONES ILIMITADO

INTERVALO DE LAS FRONTERAS 0, 1

- PROGRAMACION SEPARABLE

NUMERO DE VARIABLES

NUMERO DE RESTRICCIONES

INTERVALO DE LAS FRONTERAS 0,00

### 3.2 OPT ECH

SOLUCION FACTIBLE, NO-FACTIBLE, OPTIMA

NUMERO DE VARIABLES 336

NUMERO DE RESTRICCIONES 206

NUMERO DE ELEMENTOS 1354

- PROGRAMACION CONTINUA

PROBLEMAS DE MINIMIZACION

- PROGRAMACION ENTERA (GONZALEZ- YOUNG)

PROBLEMAS DE MAXIMIZACION

- ALGORITMO DE BUSQUEDA DIRECTA

#### 4. ANALISIS DE INVERSIONES EN CONDICIONES DE CERTEZA

Hasta ahora se ha demostrado el uso de la programación matemática para optimizar las decisiones operativas, dentro de las restricciones de capacidad física y los recursos financieros. Nuestro modelo se ha construido sobre la base de que la administración ya decidió la magnitud de las inversiones y el método de financiarlos.

A medida que profundicemos el análisis consideraremos tres cuestiones principales acerca de las decisiones de inversión y financiación adoptadas por la empresa: En primer lugar, ¿qué criterio debe utilizarse para medir la rentabilidad de las inversiones?. En segundo lugar, ¿qué principios debe regir la magnitud y la composición de las inversiones?. En tercer lugar, ¿qué fuentes de fondos debe utilizar la empresa para financiar sus inversiones?.

SUPUESTOS INICIALES.- En un principio se considerará dado el costo de capital, y también se supondrá la perfecta divisibilidad de las inversiones, la independencia de los proyectos, un mercado en competencia perfecta, y total certeza acerca de los resultados de la inversión.

La "divisibilidad" perfecta de las inversiones significa que la magnitud de cualquier proyecto puede variar en un incremento o un de-

cremento tan pequeño como uno lo desee. Un conjunto está formado por proyectos "independientes" entre sí cuando la rentabilidad de cualquiera no se encuentra afectada significativamente por la aceptación o el rechazo de otros proyectos del conjunto. En un mercado en "competencia perfecta" cada comprador o vendedor de valores negocia con cantidades tan reducidas que ninguna ejerce un efecto apreciable sobre los precios de los valores. Es decir, que en su condición de vendedora de valores una empresa puede obtener todos los fondos que desea a la tasa corriente de interés y que en su condición de compradora de valores puede invertir todos los fondos a la tasa corriente de interés del mercado. Finalmente la "certidumbre" significa que tanto las empresas como los compradores de valores conocen exactamente los flujos de fondos de cualquier proyecto; como no hay incertidumbre, todas las rentabilidades de los valores son iguales al índice de interés libre de riesgos, al que denominaremos "el costo del capital" (es el precio pagado por una empresa por los fondos obtenidos de sus proveedores de capital).

#### 4.1 EL CRITERIO DEL VALOR ACTUAL NETO

De acuerdo con el criterio del valor actual neto (VAN), se debe aceptar todos los proyectos de inversión que aumenten su valor actual neto, rechazando todos los demás. Cuando hay más de un proyecto de inversión se aplica la prueba, a todos y cada uno de los proyectos considerados individualmente. Después se determina la magnitud del presupuesto total de capital por el número total de proyectos que pasan la prueba. (figura 20).

El criterio del valor actual neto afirma que la empresa debe iniciar un proyecto únicamente si el valor de su valor actual neto es mayor que cero. Más todavía, para maximizar su riqueza, la empresa debe continuar expandiendo su presupuesto total de capital hasta agotar el número de proyectos que pueden contribuir positivamente al valor actual neto (figura 21).

#### 4.2 CRITERIO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO

De acuerdo con la tasa interna de retorno (TIR), debe aceptarse una inversión si su tasa interna de retorno es superior al costo del capital para la empresa. Cuando se contempla más de un

CRITERIO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)

INGRESO  $B_0$   $B_1$   $B_2$   $B_{n-1}$   $B_n$

HORIZONTE DE PLANEACION  $\longrightarrow$

COSTOS  $C_0$   $C_1$   $C_2$   $C_{n-1}$   $C_n$

$$B = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+k)^t} \quad \text{VALOR ACTUAL INGRESOS}$$

$$C = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+k)^t} \quad \text{VALOR ACTUAL COSTOS}$$

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+k)^t} \quad \text{VALOR ACTUAL NETO}$$

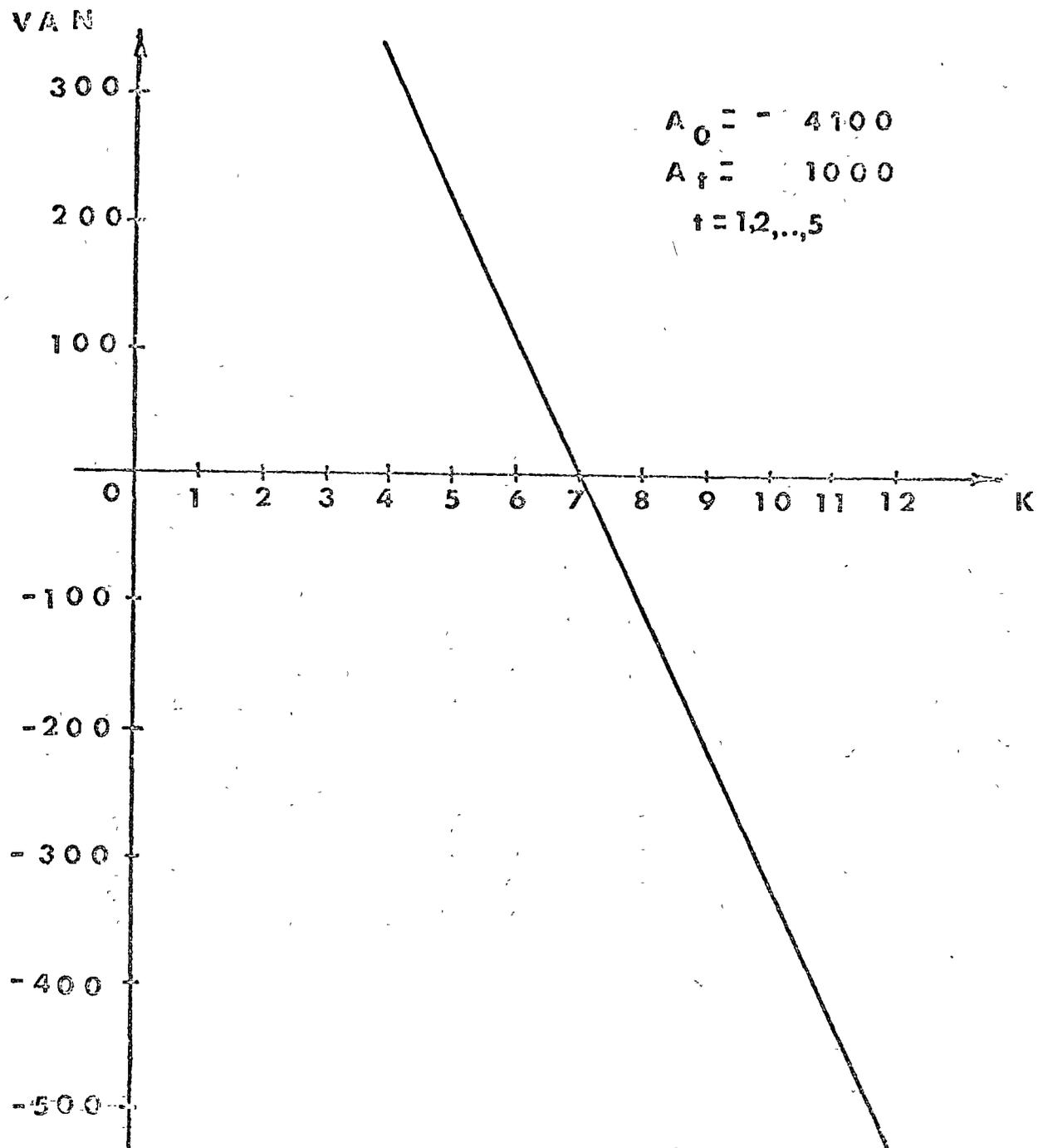
$$= \sum_{t=0}^n \frac{A_t}{(1+k)^t}$$

= SI  $VAN > 0$  INVERTIR

K COSTO DEL CAPITAL

$A_t$  FLUJO NETO DE FONDOS AL FINAL DE AÑO  $t$

Figura 21.



proyecto de inversión, el criterio exige que se calcule la tasa interna de retorno para cada proyecto, y que se clasifiquen de acuerdo con su respectiva rentabilidad. Después, se utiliza el costo del capital como un punto límite del programa de inversión de la empresa.

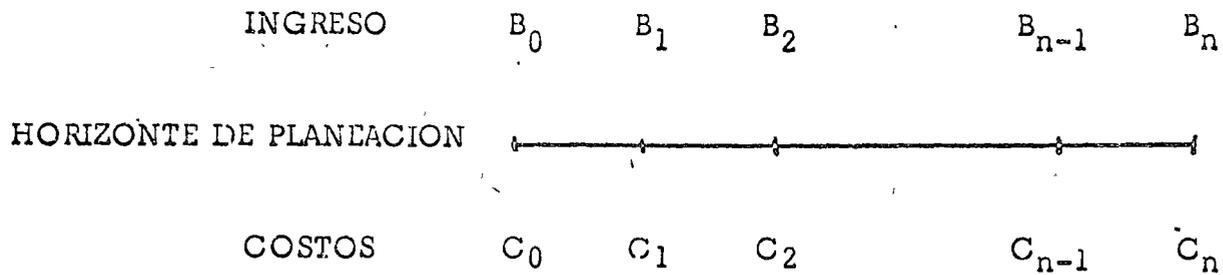
La tasa interna de retorno de una inversión se define como la tasa de descuento que iguala a cero el valor actual de toda la serie de flujos de fondos asociados con el proyecto. (figura 22).

La TIR de un proyecto puede definirse alternativamente como la tasa de descuento que iguala a cero el valor futuro de toda la serie de flujos de fondos, o como la tasa de descuento que iguala al costo del proyecto el valor actual de los futuros ingresos.

La tasa interna de retorno se denomina así porque es una rentabilidad interna al proyecto, calculada, independientemente del costo del capital para la empresa. Pero como se verá, si las erogaciones de una inversión no se limitan al período inicial la rentabilidad de la inversión puede variar directamente con el costo del capital.

Es conveniente hacer notar que la TIR de una inversión y la ren

CRITERIO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)



$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = 0$$

$$\sum_{t=0}^n \frac{A_t}{(1+r)^t} = 0$$

SI  $r > k$  INVERTIR

$r$  TASA INTERNA DE RETORNO

$k$  COSTO DEL CAPITAL

$A_t$  FLUJO NETO DE FONDOS AL FINAL DEL AÑO  $t$ .

tabilidad de una inversión no son la misma cosa, ya que aquella se calcula antes de deducir el costo de los fondos utilizados. Por lo tanto la TIR es una tasa de rentabilidad bruta, y la inversión es lucrativa solo cuando su TIR es superior al costo de capital para la empresa (figura 23).

#### 4.3 INVERSIONES SIMPLES

Una inversión simple es aquella cuyo flujo neto de fondos adopta la pauta de un desembolso inicial seguido exclusivamente por ingresos en efectivo (figura 24).

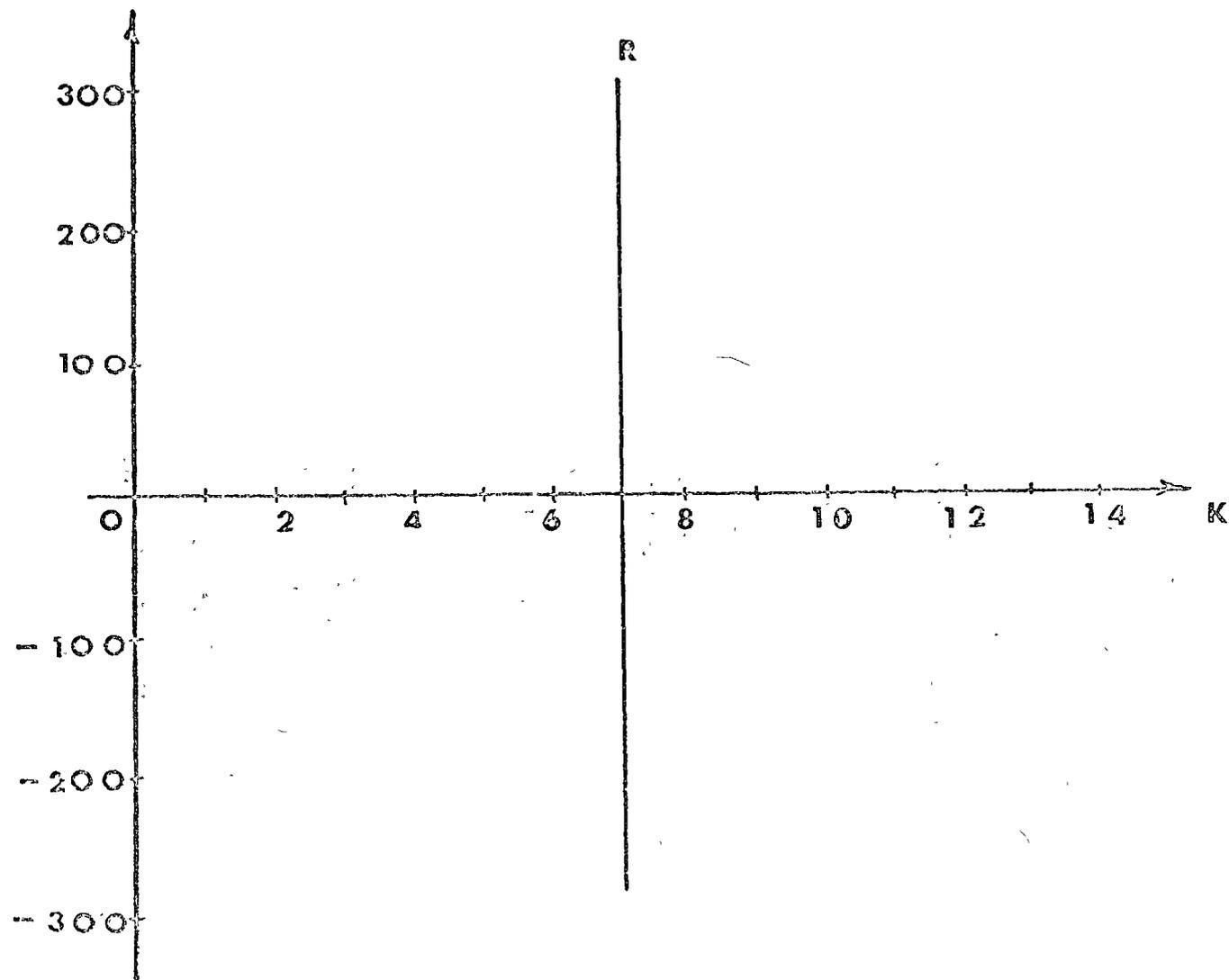
En el caso de las inversiones simples los criterios VAN y TIR determinan la misma decisión con respecto a la aceptación o el rechazo de los proyectos. (figura 25).

#### 4.4 INVERSIONES NO-SIMPLES

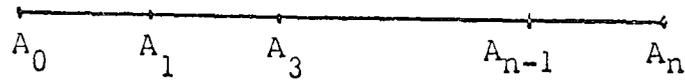
Una inversión no-simple tiene desembolsos netos en efectivo que no se limitan al período inicial, y por el contrario se intercalan con flujos netos de fondos durante toda la vida del proyecto. (figura 26).

La gran ventaja del criterio TIR es que se revela fácilmente al

Figura 23.



INVERSIONES SIMPLES



$$A_0 < 0$$

$$A_t > 0 ; \quad t=1, 2, \dots, n$$

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{A_t}{(1+k)^t}$$

$$TIR \sim 0 = \sum_{t=0}^n \frac{A_t}{(1+r)^t}$$

$$VAN = \sum_{t=1}^n \left\{ \frac{A_t}{(1+k)^t} - \frac{A_t}{(1+r)^t} \right\}$$

$$SEA \left\{ \frac{A_t}{(1+k)^t} - \frac{A_t}{(1+r)^t} \right\} \quad t=1, 2, \dots, n$$

- • VAN > 0 SI  $r > K$
- • VAN = 0 SI  $r = K$
- • VAN < 0 SI  $r < K$

Figura 25.

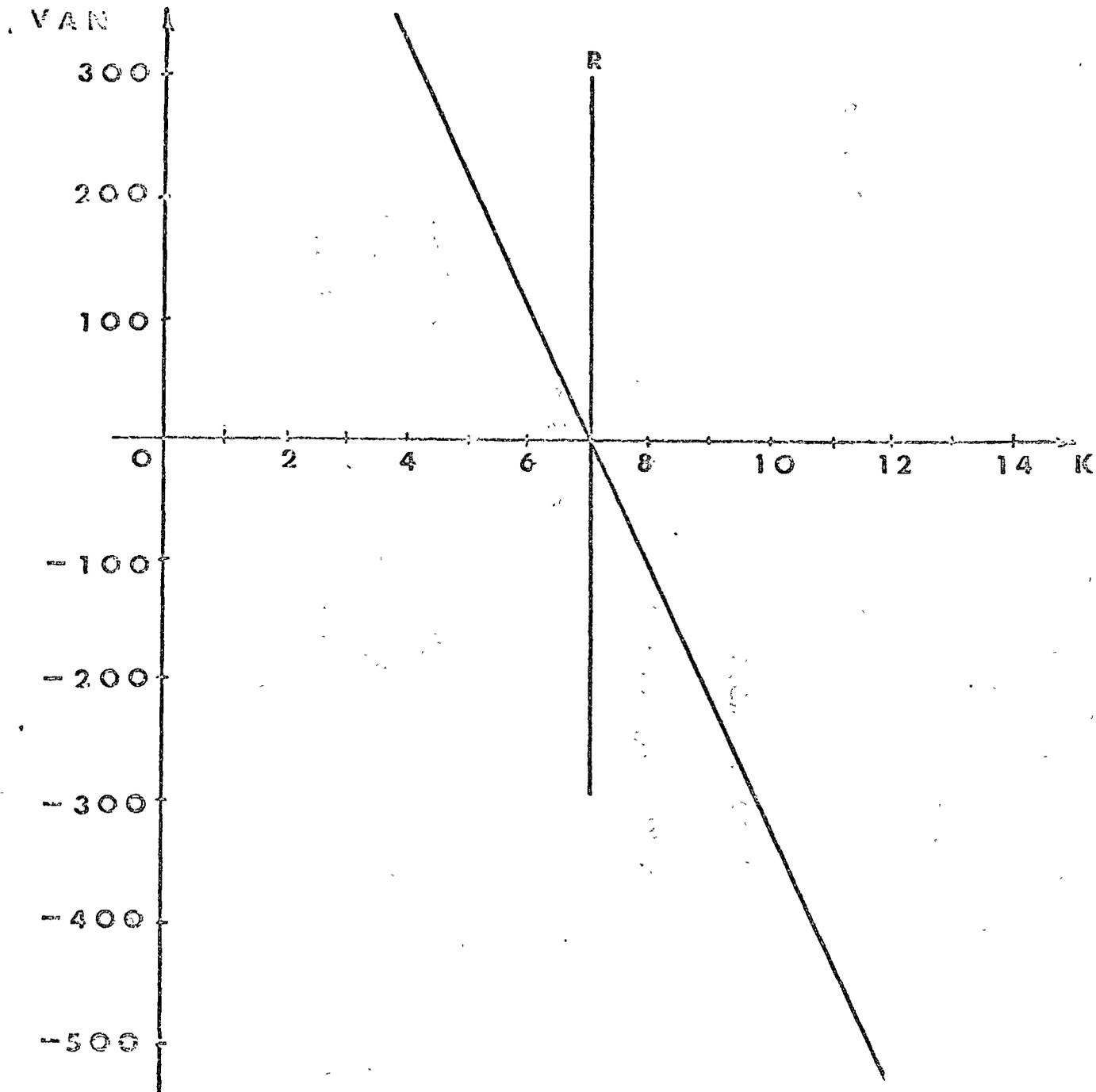
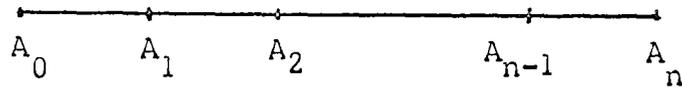


Figura 26.

INVERSIONES NO-SIMPLES



$$-A_0 > 0$$

$$A_t < 0 \quad \text{ó} \quad A_t = 0 \quad \text{ó} \quad A_t > 0 \quad ; \quad t=1,2,\dots,n$$

SALDO DEL PROYECTO

$$S_t(r) = A_0 (1+r)^t + A_1 (1+r)^{t-1} + \dots + A_t$$

$$0 \leq t \leq n$$

SI	$S_t(r) < 0$	TIR(REAL) < r
SI	$S_t(r) > 0$	TIR(REAL) > r
SI	$S_t(r) = 0$	TIR(REAL) = r

sentido común. Si una inversión tiene una rentabilidad mayor que su costo es evidente que aumenta el valor neto actual de la empresa. Cuando se aplica a inversiones simples, la TIR suministra un criterio inequívoco para medir la rentabilidad. Pero en el caso de los proyectos no-simples la presencia de desembolsos netos de fondos subsiguientes al desembolso inicial de capital puede plantear problemas especiales al criterio TIR. Más específicamente, si las erogaciones de una inversión no se limitan al período inicial, es posible que no exista un concepto de la tasa de retorno independiente del costo de capital para la empresa. En situaciones extremas, incluso es posible que un solo proyecto, tenga varias tasas internas de rentabilidad.

Antes de analizar el detalle de estos problemas consignaremos algunas definiciones.

**SALDO DEL PROYECTO DE UNA INVERSIÓN.** La clasificación de las inversiones no-simples en "puras" y "mixtas" es fundamental para comprender el sentido de la TIR. Para comprender esta distinción, ante todo debemos introducir el concepto del "saldo del proyecto" de una inversión al final de un período dado  $t$ . (figura 26).

Si  $r$  es la tasa general de rentabilidad, una  $5_t(r)$  negativa significa que en el momento  $t$  la rentabilidad obtenida realmente es menor que  $r$ , y que la empresa ha obtenido ingresos menores de los que puede esperar. Por lo siguiente, podemos afirmar que la empresa ha comprometido  $-5_t(r)$  en el proyecto durante el año  $t+1$ . Un  $5_t(r)$  positivo significa que en el momento  $t$  la rentabilidad es mayor que  $r$ , y que la empresa ha obtenido ingresos mayores de los que puede esperar. Por consiguiente, podemos afirmar que la empresa tiene un "prestamo" de  $5_t(r)$  originados en el proyecto durante el año  $t+1$ . Finalmente, un saldo cero de  $5_t(r)$  significa que en el momento  $t$  la rentabilidad obtenida realmente es igual a  $r$ .

#### 4.4.1 INVERSIONES PURAS VERSUS MIXTAS.

Se define una inversión pura como una inversión en la cual los saldos del proyecto, calculados en la TIR del proyecto, son cero o negativos a lo largo de la vida del proyecto. La inversión es pura en el sentido de que la firma no recibe demasiado de su rentabilidad en ningún punto (figura 27).

Una inversión mixta es un proyecto para el cual los -

INVERSIONES PURAS VS MIXTAS

PURAS

MIXTAS

$$S_t(r) \leq 0$$

$$S_t(r) > 0$$

$$S_n(r) = 0$$

$$S_t(r) \leq 0$$

$$S_n(r) = 0$$

SEA  $R_{min}$  TAL QUE:

$$S_t(R_{min}) \leq 0$$

$$t=1, 2, \dots, n-1$$

$$S_n(R_{min}) \leq 0 \quad \text{ó}$$

$$S_n(R_{min}) > 0$$

SI  $S_n(R_{min}) > 0$  EXISTE  $R > R_{min}$

TAL QUE  $S_n(r) = 0$  . . . INVERSION PURA

SI  $S_n(R_{min}) < 0$  EXISTE  $R < R_{min}$

TAL QUE  $S_n(r) = 0$  . . . INVERSION MIXTA

saldos del proyecto son mayores que cero para algunos valores de  $t$  y menores o iguales a cero para los restantes valores de  $t$ . El significado de esta distinción reside en el hecho de que solo en el caso de las inversiones puras hay un concepto de tasa interna de retorno del proyecto. Como los proyectos mixtos son en parte inversiones en parte libranzas excesivas, las rentabilidades de esas inversiones tienden a variar con el costo del capital para la empresa. Como veremos el fenómeno de las TIR múltiples, que se manifiesta solo en caso de las inversiones mixtas, de hecho constituye una manifestación de la existencia de esta relación básica.

Debe observarse que como  $A_0 < 0$ , podemos lograr que cualquier inversión satisfaga la condición  $S_t(r) \leq 0$  para  $t=0, 1, 2, \dots, n-1$ , simplemente elevando la tasa de interés compuesto, a cierto nivel crítico  $R_{min}$ . Pero si  $R_{min}$  es el interés compuesto, el valor futuro del proyecto  $S_n(R_{min})$  puede ser positivo, cero o negativo. Si  $S_n(R_{min}) \geq 0$ , existe cierta tasa  $r \geq R_{min}$  que determinará  $S_n(r) = 0$ .

Obsérvese que se define  $R_{min}$  de modo que los saldos -

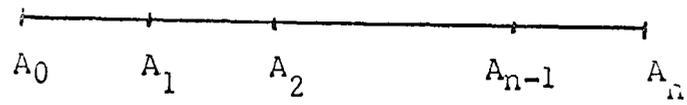
del proyecto  $5_t(R_{\min})$  son todos cero, o negativos para  $t=0,1,2,\dots,n-1$  como el efecto de una tasa de interés compuesto más elevada es acentuar la negatividad de estos saldos, el hecho de que  $r \geq R_{\min}$  implica que  $5(r) \leq 0$  para  $t=0,1,2,\dots,n-1$ , y por lo tanto la inversión es pura. Sin embargo, si  $5_n(R_{\min}) < 0$ , hay cierta tasa  $r < R_{\min}$  que determinará  $5_n(r) = 0$ . Como  $R_{\min}$  es la tasa mínima en que los saldos del proyectos son todos cero o negativos para  $t=0,1,2,\dots,n-1$ , el proyecto no será una inversión pura cuando se evalúa en  $r$ , la TIR del proyecto.

Se deduce de lo anterior que una inversión pura puede definirse también como aquella en que  $5_n(R_{\min}) \geq 0$ , y que una inversión mixta puede definirse también como aquella en que  $5_n(R_{\min}) < 0$ .

En este punto convendrá ilustrar con ejemplos numéricos la distinción entre inversiones puras y mixtas. (figuras 28-38).

Figura 28.

INVERSIONES PURAS



$$A_0 < 0$$

$$A_t < 0 \text{ ó } A_t = 0 \text{ ó } A_t > 0; t=1, 2, \dots, n$$

Y

$$S_t(r) \leq 0 \quad \text{PARA } t=0, 1, 2, \dots, n-1$$

Figura 29.

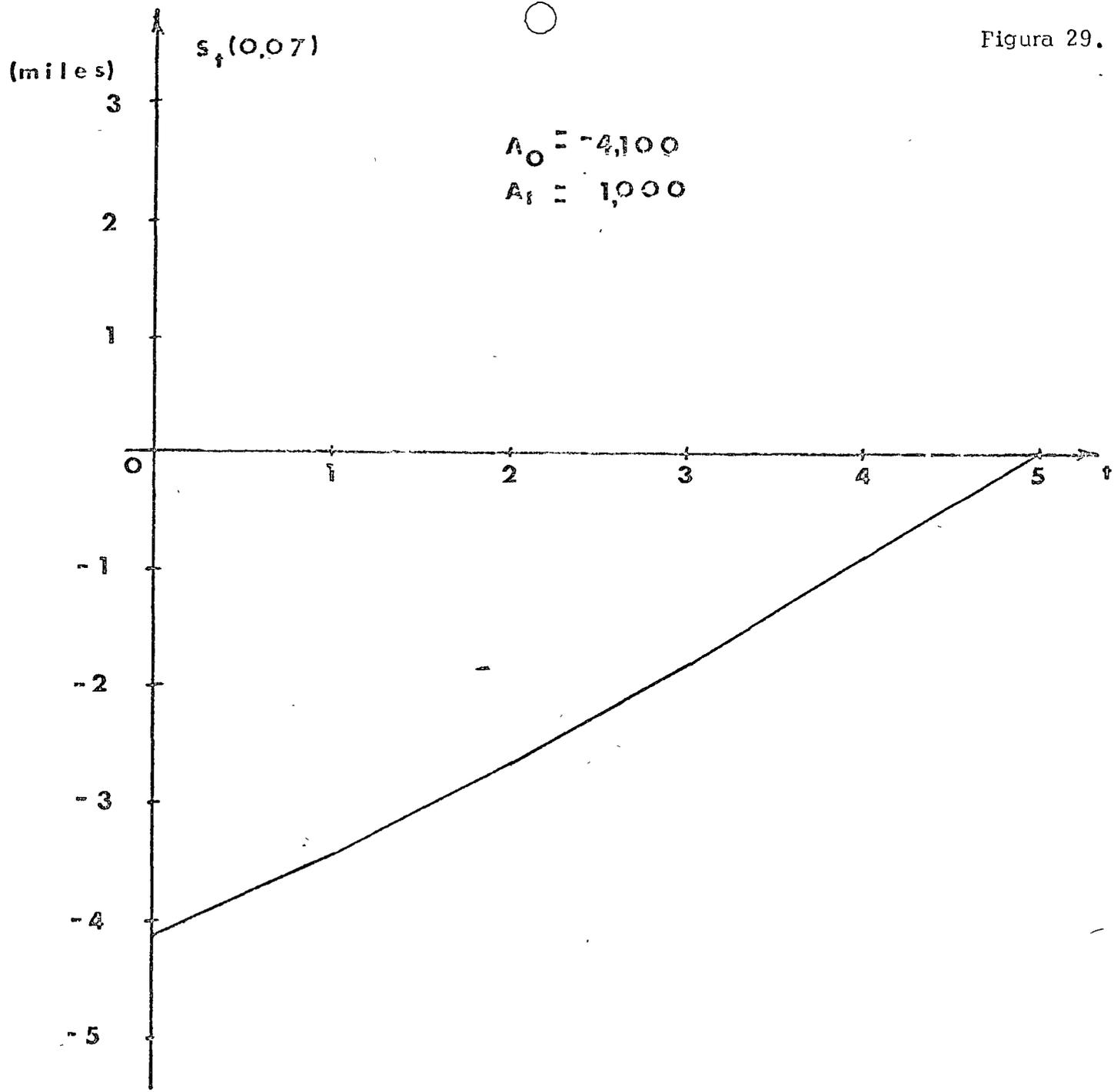
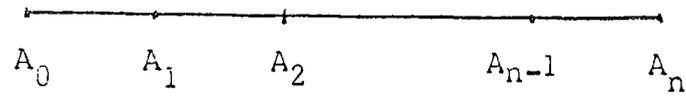


Figura 30.

INVERSIONES MIXTAS



$$A_0 < 0$$

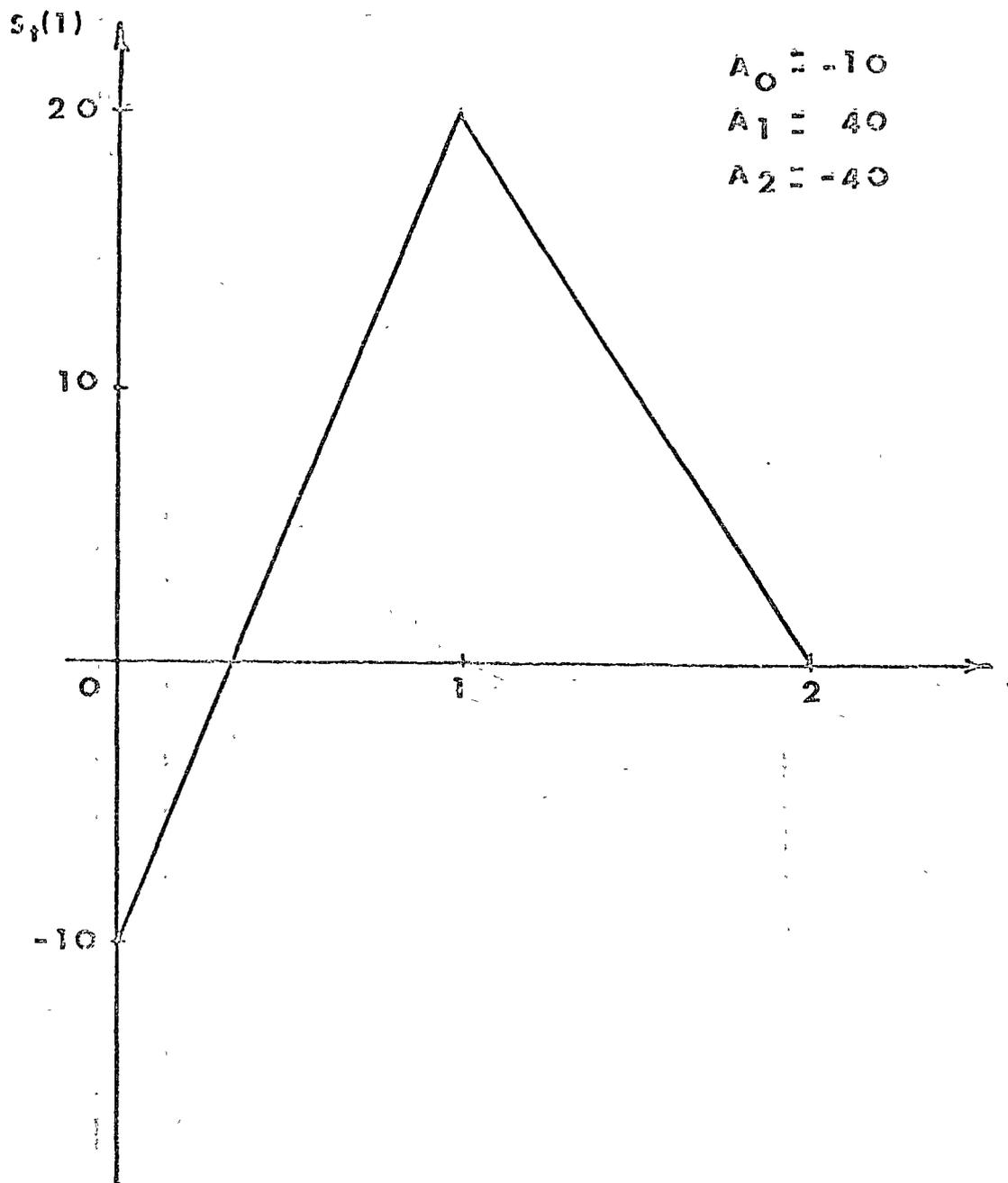
$$A_t < 0 \quad \delta \quad A_t = 0 \quad \delta \quad A_t > 0; \quad t = 1, 2, \dots, n$$

Y

$$S_t(r) > 0 \quad \text{PARA ALGUNOS VALORES DE } t$$

$$S_t(r) \leq 0 \quad \text{PARA LOS RESTANTES VALORES DE } t$$

Figura 31.



VAN

Figura 32.

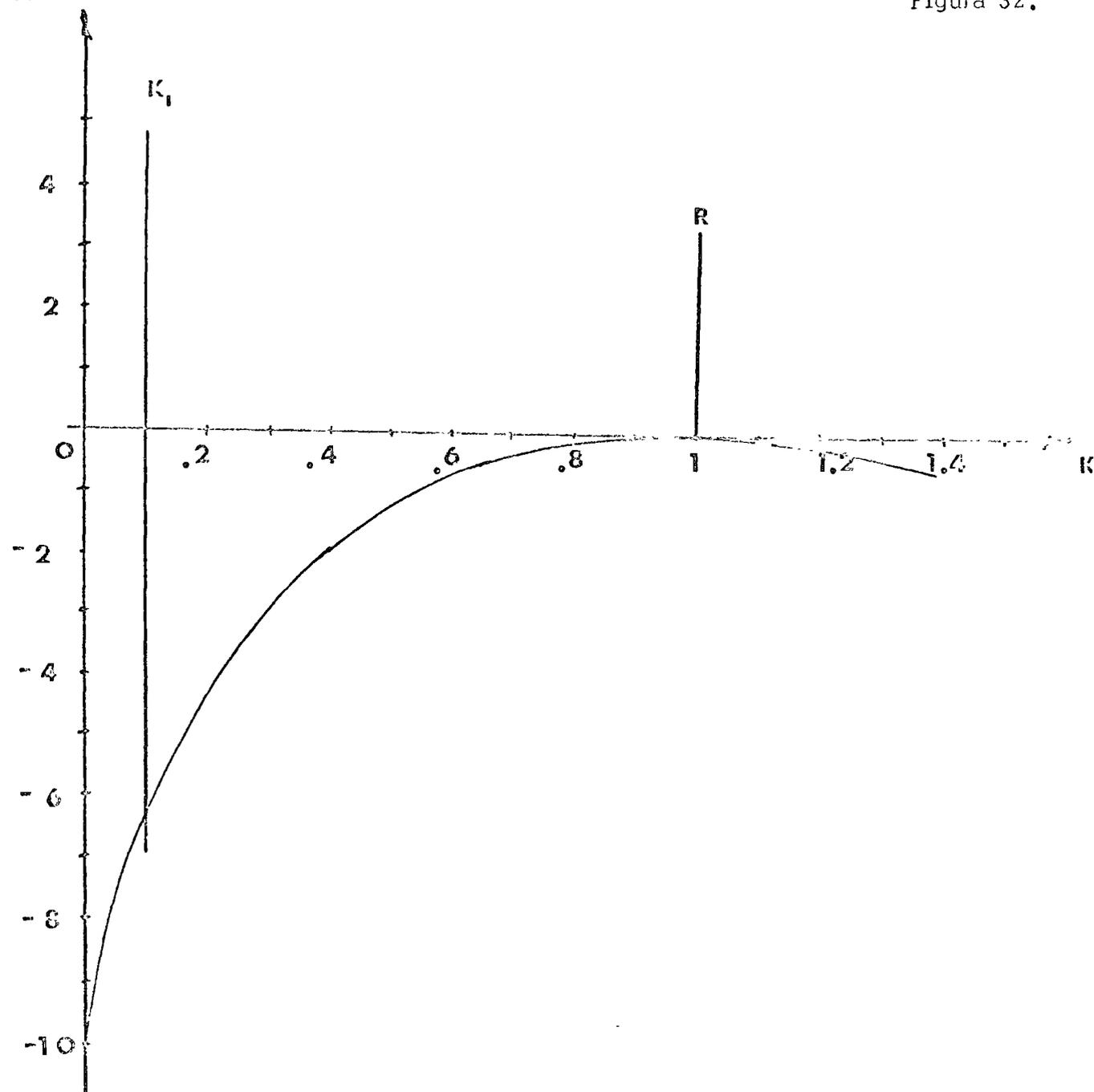


Figura 33.

RENTABILIDAD DEL CAPITAL INVERTIDO

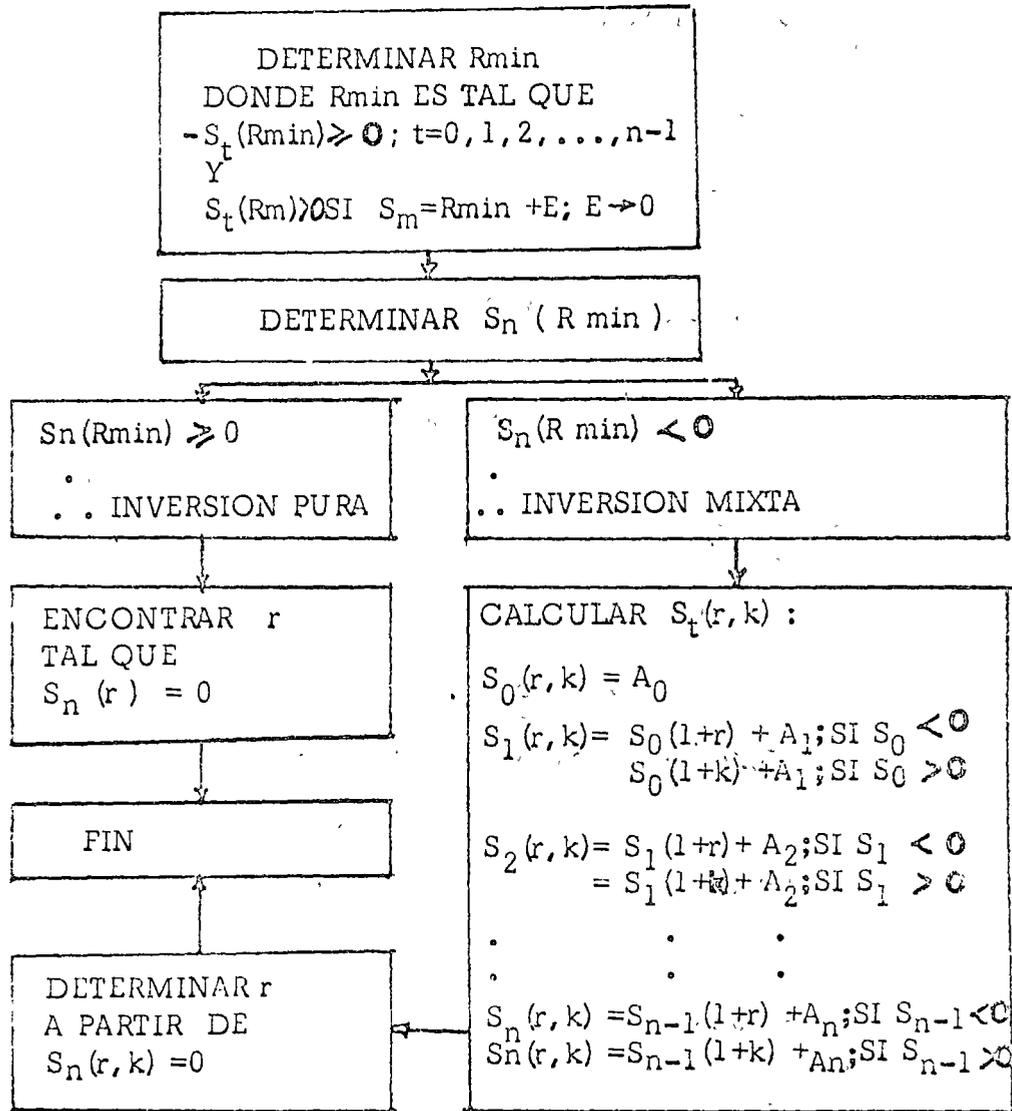


Figura 34.

$$A_0 = - \$ 10 ; A_1 = \$ 40 ; A_2 = - \$ 40$$

1ª DETERMINAR  $R_{min} = 300 \%$

$$S_0(300 \%) = - \$ 10$$

$$S_1(300 \%) = 0$$

2ª  $S_n(R_{min}) = - 40$  . . INVERSION MIXTA

3ª SUPONGA QUE EL COSTO DEL CAPITAL ES K

$$4ª S_0(r, k) = - \$ 10$$

$$\begin{aligned} S_1(r, k) &= - \$ 10 (1+r) + \$ 40 \\ &= \$ 30 - \$ 10r \end{aligned}$$

$$\text{COMO } R \leq R_{min} \quad S_1(r, k) \geq 0$$

$$\therefore S_2(r, k) = (\$30 - \$10r) (1+k) - \$ 40$$

$$5ª S_2(r, k) = 0$$

$$\therefore r = \frac{3k - 1}{1 + k}$$

Figura 35.

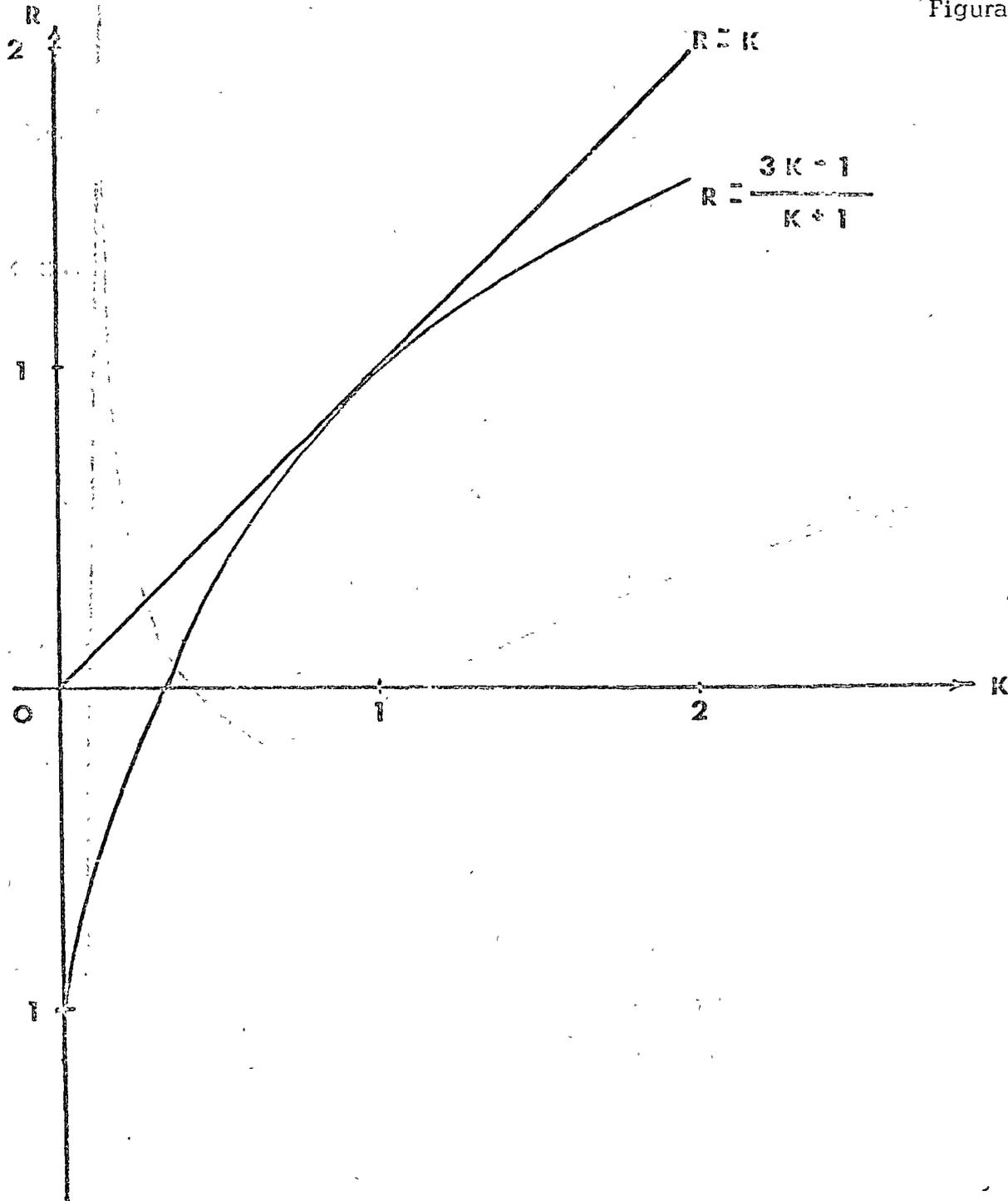


Figura 36.

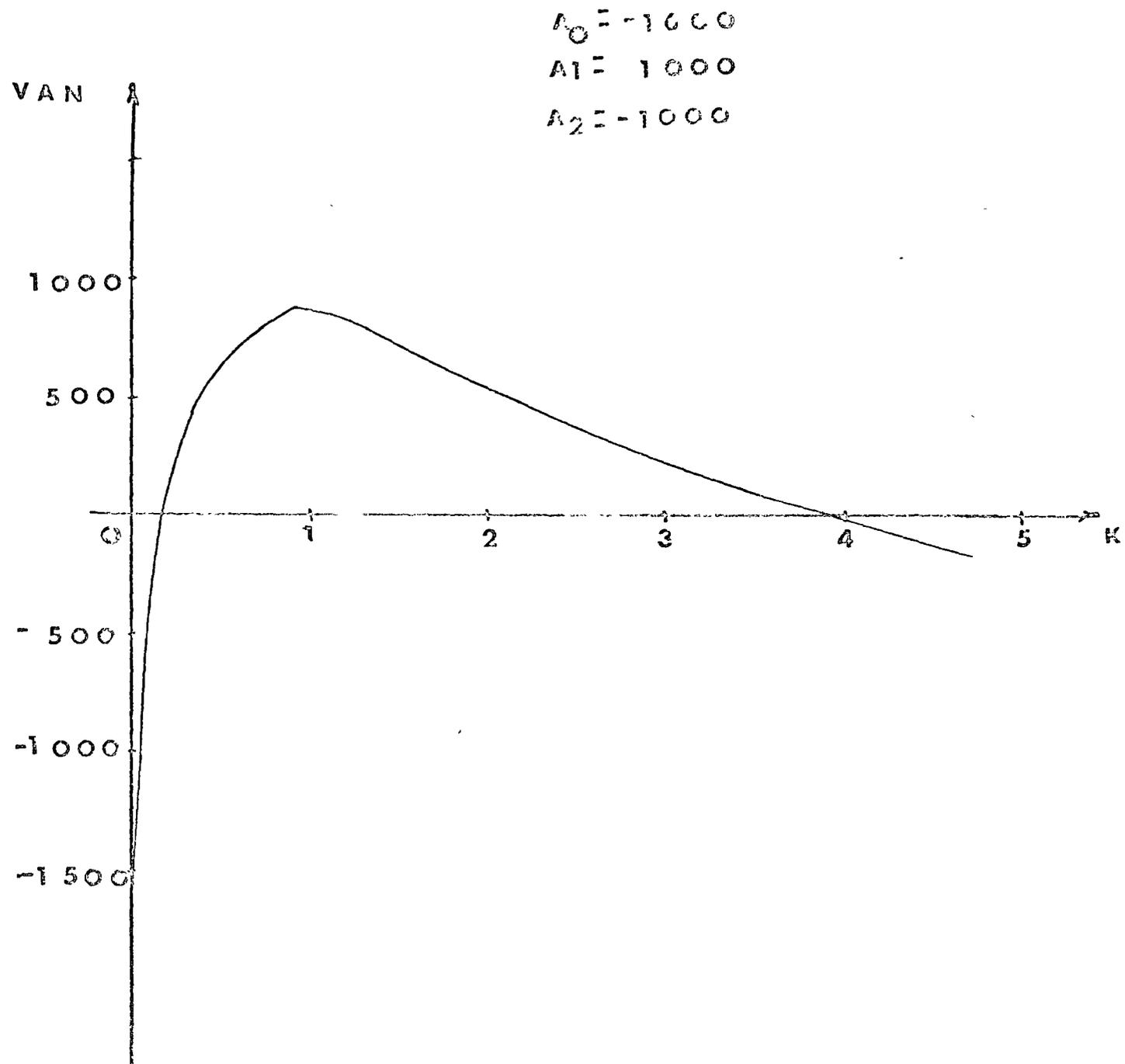


Figura 37.

$$A_0 = - \$ 1,600 ; A_1 = \$ 10,000 ; A_2 = - \$ 10,000$$

1<sup>a</sup> DETERMINAR  $R_{min} = 5.25 \%$

$$S_0(5.25\%) = -1,600$$

$$S_1(5.25\%) = 0$$

2<sup>a</sup>  $S_n(R_{min}) = - \$ 10,000$  . . . INVERSION MIXTA

3<sup>a</sup> SUPONGA QUE EL COSTO DEL CAPITAL ES  $K$

$$4<sup>a</sup>  $S_0(r, k) = - \$ 1,600$$$

$$S_1(r, k) = - \$ 1,600 (1+r) + \$ 10,000$$

$$= \$ 8,400 - \$ 1,600 r$$

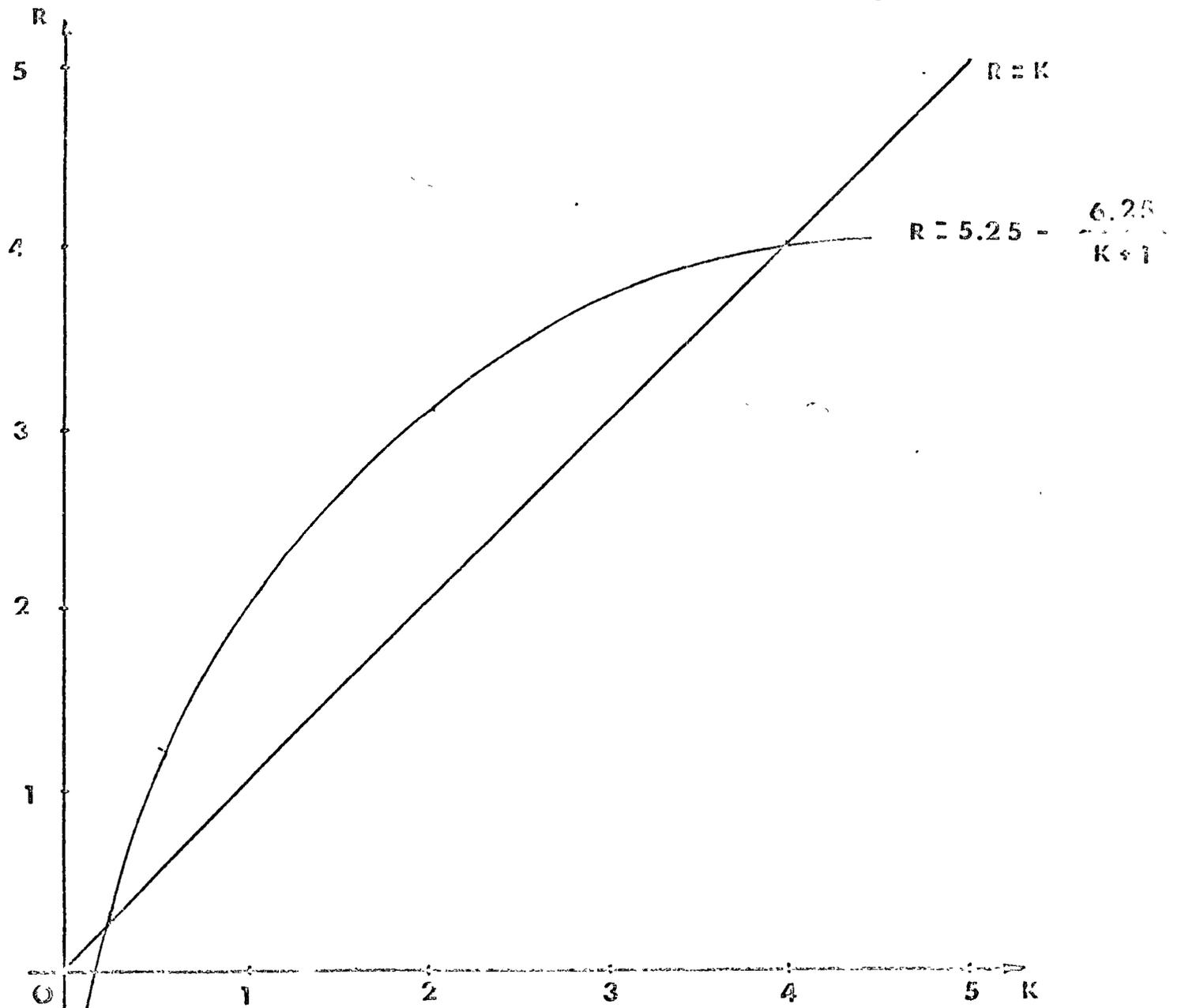
$$\text{COMO } R \leq R_{min} \quad S_1(r, k) \geq 0$$

$$\therefore S_2(r, k) = (\$ 8,400 - 1,600 r) (1+k) - \$ 10,000$$

$$5<sup>a</sup>  $S_2(r, k) = 0$$$

$$\therefore r = 5.25 - \frac{6.25}{1+k}$$

Figura 38.



#### 4.6 DECISIONES DE INVERSION

Hasta ahora se han analizado las decisiones de inversión suponiendo la independencia de los proyectos, la disponibilidad ilimitada de capital y la divisibilidad perfecta de las inversiones. Pero las inversiones del mundo real no siempre satisfacen los supuestos anteriores. Las empresas deben elegir a menudo entre inversiones que se excluyen mutuamente; con mucha frecuencia solo tienen acceso limitado al mercado de capitales, y en realidad los proyectos suelen ser divisibles. Cuando estas condiciones prevalecen, el procedimiento óptimo de decisión exige que se juegue cada inversión no solo, por sus propios méritos, sino también en relación con otras inversiones competidoras.

Cuando la administración debe elegir entre inversiones competidoras, no sólo necesita una norma que le permita clasificar las inversiones en proyectos aceptables e inaceptables; también necesita un método para seleccionar del conjunto de proyectos aceptables la cartera de proyectos que maximiza el valor actual neto de la firma.

##### 4.6.1 EL METODO DEL ORDENAMIENTO

De acuerdo con este método, todos los proyectos competidores se clasifican por orden, decreciente, sobre -

la base de sus respectivas TIR o VAN. Luego, se aceptan en ese orden los proyectos hasta que se agota el presupuesto de capital de la empresa. Se plantean dos problemas en relación con este enfoque. En primer lugar, dado un conjunto de proyectos competidores, su orden de preferencia de acuerdo con el criterio del TIR a veces difiere del que se establece de acuerdo con el criterio del VAN. Como veremos en la siguiente sección, esta aparente inconsecuencia del ordenamiento puede imputarse a los diferentes supuestos que realizan los dos criterios de clasificación acerca de los índices de reinversión. Si suponemos una tasa común de reinversión esta inconsecuencia desaparece.

El segundo problema cuando se aplica el método del ordenamiento se origina en la indivisibilidad de los proyectos. Cuando hay ilimitada provisión de capital, la indivisibilidad de los proyectos no representan un problema. Pero en condiciones de racionamiento de capital, la aceptación de un gran proyecto puede excluir la ejecución de varios proyectos más reducidos. Si el conjunto de proyectos más pequeños permite un uso más completo del presupuesto de capital, es posible que contribuya al va-

lor actual neto más que el proyecto principal, aunque este último puede ser el más rentable de los proyectos competidores (figura 39). Por lo tanto, por lo menos teóricamente, cuando las inversiones no son perfectamente divisibles, el método del ordenamiento no conduce necesariamente a una cartera óptima de inversiones.

Si las inversiones indivisibles son elevadas, comparadas con el presupuesto de capital, la indivisibilidad se convierte en un problema grave, que debe tenerse en cuenta en las decisiones de inversión. Entre los diferentes medios de tratar la indivisibilidad, el método de la programación matemática es quizás el más promisorio.

#### 4.6.2 EL PROBLEMA DE LA TASA DE REINVERSIÓN

El criterio del TIR tiene la ventaja de que se manifiesta con claridad al sentido común. Como los hombres de negocios tienden a pensar con referencia a una tasa de rentabilidad de la inversión, para muchos el criterio TIR es más fácil que el criterio VAN. En cambio, una ventaja importante del criterio VAN es su vínculo directo con el objetivo básico de la administración -

METODO DEL ORDENAMIENTO

(a)

X :  $A_0 = -\$ 100$  ;  $TIR_x = 15\%$

Y :  $A_0 = -\$ 100$  ;  $TIR_y = 20\%$

Z :  $A_0 = -\$ 100$  ;  $TIR_z = 25\%$

ORDEN: Z; Y ; X

SUPONGA LIMITE INVERSION = \$ 200

. . ORDEN : Z; Y

(b)

R :  $A_0 = -\$ 100$  VAN= \$ 25

$A_0 = -\$ 75$  VAN= \$ 15

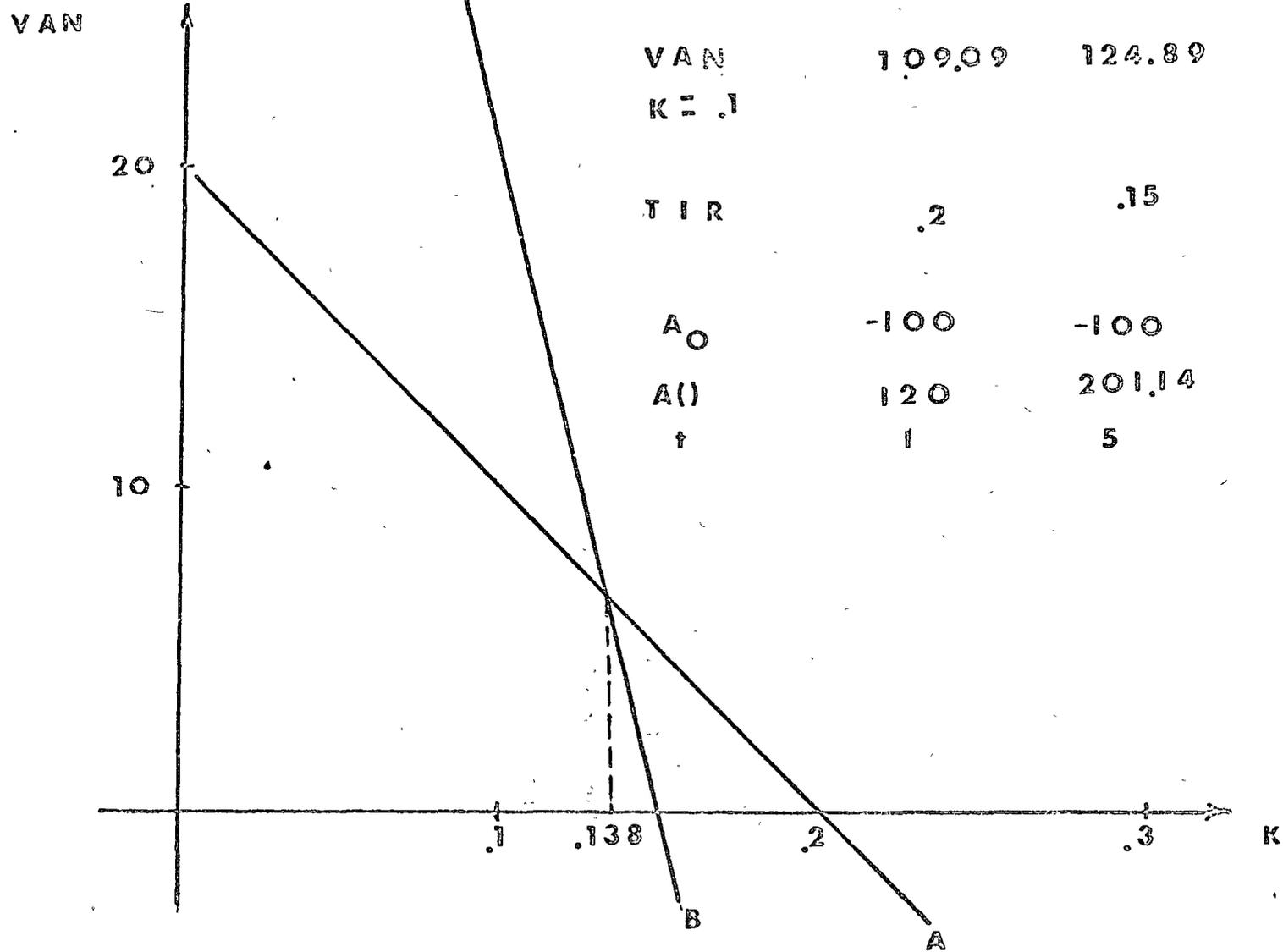
$A_0 = -\$ 75$  VAN= \$ 15

ORDEN R; S; T

LIMITE INVERSION = \$ 150

. . ORDEN R

Figura 40.



financiera. Como el objetivo es elevar el valor actual neto de la empresa, el VAN de una inversión suministra una indicación clara de la aceptabilidad del proyecto. Hemos demostrado que para juzgar el valor de una inversión considerada en sí misma los criterios de la TIR y el VAN son equivalentes, siempre que la tasa de rentabilidad se interprete como la tasa interna de retorno para las inversiones puras y como la rentabilidad del capital invertido en el caso de las inversiones mixtas.

Para seleccionar una cartera óptima de inversiones de una lista de proyectos competidores, hemos expuesto que hay inversiones que merecen una clasificación distinta según se aplicará el criterio del VAN y de la TIR. Esta inconsistencia del ordenamiento puede recibir el nombre de problema de la tasa de reinversión, pues la causa puede imputarse a diferentes supuestos que realizan estos dos criterios acerca de la tasa de reinversión. Si se supone una tasa de reinversión común esta inconsecuencia desaparece. (figura 40).

Cuando la empresa tiene un presupuesto fijo de capital,

el principio del costo de oportunidad exige que el VAN de una inversión se calcule descontando los flujos netos de fondos de acuerdo con la rentabilidad de la inversión marginal. Por consiguiente, en condiciones de racionamiento del capital, el ordenamiento de los proyectos de acuerdo con sus VAN implica que los fondos liberados por los proyectos pueden reinvertirse con una rentabilidad igual a la rentabilidad de la inversión marginal de la empresa.

#### 4.6.3 EL METODO DE LA PROGRAMACION MATEMATICA

Como hemos señalado, la administración a menudo debe elegir entre inversiones competidoras porque el capital de la empresa está racionado o porque ciertos proyectos se excluyen mutuamente. En estas situaciones, un modo de elegir la mejor cartera de proyectos es el método que acabamos de describir. Los proyectos competidores se ordenan de acuerdo con cierto criterio, y se aceptan en el orden de su clasificación hasta que se agota el capital de la firma cuando cada inversión es reducida en relación con el presupuesto total de capital, este método de selección determina una car-

tera de inversiones que se aproxima mucho al óptimo. Pero cuando cada inversión es grande, este procedimiento fracasa porque ignora el problema de la indivisibilidad de los proyectos. Para tener en cuenta la indivisibilidad de los proyectos, el principio del ordenamiento debe aplicarse, no a cada proyecto individualmente, sino a todas las posibles combinaciones de proyectos. A medida que aumenta el número de proyectos que compiten, los cálculos asociados con el método del ordenamiento se multiplican rápidamente. Un enfoque mucho más promisorio es el de la programación matemática que puede tratar simultáneamente los problemas de racionamiento de capital, las inversiones que se excluyen mutuamente y la indivisibilidad de proyectos. (figuras 41-42).

Como siempre en estos casos es conveniente ilustrar con ejemplos la aplicación de la programación matemática en el análisis de inversiones.

PROGRAMACION MATEMATICA

- $t$  LAPSOS DE LOS PROYECTOS  
 $t=1,2,\dots,T.$
- $j$  NUMERO DE PROYECTO  
 $j=1,2,\dots,n$
- $D_{tj}$  FLUJOS NETOS AL FINAL DEL LAPSO  $t$  DEL  
PROYECTO  $j$
- $D_t$  IMPORTE MAXIMO QUE LA EMPRESA  
PUEDE GASTAR DURANTE EL AÑO  $t.$
- $P_j$  VALOR ACTUAL NETO DEL PROYECTO  $j$
- $X_j$  VARIABLE BINARIA, 1 SI SE INVERTIRA EN EL  
PROYECTO  $j$ ; CERO EN CASO CONTRARIO.

FORMULACION 1

$$D_{11} X_1 + D_{12} X_2 + \dots + D_{1n} X_n \leq D_1$$

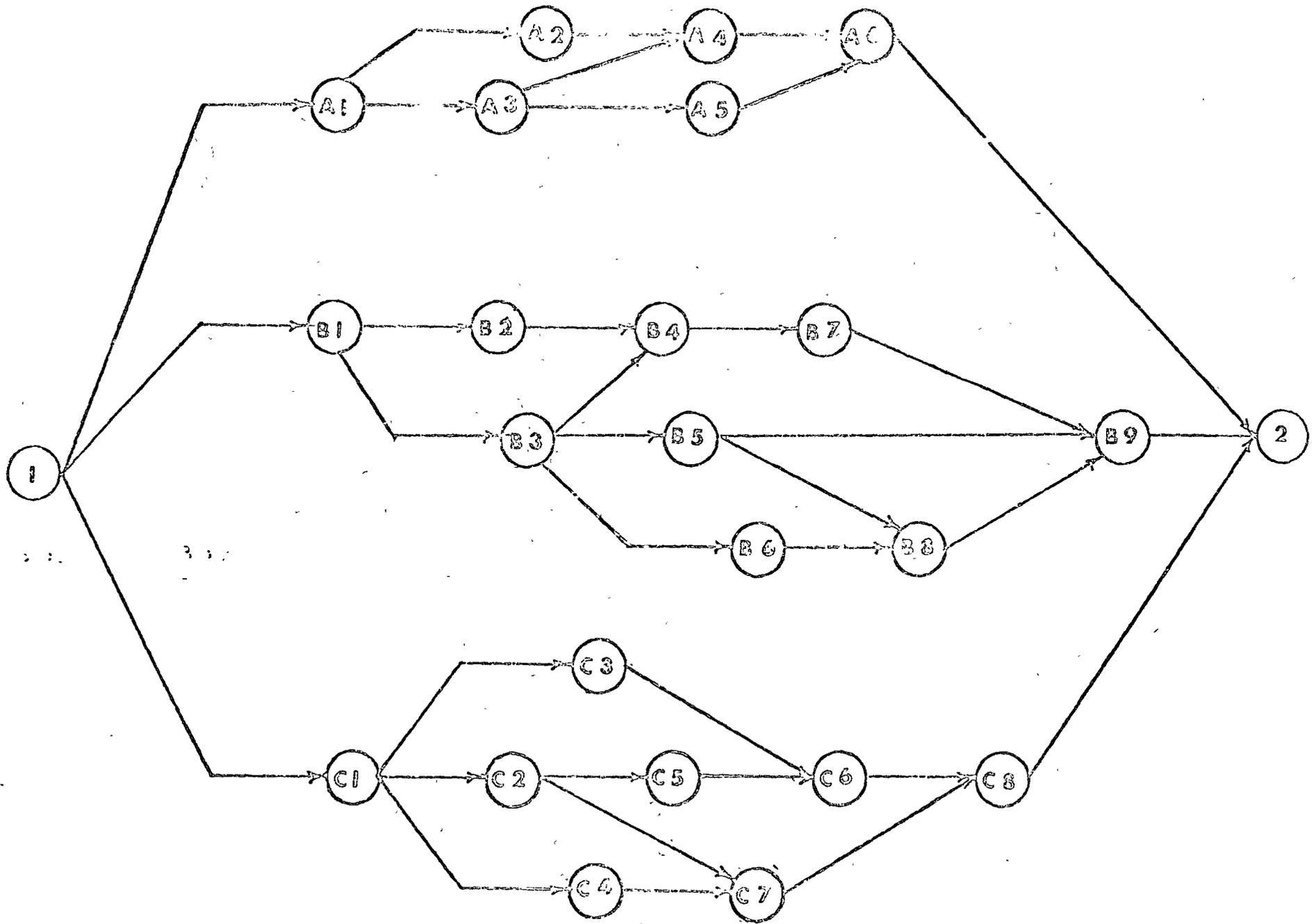
$$D_{21} X_1 + D_{22} X_2 + \dots + D_{2n} X_n \leq D_2$$

. . . . .  
 . . . . .

$$D_{t1} X_1 + D_{t2} X_2 + \dots + D_{tn} X_n \leq D_t$$

$$X_j = 0 \quad 0 \leq X_j \leq 1$$

$$\text{MAX } z = P_1 X_1 + P_2 X_2 + \dots + P_n X_n$$



TERMINOLOGIA

$i$	NUMERO DE PROYECTO; $i=1, 2, \dots, I$
$I$	NUMERO TOTAL DE PROYECTOS
$j$	NUMERO DE ACTIVIDAD; $j=1, 2, \dots, J_i$
$J_i$	NUMERO TOTAL DE ACTIVIDADES EN EL PROYECTO $i$ .
$t$	PERIODO DE TIEMPO; $t=1, 2, \dots, TLTO_i$
$TLTO_i$	FECHA DE TERMINACION OBLIGATORIA - DEL PROYECTO $i$ . (DURACION PESIMISTA).
$TLT_i$	FECHA DE TERMINACION DESEADA DEL PROYECTO $i$ (DURACION PROBABLE).
$TPT_i$	PERIODO MAS PROXIMO POSIBLE EN QUE EL PROYECTO $i$ PUEDE TERMINARSE. -- (DURACION MINIMA).
$TPI_{ij}$	PERIODO MAS PROXIMO DE INICIO DE LA ACTIVIDAD $j$ , DEL PROYECTO $i$ .
$TPT_{ij}$	PERIODO MAS PROXIMO EN QUE LA ACTI- VIDAD $j$ DEL PROYECTO $i$ PUEDE TERMI- NARSE.

Figura 44.

- $TLT_{ij}$  PERIODO MAS LEJANO EN QUE LA ACTIVIDAD  $j$  DEL PROYECTO  $i$  PUEDE TERMINARSE.
- $R_{ijR}$  CANTIDAD DEL RECURSO TIPO  $K$  REQUERIDA EN LA ACTIVIDAD  $j$  DEL PROYECTO  $i$  POR PERIODO DE TIEMPO.
- $DK_t$  CANTIDAD DEL RECURSO TIPO  $K$  DISPONIBLE EN EL PERIODO  $t$ .
- $X_{ijt}$  VARIABLE BINARIA; QUE SERA IGUAL A "1" SI LA ACTIVIDAD  $j$  DEL PROYECTO  $i$  SE TERMINA EN EL PERIODO  $t$ , Y SERA IGUAL A "0" EN CASO CONTRARIO.
- $X_{it}$  VARIABLE BINARIA; QUE SERA IGUAL A "1" SI TODAS LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO  $i$  SE HAN TERMINADO EN O ANTES DEL PERIODO  $t - 1$  E IGUAL A "0" EN CASO CONTRARIO.

FUNCION OBJETIVO

TIEMPO DE REALIZACION DE UN PROYECTO

$$TLTO_i - \sum_{t=TPT_i}^{TLTO_i} X_{it} + 1 - TPI_i$$

$$\text{MIN} \left\{ TLTO_i - \sum_{t=TPT_i}^{TLTO_i} X_{it} + 1 - TPI_i \right\} \sim$$

$$\text{MAX} \left\{ \sum_{t=TPT_i}^{TLTO_i} X_{it} \right\}$$

$$\text{MAX} \left\{ Z = \sum_{t=1}^I \sum_{t=TPT_i}^{TLTO_i} X_{it} \right\}$$

RESTRICCIONES

TERMINACION DE ACTIVIDADES

$$\sum_{t=TPT_{ij}}^{TLT_{ij}} X_{ijt} = 1 \quad \begin{matrix} i=1, 2, \dots, I \\ j=1, 2, \dots, J_i \end{matrix}$$

TERMINACION DE PROYECTOS

$$\sum_{q=TPT_{ij}}^{t-1} X_{ijq} = 1 \quad j=1, 2, \dots, J_i$$

$$X_{it} \leq \frac{1}{J_i} \sum_{j=1}^{J_i} \sum_{q=TPT_{ij}}^{t-1} X_{ijq}$$

$i = 1, 2, \dots, I$   
 $t = TPT_i, \dots, TPT_{O_i}$

SECUENCIA

- $T_{im}$  PERIODO DE TERMINACION DE LA ACTIVIDAD  $m$ .
- $T_{in}$  PERIODO DE TERMINACION DE LA ACTIVIDAD  $n$ .
- $d_{in}$  DURACION DE LA ACTIVIDAD  $n$ .

$$t_{im} + d_{in} \leq t_{in}$$

$$t_{im} = \sum_{t=TPT_{im}}^{TLT_{im}} t X_{imt}$$

$$t_{in} = \sum_{t=TPT_{in}}^{TLT_{in}} t X_{int}$$

$$\sum_{t=TPT_{in}}^{TLT_{im}} t X_{imt} + d_{in} \leq \sum_{t=TPT_{in}}^{TLT_{in}} t X_{int}$$

Figura 48.

RECURSOS LIMITADOS

q PERIODO DE TERMINACION

t PERIODO QUE UNA ACTIVIDAD RE-  
QUERIRA DE RECURSOS

$$q - d_{ij} + 1 \leq t \leq q$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J_i} \sum_{q=t}^{t+d_{ij}-1} R_{ijk} X_{ijq} \leq D_{Kt}$$

$$t = \min TPI_{ij}, \dots, \max TLTO_i$$

$$K = 1, 2, \dots, K$$

guadalajara

irapuato

querétaro

zamora

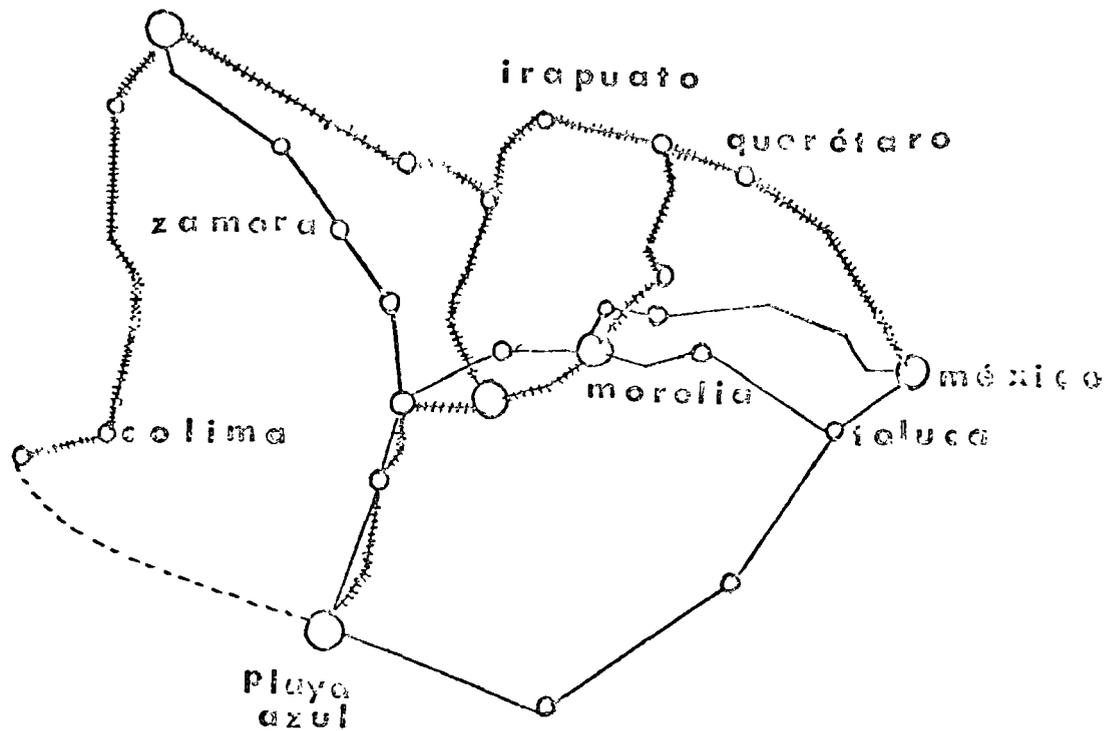
morelia

méxico

colima

toluca

playa azul



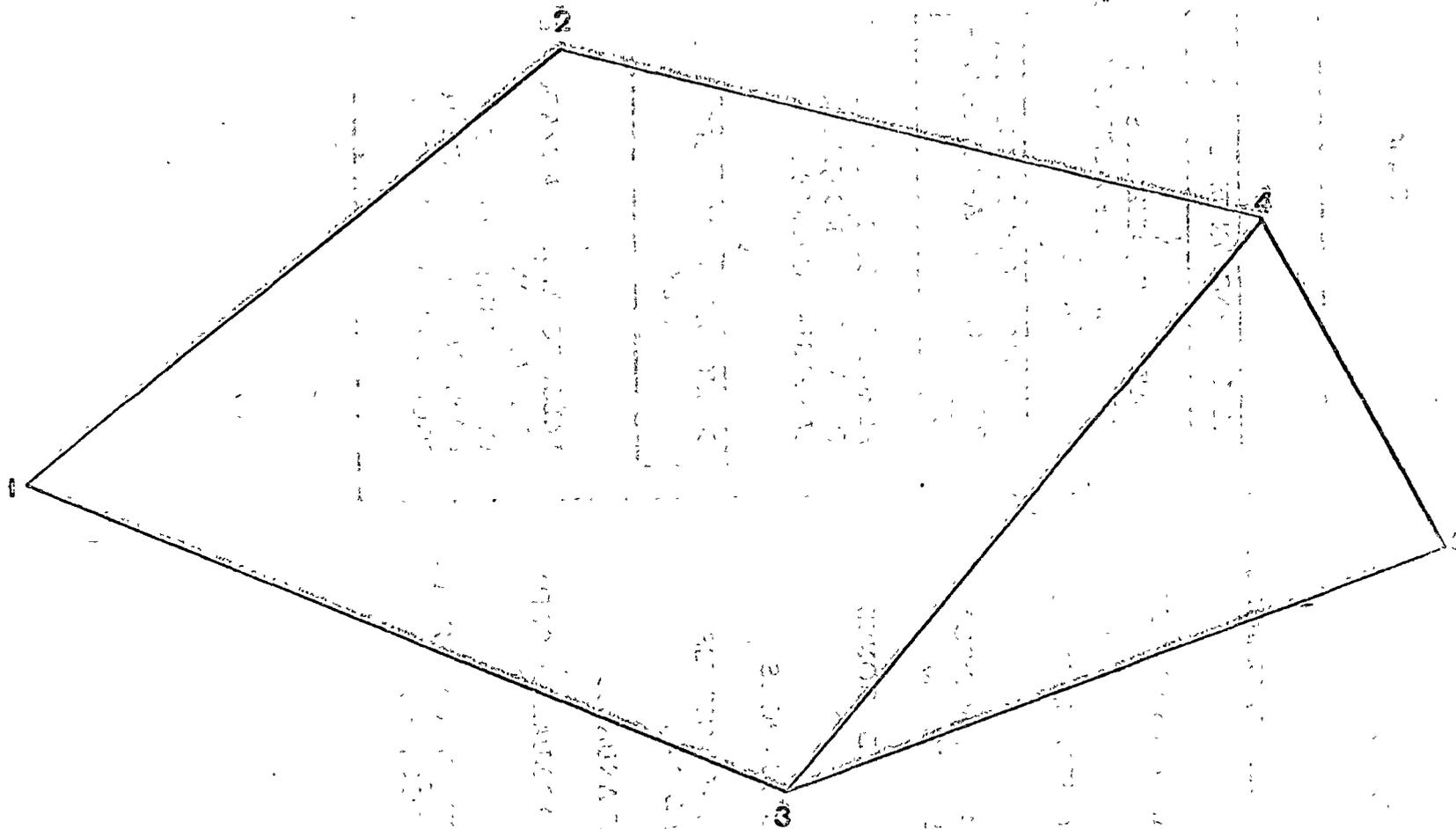
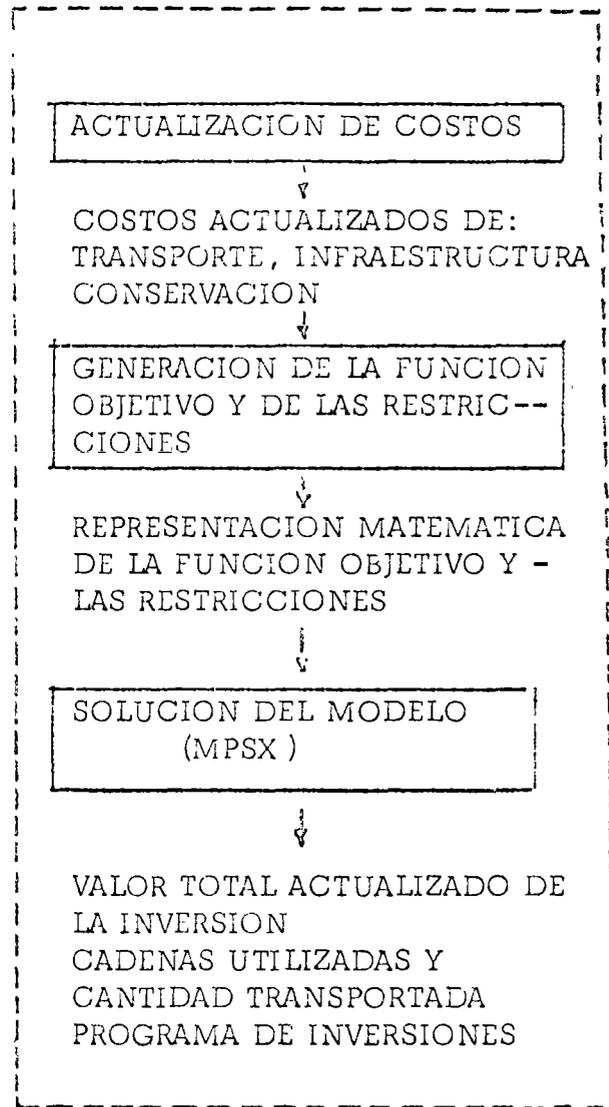


Figura 49.

INSUMOS PROPIOS

- . No. DE CADENAS, PERIODOS Y ARCOS
- . COSTOS ANUALES DE TRANSPORTE.
- . TASA DE RENDIMIENTO DEL CAPITAL
- . PROGRAMA DE INVERSIONES EN INFRAESTRUCTURA
- . COSTO ANUAL DE CONSERVACION
- . LONGITUD DE ARCOS
- . MATRIZ DE RELACIONES ARCOS-CADENAS
- . DEMANDAS ANUALES
- . CAPACIDAD ANUAL DE CADA ARCO
- . INCREMENTO DE CAPACIDAD EN CADA ARCO.



TERMINOLOGIA

$j$	NUMERO DE CENTRO CONSUMIDOR $j=1$ : MEXICO; $j=2$ : GUADALAJARA
$k$	NUMERO DE CADENAS DEL SISTEMA
$K_j$	NUMERO DE CADENAS CUYO DESTINO ES $j$
$r$	NUMERO DE ARCOS QUE INTEGRAN LA RED DE TRANSPORTE
$q, t, t'$	PERIODOS DE TIEMPO DENTRO DEL HORIZONTE DE PLANEACION ----- $q, t, t' = 1, 2, \dots, 25$ (1966, 2000)
$C_{kt}$	COSTO ACTUALIZADO DE TRANSPORTAR UNA TONELADA DE PRODUCCION POR LA CADENA $k$ EN EL PERIODO $t$ .
$X_{kt}$	CANTIDAD DE PRODUCCION QUE SE DEBE ENVIAR POR LA CADENA $k$ EN EL PERIODO $t$ .
$M_{rq}$	COSTO ACTUALIZADO DE MODIFICAR O CONSTRUIR EL ARCO $r$ DE TAL MANERA QUE PUEDE SER UTILIZADO A PARTIR DEL AÑO $q$ . (INFRAESTRUCTURA).
$S_{rqt}$	COSTO ACTUALIZADO DE CONSERVACION PARA EL ARCO $r$ SI ES UTILIZADO DESDE EL AÑO $q$ AL $t$ .

- $Y_{rqt}$  VARIABLE BINARIA QUE TOMA EL VALOR DE 1 EN CASO DE QUE EL ARCO  $r$  SEA UTILIZADO DESDE EL AÑO  $q$  - HASTA EL  $t$ ; TOMA EL VALOR CERO SI LO ANTERIOR NO SUCEDE.
- $D_{jt}$  CANTIDAD DE PRODUCCION QUE SE DEBE ENVIAR AL CENTRO CONSUMIDOR  $j$  EN EL AÑO  $t$ .
- $S_{rk}$  PARAMETRO BINARIO QUE TOMA EL VALOR 1 SI EL ARCO  $r$  PERTENECE A LA CADENA  $k$ , Y EL VALOR CERO SI NO PERTENECE.
- $B_{rt}$  CAPACIDAD DEL ARCO  $r$  DISPONIBLE PARA TRANSPORTAR LOS PRODUCTOS TERMINADOS DURANTE EL AÑO  $t$ .
- $I_r$  INCREMENTO ANUAL QUE SE TENDRA EN LA CAPACIDAD DEL ARCO  $r$  EN CASO DE QUE SEA MODIFICADO.

FUNCION OBJETIVO

$$\text{MIN } Z = \sum_k \sum_t C_{kt} X_{kt} + \sum_r \sum_q \sum_t (M_{rq} + S_{rqt}) Y_{rqt}$$

MINIMIZAR LA FUNCION DE COSTOS ACTUALIZADOS DE TRANSPORTE, DE CONSERVACION Y DE INFRAESTRUCTURA .

RESTRICCIONES

DEMANDA

$$\sum_{K_j} X_{K_{jt}} = D_{jt} \quad \text{PARA TODA } j$$

PARA TODA t

CAPACIDAD

$$\sum_k s_{kr} X_{kt} - I_r \sum_q \sum_{t'} Y_{rqt'} \leq B_{rt}$$

$$Q \leq t \leq t' \quad \text{PARA TODA } r, t$$

CONSTRUCCION Y/O MODIFICACION

$$\sum_q \sum_t Y_{rqt} \leq 1 \quad \text{PARA TODA } r$$

Figura 54.

ACTUALIZACION DE COSTOS

TRANSPORTE

$C'_{kt}$  COSTO DE TRANSPORTE POR LA CADENA K EN EL PERIODO t.

i TASA DE ACTUALIZACION

$C_{kt}$  COSTO ACTUALIZADO DE TRANSPORTE POR LA CADENA K EN EL PERIODO t.

$$C_{kt} = \frac{C'_{kt}}{(1 + i)^{t + 2}} \quad \text{PARA TODA } K, t$$

	$C'_{k1}$	$C'_{k2}$	$C'_{k3}$	$C'_{k4}$	$C'_{k5}$		$C'_{k25}$
AÑO REAL	1976	1977	1978	1979	1980		2000
VALOR DEL INDICE t	1	2	3	4	5		25
VALOR DEL EXPONENTE	3	4	5	6	7		27

Figura 55.

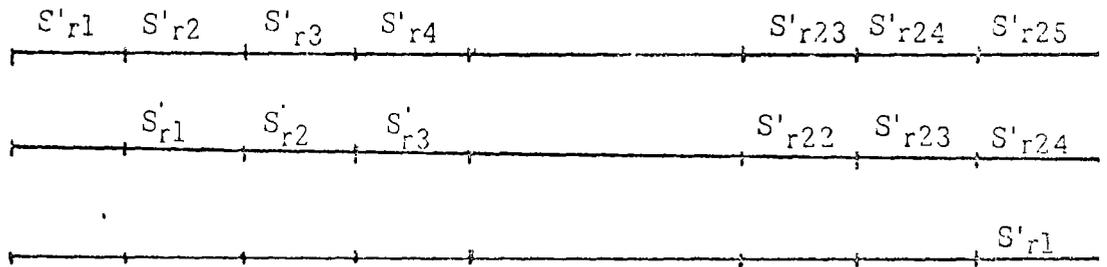
CONSERVACION

$S'_{rm}$  GOSTO PROMEDIO DE CONSERVAR UN KILOMETRO DEL ARCO  $r$  DURANTE EL AÑO  $m$  CONTANDO ESTE A PARTIR DEL AÑO EN QUE ES PUESTO EN OPERACION DEL ARCO.

$L_r$  LONGITUD DEL ARCO  $r$ .

$S_{rqt}$  COSTO ACTUALIZADO DE CONSERVAR EL ARCO  $r$  SI ESTE ES UTILIZADO DES DE EL AÑO  $q$  HASTA EL  $t$ .

$$S_{rqt} = L_r \sum_{m=1}^{t-q+1} \frac{S'_{rm}}{(1+i)^{q+1-m}} \quad \text{PARA TODA } r, q, t$$



AÑO REAL	1976	1977	1978	1979		1998	1999	2000
INDICE ANUAL ( $q \delta t$ )	1	2	3	4		23	24	25
VALOR DEL EXPONENTE	3	4	5	6		25	26	27

Figura 56.

CONSTRUCCION O RECONSTRUCCION

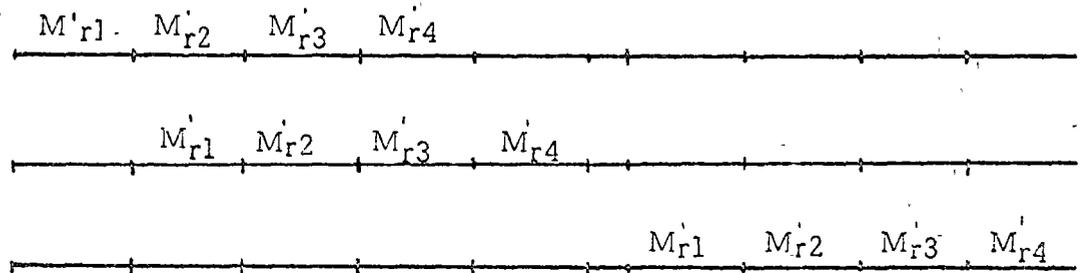
$H_r$  DURACION, EN AÑOS, DE LA CONSTRUCCION O RECONSTRUCCION DEL ARCO  $r$ .

$h$  CÓN-TADOR DEL AÑO DE EJECUCION DE UNA OBRA, DENTRO DE LA DURACION TOTAL DE ELLA  $h=1, 2, \dots, H_r$

$M'_{rh}$  INVERSION QUE SE DEBE HACER EL AÑO  $h$  DE LE EJECUCION DE LA CONSTRUCCION O MODIFICACION DEL ARCO  $r$ .

$M_{rq}$  COSTO ACTUALIZADO DE LA INVERSION TOTAL QUE SE REQUIERE PARA MODIFICAR EL ARCO  $R$  Y PONERLO A FUNCIONAR A PARTIR DEL AÑO  $q$ .

$$M_{rq} = \sum_{h=1}^{H_r} \frac{M'_{rh}}{(1+i)^{q-H_r+h+2}}$$



AÑO REAL	1973	1974	1975	1976	1977		1997	1998	1999	2000
INDICE ANUAL				1	2		22	23	24	25
VALOR DEL EXPONENTE	0	1	2	3	4		24	25	26	27

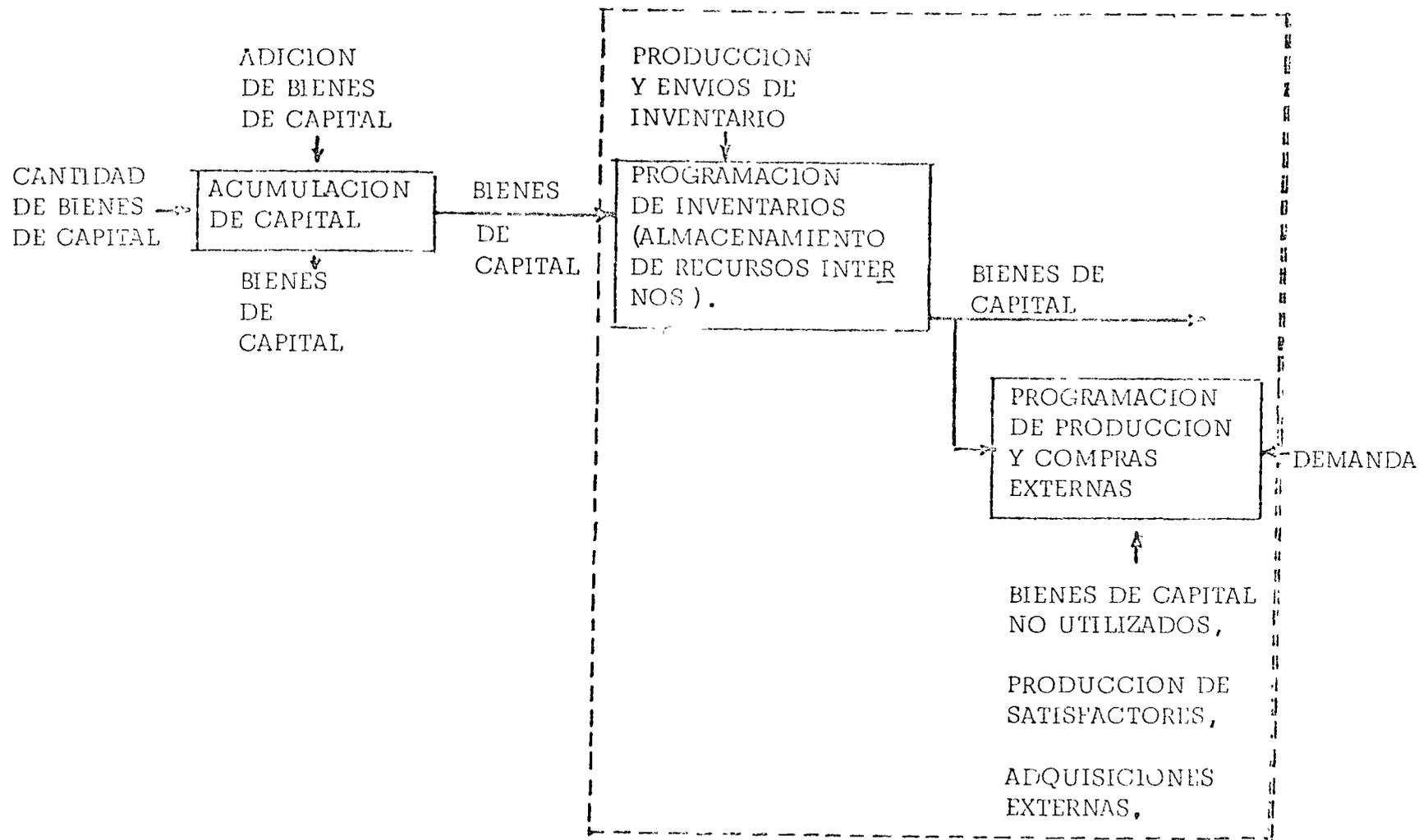


Figura 57.

TERMINOLOGIA

$i$	NUMERO DE BIENES DE CAPITAL $i = 1, 2, \dots, m$
$j$	NUMERO DE REGIONES DE DEMANDA $j = 1, 2, \dots, n$
$k$	NUMERO DE PUNTOS DE ENVIO $k = 1, 2, \dots, p$
$B$	NUMERO DE SATISFACTORES $B = 1, 2, \dots, B$
$t$	PERIODO DE TIEMPO $t = 1, 2, \dots, T$
$X_{it}$	CANTIDAD DEL BIEN DE CAPITAL $i$ EN EL PERIODO $t$ .
$U_{it}$	ADICION AL BIEN DE CAPITAL $i$ REALIZADA EN EL PERIODO $t$ .
$S_{it}$	CANTIDAD NO UTILIZADA DEL BIEN DE CAPITAL $i$ EN EL PERIODO $t$ .
$Y_{k t}$	INVENTARIO DEL SATISFACTOR $B$ EN EL PUNTO DEL ESPACIO $k$ EN EL PERIODO $t$ .
$Z_{kj t}$	ENVIOS DEL PUNTO DE INVENTARIO $k$ A LA REGION DE DEMANDA $j$ DEL SATISFACTOR $B$ EN EL PERIODO $t$ .

Figura 59.

$Q_{ik\beta t}$	PRODUCCION POR EL BIEN DE CAPITAL $i$ DEL SATISFACTOR B ASIGNADA AL PUNTO DE INVENTARIO $k$ EN EL PERIODO $t$ .
$V_{ij\beta t}$	PRODUCCION POR EL BIEN DE CAPITAL $i$ DEL SATISFACTOR B ASIGNADA A LA REGION DE DEMANDA $j$ EN EL PERIODO $t$ .
$W_{j\beta t}$	ADQUISICION EXTERNA DEL SATISFACTOR B EN EL PERIODO $t$ PARA SATISFACER LA REGION DE DEMANDA $j$ .
$D_{i\beta t}$	DEMANDA A SATISFACER POR EL SATISFACTOR $b$ EN LA REGION $j$ DURANTE EL TIEMPO $t$ .
$C_{it}$	COSTO DE ACUMULACION DEL BIEN DE CAPITAL $i$
$E_{it}$	COSTO DE INACTIVIDAD Y MANTENIMIENTO DEL BIEN DE CAPITAL $i$
$F_{kj\beta t}$	COSTO DE PRODUCCION Y DE DISTRIBUCION DEL SATISFACTOR B.
$G_{k\beta t}$	COSTO DE INVENTARIOS DEL SATISFACTOR B.
$H_{j\beta t}$	COSTO DE COMPRAS EXTERNAS DEL SATISFACTOR B

Figura 60.

$$t = (1+r)^{-t}$$

FACTOR DE DESCUENTO AL PERIODO  
t.

r

TASA DE INTERES (IGUAL A LA REDI-  
TUABILIDAD MÍNIMA REQUERIDA PARA  
LAS DIFERENTES INVERSIONES).

$\phi$  t

LÍMITE PRESUPUESTAL DURANTE EL  
PERIODO t PARA EROGACIONES DE -  
CAPITAL.

$\psi$  i p t

CAPACIDAD DE BIEN DE CAPITAL i  
PARA LA PRODUCCION DEL SATISFAC  
TOR B DURANTE EL PERIODO t.

FUNCIÓN OBJETIVO

MINIMIZAR LA FUNCIÓN DE COSTO TOTAL

$$\text{MIN } Z = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \sum_{\beta=1}^b \sum_{j=1}^n (1+i)^{-t} .$$

$$\left\{ \begin{aligned} & C_{it}(X_{it} + U_{it}) + F_{k\beta t} (Z_{k\beta t} + Q_{ik\beta t} + V_{ij\beta t}) \\ & + E_{it} S_{it} + G_{k\beta t} Y_{k\beta t} + H_{j\beta t} W_{j\beta t} \end{aligned} \right\}$$

RESTRICCIONES

ACUMULACION DE BIENES DE CAPITAL

$$X_{it} - X_{it} = U_{it} \quad \begin{array}{l} i=1, 2, \dots, m \\ t=1, 2, \dots, t \end{array}$$

$$X_{i0} \geq 0 \quad i=1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m U_{it} \leq \phi_t \quad t=1, 2, \dots, t$$

CAPACIDAD DE PRODUCCION DE LOS BIENES DE CAPITAL

$$\sum_{\beta=1}^B \varphi_{i\beta t} \left\{ \sum_{j=1}^n V_{ij\beta t} + \sum_{K=1}^P Q_{ik\beta t} \right\} + S_{it} = X_{it}$$

$$i=1, 2, \dots, m$$

$$t=1, 2, \dots, t$$

INVENTARIOS

$$Y_{k\beta}(t=1) + \sum_{i=1}^M Q_{ik\beta t} = \sum_{j=1}^n Z_{kj\beta t} = Y_{k\beta t}$$

$$K=1, 2, \dots, p ; B=1, 2, \dots, \beta$$

$$t=1, 2, \dots, t ; K=1, 2, \dots, p$$

DEMANDA

$$\sum_{i=1}^m V_{ij t} + W_{j t} + \sum_{k=1}^p Z_{kj t} = D_{j t}$$

$$j=1, 2, \dots, n ; B=1, 2, \dots, \beta$$

$$t=1, 2, \dots, t$$

NO - NEGATIVIDAD

$$X_{it} ; U_{it} ; Y_{k t} ; W_{j t} ; V_{ij t} ; Q_{ik t} ;$$

$$Z_{kj t} ; S_{it} \geq 0$$

BIBLIOGRAFIA

MAO, C.T. JAMES  
QUANTITATIVE ANALYSIS OF FINANCIAL DECISIONS  
THE MACMILLAN COMPANY, NEW YORK  
PRIMERA EDICION, 1969.

HICKS, J.R., DORFMAN, ROBERT.  
SURVEYS OF ECONOMIC THEORY, VOLUME III:  
RESOURCE ALLOCATION  
MACMILLAN AND COMPANY, LTD. LONDON  
PRIMERA EDICION, 1966

HUET M, JUAN R.  
MODELOS PARA PROGRAMACION DE PROYECTOS CON  
RECURSOS LIMITADOS.  
BOLETIN No. 11 (Mayo-Junio 1972)  
IMPOS

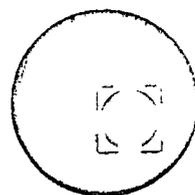
MORENO B. ALBERTO, BAHENA B. RICARDO  
UN MODELO PARA LA EVALUACION DE ALTERNATIVAS  
DE TRANSPORTE.  
BOLETIN No. 20 (Noviembre-Diciembre 1973)  
IMPOS

COBIAN MIGUEL J.  
PROGRAMACION OPTIMA DE INVERSIONES-  
EL PROBLEMA DE LA ADQUISICION Y UTILI-  
ZACION DE BIENES DE CAPITAL  
BELETIN No. 21 (Enero-Febrero 1974)  
IMPOS





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



## ANÁLISIS DE INVERSIONES

### MODELOS ALEATORIOS

M. en I. Jesús Acosta Flores.

# MODELOS ALEATORIOS.

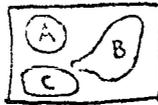
## ANALISIS DE INVERSIONES.

M. en I. Jesús Acosta Flores.

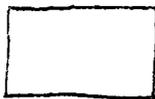
### I.- REQUERIMIENTOS BASICOS PARA LA COMPRESION DEL PRESENTE TEMA.

- I. Algebra de eventos.
- II. Espacio muestral.
- III. Medida de probabilidad.

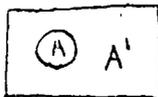
Breve introducción al álgebra de eventos.



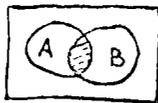
Los eventos son colecciones de puntos en un espacio.



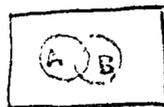
La colección de todos los puntos,  $U$ , es el evento universal.



El evento  $A'$ , el complemento de  $A$  es la colección de todos los puntos en el evento universal que no están en  $A$ . El evento nulo  $\phi$  no tiene puntos y es el complemento del evento universal.



La intersección de dos eventos  $A$  y  $B$  es la colección de todos los puntos que están tanto en  $A$  como en  $B$ . Se utiliza la notación  $AB$ .



La unión de dos eventos  $A$  y  $B$  es la colección de todos los puntos que están o en  $A$  o en  $B$  o en ambos. Se usa la notación  $A+B$ .

Los siete Axiomas del álgebra de eventos

- 1.-  $A+B = B+A$  ley conmutativa
- 2.-  $A+(B+C) = (A+B)+C$  ley asociativa
- 3.-  $A(B+C) = AB+AC$  ley distributiva.
- 4.-  $(A')' = A$
- 5.-  $(AB)' = A'+B'$
- 6.-  $AA' = \phi$
- 7.-  $AU = A$

$$A+A=A$$

$$A+U=U$$

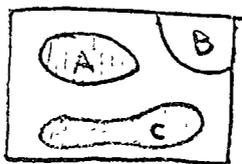
$$A+AB=A$$

$$A+A'=U$$

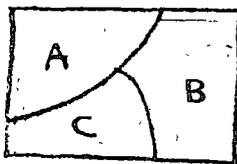
$$A\phi = \phi$$

Una lista de eventos  $A_1, A_2, \dots, A_n$  se dice que está com-  
puesta de eventos mutuamente exclusivos si y únicamente si

$$A_i A_j = \begin{cases} A_i & \text{si } i=j \\ \phi & \text{si } i \neq j \end{cases} \quad i=1, \dots, N; j=1, \dots, N.$$

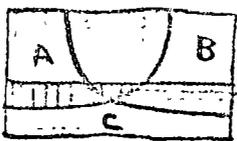


ó



Una lista de eventos  $A_1, A_2, \dots, A_n$  se dice que es colecti-  
vamente exhaustiva si y únicamente si

$$A_1 + A_2 + \dots + A_n = U$$



ó

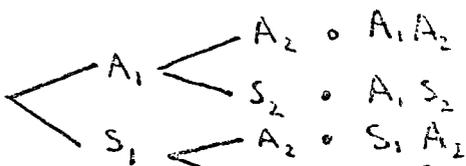


Espacio Muestral.

Un espacio muestral es la lista mutuamente exclusiva, colectivamente exhaustiva y del más fino grano de todos los resultados posibles de un modelo de un experimento. Un espacio de eventos es una lista mutuamente exclusiva y colectivamente exhaustiva.

Experimento I: Tirar una moneda dos veces.

Notación  $\begin{Bmatrix} A_n \\ S_n \end{Bmatrix}$  es el evento  $\begin{Bmatrix} \text{Águila} \\ \text{Sol} \end{Bmatrix}$  en el tiro  $n$ .



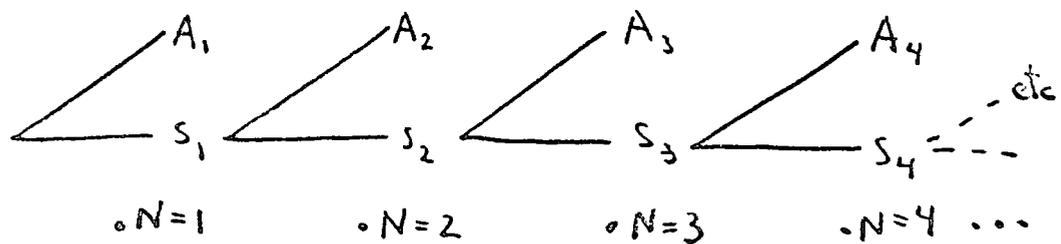
•  $A_1 A_2$  •  $A_1 S_2$  •  $S_1 A_2$  •  $S_1 S_2$  es el espacio muestral.

•  $A_1$  •  $S_1$  es un espacio de eventos pero no es espacio muestral.

•  $A_1 S_2$  •  $(A_1 S_2)^1$  es espacio de eventos pero no espacio muestral.

•  $A_1$  •  $S_1$  •  $A_2$  •  $S_2$  no es ni espacio de eventos ni espacio muestral.

Experimento 2. Tirar una moneda hasta que salga la primer águila.



•  $N > 4$  •  $N \leq 4$  espacio de eventos

•  $N \geq 1$  •  $N \geq 2$  •  $N \geq 3$  •  $N \geq 4$  ... no es ni espacio de eventos ni espacio muestral.

## Medida de Probabilidad.

Los tres axiomas.

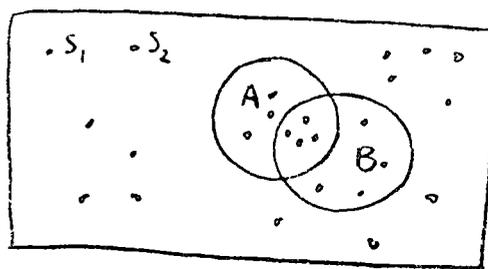
1. Para cualquier evento  $A$ ,  $P(A) \geq 0$

2.  $P(U) = 1$

3. Si  $AB = \emptyset$  entonces  $P(A+B) = P(A) + P(B)$

Dada una asignación de probabilidad a los eventos del más fino grano en un espacio muestral, la probabilidad de cualquier evento  $A$  puede calcularse sumando las probabilidades de los eventos del más fino grano que pertenecen al evento  $A$ .

# Probabilidad Condicional.



$$P(s_j | B) = \begin{cases} \frac{P(s_j)}{P(B)} & \text{si } s_j \text{ en } B \\ 0 & \text{si } s_j \text{ en } B^c \end{cases} = \frac{P(s_j \cap B)}{P(B)}$$

$$P(A|B) = \sum_{s_j \in A} P(s_j | B) = \sum_{s_j \in A} \frac{P(s_j \cap B)}{P(B)} = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

así  $P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$  definida únicamente para  $P(B) \neq 0$

Ejemplo. Una moneda justa se tira dos veces y José quien vio el resultado experimental reporta que "al menos un tiro fue águila". Dada esta información parcial se desea determinar la probabilidad condicional que ambos tiros sean águila.

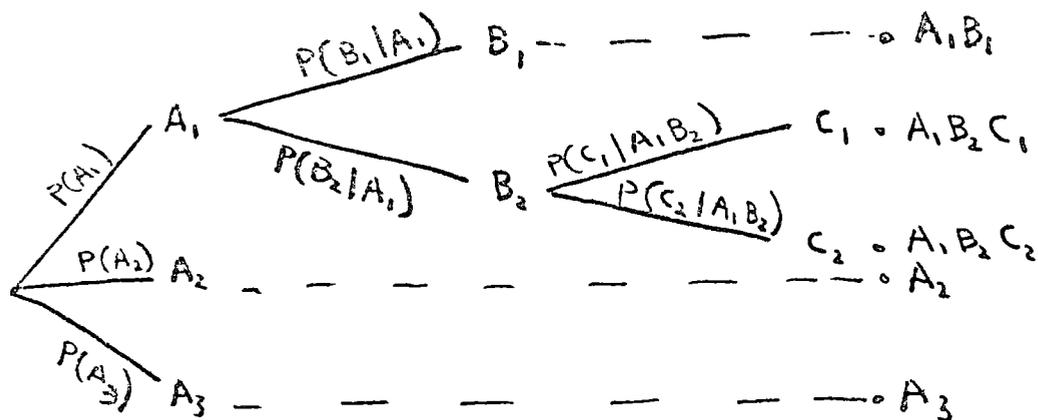
Evento C al menos un águila  
D dos águilas.

$$P(D|C) = \frac{P(D \cap C)}{P(C)}$$

	$P(\cdot)$	D	C	$D \cap C$
$\bullet A_1 A_2$	0.25	✓	✓	✓
$\bullet S_1 A_2$	0.25		✓	
$\bullet A_1 S_2$	0.25		✓	
$\bullet S_1 S_2$	0.25			
		$P(D) = 0.25$	$P(C) = 0.75$	$P(D \cap C) = 0.25$

así  $P(D|C) = \frac{1}{3}$

## Arboles de Probabilidad.



## Independencia de eventos.

Dos eventos  $A$  y  $B$  se definen como independientes si y únicamente si  $P(A|B) = P(A)$

Ejemplo. Con probabilidad 0.8  $A_1$  es culpable de cometer el crimen por el que se le acusa.  $B_1$  y  $C_1$  cada uno de los cuales ocurre si  $A_1$  es o no culpable han sido llamados como testigos.

$B_1$  es amigo de  $A_1$  y dirá la verdad si  $A_1$  es inocente pero mentirá con probabilidad 0.2 si  $A_1$  es culpable.  $C_1$  odia a todo el mundo y dirá la verdad si  $A_1$  es culpable pero mentirá con probabilidad 0.3 si  $A_1$  es inocente.

- Determine la probabilidad que los testigos estén en conflicto.
- ¿Cuál testigo tiene mayor probabilidad de cometer perjurio?
- ¿Cuál es la probabilidad condicional que  $A_1$  sea inocente dado que  $B_1$  y  $C_1$  dicen testimonios en conflicto?
- Son los eventos " $B_1$  miente" y " $C_1$  miente" independientes?  
¿Son estos eventos condicionalmente independientes a un observador que conoce si  $A_1$  es o no culpable?

Notación:

- Evento  $A$ :  $A_1$  es inocente
- $B$ :  $B_1$  dice que  $A_1$  es inocente.
- $C$ :  $C_1$  dice que  $A_1$  es inocente.
- $X$ : los testigos están en conflicto.

## 2. DECISIONES DE INVERSION BAJO CONDICIONES DE INCERTIDUMBRE.

Los métodos que se han visto anteriormente han supuesto que las decisiones de inversión son bajo certeza completa, pero realísticamente el mundo en que vivimos es de cambio e incertidumbre.

Cuando un inversionista potencial calcula un rendimiento de  $x$  por ciento anual él está consciente que la ocurrencia de ciertos eventos pueden invalidar su estimación. Por ejemplo, la invención de nuevos y mejores métodos de producción, cambios en el costo de materias primas y en el precio de venta, etc.

### Procedimientos Críticos.

#### Método del período de recuperación.

El período de recuperación de una inversión se define como el tiempo necesario para recobrar el costo de la inversión.

Si una inversión cuesta  $C$  pesos y genera un flujo neto de dinero anual de  $R$  pesos, el período de recuperación es  $C/R$ .

Al aplicar este método la gerencia clasifica las inversiones en categorías basándose en el riesgo y/o tamaño y estableciendo un período de recuperación máximo aceptable para cada conjunto. Una inversión particular es aceptable únicamente si su período de recuperación está abajo del crítico. Entre las inversiones aceptables en cada clase, una inversión con un período de recuperación menor se prefiere a otra con un período mayor.

Este método es criticable porque no considera el flujo de dinero fuera del período de recuperación. También se supone certeza dentro del período y mucha incertidumbre fuera de él.

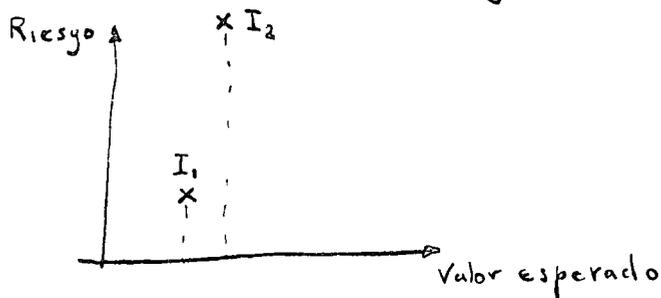
#### Método del valor monetario esperado.

La inversión se evalúa como si el valor esperado fuera a ocurrir bajo certeza.

Este método es simple de comprender y simple de aplicar, pero tiene la desventaja que no utiliza completamente toda la información de riesgo disponible.

Los estudios de comportamiento han mostrado que cuando la suma de dinero es pequeña, la decisión óptima no es sensible a consideraciones de riesgo. En análisis de utilidad esto significa que puesto que cuando se tienen pequeñas cantidades de dinero la función utilidad del inversionista es aproximadamente lineal, una decisión que maximiza su valor monetario esperado también maximiza su valor de utilidad esperada.

Cuando la suma de dinero es grande



Se preferirá  $I_1$  a  $I_2$ , en este caso el método del valor monetario esperado daría otro resultado.

### Procedimientos refinados para analizar inversiones con riesgo.

Método del equivalente bajo certeza.  $u(EC) = \int_{x=-\infty}^{\infty} u(x) f(x) dx$   
 si:  $u(x) = 1 - e^{-\frac{x}{c}}$   $f(x)$  normal  $EC = \mu - \frac{\sigma^2}{2c}$

### Análisis de una inversión aislada.

Considere una inversión cuyos flujos de dinero al final de los años  $0, 1, \dots, n$  son  $A_0, A_1, \dots, A_n$  respectivamente, donde cada uno de los  $A_i$  es una variable aleatoria con media  $\mu_i$  y variancia  $\sigma_i^2$ .

El valor presente neto de la inversión está dado por la fórmula

$$W = A_0 + \frac{A_1}{1+k} + \frac{A_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{A_n}{(1+k)^n}$$

donde  $k$  es la tasa de interés.

Tomando la esperanza  $E(W) = \mu_0 + \frac{\mu_1}{1+k} + \dots + \frac{\mu_n}{(1+k)^n}$

la variancia del valor presente neto.

Caso 1. Flujos de dinero independientes.

$$V(W) = \sigma_0^2 + \frac{\sigma_1^2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{\sigma_n^2}{(1+k)^{2n}}$$

Caso 2. Flujos de dinero perfectamente correlacionados.

$$\rho = \frac{\text{cov}(A_i, A_i)}{\sigma_{A_i} \sigma_{A_i}} = 1$$

$$V(W) = \left[ \sigma_0 + \frac{\sigma_1}{1+k} + \dots + \frac{\sigma_n}{(1+k)^n} \right]^2$$

Caso 3. Mixto.  $A_i$  se divide en dos componentes

$A_i'$  que varía independientemente y  $A_i''$  que está perfectamente correlacionada con las demás  $A''$ .

$$W = A_0' + \frac{A_1'}{1+k} + \dots + \frac{A_n'}{(1+k)^n} + A_0'' + \frac{A_1''}{1+k} + \dots + \frac{A_n''}{(1+k)^n}$$

$$V(W) = V(A_0') + \frac{V(A_1')}{(1+k)^2} + \dots + \frac{V(A_n')}{(1+k)^{2n}} + \left[ \sqrt{V(A_0'')} + \frac{\sqrt{V(A_1'')}}{1+k} + \dots + \frac{\sqrt{V(A_n'')}}{(1+k)^n} \right]^2$$

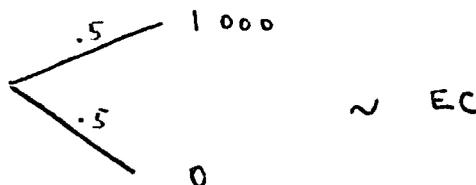
Ejemplo 1. La Cía, XYZ debe decidir si expandir o no su producción de estereofónicos invirtiendo 1800 unidades monetarias. Se pronostica que la nueva planta generará flujos de dinero netos de  $A_i$  donde cada  $A_i$  es una variable aleatoria normal independiente de media 500 y desviación estándar 100.  $i=1, \dots, 5$

$$E(W) = -1800 + \frac{500}{1+.08} + \frac{500}{(1+.08)^2} + \frac{500}{(1+.08)^3} + \frac{500}{(1+.08)^4} + \frac{500}{(1+.08)^5} = 196.$$

$$V(W) = 0 + \frac{(100)^2}{(1+.08)^2} + \frac{(100)^2}{(1+.08)^4} + \frac{(100)^2}{(1+.08)^6} + \frac{(100)^2}{(1+.08)^8} + \frac{(100)^2}{(1+.08)^{10}} = (179)^2 = 32041$$

Una variable aleatoria que es la suma de variables normales también será normal.

Suponiendo que el inversionista tenga aversión constante al riesgo, su función utilidad será  $u(x) = 1 - e^{-x/c}$



EC	.69	1.39	2.77	5.55	11.09	22.18	44.36	88.67	172.35
c	1	2	4	8	16	32	64	128	256

EC	286.98	382.49	439.56	469.56	484.75	492.37	496.19
c	512	1024	2048	4096	8192	16384	32768

Ejemplo 2. Ahora el producto es nuevo, Televisores de pulsera. los  $A_i$  están perfectamente correlacionados.

$$E(W) = 196$$

$$V(W) = \left[ 0 + \frac{100}{1+.08} + \frac{100}{(1+.08)^2} + \frac{100}{(1+.08)^3} + \frac{100}{(1+.08)^4} + \frac{100}{(1+.08)^5} \right]^2 = 399^2 = 159\,201$$

$V(W)$  ahora es mayor que el anterior, esto es consistente con el hecho que introducir un nuevo producto tiene considerable riesgo en comparación a una expansión de los estereofónicos.

Ejemplo 3. La misma inversión pero ahora la compañía planea utilizar las nuevas instalaciones en la producción de estereofónicos y televisores de pulsera.

$A_i^1$ : normales independientes con media 50 y variancia  $(40)^2$

$A_i^2$ : normales perfectamente correlacionados con media 50 y variancia  $80^2$

$$E(W) = 196$$

$$V(W) = 0 + \frac{40^2}{(1+.08)^2} + \frac{40^2}{(1+.08)^4} + \frac{40^2}{(1+.08)^6} + \frac{40^2}{(1+.08)^8} + \frac{40^2}{(1+.08)^{10}} + \left[ 0 + \frac{80}{1+.08} + \frac{80}{(1+.08)^2} + \frac{80}{(1+.08)^3} + \frac{80}{(1+.08)^4} + \frac{80}{(1+.08)^5} \right]^2 = (327)^2 = 106\,929$$

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE ANALISIS DE INVERSIONES ( DEL  
22 DE JULIO AL 28 DE AGOSTO DE 1975 )

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
1. C.P. SILVIA C. BALCAZAR MAGDALENO Sur 57 No. 121 Col. Ermita Prado México 13, D. F. Tel: 5-39-81-89	INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL Paseo de la Reforma No. 476-2o. Piso Col. Juárez México 6, D. F. Tel: 5-11-70-82
2. SR. FRANCISCO A. BAÑOS RIOS Av. Insurgentes Norte 240-13o. Piso Col. Santa María la Ribera México 4, D. F. Tel: 5-47-44-17	HILOS CADENA Calle Rosario Col. Merced Balbuena México, D. F. Tel: 5-22-03-54
3. SR. SERGIO F. BELTRAN UGARTE México, D.F.	INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL México, D. F.
4. ING. JUVENTINO CABRERA ZAPATA Salaverry No. 844-402 Col. Lindavista México 14, D. F. Tel: 5-86-29-77	CAJAS CORRUGADAS DE MEXICO, S. A. Oriente 171 No. 334 Col. Industrial Aragón México 14, D. F. Tel: 5-17-71-40
5. ING. ELISEO CORTES SALCEDO México, D. F.	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional No. 329 México, D. F.
6. ING. ENRIQUE DE LA SERNA RAMIREZ Melchor Ocampo No. 101 Coyoacán México 21, D. F. Tel: 5-54-10-69	INSTITUTO DE INGENIERIA, UNAM Ciudad Universitaria México 20, D. F. Tel: 5-48-97-93
7. SR. ENRIQUE ESCOBEDO DE LA PEÑA Gov. Tiburcio Marciel No. 64 San Miguel Chapultepec México 18, D. F. Tel: 5-16-00-19	BANCO DE MEXICO, S. A. Bolivar 15-5o. Piso México 1, D. F. Tel: 5-18-05-00 Ext. 249
8. SR. JOSE FERNANDEZ GARCIA Fuente de Petroleos 3-A Lomas de Tecamachalco México 10, D. F. Tel: 5-89-63-46	INSTITUTO DE INGENIERIA, UNAM Ciudad Universitaria México 20, D. F. Tel: 5-48-97-93

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE ANALISIS DE INVERSIONES ( DEL 22 DE JULIO AL 28 DE AGOSTO DE 1975 )

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
9. LIC. FRANCISCO FIGUEROA GONZALEZ Cocotitlan No. 70 Cuautitlan-Izcalli Edo. de México Tel: 5-88-00-17	NACIONAL DE COBRE, S. A. Poniente 134 No. 719 Col. Industrial Vallejo México, D. F. Tel: 5-67-11-44
10. ING. FERNANDO GARCIA SOTO Sardonica No. 22 Col. Estrella México 14, D. F. Tel: 5-17-28-77	
11. ING. SALVADOR GAYTAN RANGEL El Greco No.39-403-A Col. Mixcoac México 19, D. F. Tel: 5-98-02-16	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Av. Universidad 171 Col. Narvarte México 12. D. F. Tel: 5-30-69-36
12. ING. ENRIQUE GONZALEZ México, D. F.	CONSULTEC INGENIEROS ASOCIADOS, S.C. México, D. F.
13. ING. RICARDO DE JESUS GUZMAN Y G. Rio Amor No. 8-502 Col. Cuauhtémoc México 5, D. F. Tel: 5-60-97-66	TELEFONOS DE MEXICO, S. A. Antonio Caso 179-4o. Piso Col. San Rafael México, D. F. Tel: 5-92-20-50
14. LIC. EDGAR A. HERNANDEZ DIAZ Rubén Darío 8 Depto. 4 Col. Polanco México 5, D. F.	ORGANIZACION DE ESTADOS AMERICANOS Humbolt 49-9o. Piso México 1, D. F. Tel: 5-85-25-44
15. ING. CARLOS HIMMELSTINE AGUILAR Caléndula 21 Ciudad Jardín México 21, D. F. Tel: 5-49-00-22	MINERA CONTINENTAL, S. A. Paseo de la Reforma No. 156-19o. Piso Col. Juárez México 6, D. F. Tel: 5-66-18-00
16. ING. GUILLERMO MACIAS GARCIA V. México, D. F.	COMISION NACIONAL COORDINADORA DE PUERTOS México, D. F.

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE ANALISIS DE INVERSIONES ( DEL 22  
DE JULIO AL 28 DE AGOSTO DE 1975 )

NOMBRE Y DIRECCION

EMPRESA Y DIRECCION

- |   |   |
|---|---|
| 17. ING. HECTOR MANJARREZ<br>Astronomos No. 37<br>Col. Condesa<br>México 11, D. F.<br>Tel: 5-15-57-83                         | INDUSTRIAS RESISTOL, S. A.<br>Av. Presidente Masarick 61-14o. Piso<br>Col. Polanco<br>Mexico 5, D. F.<br>Tel: 5-31-75-00 Ext. 241 |
| 18. ING. BENJAMIN MENDELSBERG<br>México, D. F.  | INDUSTRIA MEXICANA DE REACTORES, S.A.<br>México, D. F.  |
| 19. ING. SALVADOR MEJIA GALINDO<br>Av. Universidad 1900-E-28-104<br>Oxtopulco-Coyoacán<br>México 21, D. F.<br>Tel: 5-48-19-99 | SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS<br>Xola y Av. Universidad<br>Col. Narvarte<br>México 13, D. F.<br>Tel: 5-59-16-50                    |
| 20. SR. ANGEL MONTESSORO<br>México, D. F.   | INDUSTRIA MEXICANA DE REACTORES, S.A.<br>México, D. F.  |
| 21. EDITH L. MONOBE HERNANDEZ.<br>J.G. Icazbalceta 79-1<br>Col. San Rafael<br>México 4, D. F.<br>Tel: 5-66-60-27              | BANCO NACIONAL DE CREDITO RURAL, S.A.<br>Hamburgo 31-2o. Piso<br>Col. Juárez<br>México 6, D. F.<br>Tel: 5-46-75-31                |
| 22. SR. SALVADOR MORALES CERVANTES<br>Madrid No. 62-K<br>Col. Juárez<br>México 6, D. F.<br>Tel: 5-35-65-37                    | BANCO NACIONAL DE CREDITO RURAL, S.A.<br>Hamburgo No. 31<br>Col. Juárez<br>México 6, D. F.<br>Tel: 5-46-75-31                     |
| 23. LIC. FRANCISCO PADUA SAYEG<br>Virreyes 1470<br>Lomas de Chapultepec<br>México 10, D. F.<br>Tel: 5-20-06-55                | PADUA Y CIA. S. A.<br>Madero 47-2<br>México 1, D. F.<br>Tel: 5-12-93-40   |
| 24. ING. ADOLFO REYES RASSVETAIEFF<br>Guerrero No. 46<br>Héroes de Padierna<br>México 20, D. F.<br>Tel: 5-68-25-13            | CONSULTEC, INGENIEROS ASOCIADOS, S.C.<br>Viaducto No. 22<br>Col. Nápoles<br>México 18, D. F.<br>Tel: 5-36-15-01                   |

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE ANALISIS DE INVERSIONES ( DEL 22  
DE JULIO AL 28 DE AGOSTO DE 1975 )

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
25. LIC. FERNANDO RUIZ SANCHEZ México, D. F.	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Av. Universidad y Xola México, D. F.
26. ING. VICENTE SALAS VARGAS México, D. F.	TELEFONOS DE MEXICO, S. A. Antonio Caso 179-4o. Piso Col. San Rafael México, D. F.
27. ING. ALEJANDRO VALLE BAEZA México, D. F.	INSTITUTO DE INGENIERIA, UNAM Ciudad Universitaria México 20, D. F.
28. SR. GILBERTO VAZQUEZ CORRAL Valle Allende 77-B-404 Valle de Aragón Edo. de México	EMPACADORA XALOSTOC, S. A. Luis G. Sada y Av. Electricidad Fracc. Industrial Xalostoc, Edo. de México Tel: 5-69-38-55
29. ING. JAIME S. ZAMORA GARCIA Capilla No. 30 Los Pastores Edo. de México Tel: 5-60-14-01	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional No. 329 Edificio 1910-D-10o. Piso México 17, D. F. Tel: 5-31-63-20



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam

## ANALISIS DE INVERSIONES

## MODELOS DINAMICOS

Act. Emilio Zamudio

## MODELOS DINAMICOS DETERMINISTAS

I.- Modelos Dinámicos en Continuo: Estudio de Estrategias Optimas de Inversión en Planes de Ahorro.

I.1.- Planteamiento General

I.2.- Planteamiento del Programa Lineal

I.3.- Planteamiento del Problema bajo la Programación Dinámica

I.4.- Estrategia Optima de Inversión de un Plan de Ahorro

I.5.- Estrategia Optima de Inversión de un Conjunto de Planes de Ahorro

II.- Modelos Dinámicos en Discreto: Proyectos Independientes Deterministas Indivisibles.

II.1.- Presentación del Algoritmo de Ramificar y Acotar

II.2.- Resolución de un Ejemplo

I.- Estudio de Estrategias Optimas de Inversión en Planes de Ahorro.

I.1.- Planteamiento General

Un Plan de Ahorro puede representarse como:

$$\Pi = (a_1, a_2, \dots, a_n) ; a_i = 0 \quad i = 1, \dots, n$$

$a_i$  representa la cantidad que debe depositarse al principio del período  $i$ .

al final del período  $n$  se recibirá \$ 1.

Se tendrá naturalmente

$$\sum_{i=1}^n a_i < 1$$

para que el plan resulte interesante.

Un plan  $\Pi = (a_1, a_2, \dots, a_n)$  tendrá una tasa de interés asociada (TIR)  $r > 0$  la cual verifica la ecuación:

$$a_1 (1+r)^n + a_2 (1+r)^{n-1} + \dots + a_{n-1} (1+r)^2 +$$

$$a_n (1+r) = 1$$

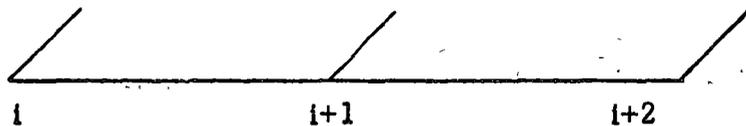
Se van a estudiar las estrategias óptimas de inversión a  $N$  períodos  $N > n$ . Estos planes son tales que están permanentemente a nuestra disposición y es posible iniciar planes en cualquier período y además la cantidad con la que se inicie un plan es cualquier cantidad positiva (Plan en continuo). Una estrategia de inversión a  $N$  períodos queda descrita mediante las cantidades con las que se inician planes de ahorro en cada período. Se sobreentiende que toda estrategia ha de ser factible, entendiéndose por factible aquella que se puede llevar a cabo sin rebasar el presupuesto asignado.

Consideramos por ejemplo el plan  $\pi = (1/4, 1/2)$  y  $N = 4$ . Se supone que al principio del primer período se dispone de \$ 1 y que se desea maximizar la cantidad en caja al fin del 4o. período.

Una estrategia factible y que pudiera parecer como natural sería invertir  $1/3$  al principio del primer período  $2/3$  al principio del segundo, retirar  $4/3$  al final del segundo y reiniciar un segundo plan con  $4/9$  y  $8/9$  ( $4/9 + 8/9 = 4/3$ ) a invertir al principio de los períodos 3 y 4-teniéndose de esta manera  $16/9$  al final del 4o. período

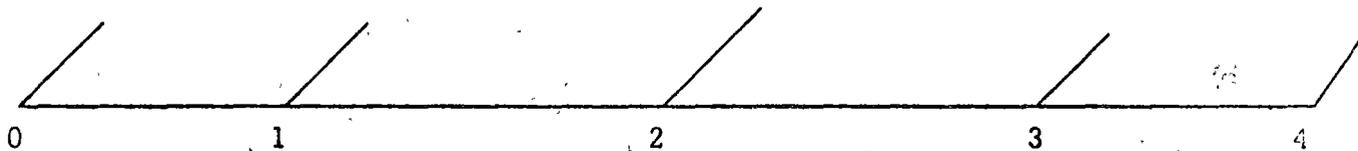
Plan de ahorro  $\pi = (1/4, 1/2)$

$$- 1/4 X \quad - 1/2 X \quad + X$$



Estrategias a  $N = 4$

$$- 1/4 X_1 \quad - 1/2 X_1 - 1/4 X_2 \quad - 1/2 X_2 - 1/4 X_3 + X_1 \quad - 1/2 X_3 + X_2 \quad X_3$$



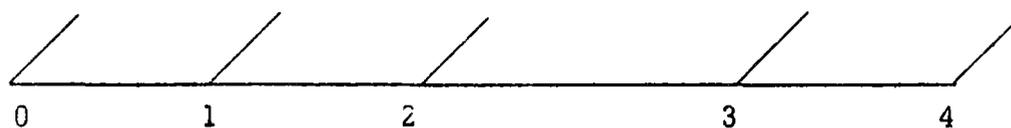
$$\text{Max } Z = X_1 + X_2 + X_3 - 1/4 (X_1 + X_2 + X_3) - 1/2 (X_1 + X_2 + X_3)$$

$$= 1/4 X_1 + 1/4 X_2 + 1/4 X_3$$

## Estrategias factibles

a)

$$- 1/3 \quad - 2/3 \quad + 4/3 - 4/9 \quad - 8/9 \quad + 16/9$$



$$X_1 = 4/3$$

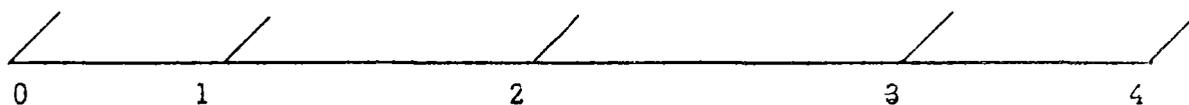
$$X_2 = 0$$

$$X_3 = 16/9$$

$$Z_a = 1/4 \quad ( 4/3 + 16/9 ) = 7/9$$

b)

$$- 1/4 \quad - 1/2 - 1/4 \quad - 1/2 - 1/2 + 1 \quad - 1 + 1 \quad 2$$



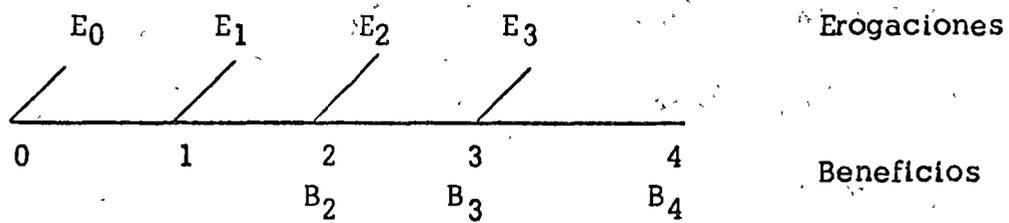
$$X_1 = 1$$

$$X_2 = 1$$

$$X_3 = 2$$

$$Z_b = 1/4 \quad ( 1 + 1 + 2 ) = 1$$

## I.2.- Planteamiento del Programa Lineal



Sea  $s_i$  = Cantidad no invertida en el período  $i$

$$E_0 + E_1 + s_2 = 1$$

$$E_2 + s_3 = s_2 + B_2$$

$$E_3 + s_4 = s_3 + B_3$$

$$B_4 + s_4 = Z \text{ (max)}$$

$X_1 =$  Cantidad que pagará el banco al final del período  
 $i + 1$

$$E_0 = 1/4 X_1 \qquad B_2 = X_1$$

$$E_1 = 1/2 X_1 + 1/4 X_2 \qquad B_3 = X_2$$

$$E_2 = 1/2 X_2 + 1/4 X_3 \qquad B_4 = X_3$$

$$E_3 = 1/2 X_3$$

El programa lineal se expresa

$$3/4 X_1 + 1/4 X_2 \qquad + s_2 \qquad = 1$$

$$- X_1 + 1/2 X_2 + 1/4 X_3 \qquad - s_2 + s_3 \qquad = 0$$

$$- X_2 + 1/2 X_3 \qquad - s_3 + s_4 \qquad = 0$$

$$X_3 \qquad + s_4 \qquad = Z \text{ (max)}$$

Cuya solución óptima está dada por

$$X_1 = 1 ; X_2 = 1 ; X_3 = 2 ; s_2 = 0 ; s_3 = 0 ; s_4 = 0 ;$$

$$Z = 2$$



Diremos que un sistema que puede ser representado en etapas es susceptible de ser formulado por medio de la Programación Dinámica si es posible establecer una Expresión de Recurrencia que relacione  $V_i$  (Valor de la función objetivo en la etapa  $i$ ) con  $V_{i-1}$ .

Para  $i = 1, \dots, N$  y para todo estado posible del Sistema.

Se denominan Variables de Estado aquellas que describen íntegramente el estado del sistema en cualquier etapa del mismo.

Por otro lado tenemos las Variables de Decisión ligadas a cada etapa que en conjunto determinen una Estrategia.

Resolución del ejemplo por medio de la Programación Dinámica.

Notación:

$V_i$  Cantidad máxima de dinero que se puede poseer al final del período  $i$ .

$Y_i$  Suma de dinero con la cual se inicia un plan de ahorro en el período  $i$ .

En una etapa cualquiera  $i$ ,  $Y_i$  constituye la variable de decisión.

Se conocen  $V_0 = 1$ ,  $Y_0 = 0$ ,  $Y_N = 0$ .

Establecemos:

$$\begin{aligned} V_i &= \text{Max} \left[ V_{i-1} + 4Y_{i-1} - (2Y_{i-1} + Y_i) \right] \\ &\quad Y_i + 2Y_{i-1} \leq V_{i-1} \\ &= \text{Max} \left[ V_{i-1} + 2Y_{i-1} - Y_i \right] \\ &\quad Y_i + 2Y_{i-1} \leq V_{i-1} \end{aligned}$$

Se había dicho que era necesario conocer  $E_0$ , o sea el estado inicial del Sistema. En este caso sabemos que  $V_0 = 1$ .

Resolución:

$$1) \quad V_1 = 1 - Y_1$$

$$2) \quad V_2 = \text{Max} \quad \left[ V_1 + 2Y_1 - Y_2 \right]$$

$$Y_2 + 2Y_1 \leq V_1$$

$$= \text{Max} \quad \left[ 1 + Y_1 - Y_2 \right]$$

$$Y_2 + 2Y_1 \leq 1 - Y_1$$

$$= \text{Max} \quad \left[ 1 + Y_1 - Y_2 \right]$$

$$Y_1 \leq \frac{1 - Y_2}{3}$$

El Máximo se obtiene cuando  $Y_1 = \frac{1 - Y_2}{3}$  (1) puesto que la expresión entre paréntesis es creciente con respecto a  $Y_1$ .

$$V_2 = 1 + \left( \frac{1 - Y_2}{3} \right) - Y_2$$

$$V_2 = \frac{4 - 4Y_2}{3}$$

$$V_2 = \frac{4 - 4Y_2}{3}$$

$$3) \quad V_3 = \text{Max} \left[ V_2 + 2Y_2 - Y_3 \right]$$

$$Y_3 + 2Y_2 \leq V_2$$

$$V_3 = \text{Max} \left[ \frac{4 - 4Y_2}{3} + 2Y_2 - Y_3 \right]$$

$$Y_3 + 2Y_2 \leq \frac{4 - 4Y_2}{3}$$

$$= \text{Max} \left[ \frac{4 + 2Y_2 - 3Y_3}{3} \right], \quad Y_2 = \frac{4 - 3Y_3}{10} \quad (2)$$

$$Y_2 \leq \frac{4 - 3Y_3}{10}$$

$$= \frac{1}{3} \left( 4 + 2 \left( \frac{4 - 3Y_3}{10} \right) - 3Y_3 \right)$$

$$V_3 = \frac{16 - 12Y_3}{10}$$

$$4) \quad V_4 = \text{Max} \left[ V_3 + 2Y_3 \right]; \quad (Y_4 = 0)$$

$$2Y_3 \leq \frac{16 - 12Y_3}{10}$$

$$= \text{Max} \left[ \frac{16 + 8Y_3}{10} \right]; \quad Y_3 = 1/2 \quad (3)$$

$$Y_3 \leq 1/2$$

$$= \frac{16 + 8(1/2)}{10}$$

$$V_4 = 2$$

Aplicando sucesivamente (3), (2) y (1) tenemos

$$Y_3 = 1/2; Y_2 = 1/4; Y_1 = 1/4$$

N = 4

Plan \ Perfodo	1	2	3	4	5
1	- 1/4	- 1/2	+ 1		
2		- 1/4	- 1/2	+ 1	
3			- 1/2	- 1	+ 2

N = 3

Plan \ Perfodo	1	2	3	4
1	- 1/5	- 2/5	+ 4/5	
2		- 2/5	- 4/5	+ 8/5

N = 5

Plan \ Perfodo	1	2	3	4	5	6
1	-3/13	-6/13	+12/13			
2		-4/13	-8/13	+16/13		
3			-4/13	-8/13	+16/13	
4				-8/13	-16/13	+32/13

## OBSERVACIONES

- 1) La estrategia obtenida, (que se puede hacer general para todo plan de ahorro y para toda  $N$ ) se puede enunciar de la manera siguiente:

"Dado un plan de ahorro  $\pi = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ , la estrategia óptima consiste en invertir la totalidad del dinero disponible salvo en los primeros  $n - 1$  períodos"

- 2) De acuerdo con este principio basta con conocer la suma más grande que se puede poseer al final del período  $N$  para definir enteramente la estrategia óptima.

Para ver en forma clara esto, volvamos a nuestro ejemplo.

Tenemos que el plan de ahorro es a 2 períodos y el horizonte de planeación es 4 períodos, por lo tanto es posible iniciar planes - en los períodos 1, 2 y 3 .

Ocupémonos inicialmente del plan iniciado en el período 3:

Al final del período 4 se tendrán \$ 2 que provienen íntegramente del 3er. plan de ahorro puesto que en ningún período intermedio se tendrán remanentes. Así, el 3er. plan consta de dos depósitos de \$ 1/2 y \$ 1 hechos al principio de los períodos 3 y 4 respectivamente.

Finalmente para el primer plan se deberá tener \$ 1 al fin del período 2 y así completamos la estrategia.

Se observa que la Unidad monetaria con la que se comienza el plan está dividida en tres partes (1/4, 1/2 y 1/4) primer y segundo depósito del plan 1 y el primero del segundo plan. De ahí en adelante las cantidades que se retiran del banco son reinvertidas en su totalidad.

I.4.- Estrategia Óptima de Inversión de un Plan de Ahorro -

$\Pi = (a_1, a_2, \dots, a_n)$  a N períodos.

Para determinar en forma general una tal estrategia podemos hacer el planteamiento de la Programación Lineal o bien el de la Programación Dinámica.

Nos conformaremos en este estudio con enunciar los resultados obtenidos y describir la metodología para encontrar una estrategia óptima.

Notación:

$$b_1 = a_1$$

$$D_1 = a_1 b_n$$

$$b_2 = a_1 + a_2$$

$$D_2 = a_n D_1 + a_1 b_{n-1}$$

$$b_k = \sum_{i=1}^k a_i$$

$$D_k = \sum_{i=1}^{k-1} a_{i+n-k+1} D_i + a_1 b_{n-k+1}$$

siendo  $a_i = 0$

$i > n$  ;  $b_i = 0$   $i > n$

$V_N$  es la cantidad de dinero máxima que se puede poseer al final del período  $N$  disponiendo de \$ 1 al principio del primer período.

Por medio de la Programación Dinámica se obtiene

$$V_N = \frac{a_i}{D_{N-n+1}}$$

Como ya fué enunciado, basta con conocer  $V_N$  para poder exhibir la estrategia óptima de inversión a  $N$  períodos.

Ejemplo:

$$\overline{\pi} = \left( \frac{5}{20}, \frac{5}{20}, \frac{2}{20}, \frac{2}{20}, \frac{1}{20} \right); \quad N = 8$$

$$V_8 = \frac{a_1}{D_4};$$

$$D_4 = a_3 D_1 + a_4 D_2 + a_5 D_3 + a_1 b_2$$

$$D_1 = a_1 b_5 = 5/20, 15/20 = .1875$$

$$D_2 = a_5 D_1 + a_1 b_4 = .184375$$

$$D_3 = a_4 D_1 + a_5 D_2 + a_1 b_3 = .17796875$$

$$\begin{aligned} D_4 &= 1/10 (.1875) + 1/10 (.184375) + 1/20 (.17796875) + 5/20 \cdot 10/20 \\ &= .17108593 \end{aligned}$$

$$V_8 = \frac{.25}{.17108593} = 1.461254$$

Período Plan									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-.04023	-.04023	-.01609	-.01609	-.00805	+16092			
2		-.03744	-.03744	-.01498	-.01498	-.00749	+.14978		
3			-.01827	-.01827	-.00731	-.00731	-.00365	+0.7306	
4				-.36531	-.36531	-.14613	-.14613	-.07306	+1.46125

I.5.- Estrategia Óptima de Inversión de un conjunto de planes de ahorro.

Ahora consideremos un problema más general:

Sea una colección de  $m$  planes de ahorro que están a nuestra disposición, los representaremos de la manera siguiente:

$$\begin{aligned}\pi_1 &= (a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n_1}) \\ \pi_2 &= (a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2n_2}) \\ &\vdots \\ \pi_m &= (a_{m1}, a_{m2}, \dots, a_{mn_m})\end{aligned}$$

Sin pérdida de generalidad supongamos

$$n_1 \geq n_2 \geq \dots \geq n_m . \quad \text{Teniéndose } n_1 > n_m$$

Se trata de encontrar la estrategia óptima de inversión a  $N$  períodos ( $N > n_m$ ) teniendo \$ 1 al principio del período 1 .

Las dos metodologías descritas (Programación Lineal y Programación Dinámica) son desde luego apropiadas para determinar una estrategia

Óptima de inversión en un tal contexto, sin embargo el pretender formular en forma general el problema introduciría una complicadísima notación que evitaremos aquí. Proponemos un ejemplo simple que fué resuelto por medio de la Programación Lineal.

Estrategia Óptima de Inversión de un Conjunto de planes de ahorro

Ejemplo:

$$\pi_1 = (1/4, 1/2); \quad \pi_2 = (1/4, 1/4, 1/8), \quad N = 4$$

Con tasas internas de retorno

$$r_1 = .23607$$

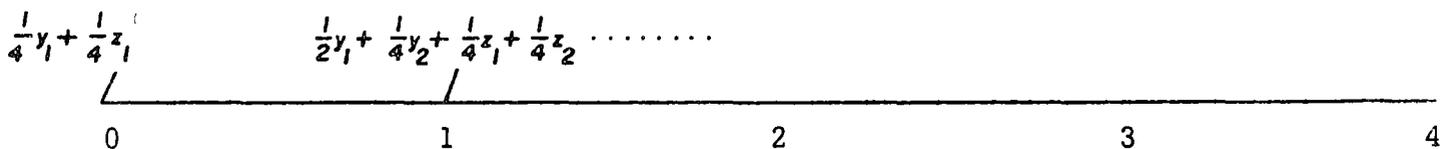
$$r_2 = .23149$$

Sean:

$Y_i$  = Cantidad que se recibirá del banco al final del período  $i+1$   
bajo un plan  $\pi_1$

$Z_i$  = Cantidad que se recibirá del banco al final del período  $i+2$   
bajo un plan  $\pi_2$

$s_i$  = Cantidad no invertida al principio del período  $i$ .



Se establece el Programa Lineal

$$\begin{array}{rclcl}
 3/4 Y_1 + 1/4 Y_2 & & +1/2 Z_1 + 1/4 Z_2 + s_2 & & = 1 \\
 - Y_1 + 1/2 Y_2 + 1/4 Y_3 & & +1/8 Z_1 + 1/4 Z_2 - s_2 + s_3 & & = 0 \\
 & - Y_2 + 1/2 Y_3 & - Z_1 + 1/8 Z_2 - s_3 + s_4 & & = 0 \\
 & & & & \\
 & Y_3 & + Z_2 & + s_4 & = W \text{ (max)}
 \end{array}$$

Cuya solución es la siguiente:

$$Y_1 = 20/31; Y_2 = 0; Y_3 = 64/31; Z_1 = 32/31; Z_2 = 0;$$

$$s_2 = s_3 = s_4 = 0; W = 64/31$$

Estrategia Optima:

Período Plan	1	2	3	4	5
I <sub>1</sub>	-5/31	-10/31	+20/31		
I <sub>2</sub>	-8/31	-8/31	-4/31	+32/31	
II					
III <sub>1</sub>			-16/31	-32/31	+64/31

## Proyectos Independientes Deterministas en Discreto

Planteamiento:

Consideremos un conjunto de  $m$  proyectos y un horizonte de planeación a  $n$  períodos.

$a_{ij} \geq 0$  es la cantidad que debe ser invertida en el proyecto  $i$  ( $i = 1, \dots, m$ ) en el período  $j$  ( $j = 1, \dots, n$ )

$B_j$  es el límite presupuestal del período  $j$  ( $j = 1, \dots, n$ )

$f_i$  es la cantidad asociada a la aceptación del proyecto  $i$  (VAN por ejemplo)

Este problema fué planteado de la manera siguiente:

$$\text{Max } Z = Y_1 f_1 + Y_2 f_2 + \dots + Y_m f_m$$

sujeto a:

$$Y_1 a_{11} + Y_2 a_{21} + \dots + Y_m a_{m1} \leq B_1$$

$$Y_1 a_{12} + Y_2 a_{22} + \dots + Y_m a_{m2} \leq B_2$$

$$\begin{array}{ccccccc} \cdot & & & & & & \cdot \\ \cdot & & & & & & \cdot \\ \cdot & & & & & & \cdot \end{array}$$

$$Y_1 a_{1n} + Y_2 a_{2n} + \dots + Y_m a_{mn} \leq B_n$$

$$Y_i = 0 \text{ ó } 1 ; \quad i = 1, \dots, m$$

Replanteamiento:

$X_{ij}$  Cantidad que es destinada al Proyecto  $i$  en el período  $j$ .

$C_i = f_i / \sum_{j=1}^n a_{ij}$  representa la utilidad del proyecto por unidad invertida

$I_0$  Conjunto de proyectos no aceptados

$I_1$  Conjunto de proyectos aceptados

Llamemos  $A_i$  al siguiente Programa Lineal

$$\text{Max } Z(i) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_i X_{ij}$$

sujeto a:

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq B_j \quad , \quad j = 1, \dots, n$$

$$0 \leq X_{ij} \leq a_{ij}$$

$$Y_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} / \sum_{j=1}^n a_{ij} = 0 \quad i \in I_0$$

$$Y_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} / \sum_{j=1}^n a_{ij} = 1 \quad i \in I_1$$

El programa  $A_1$  puede ser resuelto por inspección de una manera simple.

Sea  $N_1$  el conjunto de proyectos que no pertenecen ni a  $I_0$  ni a  $I_1$ .  $N_1$  es pues el conjunto de proyectos "libres"

Sea  $\bar{B}_j = B_j - \sum_{i \in I_1} a_{ij}$ ,  $\bar{B}_j$  representa el presupuesto aún

no asignado para el período  $j$ .

Supondremos que los proyectos están indexados de tal manera que

$$C_1 \geq C_2 \geq \dots = C_m$$

La resolución por inspección de  $A_1$  se lleva a cabo mediante la siguiente asignación:

$$x_{ij}^* \left\{ \begin{array}{l} 0 \quad \text{si } r \in I_0 \\ a_{rj} \quad \text{si } r \in I_0 \\ a_{rj} \quad \text{si } \sum_{i=1}^{r-1} x_{ij}^* < \bar{b}_j \text{ y } \sum_{i=1}^r x_{ij}^* \leq \bar{b}_j, \quad r \in N_1 \\ \bar{b}_j - \sum_{i=1}^{r-1} x_{ij}^* \quad \text{si } \sum_{i=1}^{r-1} x_{ij}^* < \bar{b}_j \text{ y } \sum_{i=1}^r x_{ij}^* > \bar{b}_j, \quad r \in N_1 \\ 0 \quad \text{si } \sum_{i=1}^{r-1} x_{ij}^* \geq \bar{b}_j, \quad r \in \tilde{N}_1 \end{array} \right.$$

La función objetivo tendrá el valor:

$$z^* (1) = \sum_{i \in I_1} f_i + \sum_{i \in N_1} \sum_j c_i x_{ij}^*$$

Operación de redondeo.

Si  $Y_i^* = 0,1$  para alguna  $i = 1, \dots, m$  la solución no es factible y entonces se procede a evaluar una solución factible por una operación de redondeo que se lleva a cabo de una manera simple:

$$\hat{Y}_i = \begin{cases} Y_i^* & \text{si } Y_i^* = 0 \text{ ó } 1 \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$$

$$\hat{Z}(l) = \sum_{i \in I_1} f_i + \sum_{i \in N_1} \sum_j C_{ij} \hat{X}_{ij}$$

$\hat{Z}(l)$  constituye una cota inferior para la solución al problema P.

Hemos hecho el planteamiento para resolver el problema P por el método de Ramificar y Acotar (Branch and Bound)

Algoritmo.

Paso 1.

Poner  $i = 1$ ,  $I_0 = \emptyset$ ,  $I_1 = \emptyset$ . Resolver el Programa  $A_i$   $Z^*$  y  $X_{ij}^*$  representan la solución óptima. Obtener  $Y_i^* = \sum_{j=1}^n X_{ij}^* / \sum_{j=1}^n a_{ij}$

si todas las  $Y_i$  son 0 ó 1 fin. La solución obtenida es óptima. Si no, acotar superiormente  $U_i = Z^*$ , redondear y acotar inferiormente  $L_i = \hat{Z}$ . Si la  $L_i = U_i$ , fin. la solución redondeada es solución óptima. Si no ( $L_i < U_i$ ) hacer  $i=i+1$ , ir al paso 1.

Paso 1.

a) Ramificar. A partir de un nodo  $l$  seleccionar una  $Y^*$  con valor fraccionario. Crear los arcos  $(l,r)$  y  $(l,r+1)$  y los nodos  $r$  y  $r+1$ . Resolver  $A_r$  con  $Y_k = 0$ , agregando  $k$  al conjunto  $I_0$  y resolver  $A_{r+1}$  con  $Y_k = 1$ , agregando  $k$  al conjunto  $I_1$ . Si  $Z^*(r)$  ó  $Z^*(r+1)$  son menores a  $L_{l-1}$ , rechazar el nodo correspondiente. Si se obtiene una solución no factible excluir el nodo.

b) Redondear los nodos  $r$  y  $r+1$  obteniéndose  $\hat{Z}(r)$  y  $\hat{Z}(r+1)$

C.1.) Acotar inferiormente. Hacer

$$L_i = \max \left[ L_{i-1}, \hat{Z}(r), \hat{Z}(r+1) \right], \text{ rechazar todo nodo con } Z^* < L_i$$

C.2) Acotar superiormente. Seleccionar el nodo  $l$  tal que

$$Z^*(l) = \max \{ Z^*(k) \} \text{ para los nodos terminales } k. \text{ Acotar el}$$

nodo  $l$  con  $U_l = Z^*(l)$ .

Si  $L_i = U_l$ , fin. Solución Óptima. Si no  $i = i + 1$  ejecutar el paso  $\hat{i}$ .

Ejemplo:

i	f <sub>i</sub>	a <sub>i1</sub>	a <sub>i2</sub>	C <sub>i</sub>
1	15	6	2	1.875
2	17	6	6	1.417
3	15	6	7	1.154
4	12	6	6	1.000
5	14	12	3	0.933

i	f <sub>i</sub>	a <sub>i1</sub>	a <sub>i2</sub>	C <sub>i</sub>
6	40	30	35	0.615
7	12	18	3	0.571
8	17	54	7	0.279
9	14	48	4	0.269
10	10	36	3	0.256

$$B_1 = 50$$

$$B_2 = 20$$

$$1) \quad I_0 = \emptyset \quad I_1 = \emptyset$$

$$X_1^* = 6, 6, 6, 6, 12, 14, 0, 0, 0, 0$$

$$X_2^* = 2, 6, 7, 5, 0, 0, \dots, 0$$

$$Y^* = 1, 1, 1, 11/12, 12/15, 14/65, 0, 0, 0, 0$$

$$Z^*(1) = 47 + 30.82 = 77.82$$

$$\hat{Y} = 1, 1, 1, 0, \dots, 0 \quad ; \quad \hat{Z}(1) = 47$$

$$2) I_0 = 6 ; I_1 = 0$$

$$X_{i1}^* = 6, 6, 6, 6, 12, 0, 14, 0, 0, 0$$

$$X_{i2}^* = 2, 6, 7, 5, 0, \dots, 0$$

$$Y_1^* = 1, 1, 1, 11/12, 12/14, 0, 14/21, 0, 0, 0$$

$$Z^*(1) = 47 + 30.2 = 77.2$$

$$\hat{Y}_1 = 1, 1, 1, 0, \dots, 0 ; \hat{Z}(1) = 47$$

$$3) I_1 = 6 ; I_0 = \emptyset$$

$$\bar{B}_1 = 20 ; \bar{B}_2 = -15$$

Nodo excluido

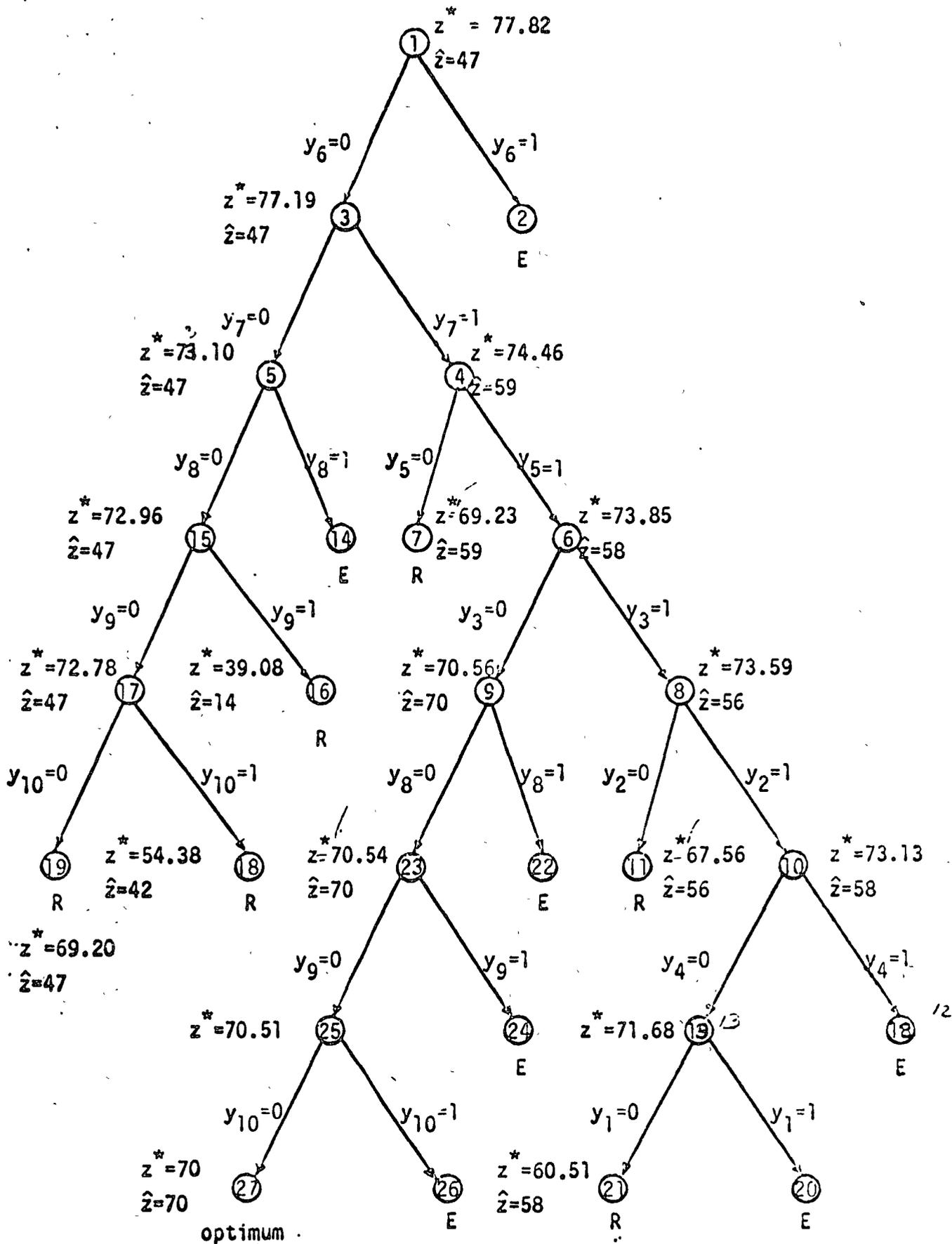
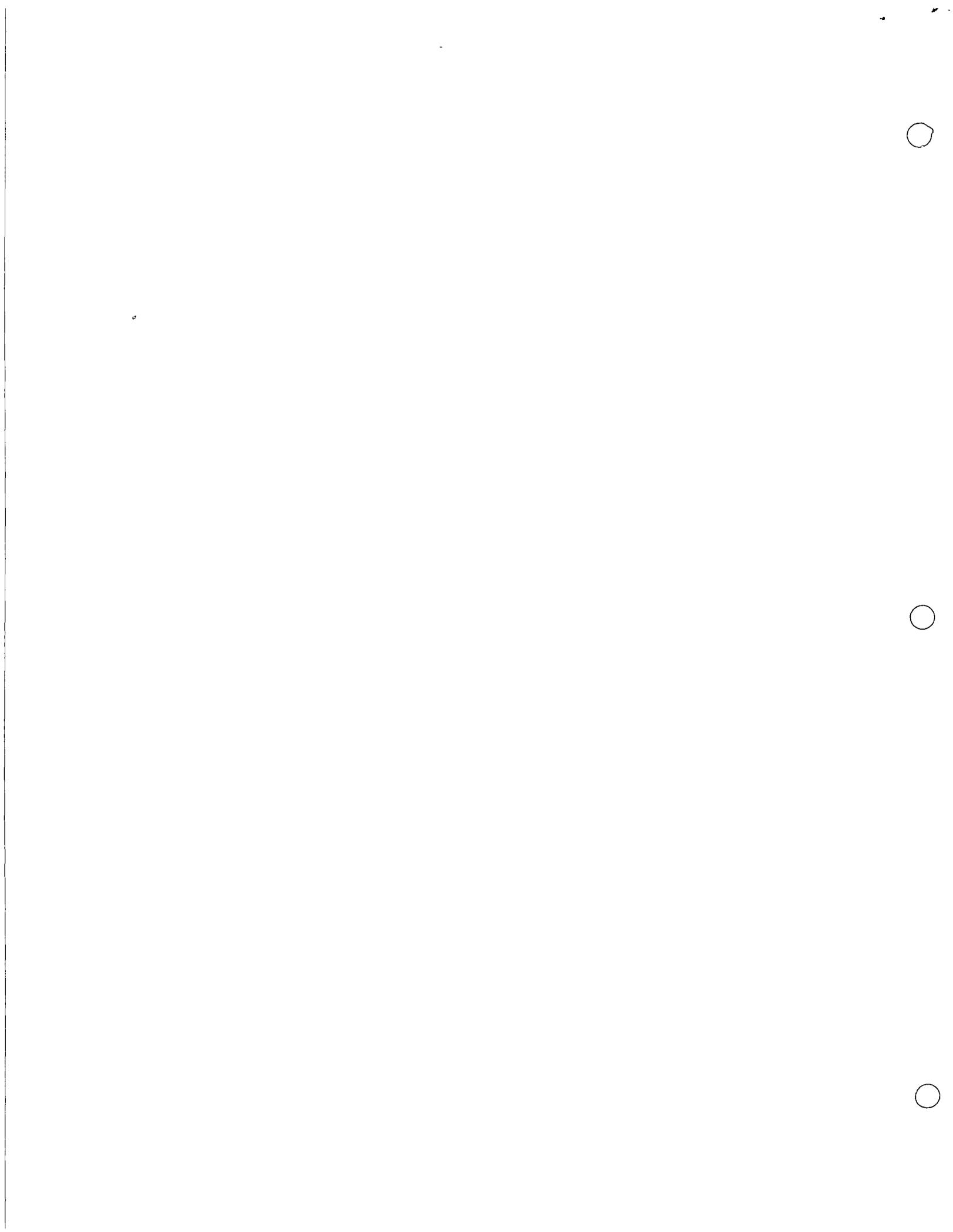
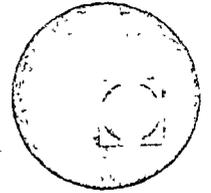


FIG. . 3 The Solution Tree





centro de educación continua  
 división de estudios superiores  
 facultad de ingeniería, unam



ANÁLISIS DE INVERSIONES

" MODELOS ALEATORIOS "

M. en. I. JESUS ACOSTA FLORES

# MODELOS ALEATORIOS

## ANÁLISIS DE INVERSIONES.

Men I. Jesús Acosta Flores.

Modelo de Markowitz.

$n$  seguridades  $R_i$  rendimiento de la seguridad  $i$  que es una variable aleatoria con media  $\mu_i$  y variancia  $\sigma_{ii}$  y  $\sigma_{ij}$  es la covariancia entre las seguridades  $i$  y  $j$ .

Rendimiento total  $R = x_1 R_1 + x_2 R_2 + \dots + x_n R_n$   
donde  $x_i$  es la fracción de recursos totales invertidos en la seguridad  $i$ .

$$E(R) = x_1 \mu_1 + x_2 \mu_2 + \dots + x_n \mu_n$$

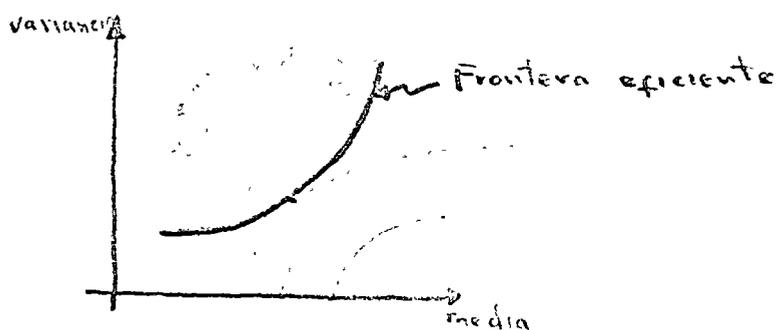
$$\begin{aligned} V(R) &= x_1^2 \sigma_{11} + x_2^2 \sigma_{22} + \dots + x_n^2 \sigma_{nn} + 2x_1 x_2 \sigma_{12} + \\ &+ 2x_1 x_3 \sigma_{13} + \dots + 2x_2 x_n \sigma_{2n} \\ &= \sum_i \sum_j x_i x_j \sigma_{ij} \end{aligned}$$

El problema es  $\max f = E(R) - A V(R)$

sujeto a

$$x_1 + x_2 + \dots + x_n = 1$$

Variando el valor de  $A$  se obtiene la frontera eficiente.



Ejemplo. Un inversionista va a situar sus fondos entre ahorros, acciones de la Cía. A y acciones de la Cía. B. El inversionista piensa que estas seguridades tienen las siguientes medias y variancias.

Ahorros . . . . .	$\mu_1 = .040$	$\sigma_{11} = 0$
Acciones de la Cía. A.	$\mu_2 = .068$	$\sigma_{22} = .0009$
Acciones de la Cía. B.	$\mu_3 = .056$	$\sigma_{33} = .0004$
	$\sigma_{12} = 0$	$\sigma_{23} = \pm .0005$
	$\sigma_{13} = 0$	

$$\max f = .04x_1 + .068x_2 + .056x_3 - A[.0009x_2^2 + .0004x_3^2 + 2x_2x_3\sigma_{23}]$$

$$x_1 + x_2 + x_3 = 1$$

$$x_i \geq 0 \quad (i=1,2,3)$$

MODELO DE PROGRAMACION CUADRATICA ENTERA PARA DISTRIBUIR EL PRESUPUESTO.

Sea  $E(NPV)_i$ : esperanza del valor presente neto del proyecto  $i$ .

y  $V(NPV)_i$ : variancia del valor presente neto del proyecto  $i$ .

$$\max E(NPV) - A V(NPV)$$

s.t.

$$d_{11}x_1 + d_{12}x_2 + \dots + d_{1n}x_n \leq D_1$$

$$d_{21}x_1 + d_{22}x_2 + \dots + d_{2n}x_n \leq D_2$$

$$d_{r1}x_1 + d_{r2}x_2 + \dots + d_{rn}x_n \leq D_r$$

$$x_i = 0 \text{ o } 1$$

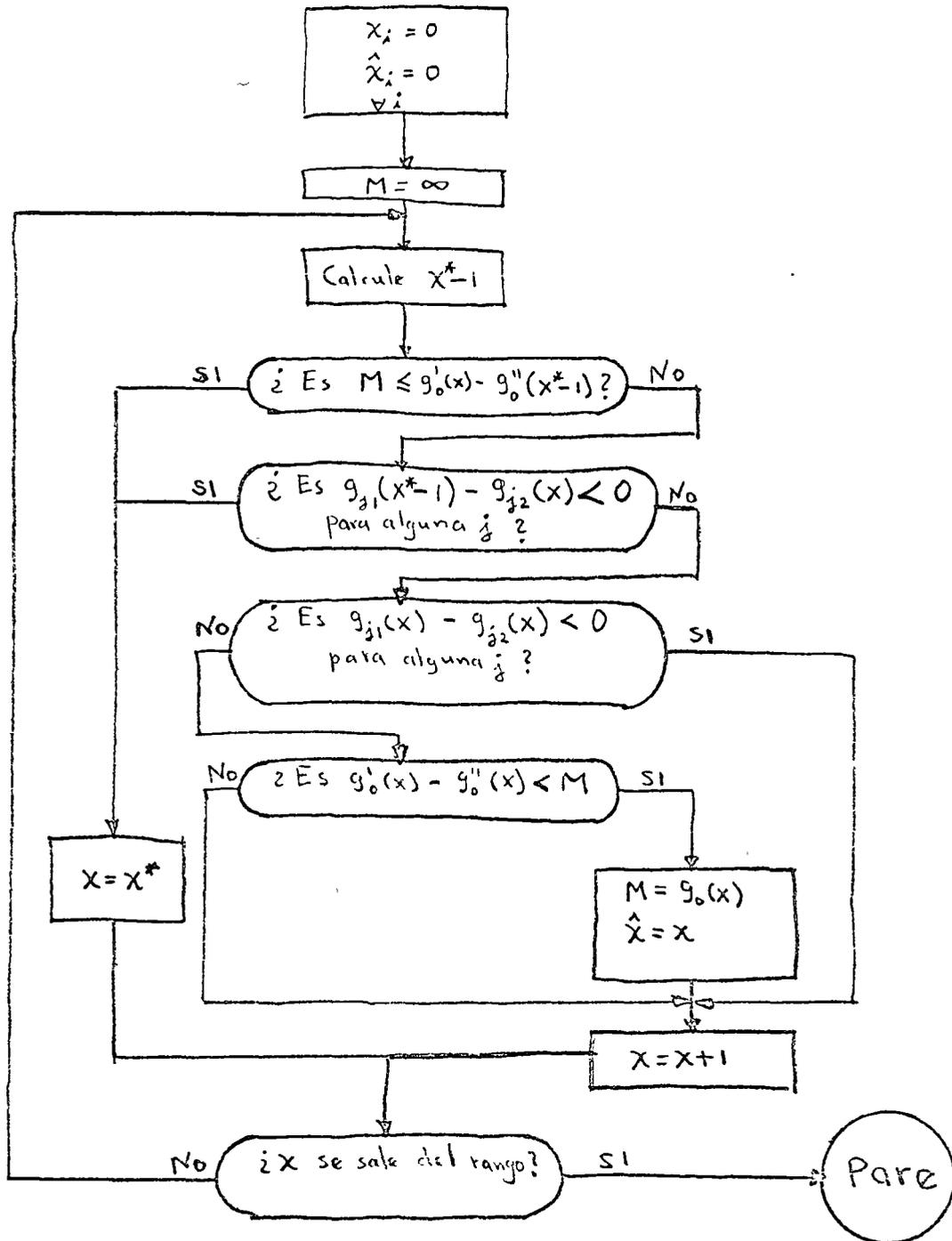
$$\max \sum_{i=1}^n x_i E(NPV)_i - A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j V(NPV)_{ij}$$

Para resolver este problema se utilizará el algoritmo de Lawler y Bell donde se  $\min g_0(x) - g_0''(x)$

s.a.

$$g_{j1}(x) - g_{j2}(x) \geq 0 \quad \forall j.$$

$g_0'(x)$ ,  $g_0''(x)$ ,  $g_{j1}(x)$  y  $g_{j2}(x)$  son monótonicamente no decrecientes.



### Ejemplo Numérico.

Matriz de variancia, covariancia de proyectos de inversión.

Proyecto	1	2	3	4	5
1	1	3	0.1	0	0.5
2	3	36.1	2.0	0	0
3	0.1	2.0	1.0	0	0.5
4	0	0	0	0	0
5	0.5	0	0.5	0	1

$$\text{Max } 10x_1 + 20x_2 + 5x_3 + 3x_4 + 2x_5$$

$$- A ( x_1 + 36x_2 + x_3 + x_5 + 6x_1x_2 + 0.2x_1x_3 + x_1x_5 + 4x_2x_3 + x_3x_5 )$$

$$7x_1 + 8x_2 + 3x_3 + 4x_4 + x_5 \leq 18$$

$$2x_1 + 3x_2 + 8x_3 + x_4 - 7x_5 \leq 10$$

$$x_1 + x_2 + x_3 \leq 1$$

$$x_4 - x_5 \leq 0$$

## BIBLIOGRAFIA.

1. Acosta Flores Jesús. "Programación de Inversiones bajo Incertidumbre" Boletín del Instituto Mexicano de Planeación y Operación de Sistemas. 1972.
2. Adelson R. M., "Criteria for Capital Investment: An Approach Through Decision Theory" Operations Research Quarterly 16 (March 1965).
3. Bierman, Harold and Seymour, "The Capital Budgeting Decision" Macmillan 1966.
4. Farrar Donald, "The Investment Decision Under Uncertainty" Prentice Hall 1962.
5. Hillier Frederick "The Derivation of Probabilistic Information for the Evaluation of Risky Investments" Management Science 9, April 1963
6. Mao, James "Quantitative Analysis of Financial Decisions" 1969.
7. Poulignon Louis. "Risk Analysis in Project Appraisal" International Bank for Reconstruction and Development. 1970
8. Weingartner H. Martin, "Capital Budgeting of Interrelated Projects: Survey and Synthesis" Management Science 12, March 1966.



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



ANALISIS DE INVERSIONES

Evaluación de un Proyecto Agropecuario

M. en I. Guillermo Castellanos Guzmán

## CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

### EVALUACION DE UN PROYECTO AGROPECUARIO

M. en I. Guillermo Castellanos G.

#### Sinopsis

El objetivo básico del proyecto consiste en el desarrollo agropecuario de la zona en beneficio directo de 1064 agricultores (36 propietarios y 1028 ejidatarios), para lo cual se utilizarían las aguas del río "A", regularizando su régimen convenientemente.

La superficie bruta del proyecto es de 14 782 ha. La infraestructura y los servicios existentes actualmente corresponden a un incipiente nivel de desarrollo. Las principales actividades económicas son la agricultura y la ganadería con bajos niveles técnicos de explotación y escasa diversificación. El valor de la producción agropecuaria en 1971 se estimó en 6.5 millones de pesos, en tanto que el valor agregado de esa producción fue de 4.2 millones de pesos. La población en 1970 era de 4 838 personas, las cuales prácticamente no cuentan con servicios públicos.

Se definieron y estudiaron diversas alternativas, incluyendo una sin obras de riego, y se hizo una comparación de ellas a través de diversos indicadores, habiéndose seleccionado la alternativa de construir -- una presa de almacenamiento, para fomentar el desarrollo agropecuario de la zona.

El programa agropecuario se basa en la implantación de un plan de cultivos que permitirá el aprovechamiento integral e intensivo de 11 000 ha. netas bajo riego que comprende el proyecto, las que con cultivos repetidos ascienden a 15 500 ha. Los cultivos mas significativos son el arroz con 8 500 ha (incluyendo el área repetida), las praderas con 3 400 ha, forrajes de corte con 1 000 ha (incluyendo cultivos repetidos). También se proponen cultivos de gramíneas, frutales y hortalizas. Se propone realizar la explotación ganadera en las 3 400 ha. de praderas y en las 500 ha. de forrajes de corte. Se supuso un período de desarrollo en los rendimientos, alcanzando su estabilización en el décimoquinto año de iniciadas las obras, con un valor anual de producción de 109.9 millones de pesos, generando un valor agregado de 96 millones de pesos.

Las obras de ingeniería proyectadas consisten en una presa de almacenamiento con 192 millones de metros cúbicos de capacidad útil y 284.5 millones de metros cúbicos de capacidad total hasta el NAME, las redes de riego y drenaje necesarias y obras complementarias y de mejoramiento social. La presa está compuesta por una cortina de 49 m. de altura máxima sobre el fondo del cauce y 620 m. de longitud en su corona, de materiales graduados, dos obras de toma en túnel con compuertas deslizantes para su control y excedencias con capacidad para descargar  $2\ 061\ m^3/seg$  al paso de la avenida máxima probable. Los sistemas de riego y drenaje comprenden dos canales principales, con longitud de 21.2 y 32.1 km, redes de distribución formadas por un total de 142 km de canales revestidos y redes primarias de drenaje con extensión de 50 km.

Las obras complementarias consisten en edificios para las oficinas del Distrito de Riego y casas para los canaleros, en tanto que las obras de mejoramiento social consisten en la construcción de 316 casas para alojar a los agricultores de la zona y la rehabilitación de 4 poblados que se dotarán de servicios de agua potable y alcantarillado, centros de salud, escuelas, etc.

El presupuesto de las obras proyectadas alcanza la cifra de 249.3 millones de pesos. Se estimaron las cuotas que deberán pagar los usuarios para cubrir totalmente los costos de operación y conservación del distrito y los del programa de asistencia técnica, resultando de - - - - \$ 10.35/millar de m<sup>3</sup>

Se verificó la factibilidad agrológica del proyecto, y el programa de construcción de las obras se estudió a nivel de factibilidad, concluyéndose que el sistema puede quedar terminado en un plazo de 3 -- años y medio.

Con el objeto de determinar la factibilidad económica del proyecto se calcularon diversos indicadores, entre los que destacan la relación beneficio-costos y la tasa de rendimiento interno, definiéndose alternativas de costo y de tasas de actualización. Las principales alternativas de costo del proyecto fueron las de incluir o excluir los correspondientes a las obras de mejoramiento de los poblados. Para el primer indicador se obtuvo 1.68 y 1.93 respectivamente utilizando 12% de tasa de actualización. Las tasas de rendimiento interno resultaron de 18.94% y 21.40% respectivamente. Los índices obtenidos muestran un carácter favorable, por lo que

el proyecto resulta altamente recomendable.

La factibilidad financiera se analiza a nivel de parcela agrícola, de unidad ganadera y del proyecto en su conjunto resultando que, desde el punto de vista financiero, el proyecto es factible.

Los conceptos sociales que implica el proyecto podrán ser resueltos satisfactoriamente a través de los programas propuestos en el mismo y con el estudio definitivo de la tenencia actual de la tierra. Por otra parte, existe una favorable aceptación del proyecto que será definitiva en la consecución de los objetivos del mismo.

## II.- Costos

A continuación se presentan los costos estimados de obra en millones de pesos:

TOTAL	<u>249.3</u>
1.- <u>PRESA</u>	<u>100.4</u>
Cortina y dique	53.3
Ataguías y obras de toma	13.4
Obra de control y excedencias	24.8
Obra de desvío	8.9
2.- <u>OBRAS MARGEN DERECHA</u>	<u>53.0</u>
Canal principal	12.3
Red de distribución	13.3
Red de drenaje	6.9
Obras de mejoramiento social.- poblados	20.1
Obras complementarias	0.3

3.- <u>OBRAS MARGEN IZQUIERDA</u>	<u>48.2</u>
Canal principal	21.2
Red de distribución	8.2
Red de drenaje	3.2
Obras de mejoramiento social.-poblados y edifs.	15.2
Obras complementarias	0.3
4.- <u>Trabajos preagrícolas</u>	<u>12.3</u>
5.- <u>Campamento y camino de acceso</u>	<u>6.0</u>
6.- <u>OTROS</u>	<u>29.5</u>
Estudios y proyecto	4.4
Supervisión (10%)	22.0
Indemnizaciones	3.1

Las inversiones iniciales para operación y conservación se estimaron en \$ 2.6 millones correspondientes a equipo y maquinaria.

Los cargos anuales de operación y conservación se estimaron en \$ 2.2 millones. Por otra parte, los costos anuales de amortización y consumos de la maquinaria serían de \$ 0.8 millones, por lo que el total para este rubro sería de \$ 3 millones.

En lo relativo a las cuotas de agua, se consideraron los -- cargos anuales por operación y conservación, haciendo la suposición de que las hectáreas que se siembren con doble cultivo o con cultivo perenne

deban pagar una cuota doble que las hectáreas dedicadas a un cultivo anual.

Las cuotas resultantes fueron las siguientes:

Cultivos anuales:	\$ 155.96/ha.
Cultivos perennes	311.92

Considerando el importe anual de la asistencia técnica que se propone dar a los agricultores y ganaderos, las cuotas por este concepto serán:

Cultivos anuales	\$ 50.40/ha
Cultivos perennes	100.80

De lo anterior se obtiene un total de:

Cultivos anuales	\$ 206.36/ha
Cultivos perennes	412.72

Se realizó también una estimación de las cuotas en caso de que se cobrara por volumen. Aceptando que la eficiencia de conducción sea del 85%, lo que corresponde a la red de canales revestidos propuesta, el volumen total entregado en las tomas granja asciende a 386.6 millones de metros cúbicos anuales. Dividiendo entre esta cifra los importe de los costos anuales del distrito se obtienen las siguientes cuotas:

Por operación y conservación	\$ 7.82/millar de m <sup>3</sup>
Asistencia técnica	2.53
Suma	10.35

### III.- Justificación técnica de la necesidad de riego.

En el período seco, de noviembre a abril, los valores medios de lluvia mensual varían desde 1 hasta 51 mm. y se estima que la lluvia aprovechable en ese período es nula, en tanto que los usos consuntivos medios durante estos meses son altos, variando de 80 a 272 mm. Por lo anterior, es necesario cubrir esa deficiencia mediante el riego.

En los meses de mayo a octubre, las lluvias mensuales varían de 141 a 319 mm., pero en estos meses, la demanda de los cultivos considerados es aún mayor variando de 158 a 317 mm. A excepción del mes de septiembre, en el resto de los meses la demanda es mayor a la lluvia.

Si se considera la lluvia aprovechable, destaca más la necesidad de riego ya que los valores varían de 61 a 184 mm, y resultan bastante inferiores a las demandas.

### IV.- Adaptación y distribución de cultivos propuestos

Resuelto el problema de drenaje que constituye, el factor que en mayor grado limita la utilización de los suelos del proyecto, tanto en condiciones de temporal como de riego, todos los cultivos propuestos se adaptarán a las condiciones climáticas y agrológicas de la zona.

A continuación se presentan las superficies en hectáreas consideradas para cada cultivo.

	1a. Cosecha	2a. Cosecha.	Total
SUMA	<u>11 000</u>	<u>4 500</u>	<u>15 500</u>
Praderas 1) 2)	3 400	-	3 400
Arroz	5 000	3 500	8 500
Maíz forrajero 1)	500	-	500
Sorgo forrajero 1)	-	500	500
Frijol	400	100	500
Maíz grano	400	200	600
Soya	300	-	300
Chile verde	200	-	200
Aguacate 2)	200	-	200
Cacahuate	200	-	200
Tomate	-	200	200
Cebolla	100	-	100
Mango 2)	100	-	100
Papaya 2)	100	-	100
plátano 2)	100	-	100

1) Para explotaciones pecuarias

2) Cultivos perennes.

#### V.- TENENCIA DE LA TIERRA

La superficie susceptible de riego asciende a 11 000 ha. netas, las que se deberán distribuir de acuerdo a la Ley Federal de Aguas entre las personas que actualmente se dedican a las actividades agropecuarias en la zona.

En total existen 36 propietarios privados a los que se les asignará una superficie media de 20 ha. a cada una. Las 10 280 ha. -- restantes serán de régimen ejidal en donde se colocarían a los 380 ejidatarios con posesión definitiva y a los 332 ejidatarios sin parcelación definitiva que actualmente radican en la zona. Se han considerado dotaciones de 10 ha. por ejidatario, por lo que aún quedarían 3 160 ha. para reacomodar a los afectados por la zona del vaso de la presa.

#### VI.- Rendimientos, precios y costos.

En la estimación de los rendimientos se tomaron en consideración las condiciones ecológicas de la región y los elementos físicos y humanos existentes en la zona. En la elaboración de los costos unitarios de los cultivos propuestos se consideró el empleo de maquinaria, semilla mejorada, fertilizantes e insecticidas además del valor de la mano de obra necesaria en las labores de cultivo, de acuerdo con los salarios mínimos regionales.

En el siguiente cuadro se presentan los rendimientos, precios y costos unitarios de los cultivos propuestos, desde el año de su implantación hasta el undécimo año en que se estabilizan.

## - Rendimientos y costos -

Cultivo	Precio \$/ton.	AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3	
		ton/ha	\$/ha.	ton/ha.	\$/ha	ton/ha	\$/ha.

## ANUALES

Arroz	1 250	2.0	1 603	5.0	1 603	5.0	1 603
cacahuete	1 600	1.5	1 364	3.0	1 364	3.0	1 364
Cebolla	670	8.0	2 460	15.0	2 460	15.0	2 460
Chile verde	2 200	8.0	2 144	15.0	2 144	15.0	2 144
Frijol	2 100	0.7	1 251	1.5	1 251	1.5	1 251
Maíz	940	1.6	1 182	4.0	1 182	4.0	1 182
Maíz forrajero	-	50.0	-	80.0	-	80.0	-
Sorgo forrajero	-	80.0	-	105.0	-	105.0	-
Soya	1 900	1.2	1 624	2.0	1 624	2.0	1 624
Tomate	1 600	12.0	4 184	20.0	4 184	20.0	4 184

## PERENNES

Aguacate	2 450	-	-	9.0	3 024	14.0	3 795
Mango	850	-	-	10.0	2 599	20.0	4 109
Papaya	600	-	-	30.0	3 655	30.0	3 655
Plátano	500	-	-	20.0	2 150	20.0	2 150
Praderas	-	-	-	75.0	-	75.0	-

VII.- Valores, costos y beneficios de la producción.-

En base a los rendimientos, precios y costos unitarios estimados y a las superficies de los cultivos propuestos, se calcularon los volúmenes, valo--

res, costos y beneficios de la producción agrícola futura. Estos conceptos alcanzan su máximo valor y su estabilización de rendimientos a partir del décimoquinto año de iniciadas las obras del proyecto.

Los cultivos de maíz y sorgo forrajeros y praderas no se incluyen dentro del programa agrícola, por ser insumos de la ganadería y analizarse dentro del programa ganadero.

- MILLONES DE PESOS -

Año	Anuales	VALORES		COSTOS			BENEFICIOS		
		Perennes	Total	Anual	Peren.	Total	Anual	Peren.	Total
4	18.9	-	18.9	10.4	-	10.4	8.5	-	8.5
7	62.2	2.2	64.4	17.2	0.5	17.8	45.0	1.7	46.6
10	73.1	8.1	81.1	17.2	1.4	18.7	55.8	6.6	62.4
15	73.1	11.4	84.4	17.2	1.8	19.0	55.8	9.6	65.4

#### VIII.-Programa Ganadero

La zona del proyecto presenta condiciones favorables para el desarrollo de la ganadería, especialmente la engorda de bovinos, las que no han sido aprovechadas debido a las deficientes prácticas en que se basan las explotaciones actuales.

El tipo de ganado que se propone es el cebú pura raza ó criollo cruzado con cebú. Aunque la engorda de ganado en base a la adquisición de novillos es la explotación que proporciona los ingresos inmediatos mas altos, ésta tiene problemas en el abastecimiento constante y seguro de los novillos, por lo que la explotación mas segura es la de cría y engorda combinadas.

La superficie de riego destinada a este programa es de 3 900 ha, dentro de la que se propone implantar el cultivo de praderas en 3 400 ha y el de forrajes de corte en las 500 ha. restantes, siendo estas cultivadas con maíz forrajero en verano y sorgo forrajero en invierno.

De acuerdo con las prácticas zootécnicas indispensables que se impondrán, se estima un aumento diario de peso de 0.6 kg. en el ganado de engorda.

La unidad económica de explotación que se propone es de 100 ha, lo que implica la agrupación de pequeños propietarios y ejidatarios en un número no mayor de 10.

Cada unidad estaría compuesta por 2.5 ha. para las instalaciones y construcciones, 85 ha. para el cultivo de las praderas y 12.5 ha para cultivo de maíz y sorgo forrajeros. La relación entre el volumen de producción y la demanda anual por unidad animal determinan la capacidad de carga de la unidad tipo, la cual a partir del cuarto año es de 579 unidades animal.

Las inversiones requeridas para las construcciones, equipo y ganado para la instalación del pie de cría en los cinco primeros años ascienden a \$ 858 610.00

La explotación ganadera consiste en la producción de carne para abasto a través de la instalación de un pie de cría. En los primeros años de esta instalación, el pie de cría debe ser menor que el que podría soportar la capacidad de carga, con el fin de tener disponibilidades forrajeras para la engorda de novillos y obtener un flujo de ingresos que permita a los

criaderos cubrir sus gastos y obtener beneficios de la explotación.

La venta de ganado en pie en la unidad tipo se inicia desde el primer año de instalación con los novillos de engorda. En el segundo año las ventas están formadas por los novillos de engorda y por las vacas de vientre que se desechan y a partir del tercer año se inicia la venta de productos del pie de cría. En el décimo año se ha estabilizado la explotación del pie de cría y ya no es necesario recurrir a la engorda de novillos.

El precio de la carne en pie "a puerta de rancho" se estima en --- \$ 8.00 / kg. A las vaquillas se les considera un valor adicional de ----- de \$ 250.00 por estar cargadas y a los sementales se les considera un valor de \$ 6 000.00 después de haber prestado servicio por 4 años.

El valor de la producción una vez estabilizada la unidad ganadera asciende a \$ 637 650.00 anuales.

Los costos de producción se dividen en fijos y variables. Los primeros corresponden al costo de producción de las praderas, del maíz y del sorgo forrajeros, además de los costos de conservación y mantenimiento de las instalaciones y del equipo. Los costos variables están formados por alimentación suplementaria, programa sanitario, salario de los vaque--ros, adquisición de novillos y compra de sementales para reposición. Los costos de producción se estabilizan a partir del décimo año en ----- \$ 193 566.00 anuales.

Los beneficios de la explotación alcanzan su máximo valor en el cuarto año en \$ 751 587.00 por la engórda de novillos y se estabiliza en -- \$ 444 084.00 anuales a partir del décimo año, por lo que el beneficio por --

hectárea resulta de \$ 4 440.84 anuales.

X.- Necesidades de mano de obra

El total de jornadas-hombre que se necesitarán con el plan de cultivos propuesto es de 466 280. Actualmente se estima que se emplean 135 759 por lo que el incremento anual será de 330 529 jornadas-hombre.

Considerando el salario mínimo rural de \$ 17.00 diarios, el incremento en el valor de la ocupación será de 5.6 millones de pesos, a partir de la estabilización de la producción.

En la explotación ganadera el valor de los salarios a los vaqueros será de 2.4 millones de pesos a partir del cuarto año de instaladas las unidades ganaderas. Actualmente se pagan 0.3 millones de pesos, por lo que el incremento será de 2.1 millones de pesos.

XI.- FACTIBILIDAD ECONOMICA

Los indicadores utilizados para determinar la factibilidad económica del proyecto son: incremento en el valor agregado, relación producto/capital y ocupación/capital, la relación beneficio/costo y la tasa interna de rendimiento.

a) Valor agregado.-

El incremento del valor agregado se obtuvo a partir de la diferencia del valor agregado en la etapa de estabilización de la producción futura y el correspondiente a la producción actual.

El valor agregado se obtuvo a costo de factores, ya que se han

deducido los insumos agropecuarios, considerándose únicamente el valor de la mano de obra, los impuestos e intereses y las utilidades brutas. El valor del incremento resulta ser de 91.9 millones de pesos, que es 21.9 veces mayor que el valor actual.

	VALOR AGREGADO ( - Millones de \$ de 1972 )		
	Actual	Futuro	Incremento
TOTAL	<u>4.2</u>	<u>96.1</u>	<u>91.9</u>
PRODUCCION AGRICOLA	3.4	73.1	69.7
PRODUCCION GANADERA	0.8	23.0	22.2

b) Relaciones producto/capital y ocupación/capital

La relación producto/capital se obtuvo dividiendo el incremento anual del valor agregado imputable al proyecto entre el costo anual equivalente de la inversión.

Los costos anuales equivalentes resultaron de 19.5 y 23.3 millones de pesos para los casos de no inclusión de poblados a inclusión de poblados respectivamente para una tasa del 12% de interés. Estos valores relacionados con los 91.9 millones de pesos de incremento en el valor agregado dan índices de 4.7 y 3.95 para las dos alternativas, que pueden considerarse como muy favorables.

En el cálculo de la relación ocupación/capital se ha considerado el incremento anual de los salarios de 7.7 millones de pesos que generará el proyecto relación

el proyecto relacionado con los costos anuales equivalentes de la inversión y resultan valores de 0.39 y 0.33 para las dos alternativas consideradas. Estos índices son bajos, debido al abundante empleo actual de mano de obra que existe en la zona y al bajo salario mínimo de la región.

c) Relación Beneficio/costo

Los valores obtenidos para las dos alternativas fueron de 1.93 y 1.68 que se estiman muy favorables para la realización del proyecto.

Con el fin de tener un amplio margen de seguridad en los resultados, se realizó un análisis de sensibilidad en el que se supuso que los costos de producción así como los de operación y conservación sufrieran un incremento del 15%, permaneciendo lo demás sin modificaciones. Los valores obtenidos fueron de 1.70 y 1.48

Los valores del beneficio neto actualizado resultaron de 180.1 y 151.0 millones de pesos para las alternativas seleccionadas.

AÑO	B E N E F I C I O S				C O S T O S						
	AG.	GAN.	TOT.	ACT.	CONST.	INST. GAN.	FRUT.	OPERAC.	EXT.	TOT.	ACT.
1	-	-	-	-	11.0	-	-	-	-	11.0	9.8
2	-	-	-	-	45.4	-	-	-	-	45.4	36.2
3	-	-	-	-	104.0	-	-	-	-	104.0	74.0
4	5.0	-	5.0	3.2	52.4	-	-	1.5	0.5	54.4	34.5
5	17.1	7.6	24.7	14.0	-	11.2	1.9	3.0	1.0	17.2	9.7
6	30.9	22.6	53.5	27.1	-	10.2	0.4	3.0	1.0	14.7	7.4
7	43.1	25.6	68.7	31.1	-	6.0	0.4	3.0	1.0	10.5	4.7
8	53.0	29.6	82.6	33.4	-	4.5	0.1	3.0	1.0	8.7	3.5
9	58.1	25.8	83.9	30.3	-	2.3	0.1	3.0	1.0	6.4	2.3
10	58.9	22.4	81.3	26.2	-	-	-	3.0	1.0	4.0	1.3
11	59.5	18.6	78.2	22.5	-	-	-	3.0	1.0	4.0	1.2
12	60.1	15.2	75.3	19.3	-	-	-	3.0	1.0	4.0	1.0
13	60.7	15.8	76.6	17.6	-	-	-	3.0	1.0	4.0	0.9

14	61.3	17.3	78.7	16.1	-	-	-	3.0	1.0	4.0	0.8
15	61.9	17.3	79.3	14.5	-	-	-	3.0	1.0	4.0	0.7
16	2415.4	676.1	3091.5	119.2	-	-	-	118.1	38.0	156.2	6.2
<hr/>											
SUMA	2985.3	894.1	3879.4	374.4	212.7	34.3	3.1	152.8	49.4	491.9	194.2

$$\text{Relación beneficio /costo} = \frac{374.4}{194.2} = 1.93$$

d) Tasa de rendimiento interno

Los valores obtenidos para este indicador de rentabilidad resultaron de 21.4% para la alternativa de no considerar los costos de los poblados y 18.94% para la otra alternativa.

XI.- FACTIBILIDAD FINANCIERA

El costo total de las obras asciende a \$ 252.4 millones a invertir en 3 años y medio, de los que 11.7 corresponden al primer año, 60.9 al segundo, 119.6 al tercero y 60.2 a los primeros 6 meses del cuarto año.

Los requerimientos de financiamiento agropecuario se estimaron con base en las necesidades del programa y en las modalidades de operación de las instituciones oficiales de crédito.

El financiamiento se ha separado en créditos de avío y refaccionarios, estimándose los recursos bancarios y su recuperación iniciándose al igual que el funcionamiento del distrito en el segundo semestre del 4o. año del proyecto.

Las necesidades de crédito de avío, tanto agrícola como ganadero, están calculados para financiar el 70% de los costos de producción. Los préstamos serían amortizados en el mismo ejercicio en que se otorgan y causan un interés del 10% anual.

El crédito refaccionario estaría destinado a financiar el total de las inversiones en instalación de frutales y de las unidades ganaderas. Se ha supuesto que los préstamos serían otorgados con un plazo de gracia de 5 años, es decir, hasta que se ejercieran totalmente, amortizándose en un período de 6 años con pagos anuales iguales y con tasa de interés del 12% sobre saldos insolutos.

#### RECURSOS BANCARIOS

- Millones de \$ -

AÑO	NECESIDADES		RECUPERACIONES ACUMULADAS		
	ANUAL	ACUMULADO	PAGADO	INTERESES	TOTAL
4	7.3	7.3	7.3	0.7	8.0
5	30.8	38.1	24.9	4.1	29.0
6	37.6	75.7	51.9	9.6	61.5
7	32.8	108.5	78.2	15.9	94.1
8	32.6	141.1	106.1	22.9	129.0
9	27.9	169.0	131.6	29.9	161.5
10	24.5	193.5	162.3	36.1	198.4
11	23.0	216.5	191.6	41.4	233.0
12	21.2	237.8	219.1	45.8	264.9
13	19.3	257.1	244.7	49.2	293.9
14	18.7	275.8	269.6	51.8	321.4
15	13.3	289.1	289.1	53.1	342.2

Se realizó también un análisis financiero a nivel de parcela agrícola de 10 ha, considerando que en ella se practican los cultivos

representativos del programa. Los ingresos estimados se calculan de los valores de producción y los egresos corresponden a los costos de producción de los cultivos, intereses de los créditos, pago del seguro agrícola, consumo familiar, pago de cuotas de agua y amortización de las obras. Los resultados indican una alta rentabilidad de la parcela.

En el caso de la unidad ganadera de 100 ha se considera integrada por 10 parcelas ejidales. Los ingresos están formados por las ventas de ganado y por el valor de la mano de obra que aportarían a la explotación y los egresos estarían constituidos por los costos de producción, intereses, amortización de créditos, seguro agrícola y pecuario, consumo familiar, cuotas de agua y amortización de las obras. Los saldos disponibles presentan resultados positivos con una clara tendencia ascendente que demuestra su factibilidad financiera.

Finalmente respecto a la cuenta de fuentes y usos de fondos del proyecto en su conjunto indican que los saldos son nulos en los tres primeros años y a partir del cuarto año se tienen saldos positivos que para el octavo año son del orden de las inversiones totales en el proyecto y para el décimosexto ascienden a 748.2 millones de pesos, lo que indica la solvencia financiera del proyecto.

## FUENTES Y USOS DE FONDOS DEL PROYECTO

- Millones de pesos -

AÑO 1      AÑO 4      AÑO 8      AÑO 16

## FUENTES

presupuesto	11.7	60.2	-	-
Valor producción	-	18.9	126.5	109.9
Crédts. agrop.	-	7.3	32.6	13.3
Reservas amort.	-	-	10.1	10.1
Saldo año anterior	-	-	150.9	681.2
<b>TOTAL</b>	<b>11.7</b>	<b>86.4</b>	<b>320.2</b>	<b>814.5</b>

## USOS

Inversión fija	11.7	60.2	-	-
Costos produc. 1)	-	8.1	32.2	18.8
Operac. y conserv.	-	1.5	3.0	3.0
Consumo fami liar	-	5.3	8.8	18.8
Extensionismo	-	0.5	1.0	1.0
Pago de crédi- tos	-	8.0	35.0	14.6
<b>TOTAL</b>	<b>11.7</b>	<b>83.6</b>	<b>79.9</b>	<b>56.2</b>

Saldo disponible	-	2.7	240.2	758.3
Reservas amortiz.-	-	-	10.1	10.1
Saldo año siguien te	-	2.7	230.1	748.2

CONCLUSION

Por lo anteriormente indicado, la conclusión principal de este estudio es que el proyecto resulta altamente recomendable.



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO ANALISIS DE INVERSIONES

ACT. CARLOS AYALA E IZAGUIRRE

Jefe de la Oficina de Programas Especiales

S. O. P.

Xola y Av. Universidad 1755 P.B.

México, D.F.

519.12.43

M. EN I. JESUS ACOSTA FLORES

JEFE DEL DEPTO.

Dirección General de Ingeniería de Sistemas

S. O. P.

Av. Xola y Universidad

590.2122

ING. FRANCISCO ESCUTIA NAVARRO

Jefe de la Oficina

Dirección General de Ingeniería de Sistemas

S. O. P.

Av. Xola 1755

519.35.41

DR. FELIPE OCHOA ROSSO

Director General

Despacho Particular

Av. Revolución 1909-7°

México, D.F.

548.92.11

ING. SERGIO ZUÑIGA BARRERA

Director

Instituto Mexicano de Planeación y

Operación de Sistemas

México, D.F.

519.12.85

ACT. EMILIO ZAMUDIO GUTIERREZ

Dirección General de Ingeniería de Sistemas

S. O.P.

Av. Universidad frente a Mitla

México, D.F.

590.31.96



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam

DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO ANALISIS DE INVERSIONES

DR. PEDRO REYES ORTEGA

Subdirector de Diseños y Programas de Sistemas

Dirección General de Programación y Descentralización Administrativa

Secretaría de Hacienda y Crédito Público

Lafragua No. 18-9°

México, D.F.

591.12.17

ING. GUILLERMO CASTEÑANOS GUZMAN



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



## ANALISIS DE INVERSIONES

## PROGRAMACION Y ECONOMIAS DE BASE

Dr. Pedro Reyes Ortega.

PROGRAMACION Y ECONOMIAS DE BASE

UN MODELO DE GENERACION DE EMPLEOS EN EL ESTADO DE PUEBLA

- o -

AUTOR.\*

PEDRO REYES ORTEGA.

Profesor de la División de Estudios Superiores de Ingeniería. U.N.A.M.

Subdirector de Análisis y Programación de Sistemas S.H.C.P.

\* Todas las conclusiones y recomendaciones son responsabilidad única del autor, quien agradece colaboración de las siguientes personas: Lic. Valentín Solís, Lic. José de Jesús Romo, Ing. Sergio Zúñiga e Ing. Arturo Guzmán.

## I.- INTRODUCCION.

Uno de los problemas que se ha hecho crítico en los 5 últimos años es el exceso, a nivel global, de la oferta de trabajo respecto de su demanda, en México.

Para poder cerrar o disminuir esta diferencia, se ha tenido que aumentar el gasto público de tal manera, que se ha procedido a tener un gasto desbalanceado que junto con los efectos internacionales, las fallas en la estructura productiva nacional y el aumento de circulante, han desatado altas tasas de inflación.

Ante una situación de esta naturaleza, surge todo un conjunto de lineamientos de política económica tendientes a combatir la inflación. A su vez, dado que las presiones manifestadas por el exceso de demanda de bienes y servicios no han disminuido o han sido compensados por aumentos en la oferta (vía aumento en capacidad instalada y productividad), los consumidores especialmente los de bajos ingresos y asalariados han visto disminuido su poder de compra, lo que ha dado lugar a un enfrentamiento de clases -entre patrones y trabajadores organizados-.

Ante este panorama, es obvio que se diseñe una serie de estrategias que a mediano y largo plazos modifiquen el sistema

productivo actual, y tiendan a resolver los problemas mencionados. Es evidente que el reforzar la estructura productiva requiere de la concentración y uso de recursos en ciertas -- áreas que podríamos llamar básicas y motoras de la economía, tales como agropecuarias, energéticos, extractores y de transformación, químicas, transportes y construcción. Este reforzamiento produce, en principio, un incremento en la demanda -- agregada que naturalmente tiende, ceteris paribus, a corto -- plazo, a aumentar las presiones inflacionarias; por lo que -- consecuentemente es necesario darles el uso más productivo a estos recursos.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS QUE SE ---  
PERSIGUEN CUBRIR.

Bajo el planteamiento de que son las industrias básicas y motoras las que deben reforzarse, se establece la siguiente cuestión : cómo y en qué cantidades deben ser asignados los -- recursos disponibles de capital, materias primas y otros insumos en los principales polos naturales de crecimiento en el Estado de Puebla, y para las actividades extractivas y de -- transformación <sup>1/</sup>; de tal manera que se cumplan los objetivos

---

1/ Estas actividades corresponden a las Divisiones 1, 2 y 3 y los diferentes grupos que las componen, contenidos en los censos industriales que publica la Dirección General de -- Estadística de la S.I.C.

de: 1) crear cierto número de empleos; 2) maximizar los ingresos de los inversionistas; y 3) determinar, en forma aproximada el posible gasto que el gobierno debe realizar en materia de economía de bienestar o consumo público por la satisfacción de los futuros residentes. Lo anterior para los años de 1975 y 1980.

### III.- BASES E HIPOTESIS DEL TRABAJO.

Para poder concentrar los esfuerzos y dar respuesta a lo planteado, se ha construido una serie de hipótesis que sirven como marco de partida permitiendo simplificar el problema y por tanto pudiéndolo reducir a un modelo. Por otra parte, se ha dividido el área estatal en ocho regiones usando criterios de homogeneidad económica y demográfica, de división política municipal y de comunicaciones.<sup>1/</sup> Ver mapas anexos.

#### HIPOTESIS.

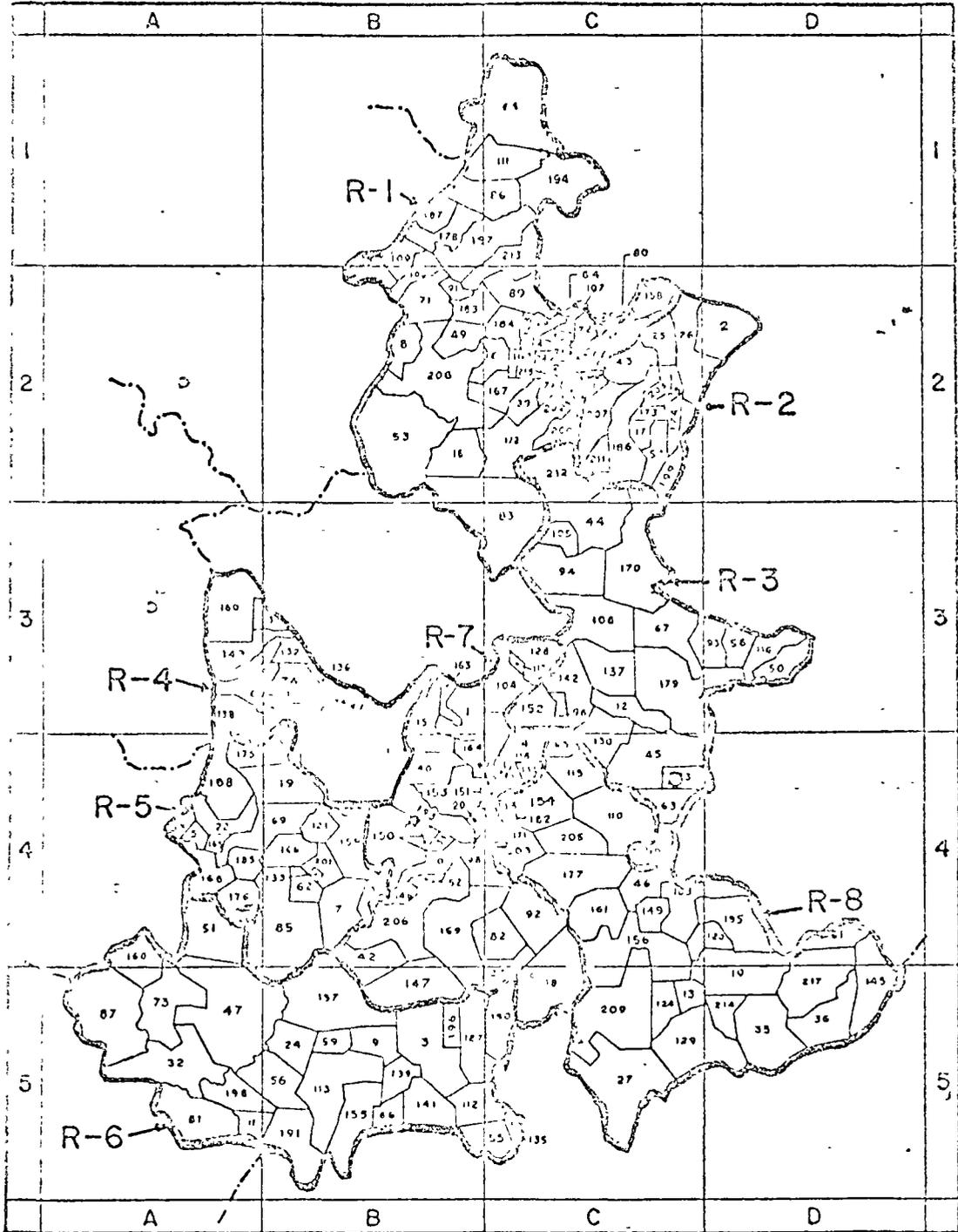
1.- Las actividades económicas no agrícolas de cada región, se concentran, en su mayoría, en los principales centros urbanos existentes. (Ver mapa A).

---

<sup>1/</sup> Trabajo realizado por el autor del presente estudio, para la S.I.C. Inédito. México 1973.

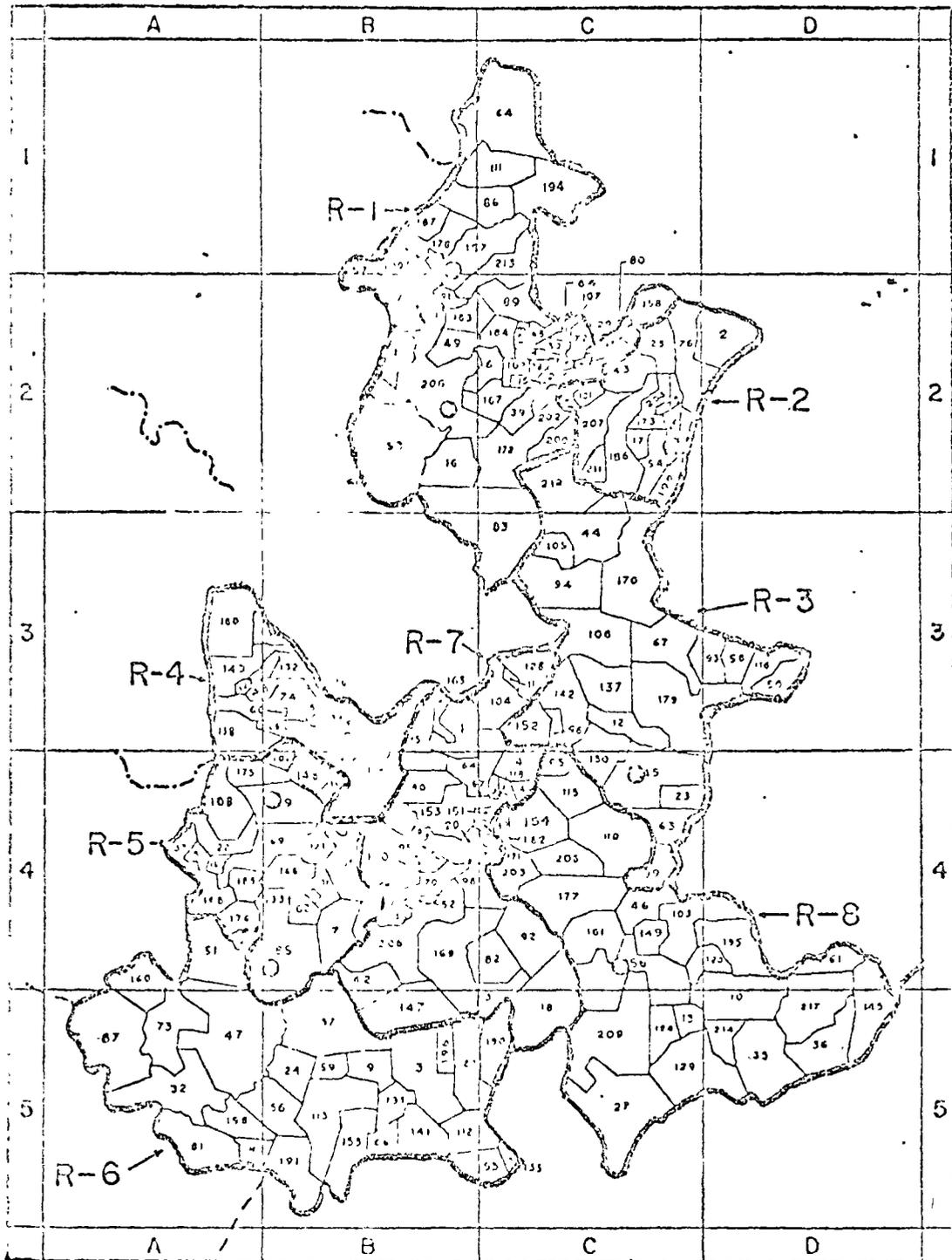
# DISTRIBUCION REGIONAL

PUEBLA



# POLOS DE DESARROLLO

## PUEBLA



POBLACION EN LOS MUNICIPIOS MAS DESARROLLADOS DEL ESTADO DE PUEBLA, POR REGIONES

Región	Municipio	Población total 1/	POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA				
			Total 2/	% de la pcb.tot.	S e c t o r e s		
					I	II	III
1	Xicaltepec	28,758	7,798	27.7	4,419	523	2,857
	Huachinango	38,591	10,850	28.1	5,477	746	4,627
	Zacatlán	37,051	9,171	24.8	5,998	861	2,312
	S u m a :	104,400	27,819	26.6	15,893	2,130	9,796
2	Teziutlán	40,742	10,338	26.0	2,441	1,856	6,041
3	Chalchicomula (Ciudad Serdán)	23,716	6,277	25.4	4,274	332	1,671
4	Puebla	532,744	151,842	28.5	10,390	45,963	95,489
	San Pedro Cholula	36,226	8,809	24.3	3,322	2,752	2,735
	S u m a :	568,970	160,651	28.2	13,712	48,715	98,224
5	Atlixco	72,373	19,564	27.0	8,157	3,919	7,488
	Izúcar de Matamoros	45,210	11,587	25.6	7,046	557	3,984
	S u m a :	117,583	31,151	26.5	15,203	4,476	11,472
6	Chietla	27,032	6,840	25.3	4,217	1,358	1,265
	Acatlán	22,967	5,662	24.7	3,587	416	1,659
	Chiautla	16,706	3,886	23.3	3,022	203	661
	S u m a :	66,705	16,388	24.6	10,826	1,977	3,585
7	Tepeaca	25,837	6,242	24.2	3,682	573	1,987
	Acajete	24,154	6,227	25.8	3,935	452	1,840
	S u m a :	49,991	12,469	24.9	7,617	1,025	3,827
8	Tehuacán	68,332	17,899	26.2	4,980	4,311	8,608
TOTAL DEL ESTADO		2'624,922	282,992	10.8	74,946	64,822	143,224

Fuentes :

1/ Cuadros por regiones

2/ IX Censo General de Población 1970; Cuadro N° 26

Notas :

a. El sector I comprende : Agricultura, Ganadería, Silvicultura, Pesca y Caza.

b. El sector II comprende : Industrias extractivas y de Transformación.

c. El sector III comprende las demás actividades.

2.- Las fuerzas motoras de la economía, son las llamadas economías de base que se refieren en este caso a las industrias extractivas, de transformación y químicas que a su vez están compuestas por un máximo de 26 grupos industriales. Esta información fue proporcionada por la D.G.E. SIC. (Ver anexo estadístico, Cuadros I y II).

3.- Existe un multiplicador de empleo de tal manera que por cada empleo creado en las economías de base, se generen otros empleos en las economías residenciarias, (servicios, transportes, comercio, construcción, gobierno) esencialmente sectores terciario y cuaternario. (Ver cuadro III).

4.- Para cada región se define un "bien compuesto" integrado por los diferentes productos industriales mencionados de cada región.

5.- Para cada bien compuesto, existe un precio. Desafortunadamente por falta de información no se pudo obtener el vector de precios, como se verá en el apartado de resultados obtenidos.

6.- Se supone que la estructura relativa de precios entre factores productivos y bienes producidos no se alterará para los años 1975 y 1980.



$$\text{sujeto a: } \sum_j a_{1jt} Q_{jt} = b_{1t} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

$$\sum_j a_{ijt} Q_{jt} \leq b_{it} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

$i = 2, 3, 4$

$$a_{ijt} Q_{jt} \geq a_{ij_{t-1}} Q_{jt-1} \quad . \quad . \quad (4)$$

$$b_{1t} + R_t = W_t \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

$$R_t = \alpha b_{1t} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

$$Q_{jt} \geq (1+r)^{t-k} Q_{jt-k} \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

donde

$j = 1 \dots \dots \dots 8$  regiones

$i = 1 \dots \dots \dots 4$  factores productivos

$Q_j =$  "bien compuesto" de la región  $j$

$$a_{ij} = \frac{X_{ij}}{Q_j} = \text{coeficiente técnico}$$

siendo  $X_{ij}$  el factor productivo  $i$  usado en la producción del bien  $j$ .

$b_1 =$  demanda de trabajo en el sector secundario.

$b_2 =$  capital

$b_3 =$  materias primas y auxiliares consumidas.

$b_4 =$  otros insumos

$R_t$  = demanda de trabajo en las actividades residenciarias.

$W_t$  = oferta de trabajo de los sectores secundario y terciario.

$\alpha$  = multiplicador de empleo.

Por lo que respecta a las relaciones 2 y 3 se debe aclarar que se intentaron otros dos tipos de funciones de producción:

1) homogéneas de grado uno de variables separables y 2) tipo Cobb Douglas. Por lo que respecta a las primeras que son de la forma

$$\sum_{i=1}^4 C_{ij} X_{ij} = Q_j ; \text{ los coeficientes de}$$

correlación fueron bajos, y en algunos casos los signos de ciertas  $C_{ij}$  (que corresponden a las productividades marginales de los factores  $X_i$ ) resultaron negativos, por lo que se deshechó este tipo de ecuaciones.

Por lo que respecta al segundo tipo de funciones, se obtuvieron con altos coeficientes de correlación; este tipo tiene la ventaja de mostrar las características de los rendimientos a escala: para algunas regiones fueron de tipo creciente. Sin embargo, el uso de estas funciones de producción hacen laboriosa la solución del problema, aunque se debe señalar que dada la condición de estricta concavidad de éstas, de poseer 2as. deri-

vadas continuas, y restricciones de tipo lineal<sup>1/</sup>, se asegura existencia y unicidad de un máximo relativo.

V.- ALTERNATIVAS, ESTIMACION Y DISPONIBILIDADES DE FACTORES PRODUCTIVOS, MATRICES TECNICAS Y OTROS PARAMETROS.

El número de alternativas que se manejan para cada año de proyección son ocho, que resultaron de conjugar el comportamiento del factor trabajo, la matriz técnica y dos variantes del modelo. Se consideró que el número de empleos para todo el estado puede seguir dos tendencias, la de la PEAR y la de la oferta de trabajo<sup>2/</sup> (el modelo distribuirá esta fuerza de trabajo). En lo que respecta a la matriz tecnológica, se emplearon dos criterios, el de capital neto y el de activos fijos brutos; se aclara que los elementos de las matrices son invariantes para los años de proyección. Finalmente, se consideró conveniente usar el modelo completo (relaciones 1 a 7) y también sólo emplear las relaciones 1 a 6.

<sup>1/</sup> De hecho la estructura del modelo usando estas funciones es un poco diferente a la presentada.

<sup>2/</sup> En este estudio se define la oferta de trabajo como la suma de PEAR, PEA no remunerada y desocupados.

A continuación se presentan las ocho alternativas y --  
sus características :

<u>CARACTERISTICAS</u>	<u>ALTERNATIVAS</u>							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1. $W_t$ sigue la tendencia de la PEAR	X	X	X	X				
2. $W_t$ sigue la tendencia de la oferta					X	X	X	X
3. $a^1_{ij}$ usa para $i=2$ , el concepto de capital --- neto	X	X			X	X		
4. $a^1_{ij}$ usa, para $i=2$ , el concepto de activos fijos brutos			X	X			X	X
5. Se usan las relaciones 1 a 6	X		X		X		X	
6. Se usan las relaciones 1 a 7		X		X		X		X

ESTIMACION DE LA DISPONIBILIDAD DE FACTORES PRODUCTIVOS

Las soluciones que arroje el modelo, dependen de los --

coeficientes y parámetros que se utilicen en cada alternativa; en este sentido se debe hacer hincapié que la disponibilidad de los factores productivos se ha supuesto bajo ciertas condiciones que desde luego pueden ser cambiadas por las autoridades estatales y seguir aplicando la estructura del modelo.

Por lo que respecta al número de empleos que se generarán, se tomaron dos criterios: En el primero, se supone que este número corresponde a las tendencias observadas en la década 1960-70 de la PEAR de los sectores II y III; la tasa observada fue de 2.74% anual. En el segundo, el número de empleos que se generarán se supone serán los correspondientes a la oferta de trabajo estatal de los sectores no agropecuarios calculada en base a la tendencia observada 1960-70 con una tasa de 3.5 % anual. Para el factor capital, se estimó su disponibilidad aplicándole la tasa media nacional observada en el período 1960-67, que fue de 6.35% anual a los valores de capital neto y activos fijos brutos del cuadro 1. No se aplicó la tasa estatal debido a que en la década 60-70 el estado tuvo una industrialización mas acelerada en comparación con la de otros estados.

Para la disponibilidad de materias primas y otros insumos se usaron las relaciones:

CUADRO IV  
DISPONIBILIDAD DE FACTORES  
AÑO DE 1975

ALTERNATIVAS	FUERZA DE TRABAJO			CAPITAL		INSUMOS	
	SECTORES II y III	SECTOR II	SECTOR III	(en miles de pesos 1970)		(en miles de pesos 1970)	
				NETO	ACTIVOS FIJOS BRUTOS	MATERIAS PRIMAS	OTROS INSUMOS
A y B	324 082	98 207	225 875	8 526 243		4 947 463	1 741 657
C y D	324 082	98 207	225 875		5 970 277	4 947 463	1 741 657
E y F	365 312	110 699	254 611	9 085 429		4 947 463	1 741 657
G y H	365 312	110 699	254 611		5 970 277	4 947 463	1 741 657

AÑO DE 1980

A y B	370 917	112 399	258 518	11 601 160		7 483 254	2 676 556
C y D	370 917	112 399	258 518		8 123 407	7 483 254	2 676 556
E	433 436	131 344	302 092	11 967 234		7 483 254	2 676 556
F	433 436	131 344	302 092	12 457 082		7 483 254	2 676 556
G y H	433 436	131 344	302 092		8 123 407	7 483 254	2 676 556

FUENTES : Cuadros I, II y III;  
Cuadro # 154 de las Cuentas Nacionales y Acervos de Capital, 1950/1967; Banco de México, S.A.

CUADRO V

MATRIZ DE COEFICIENTES TECNOLOGICOS.\*

	TRABAJO	CAPITAL	MATERIAS PRIMAS	OTROS CONSUMOS
Región 1	0.05500	1.40700	1.18271	0.50344
Región 2	0.02915	1.56595	1.45164	0.66600
Región 3	0.8911	1.33408	0.55037	0.27659
Región 4	0.02008	2.50258	1.28178	0.41751
Región 5	0.02727	1.23914	0.58556	0.30570
Región 6	0.04040	0.94464	0.82369	0.18341
Región 7	0.02405	2.71444	1.14548	0.25086
Región 8	0.02973	2.24118	1.30699	0.67830

\* La columna de capital, se construyó usando los datos de capital neto invertido por región.

Estimaciones calculadas con información proporcionada - por la Dirección General de Estadística.- SIC. México - 1974.

PRO/ioc...

$$M = 1.25 Q - 18\ 850 , R = 0.96$$

$$L_n S = ( .0417 L_n Q - 0.6331 ) , R = 0.97$$

En donde Q es la proyección del valor agregado censal bruto que se supone crecerá a la tasa de 8.6% anual. Esta - corresponde a la observada en la década 60-70 para las divi- siones industriales 1, 2 y 3 nacionales.

#### Matrices Técnicas.

El cálculo de las matrices técnicas se realizó median- te la definición presentada en el modelo y con los valores - medios observados. La condición de manejar los conceptos de capital dió origen a obtener dos matrices, en la primera se usa el concepto de capital neto y en la segunda el de acti- - vos fijos brutos. (Ver cuadros anexos Nos. V, y VI.)

#### Otros Parámetros.

En vista que no se tuvo información para poder calcu- lar los precios de los bienes compuestos de cada región, se manejó un vector unitario de precios. Esta es una restric- - ción que debe tenerse muy en cuenta en los resultados fina- - les, aunque se hace la suposición de que la estructura de pro- - cios no se alterará.

Por lo que respecta a los valores de las restricciones

7, los valores obtenidos son:

Año	En miles de pesos 1970				
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>8</sub>
1975	28 272	63 947	21 298	2 972 020	166 010
1980	38 463	86 997	28 975	4 043 314	225 850

#### VI.- SIMULACION Y RESULTADOS OBTENIDOS PARA 1975 Y 1980.

El conjunto de las diferentes alternativas constituye la gama de simulaciones a realizar, por lo que a partir del modelo se manejan en forma paramétrica las disponibilidades de factores y matrices técnicas; lo que permite incluir cualquier otro conjunto (o conjuntos) de valores de estos últimos, si así se desea.

De las 16 soluciones encontradas sólo se presentan, en este apartado, dos conjuntos de resultados tanto para 1975 como para 1980 ( cuadros VII a X ), corresponden a las alternativas E y F. Su interpretación es la siguiente :

Para poder cumplir con los objetivos de creación de un cierto número de empleos (aparecen en los totales de empleos de los sectores II y III) y con la maximización de las ganancias de los empresarios, se deben asignar el número de trabaja

CUADRO VI

MATRIZ DE COEFICIENTES TECNOLOGICOS. \*

	TRABAJO	CAPITAL	MATERIAS PRIMAS	OTROS CONSUMOS
Región 1	0.05500	1.08667	1.18271	0.50344
Región 2	0.2915	1.18735	1.41516	0.66600
Región 3	0.8911	0.83782	0.55037	0.27659
Región 4	0.02008	1.75918	1.28178	0.41751
Región 5	0.02727	0.67312	0.58556	0.30570
Región 6	0.04040	1.09987	0.82369	0.18341
Región 7	0.02405	2.11382	1.14548	0.25080
Región 8	0.02973	1.24633	1.30369	0.67830

\* La columna de capital, se construyó usando los datos - de activos fijos brutos por región.

Estimaciones calculadas con información proporcionada por la Dirección General de Estadística.- SIC.- México 1974.

PRO/ioc...

R E S U L T A D O S

C U A D R O  VIII

ALTERNATIVA  F

(En miles de pesos de 1970 y personas)

PARA 1975

REGION	VALOR AGREGADO C E N S A L	E M P L E O S SECTOR II	E O S SECTOR III	C A P I T A L	MATERIAS PRIMAS	OTROS INSUMOS
1	28272	1555	3577	39778	33438	14233
2	63947	1864	4310	108138	98828	42589
3	21298	18979	43652	28413	11722	5891
4	2972070	59678	137259	7431718	3809540	1240848
5	639531	17440	40112	792468	374484	195505
6	106312	4295	9879	100427	87568	19499
7	81206	1953	4492	220429	93020	20371
8	166010	4935	11351	372058	216973	112605
TOTAL ESTADO	4078596	110699	254632	9085429	4725573	1655541

R E S U L T A D O S

C U A D R O  VII

ALTERNATIVA  E

(En miles de pesos de 1970 y personas)

PARA 1975

REGION	VALOR AGREGADO C E N S A L	E M P L E O S SECTOR II	E M P L E O S SECTOR III	C A P I T A L	MATERIAS PRIMAS	OTROS INSUMOS
1	20 782	1 143	2 629	29 240	24 579	10 452
2	47 005	1 370	3 151	73 607	68 234	31 305
3	15 655	1 395	3 209	20 885	8 616	4 330
4	2 184 709	43 869	100 899	5 467 409	2 802 315	912 137
5	1 829 388	49 887	114 740	2 266 868	1 071 216	559 244
6	184 482	7 453	17 142	174 269	151 956	33 836
7	81 217	1 953	4 492	220 458	93 032	20 374
8	122 121	3 631	8 351	273 714	159 219	82 840
TOTAL ESTADO	4 485 359	110 701	254 613	8 526 450	4 377 168	1 654 523

R E S U L T A D O S

C U A D R O IX

ALTERNATIVA F

(En miles de pesos de 1970 y personas)

Para 1980

REGION	VALOR AGREGADO C E N S A L	E M P L E O S SECTOR II	E O S SECTOR III	C A P I T A L	MATERIAS PRIMAS	OTROS INSUMOS
1	38 463	2 115	4 864	54 117	45 491	19 364
2	86 997	2 536	5 833	136 233	126 288	57 940
3	28 975	2 582	59 386	38 672	15 946	8 014
4	4 043 314	81 190	186 737	10 118 717	5 182 639	1 688 124
5	967 290	26 378	60 669	1 198 608	566 406	295 701
6	194 926	7 875	18 113	184 135	160 559	35 751
7	81 206	1 953	4 491	220 429	93 026	20 371
8	225 850	6 715	15 445	506 171	295 183	153 194
TOTAL ESTADO	5 662 021	131 344	355 542	12 457 082	6 449 538	2 278 459

R E S U L T A D O S

CUADRO IX

ALTERNATIVA E

(En miles de pesos de 1970 y personas)

Para 1980

REGION	VALOR AGREGADO C E N S A L	E M P L E O S SECTOR II	E O S SECTOR III	C A P I T A L	MATERIAS PRIMAS	OTROS INSUMOS
1	20 782	1 143	2 629	29 240	24 579	10 462
2	47 005	1 370	3 151	73 607	68 234	31 305
3	15 655	1 395	3 208	28 885	8 615	4 330
4	3 212 699	64 511	148 375	8 040 036	4 117 973	1 341 333
5	1 829 388	49 887	114 740	2 266 867	1 071 216	559 244
6	184 483	7 453	17 142	174 270	151 957	33 836
7	81 217	1 953	4 492	220 459	93 033	20 374
8	122 133	3 631	8 351	273 722	159 627	82 843
TOTAL ESTADO	5 513 352	131 343	302 089	11 099 087	5 695 234	2 083 729

dores, el capital, las materias primas y otros insumos en cada región; como se muestra en cada una de las columnas.

La suma en cada una de estas, da las disponibilidades totales de cada factor.

Con la asignación de factores en cada región, se obtiene el valor máximo de su bien compuesto que aparece en la columna de valor agregado bruto censal.

Por lo que respecta a las alternativas F, se tuvo -- que cambiar la disponibilidad de capital en los años 1975 y 1980, en vista de que al incluir las restricciones 7, el modelo carecía de solución por salirse de la región de factibilidad de soluciones. Lo que se procedió a hacer fue, mediante simulación, incrementar el capital hasta un valor mínimo tal, que se logren soluciones factibles con la condición de maximizar la función objetivo y satisfacer la condición de igualdad en la relación 2.

#### VII.- Conclusiones y Recomendaciones.

En este ensayo, se ha tratado de hacer una contribución modesta cuyos límites espaciales no van más allá de centrarse en el Estado de Puebla y dentro de éste sólo se ata--

can sectores específicos; por otra parte no se ha ahondado - en un análisis y diagnóstico socio-económico de la Entidad, ni tampoco se provee de programas específicos de acción que se requieren para llevar a cabo el conjunto de combinaciones y recomendaciones que se proponen en seguida.

Se debe destacar que las alternativas F para 1975 y 1980 siguen el comportamiento mostrado en la década 1960-70 y que se podrían denominar como alternativas tradicionales - (aunque dentro de las tendencias manejadas se maximiza el ingreso.

En el caso de las alternativas E, al deshechar las - relaciones 7, se le da libertad al modelo para que distribuya los recursos, lo que en principio da lugar a un cambio - sustancial en la realización espacial de las inversiones.

Comparación entre E y F de 1975.

Como se puede observar de los cuadros respectivos, - el capital en F es 7% mayor que E y sin embargo, su producto es solo el 90% del de E, por otra parte, F emplea un 8% más de materias primas que E y el mismo nivel de otros insumos.

Se concluye que la alternativa tradicional F es más costosa y arroja un valor agregado censal menor que la E.

Además, se debe hacer notar que la E es de intensidad de mano de obra y que por tanto se alojará en industrias pequeñas y medianas lo que tiene la conveniencia de presentar menos problemas para el empresario local, pues su tamaño de planta será mucho menor que el requerido por industrias muy grandes como algunas de la región 4 (automotriz y hierro).

#### Comparación entre E y F de 1980.

Como se puede observar de los cuadros respectivos, el capital en F es 12% mayor que E y sin embargo, su producto es solo el 2% mayor que el de E, por otra parte, F emplea un 13% y un 9% más de materias primas y otros insumos respectivamente que E.

Se concluye que la alternativa tradicional F es más costosa y arroja un valor agregado censal prácticamente igual que la E.

Además, como ya se dijo la E pudiera tener ciertas ventajas como ya se mencionó en la comparación de E y F de 1975.

Dado que una de las hipótesis que se manejan en este trabajo, dice que las actividades económicas de cada región se concentran en los polos naturales de desarrollo, es evi-

dente que el número de trabajadores de los sectores II y III así como sus familiares, se alojarán en estos centros urbanos.

Ante este crecimiento de la actividad económica en los polos naturales de desarrollo del Estado de Puebla, debe preverse el gasto del sector público que se destinará para cubrir el monto de instalaciones y servicios que formen parte de las condiciones urbanas tendientes a estructurar un ambiente de bienestar para la población residente. Sin embargo, debido a que no se contó con la información adecuada, no se llegó a determinar o dar una idea sobre la magnitud de tal gasto que en forma muy general se basaría sobre:

- i) número de residentes futuros en cada centro;
- ii) gasto promedio del sector público en bienestar por rango de tamaño de ciertas ciudades, con servicios tipo estandar (definidos a través de algún indicador sustentado en análisis factorial).

CUADRO I

PRINCIPALES CARACTERISTICAS INDUSTRIALES CORRESPONDIENTES A LAS DIVISIONES 1, 2 Y 3 PARA EL ESTADO DE PUEBLA Y POR REGIONES.

1 9 7 0

	PERSONAL OCUP.TOT PROMEDIO	REMUNERAC AL PERSO- NAL OCUP.	CAPITAL INVERTIDO AL 31 DE M I L L A R E S	ACTIVOS FI JCS BRUTOS AL 31 DE DICIEMBRE.	INVERSION FIJA BRUTA	PRODUCCION BRUTA TOTAL D E	MAT. PRIM Y AUX. CONSUMIDAS P E S O S	OTROS INSUMOS	VALOR AGRE- GADO CENSAL BRUTO
P U E B L A	58 372	1 044 329	6 266 340	4 387 840	400 339	6 992 729	3 259 058	1 103 554	2 630 117
REGION 1	1 143	6 637	29 239	22 582	539-	55 821	24 578	10 462	20 781
REGION 2	1 370	16 625	73 606	55 810	1 957	146 542	68 233	31 305	47 004
REGION 3	1 395	8 559	20 885	13 116	1 321	28 601	8 616	4 330	15 655
REGION 4	43 869	872 801	5 467 057	3 843 556	362 769	5 896 787	2 800 138	912 079	2 184 570
REGION 5	2 920	54 591	132 661	72 064	1 803	202 457	62 690	32 728	107 039
REGION 6	2 094	29 292	48 959	57 004	4 344	104 024	42 690	9 506	51 828
REGION 7	1 953	13 476	220 453	171 674	115	194 619	93 030	20 374	81 215
REGION 8	3 628	42 348	273 480	152 034	28 569	363 878	159 083	82 770	122 025

FUENTE: Subdirección de Sistemas, Dirección General de Estadística. Secretaría de Industria y Comercio. México 1974.

CUADRO III

ESTRUCTURA Y CARACTERISTICAS DE LA POBLACION ACTIVA EN EL ESTADO DE PUEBLA

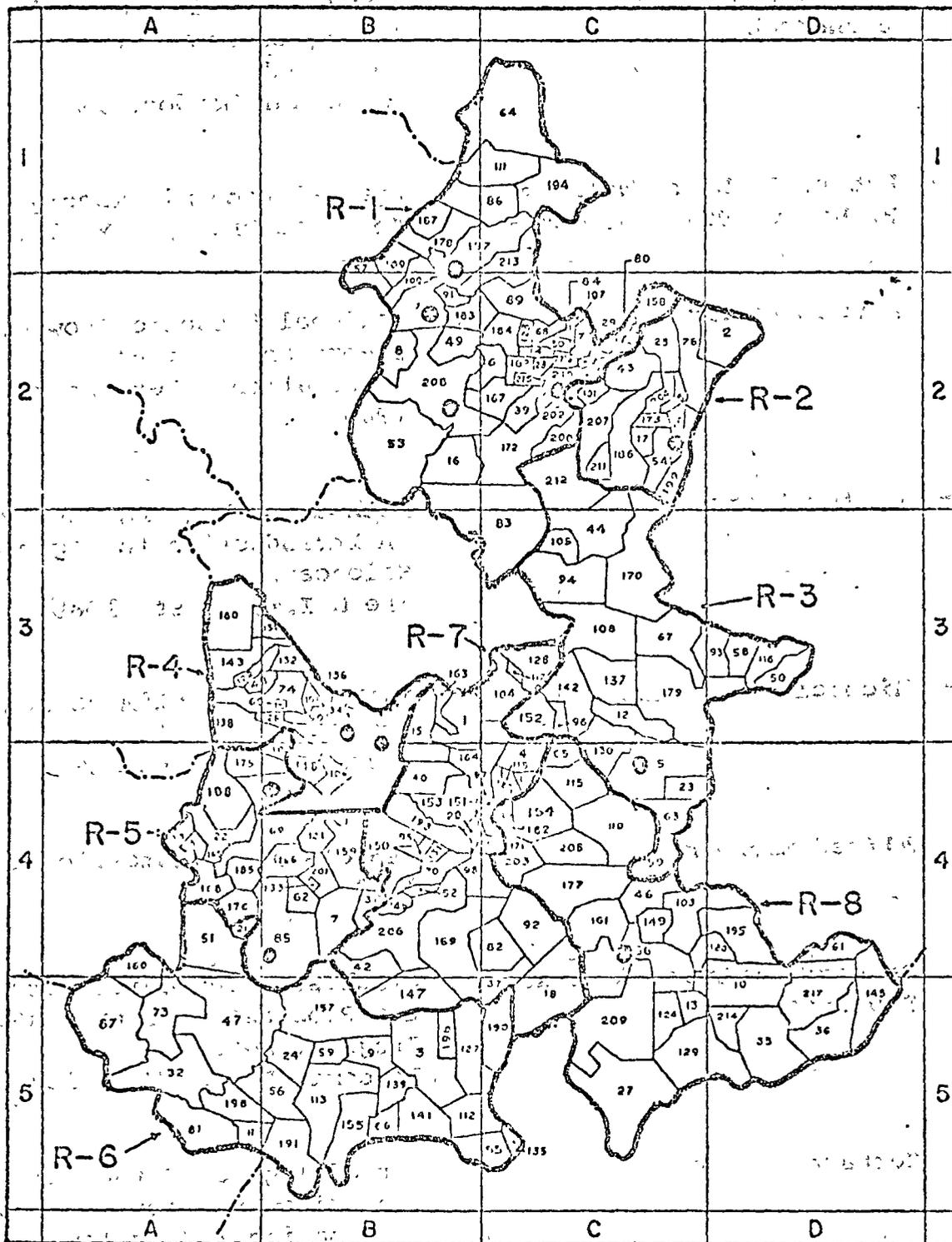
( EN MILLARES )

	SECTOR I		SECTOR II		SECTOR III		SUMA SECTORES II Y III	
	1960	1970	1960	1970	1960	1970	1960	1970
POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA REMUNERADA (PEAR)	435 872	340 556	78 997	91 557	137 172	191 605	216 169	283 162
POBLACION ACTIVA NO REMUNERADA.	3 622	39 840	144	4 586	290	11 560	434	16 146
DESOCUPADOS.	4 287	10 914	772	2 757	1 341	5 830	2 113	8 587
OFERTA DE TRABAJO.	443 781	391 310	79 913	98 900	138 803	208 995	218 716	307 895
			RELACION		$\frac{\text{PEAR III}}{\text{PEAR II}}$	:		
			1960 =		1.74			
			1970 =		2.10			

FUENTE: Datos del IX Censo General de Población S.I.C. -D.G.E., México 1972.

# POLOS DE DESARROLLO

## PUEBLA



B I B L I O G R A F I A

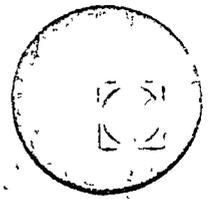
- 1.- E. Malinvaud y M.O.L. Bacharach "Activity Analysis in the Theory of Growth and Planning". Macmillan London. 1967.
- 2.- Robert D. Dean, William H. Healy, David L. Mckee "Spatial Economic Theory". The Free Press, N.Y. 1970.
- 3.- Horst Siebert "Regional Economic Growth: Theory and Policy". International Text Book Co. 1969.
- 4.- Walter Isard "Methods of Regional Analysis: An Introduction to Regional Science". The M.I.T. Press. 1969.
- 5.- Michael D. Intriligator "Mathematical Optimization and Economic Theory". Prentice Hall Inc. 1971.
- 6.- Alfred Zauberman "Aspects of Planometrics". 1970.
- 7.- Gerhard Tintner, Jati K. Sengupta "Stochastic Economics. Stochastic Processes, Control and Programming". Academic Press. N.Y. 1972.
- 8.- Gerhard Tintner "Methodology of Mathematical Economics and Econometrics". International Encyclopedia of Unified Science. 1968.

- 9.- Arthur S. Goldberger "Econometric Theory".  
John Wiley and Sons Inc.  
1964.
- 10.- G. Hadley "Nonlinear and Dynamic Pro-  
gramming".  
Addison Wesley Publishing Co.  
1964.
- 11.- G. Hadley "Linear Programming".  
Addison Wesley Publishing Co.  
1962.
- 12.- J. Johnston "Econometric Methods".  
Mc Graw Hill Book Co. 1960.
- 13.- Dirección General de Esta-  
dística. Secretaría de In-  
dustria y Comercio. México "VIII y IX Censos Generales de  
Población, 1960 y 1970".
- 14.- Dirección General de Esta-  
dística. Secretaría de In-  
dustria y Comercio. México "VIII Censo Industrial 1966.  
Datos de 1965".
- 15.- Dirección General de Esta-  
dística. Secretaría de In-  
dustria y Comercio. México "Avance al Resumen General del  
IX Censo Industrial 1971. Da-  
tos de 1970".





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



## ANALISIS DE INVERSIONES

## APLICACIONES

Dr. Pedro Reyes Ortega.

## METODO DE LOS MINIMOS CUADRADOS ORDINARIOS.-

Este Método se puede aplicar a un modelo uni-ecuacional. Cuando el modelo consta de 2 o más ecuaciones al tratar de es timar los parámetros de una ecuación, existirán, usualmente, 2 o más variables endógenas en cada relación y entonces no podemos saber cual variable endógena se puede seleccionar como variable dependiente. El resto de las variables endógenas estarán correlacionadas con el término de error en esa relación debido a la naturaleza simultánea de las relaciones en el modelo.

Esto quiere decir, que definitivamente el método enuncia do no podrá aplicarse a la estimación de los parámetros de cualquier ecuación de un modelo que contenga 2 o más ecuaciones en vista de que los estimadores serán sesgados e inconsistentes.

Desde luego que esto no necesariamente implica que el Método ordinario de los mínimos cuadrados se deseché, en vista de que la selección de un método en la práctica se debe hacer balanceando las propiedades del método y la simplicidad del cómputo. Más aún, el sesgo no es necesariamente la propiedad más importante de un estimador, pero debe juzgarse junto con la variancia.

## METODO INDIRECTO DE LOS MINIMOS CUADRADOS.-

Este Método es factible cuando las relaciones estructurales son exactamente identificables. El procedimiento consiste en estimar los parámetros de la forma reducida mediante la aplicación de los mínimos cuadrados ordinarios a cada una de las relaciones de la forma reducida y entonces calcular los estimadores de los parámetros estructurales. Estos últimos serán insesgados si es que las perturbaciones estructurales están normalmente distribuidas que <sup>lo</sup> implica que las perturbaciones de la forma reducida también lo serán, y además, que los estimadores de los parámetros de las formas reducidas serán calculados mediante mínimos cuadrados <sup>siendo</sup> ~~serán~~ de máxima virosimilitud.

## 2.1 Identificación.

### 2.1.1 Sistema de Ecuaciones

— Cuando se tiene un modelo con más de una ecuación, ¿las técnicas para estimar los parámetros, usados en modelos uniecuacionales se pueden aplicar? R. En algunos casos depende de si la ecuación "i" es identificable ó no.

$$\hat{\theta} = \text{BLUE}$$

$$\theta = F ( X_1 , X_2 \dots X_n ) \quad (\text{Lineal})$$

$$E ( \hat{\theta} - \theta ) = 0, \quad E ( \hat{\theta}' - \theta' ) = 0$$

$$V ( \hat{\theta} ) \leq V ( \hat{\theta}' )$$

### 2.2.1 Sistema de ecuaciones.

Ecuaciones Estructurales.

$$(1) \quad B Y + \Gamma X = u$$

$$B ( g \times g ) , \quad Y ( g \times 1 )$$

$$\Gamma ( g \times k ) \quad X ( k \times 1 )$$

$$U ( g \times 1 )$$

$$(2) \quad Y = - B^{-1} \Gamma X + B^{-1} u$$

Ecuaciones reducidas.

Si el sistema ( 1 ) se premultiplica por una matriz  $F$   $g \times g$

$$F B Y + F \Gamma X = F u$$

$$Y = - ( F B )^{-1} F \Gamma X + ( F B )^{-1} F u$$

$$Y = - B^{-1} F^{-1} F \Gamma X + B^{-1} F^{-1} F u$$

$$Y = - B^{-1} \Gamma X + B^{-1} u \text{ que es ( 2 )}$$

Nota: Tanto  $F^{-1}$  como  $B^{-1}$  se supone que existen; es decir,  $B$  y  $F$  son no singular

Se concluye que existe un número infinito de ecuaciones estructurales que tienen la misma forma reducida

Problema de Identificación

La primera ecuación se puede escribir como:

$$( 3 ) \beta \cdot Y + \gamma \cdot x = u$$

Si premultiplicamos la forma reducida ( 2 ) por  $\beta$ , tendremos:

$$( 4 ) \beta \cdot Y = \beta \cdot \Pi X + \beta \cdot V_E$$

donde  $\Pi = - B^{-1} \Gamma$

$$V \cdot V = B^{-1} u$$

$$\text{pero } \beta_1 B^{-1} u = u_1$$

en vista de que la matriz B está compuesta de  $[\beta_{ij}]$

Si tomamos el primer renglón  $\beta_1 = [\beta_{11} \dots \beta_{1g}]$

$$\text{Si } B^{-1} = \frac{1}{|B|} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1g} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{g1} & \dots & & b_{gg} \end{bmatrix}$$

$$\text{entonces } \beta_1 \cdot B^{-1} u = [1 \ 0 \ \dots \ 0] [u_1 \ u_2 \ \dots \ u_g] \\ = u_1$$

esto se debe a que  $B B^{-1} = I$  si tomamos el primer renglón de B por  $B^{-1}$  nos dará el primer renglón de I que es

$$[1 \ 0 \ 0 \ \dots \ 0]$$

Esto nos conduce a:

$$(5) \beta_1 y = \beta_1 \pi x + u_1$$

o sea que si se compara con la expresión (3) entonces

$$(6) -\gamma_1 = \beta_1 \pi$$

Supóngase que existen algunas restricciones sobre algunos de los componentes de B y  $\Gamma$ , sean cero. Entonces podemos agruparlos como:

$G^A$  = número de variables endógenas que aparecen en la primera ecuación.

$K^X$  = número de variables exógenas que aparecen en la primera ecuación.

$G^{\Delta\Delta} = G - G^{\Delta}$  = número de  $V$  endógenas que se excluyen en la  
la. ecuación.

$K^{**} = K - K^*$  = número de  $V$  exógenas que se excluyen de la  
la. ecuación.

Los parámetros de la la. ecuación se pueden arreglar como:

$$\beta_{\cdot} = [\beta_{\cdot\Delta}, 0_{\Delta\Delta}] \quad \text{y} \quad \gamma_{\cdot} = [\gamma_{\cdot*}, 0_{**}]$$

La matriz  $\Pi$  se puede particionar a través de sus renglones  
en los primeros  $G^{\Delta}$  y los restantes  $G^{\Delta\Delta}$

y sus  $K$  columnas en  $K^*$  y  $K^{**}$

Entonces la expresión (6) se puede escribir como:

$$[\gamma_{\cdot*}, 0_{**}] = [\beta_{\cdot\Delta}, 0_{\Delta\Delta}] \begin{bmatrix} \Pi_{\Delta*} & \Pi_{\Delta**} \\ \Pi_{\Delta\Delta*} & \Pi_{\Delta\Delta**} \end{bmatrix}$$

Lo cual da:

$$(7) \quad \gamma_{\cdot*} = \beta_{\cdot\Delta} \Pi_{\Delta*}$$

$$(8) \quad 0_{**} = \beta_{\cdot\Delta} \Pi_{\Delta**}$$

Los parámetros de 7 y 8 serán identificables si las expresiones se pueden resolver dando un solo valor para cada componente de  $\beta_{1\Delta}$  en términos de la forma reducida  $\overline{\pi}_{\Delta^{**}}$

Con el valor de  $\beta_{1\Delta}$  se puede obtener el vector  $\delta_{1*}$  que será único si existe identificación.

Esto se traduce en:

$$\text{el rango de } \mathcal{L}(\overline{\pi}_{\Delta^{**}}) = G^{\Delta} - 1$$

dado que  $\overline{\pi}_{\Delta^{**}}$  tiene  $G^{\Delta}$  renglones y  $K^{**}$  columnas, una condición necesaria para que el rango sea  $G^{\Delta} - 1$  es que

$$K^{**} \geq G^{\Delta} - 1 \quad (\text{condición de orden})$$

ver copias

otros resultados son:

se puede trabajar con la forma estructural sin obtener la reducida y establecer las condiciones de rango y orden.

-Un resultado interesante es que si

$K^{**} = G^{\Delta} - 1$  la ecuación es justamente identificable (usar el método de los mínimos cuadrados indirectos)

$K^{**} > G^{\Delta} - 1$  la ecuación es sobre identificable o sobreidentificada (usar el método de dos etapas u otro).

Si  $K^{**} < G^{\Delta} - 1$  se tendrá que volver a especificar la ecuación porque es menos que identificable.

$$(1) \quad C_t = \alpha + \beta Y_t + u_t$$

$$(2) \quad Y_t = C_t + Z_t$$

donde

C = consumo (endógena)

Y = ingreso (endógena)

Z = no consumo (inversión quizá) exógena

u = perturbación estocástica

t = tiempo

hipótesis de trabajo:

$$E(u_t) = 0$$

$$E(u_t u_{t+s}) = \begin{cases} 0 & \text{para } s \neq 0 \\ \sigma^2 & \text{para } s = 0 \end{cases}$$

Z y u son independientes.

deseamos obtener "buenos estimadores" (BLUE).

se demuestra en las páginas 343 y 344 del libro de Johnston que si se aplican los mínimos cuadrados, los parámetros son sesgados e inconsistentes.

Sin embargo si se obtiene la forma reducida y si a éstos se les aplica el M.C. la obtención de los parámetros estructurales serán BLUE.

En este sentido si aplicamos el criterio de identificación obtendremos para la primera ecuación

$$K^{**} = 1$$

$$G^{\Delta} = 2$$

$$K^{**} = G^{\Delta} - 1 = 1$$

- o -

El método de las dos etapas se anexa como copia.

Una idea general es la siguiente:

dado que  $K^{**} > G^{\Delta} - 1$  entonces  $\mu$  estará correlacionada con  $Y$ , en nuestro ejemplo.

La idea es filtrar o purgar  $Y$  estimando los parámetros  $s_1$  y  $s_2$  de la relación

$$Y = \pi_1 + \pi_2 Z + e$$

y con los valores estimados de  $Y = \hat{Y}$  se calculan los parámetros de la función de consumo

$$C_t = \alpha + \beta \hat{Y}_t + \mu$$

Nota sobre "Indirect Least Square Method"

$$Y_t = \alpha + \beta Y_t + Z_t + U_t$$

$$(i) Y_t = \frac{\alpha}{1-\beta} + \frac{1}{1-\beta} Z_t + \frac{U_t}{1-\beta}$$

$$\text{Entonces } E(Y_t) = \frac{\alpha}{1-\beta} + \frac{1}{1-\beta} Z_t$$

$$E\left\{U_t [Y_t - E(Y_t)]\right\} = \frac{1}{1-\beta} E(U_t^2) \neq 0$$

Como  $U_t$  está correlacionado con  $Y_t$ , la aplicación directa de los mínimos cuadrados a la función de consumo dará lugar a estimadores sesgados para los parámetros.

En este caso consideramos muestras finitas. Pero también para muestras infinitas el método de M.C.D. el sesgo persiste y los estimadores son inconsistentes.

Definiendo los momentos de 2o. orden:

$$M_{cy} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (c_t - \bar{c})(y_t - \bar{y}), \text{ etc.}$$

sabemos que

$\hat{\beta}$  y  $\hat{\alpha}$  de la ecuación (1) son:

$$\hat{\beta} = \frac{M_{cy}}{M_{yy}} \quad \text{y} \quad \hat{\alpha} = \frac{M_{yy} \bar{c} - M_{cy} \bar{y}}{M_{yy}}$$

por otra parte las ecuaciones reducidas para  $\frac{c_t}{\bar{c}}$  y  $\frac{y_t}{\bar{y}}$  son:

$$c_t = \frac{\beta}{1-\beta} z_t + \frac{\alpha}{1-\beta} + \frac{u_t}{1-\beta}$$

$$y_t = \frac{1}{1-\beta} z_t + \frac{\alpha}{1-\beta} + \frac{u_t}{1-\beta}$$

Proviene de sustituir ( i ) en la ecuación ( 1 )

$$c_t = \alpha + \beta \frac{1}{1-\beta} z_t + \frac{\beta \alpha}{1-\beta} + \frac{\beta u_t}{1-\beta} + \frac{u_t}{1-\beta}$$

$$= \frac{(1-\beta)\alpha + \beta z_t + \beta \alpha + \beta u_t + (1-\beta)u_t}{1-\beta} =$$

$$= \frac{\alpha}{1-\beta} + \frac{\beta}{1-\beta} z_t + \frac{\alpha u_t}{1-\beta}$$

Si  $\bar{c}$ ,  $\bar{y}$ ,  $\bar{z}$  y  $\bar{u}$  son los promedios de C, Y, Z y U entonces las desviaciones de las ecuaciones anteriores son:

$$c_t - \bar{c} = \frac{\beta}{1-\beta} (z_t - \bar{z}) + \frac{(u_t - \bar{u})}{1-\beta}$$

$$y_t - \bar{y} = \frac{1}{1-\beta} (z_t - \bar{z}) + \frac{(u_t - \bar{u})}{1-\beta}$$

entonces

$$M_{cy} = \frac{\beta}{(1-\beta)^2} M_{zz} + \frac{1+\beta}{(1-\beta)^2} M_{uu} + \frac{\beta}{(1-\beta)^2} M_{zu} + \frac{1}{(1-\beta)^2} M_{zu}$$

$$= \frac{\beta}{(1-\beta)^2} M_{zz} + \frac{1+\beta}{(1-\beta)^2} M_{zu} + \frac{1}{(1-\beta)^2} M_{uu}$$

Por un proceso similar se obtiene

$$M_{yy} = \frac{1}{(1-\beta)^2} M_{zz} + \frac{2}{(1-\beta)^2} M_{zu} + \frac{1}{(1-\beta)^2} M_{uu}$$

lo cual da:

$$\hat{\beta} = \frac{M_{cy}}{M_{yy}} = \frac{\beta M_{zz} + (1 + \beta) M_{zu} + M_{uu}}{M_{zz} + 2 M_{zu} + M_{uu}}$$

Si el tamaño de la muestra tiende a  $\infty$ , entonces  $M_{zu} \rightarrow 0$

$M_{uu} \rightarrow \sigma^2$   
 $M_{yy} \rightarrow \sigma^2$  y  $M_{zz} \rightarrow \bar{M}_{zz}$

(constante) con lo cual

$$p \lim_{n \rightarrow \infty} \hat{\beta} = \frac{\beta \bar{M}_{zz} + \sigma^2}{\bar{M}_{zz} + \sigma^2} = \beta + \frac{(1 - \beta) \sigma^2 / \bar{M}_{zz}}{1 + \frac{\sigma^2}{\bar{M}_{zz}}}$$

Si  $\beta < 1$  entonces la fracción es positiva y  $p \lim_{n \rightarrow \infty} \hat{\beta} > \beta$   
 lo cual quiere decir que la aplicación de los M.C.D. son sesgados hacia arriba.

INTERACCIONES ENTRE EL ANALISIS MULTIPLICADOR Y EL  
PRINCIPIO DE ACELERACION

ALTERNATIVA I

El modelo que se usa es el siguiente\*:

- (1)  $Y_t = C_t + I_t + A_t$   
(2)  $C_t = a + b Y_{t-1}$   
(3)  $I_t = d + \delta(Y_{t-1} - Y_{t-2})$

en donde

Y - es el Ingreso Nacional

C<sub>t</sub> - es el Consumo Privado

I - es la Inversion Bruta Total

t - es el tiempo en años

t-i - es un retraso de i años.

A<sub>t</sub> - está definida a partir de la relación (1)

b - propensión marginal al consumo

δ - acelerador

La relación (1) es obtenida por definición; y las relaciones (2) y (3) se obtienen por el método bietápico.- Para ello se sigue el método propuesto por Bassman y Theil que consiste en estimar  $Y_t$  en función de  $Y_{t-1}$ ,  $Y_{t-2}$  y  $A_t$

$$\hat{Y} = -3471.3779 + 1.0365 Y_{t-1} + 0.0398 Y_{t-2} - 0.2140 A_t$$

---

\* Ver P.A. Samuelson: "Interactions between the Multiplier Analisis and the Principle of acceleration". The Review of Economic Statistics, vol. 21 (May 1939), pp.75-78.

Con los valores de  $\hat{Y}_t$  del período anterior se estima C y  $I_t$

$$C_t = 4362.6332 + 0.8906 \hat{Y}_{t-1}$$

$$I_t = 14748.4829 + 2.2020 (\hat{Y}_{t-1} - \hat{Y}_{t-2})$$

en donde " ^ " indica, la estimada de la variable.

Los datos que se usaron para estimar estas ecuaciones se presentan en el Cuadro No. 1.

Sustituyendo las ecuaciones (2) y (3) en la ecuación - (1) se tiene.

$$\begin{aligned} Y_t &= a + bY_{t-1} + d + \delta Y_{t-1} - \sigma Y_{t-2} + A_t \\ &= (a + d + A_t) + (b + \delta) Y_{t-1} - \sigma Y_{t-2} \\ &= K + \delta Y_{t-1} - \sigma Y_{t-2} \end{aligned}$$

que es una ecuación en diferencias finitas de segundo orden y cuya solución es de la forma  $Y_t = Y_{\text{general}} + Y_{\text{particular}}$ ;

Para la solución general se hace  $Y_t = \lambda^t$  resolviendo, se obtiene

$\lambda_{1,2} = 1/2(\delta \pm \sqrt{\delta^2 - 4\sigma})$ , que son las soluciones generales de la ecuación.

$$\lambda^2 - \delta\lambda + \sigma = 0$$

Para la solución particular hacemos:

$$Y_t = Y_{t-1} = Y_{t-2} = Y$$

$$Y = K + \delta Y - \sigma Y$$

por lo que

$$Y_t = \frac{K}{1 - \delta + \sigma}$$

es una solución particular. Luego la solución general será

$$Y_t = M \lambda_{1,2}^t + \frac{K}{1 - \delta + \sigma}$$

con la condición

$$t = 0, Y_t = Y_0, \text{ se tiene } M = Y_0$$

y

$$Y_t = Y_0 \lambda_{1,2}^t + \frac{K}{1 - \delta + \sigma}$$

Sustituyendo las estimadas de los parámetros se tiene.

$$Y_t = 1911.0761 + A_t + 3.0926 Y_{t-1} - 2.2020 Y_{t-2}$$

La ecuación de segundo grado en  $\lambda$ , será

$$\lambda^2 - 3.0926 \lambda + 2.2020 = 0$$

cuyas soluciones son:

$$\lambda_1 = 1.9810$$

$$\lambda_2 = 1.1115$$

En el caso de que  $K \neq 0$  se tiene  $\frac{K}{1 - \delta + \sigma} = 174689 + 9.1407 A_t$

la solución general estará dada por

$$Y_t = 76792 \lambda_{1,2}^t + (174689 + 9.1407 A_t)$$

y substituyendo en (2) y (3), se tendrá

$$C_t = 159940.6566 + 8.140 A_{t-1} + 68390.9552 \lambda_{1,2}^{t-1}$$

$$I_t = 14748.4429 + 20.1262 (A_{t-1} - A_{t-2})$$

$$+ 169095.9840 (\lambda_{1,2}^{t-1} - \lambda_{1,2}^{t-2})$$

ALTERNATIVA II.

Las ecuaciones del modelo son

$$(1) Y_t = C_t + I_t + A_t$$

$$(2)$$

$$(3) \Delta I_t = \beta (Y_{t-1} - Y_{t-2})$$

en donde

-Y - es el Ingreso Nacional

C - es el Consumo Privado.

I - es la Inversión Bruta Total

t - es el tiempo en años.

t-i - es un retraso de i años.

Al igual que en la alternativa anterior la relación

(1) se obtiene por definición y las relaciones (2) y (3) se obtienen por el método bietápico.

Para las ecuaciones (2) y (3) las estimadas de los -  
parámetros son:  $\hat{\alpha} = 0.9082$  y  $\hat{\beta} = 3.5071$

por lo que

$$C_t = 0.9082 \hat{Y}_{t-1}$$

$$I_t = 3.5071 (\hat{Y}_{t-1} - Y_{t-2})$$

y los coeficientes de correlación son 0.9993 y 0.9623

para  $C_t$  y  $\hat{Y}_{t-1}$  e  $I_t$  y  $\hat{Y}_{t-1} - \hat{Y}_{t-2}$  respectivamente.

la ecuación estimada para  $Y_t$ , es la misma que en el caso anterior, a saber

$$Y_t = -3471.3779 + 1.0365 Y_{t-1} + 0.0398 Y_{t-2} - 0.2140 A_t$$

Sustituyendo las relaciones estimadas para

$C_t$ , e  $I_t$  en (1), se tiene

$$Y_t = 0.9082 Y_{t-1} + 3.5071 Y_{t-1} - 3.5071 Y_{t-2} + A_t$$

cuyas soluciones para

$$A_t = 0 \text{ y } \lambda^t = Y_t$$

son

$$\lambda_1 = 1.0356$$

$$\lambda_2 = 3.3796$$

que son las raíces de la ecuación

$$\lambda^2 - 4.4153 \lambda + 3.5071 = 0$$

por lo que

$$Y = Y_0 \lambda_{1,2}^t$$

en donde  $Y = Y_0$  para  $t = 0$ ,

para  $A_t = 0$ ,  $Y_t = Y_{t-1} = Y_{t-2} = Y$

$$Y_t = 10.8932 A_t$$

y la solución general está dada por

$$Y_t = 76792 \lambda_{1,2}^t + 10.8932 A_t$$

substituyendo en (2) y (3) se obtiene

$$C_t = 69742.4944 \lambda_{1,2}^{t-1} + 9.8932 A_{t-1}$$

$$I_t = 3317.2232 (\lambda_{1,2}^{t-1} - \lambda_{1,2}^{t-2}) -$$

$$-38.2035 (A_{t-1} - A_{t-2}).$$

El análisis que se sigue, de acuerdo con los valores obtenidos para el multiplicador (0.9082) y para el acelerador (3.5071), es que a un nivel constante de gasto gubernamental resultará en un ingreso nacional, siempre incrementado, eventualmente con una tasa de crecimiento de interés compuesto.

Un simple impulso de inversión neta, además hará tender al sistema hacia infinito a una tasa de crecimiento de interés compuesto.

Por otra parte, una simple unidad infinitesimal de desinversión conducirá siempre al sistema hacia abajo a una tasa incrementada. Esta es una situación altamente

inestable, pero corresponde más cercanamente al caso puro de inyectar dinero en la economía (Pump-Priming) donde el incremento total en el ingreso nacional no sostiene una - relación finita a los estímulos originales.

Secretaría de Hacienda y C.P.  
 Dirección de Programación y  
 Descentralización Administrativa.  
 Departamento de Sistemas.

Cuadro N° 1

(Millones de pesos a precios de 1960)

A Ñ O	INGRESO NACIONAL	CONSUMO PRIVADO	INVERSION BRUTA TOTAL	= $A_t$	IMPUESTO SOBRE LA RENTA	$\hat{Y}_t$	$\hat{Y}_{t-1} - \hat{Y}_{t-2}$
1950	76 792	75 340	12 499	- 11 047	1 606.3		
1951	82 673	80 367	13 619	- 11 313	2 090.2		
1952	85 985	78 253	16 437	- 8 705	2 339.3	87 146	
1953	86 090	83 473	15 403	- 12 786	1 865.5	91 687	4 541
1954	95 173	86 586	18 699	- 10 112	1 863.7	91 356	-331
1955	103 576	89 807	20 991	- 7 222	2 611.7	100 156	8 800
1956	110 385	94 146	24 663	- 8 424	3 065.7	109 485	9 329
1957	118 752	106 099	24 283	- 11 630	3 110.7	117 564	8 079
1958	125 205	109 346	23 510	- 7 651	2 980.2	125 657	8 093
1959	128 877	112 960	23 302	- 7 385	3 206.9	132 622	6 965
1960	139 084	116 197	30 209	- 7 322	3 628.1	136 672	4 050
1961	143 916	125 420	27 863	- 9 367	3 963.9	147 836	11 074
1962	151 107	131 189	27 395	- 7 477	4 448.1	152 847	5 011
1963	160 628	138 305	34 896	- 12 573	5 044.4	161 584	8 737
1964	176 849	155 222	39 756	- 18 129	6 320.1	172 928	11 344
1965	186 418	159 492	41 931	- 15 005	7 325.8	189 453	16 525
1966	200 489	166 135	47 081	- 12 727	7 023.4	199 531	10 078
1967	213 380	176 618	48 997	- 12 235	7 957.5	214 392	14 861
1968	228 399	188 749	52 081	- 12 431	9 122.7	228 357	13 965
1969	245 055	202 938	53 114	- 10 997	10 216.6	244 131	15 774
1970		225 685	57 436		10 932.9		

Fuente: "La Economía en Cifras." Nacional Financiera 1970.

Interacciones entre el análisis del multiplicador y el principio de aceleración.

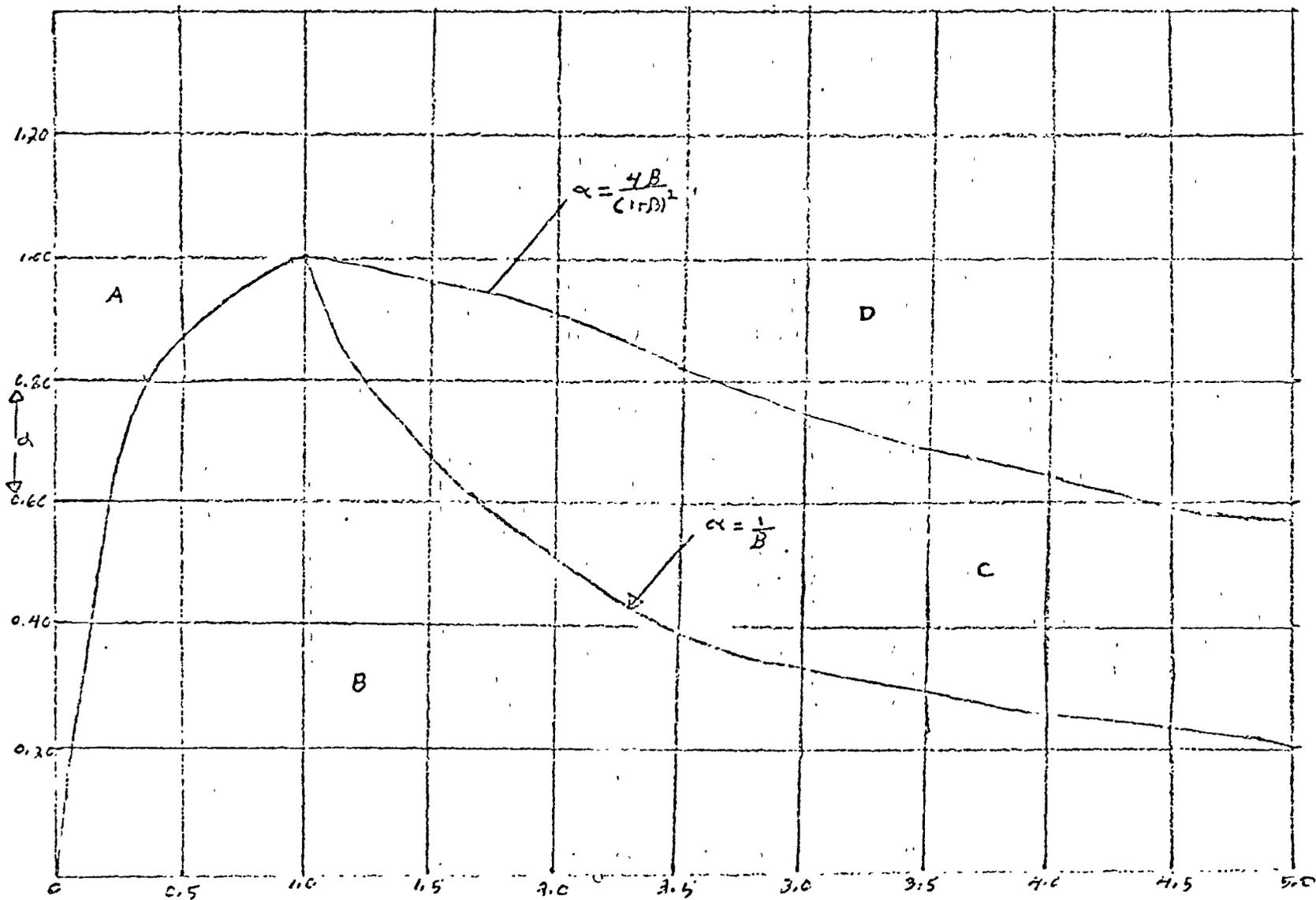


Diagrama de los límites de las regiones que producen un comportamiento cualitativo diferente del ingreso nacional.

## LISTA DE SÍMBOLOS UTILIZADOS

<i>Símbolos</i>	<i>C o n c e p t o</i>
P	Producto bruto interno a precios de 1950
K	Capital fijo reproducible valuado a precios de 1950
L	Población económicamente activa
C <sub>G</sub>	Gastos corrientes del gobierno a precios de 1950
C <sub>P</sub>	Consumo privado a precios de 1950
E	Exportaciones totales de bienes y servicios a precios de 1950
F <sub>1</sub>	Exportaciones de mercancías
F <sub>2</sub>	Ingresos por turismo y transacciones fronterizas
M	Importaciones totales de bienes y servicios a precios de 1950
S <sub>1</sub>	Importaciones de bienes de consumo
S <sub>2</sub>	Importaciones de bienes intermedios
S <sub>3</sub>	Importaciones de materiales de construcción
S <sub>4</sub>	Importaciones de bienes de capital para la industria
S <sub>5</sub>	Importaciones de bienes de capital para la agricultura y el transporte
S <sub>6</sub>	Egresos en perímetros libres
S <sub>7</sub>	Egresos por turismo
S <sub>8</sub>	Importaciones de combustible y lubricantes
I	Inversión bruta fija a precios de 1950
P <sub>K</sub>	Participación del factor capital en el producto
P <sub>L</sub>	Participación del factor mano de obra en el producto
Y	Producto bruto interno a precios corrientes
N <sub>m</sub>	Índice de precios de las importaciones
N <sub>p</sub>	Nivel general de precios
t	Tiempo
d	Coefficiente de depreciación del capital fijo reproducible
P <sub>t</sub> *	Valor calculado del producto bruto interno a precios de 1950
p	Producto por hombre ocupado
k	Capital por hombre ocupado
r	Coefficiente de cambio tecnológico
U <sub>it</sub>	Términos aleatorios

2.0 *Las relaciones del modelo*

El modelo consta de 19 relaciones de comportamiento, tecnológicas y de definición, que constituyen un sistema completo en cuanto que contiene el número necesario de ecuaciones para determinar los valores de las incógnitas o variables endógenas (producto, consumo privado, gasto corriente del gobierno, importaciones y formación de capital), en función de las variables predeterminadas o exógenas (crecimiento de la mano de obra y exportaciones).

Sin embargo, no debe interpretarse como un sistema exacto de ecuaciones, sino como uno de carácter probabilístico. En efecto, como ocurre en todos los modelos basados en observaciones empíricas, es necesario considerar las alteraciones atribuibles a los componentes o términos aleatorios ( $U_{it}$ ) y tomar en cuenta que la estimación de los parámetros está sujeta a errores de muestra. En ese sentido, las proyecciones deben tomarse más que como valores únicos, como valores probables sujetos a determinado rango de variabilidad.

En vista de las consideraciones expuestas, conviene incluir una breve descripción de cada una de las ecuaciones incorporadas en el modelo y hacer explícitas las consideraciones que determinaron su selección, así como algunos de los problemas de estimación que se encontraron en el desarrollo del trabajo.

2.1 *Definición del producto*

A partir de la igualdad contable entre valor agregado e ingreso se ha definido el producto interno bruto en función de la utilización anual del gasto en consumo privado, consumo del gobierno, inversión bruta fija y exportaciones. Al total anterior se deducen las importaciones por estar incorporadas en la producción o en los renglones antes anotados.

De esa manera y evaluando cada uno de los componentes a precios de 1950, se obtiene la conocida expresión contable:

$$P_t = C_{pt} + C_{gt} + I_t + E_t - M_t$$

2.2 *La demanda de bienes de consumo*

En los países en proceso de desarrollo, los cambios en el gasto miliar en bienes y servicios de consumo dependen primordial-

CUADRO 2  
SUMARIO DE LAS ECUACIONES DEL MODELO

Núm.	Descripción	Ecuación	R
1	Definición del producto	$P_t = C_{gt} + C_{Pt} + I_t + E_t - M_t$	
2	Demanda de consumo	$C_{Pt} = 1903.7 + 0.7434 P_t^* + U_{1t}$	0.9902
3	Gasto corriente del gobierno	$\log C_{gt} = 3.65321 + 0.028141 t + U_{2t}$	0.989
4	Demanda de exportaciones de mercaderías	$E_{1t} = 9327.1 (1.045)^t$	
5	Demanda por servs. de turismo transacciones fronterizas	$E_{2t} = 4603.6 (1.07)^t$ o bien $E_{2t} = 4603.6 (1.061)^t$	
6	Definición de import. Totales	$M_t = \sum_{i=1}^8 S_{it}$	
7	Import. de bienes de consumo	$\log S_{1t} = 2.724166 + 0.000002505 P_t^* + U_{3t}$	0.660
8	Import. de bienes intermedios	$\log S_{2t} = -2.1657187 + 1.162194 \log P_t^* + U_{4t}$	0.966
9	Import. de mat. para la construcción	$\log S_{3t} = 2.45809 - 0.02658 t + U_{5t}$	0.760
10	Import. de bienes de capital para la industria	$\log S_{4t} = -1.221638 + 1.08587 \log I_t + U_{6t}$	0.938
11	Import. de bienes de capital para la agr. y transportes	$S_{5t} = -4879.8 + 1357.65 \log I_t + U_{7t}$	0.920
12	Egresos en perímetros libres	$\log S_{6t} = 2.914018 + 0.012989 t + U_{8t}$	0.857
13	Egresos por turismo	$\log S_{7t} = -3.223399 + 1.332391 \log P_t^* + U_{9t}$	0.978
14	Import. de comb. y lubricantes	$S_{8t} = 188.1$	
15	Definición de capital	$K_t = I_t + (1-d) K_{t-1}; d = 0.025$	
16	Función de producción	$P_t = 50.3329 (1.0166)^t K^{0.5166} L^{0.4834}$	
17	Oferta de trabajo	$L_t = 13\ 648 (1.034)^t$	
18	Índice de precios de las importaciones	$m_t = 160.1 + 3.3154 t + U_{10t}$	
19	Índice general de precios	$N_{Pt} = -7093.846 + 0.36\ 2596 N_{Pt-1} + 44.9618 N_{mt-1} - 143.9732 t + U_{11t}$	0.9986

NOTA: los coeficientes de correlación así como las desviaciones estándar de los parámetros aceptarán en todos los casos un nivel de confianza del 90%, con las pruebas F (Fischer) y T (Student).



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



## ANALISIS DE INVERSIONES

### EJEMPLO HIPOTETICO

Men + JESUS ACOSTA FLORES

EJEMPLO HIPOTETICO.

La Compañía Fres. S.A. tiene la concesión para explotar los yacimientos mineros de Naica que se localizan en la parte centro-sur del estado de Chihuahua aproximadamente a 110 kilómetros al sureste de la capital del estado.

La explotación se efectúa utilizando el sistema de corte y relleno con un costo de \$ 10.65/ tonelada tumbada

En la planta de beneficio de la misma compañía se tratan por el método de flotación selectiva 45 000 toneladas de mineral por mes, provenientes exclusivamente de las minas de Naica.

Mensualmente se obtiene un total aproximado de 3 500 toneladas de concentrados de plomo con las leyes siguientes

<u>Gramos/Ton</u>		<u>%</u>			
Oro	Plata	Plomo	Zinc	Cobre	Fierro
1.09	19	64.9	3.90	4.13	6.89

Los concentrados de zinc que salen de la planta mensualmente suman aproximadamente 2700 toneladas con los valores siguientes.

<u>Gramos/Ton</u>		<u>%</u>			
Oro	Plata	Plomo	Zinc	Cobre	Fierro
0.27	71	1.20	53.7	0.70	8.75

La planta de beneficio opera con un costo aproximado de \$ 14.75 por tonelada de mineral beneficiado el cual se desglosa a continuación:

	Mano de obra	Material	Energía Eléctrica	Total
Sección de quebradoras	0.50	0.62	0.38	1.50
Sección de molinos	0.25	2.25	1.63	4.13
Sección de flotación	1.25	4.50	0.87	6.62
Abastecimiento de agua, muestreo y ensayos, supervisión presa de jales y oficinas	1.87	0.38	0.25	2.50
	<u>3.87</u>	<u>7.75</u>	<u>3.13</u>	<u>14.75</u>

#### PROYECTOS DE INVERSIÓN.

I) Se propone la formación de un complejo industrial compuesto por cuatro fábricas, una para obtener zinc metálico y las otras tres para producir abono nitrogenado. Las cuatro unidades son:

- 1) Unidad productora de zinc
- 2) Unidad productora de ácido sulfúrico
- 3) Fábrica de amoníaco
- 4) Fábrica de abonos, en la que el amoníaco se combina con el ácido sulfúrico para producir sulfato de amonio

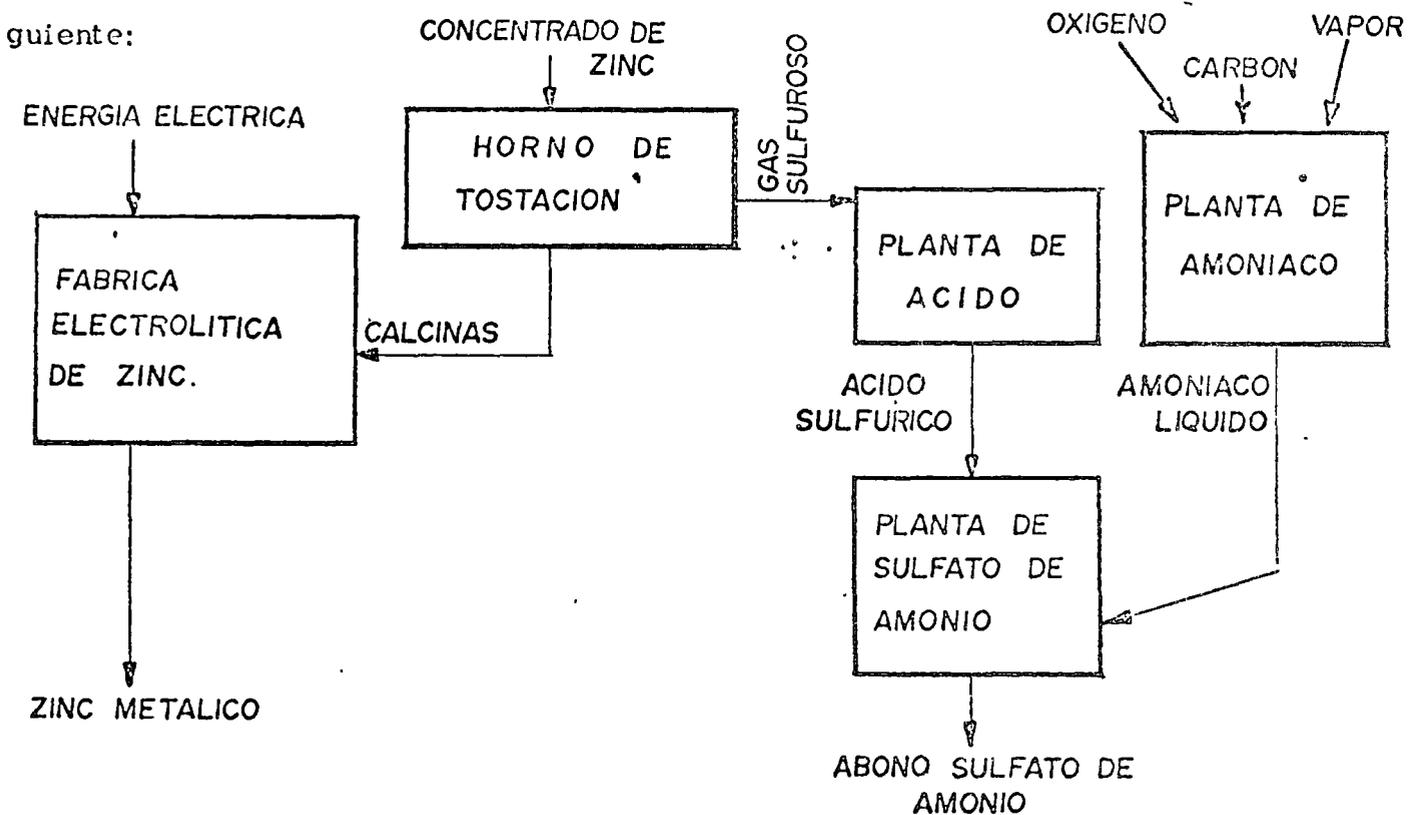
Los concentrados de zinc contienen azufre que es necesario eliminar antes de proceder a la separación del zinc. La eliminación se realiza en un proceso de tostación mediante el cual el azufre se desprende en forma de gas sulfuroso. La disipación de este último en la atmósfera crea

serios problemas. Este inconveniente se soluciona aprovechando los gases de la tostación para producir ácido sulfúrico. La disponibilidad de ácido sulfúrico y las necesidades de abonos nitrogenados llevaron a abordar conjuntamente el estudio de una planta de sulfato de amonio.

Se tratarán de producir diariamente 50 toneladas de zinc metálico. La capacidad de la fábrica de ácido permitirá aprovechar todos los gases sulfurosos resultantes en la producción de zinc; la fábrica de abonos, para convertir el ácido y el amoniaco en sulfato de amonio, trabajará a razón de 269 toneladas por día.

Después de hacer la tostación de los concentrados, se lixivian para producir una solución de zinc que a su vez se somete a un proceso electrolítico a fin de recuperar el ácido y producir zinc metálico.

El complejo industrial se explica esquemáticamente en la figura siguiente:



La inversión necesaria se especifica en el cuadro siguiente:

Fábrica de zinc .....	180 millones de pesos
Planta de ácido sulfúrico .....	52 millones de pesos
Planta de amoníaco.....	120 millones de pesos
Planta de sulfato de amonio.....	13 millones de pesos

los costos de producción son:

	Producción diaria (Ton)	Costo por tonelada \$
Fábrica de zinc	50	720.00
Fábrica de ácido sulfúrico	205	60.00
Fábrica de amoníaco	73	760.00
Fábrica de sulfato de amonio	269	110.00

II) La compañía posee el yacimiento de San Antonio en Sonora a 140 kilómetros de hermosillo. Actualmente se ha detenido la explotación del tungsteno en ese yacimiento porque se trabajaría con pérdida. La compañía la Perla desea adquirirlo pagando \$ 500 000.00.

Los estudios geológicos muestran lo siguiente:

		Ley	Probabilidad
100 000	Ton	1 %	0.5
500 000	Ton	0.5 %	
4 000 000	Ton	0.25%	
300 000	Ton	1 %	0.25
500 000	Ton	0.5 %	
3 800 000	Ton	0.25%	
1 000 000	Ton	1 %	0.25
2 000 000	Ton	0.5 %	
3 600 000	Ton	0.25%	

Se ha calculado también que para continuar la explotación es necesaria la siguiente inversión.

Mina	2 millones de pesos
Bombeo	3 millones de pesos
Socavón y locomotora	5 millones de pesos
Planta de beneficio	48 millones de pesos
Campamento	<u>7</u> millones de pesos
Total	65 millones de pesos.

El costo de operación es de \$ 61.00 /Ton extraída.

Se desea desarrollar la planeación estratégica de esta empresa - Fres. S.A. por lo que se ha llamado a la Compañía Consultora Plafinera.

La cual inició el estudio con el subsistema de información.

#### 10. Etapa de planeación.

I. Se le preguntó a la gerencia qué era lo que buscaba .

La Compañía Fres. S.A. especificó claramente que lo que quería era un reporte que estableciera

1. Las decisiones de inversión
2. La política de dividendos
3. Las fuentes de financiamiento, las cantidades pedidas y la fecha en que se deben tener.
4. El costo del capital.

La frecuencia de los reportes debe ser anual pero debe tener

la flexibilidad suficiente para analizar las alternativas posibles de inversión y financiamiento que pueden surgir.

II. Cuando se le preguntó a la gerencia cuándo necesitaba que el sistema estuviera operando integralmente contestó que dentro de cuatro meses.

III. Los datos que se requieren son el estado de Fres.S.A., las inversiones alternativas, tiempo de instalación y puesta en marcha, precio y demanda de la producción, fuentes de financiamiento, curva de preferencia y la determinación de cuáles variables se considerarán como deterministas y cuáles como aleatorias. Esta información pasará al subsistema de optimización quien generará los datos para poder elaborar los reportes que se requieren.

## 2o. Etapa de evaluación

Los desarrollará la Cía Plafinsa.

Costo de desarrollo \$ 100 000.00

Costo de operación 1 000.00 / mes . Plafinsa entrenará al personal de Fres. S.A. para que opere el sistema.

En este punto el gerente de Fres.S.A. consideró que los beneficios potenciales serían mayores que el costo por lo que se prosiguió con el estudio.

3o Etapa de diseño. Se especifica que los reportes del sistema serán impresos. Los datos de entrada, decisiones sugeridas y acciones tomadas se guardarán en un disco del que se pueden recuperar o modificar en cuanto se tenga nueva información.

4o Etapa de operación.

Los datos que se han recopilado son:

i) De la empresa Fres. S.A.

BALANCE GENERAL AL 31 DE DICIEMBRE DE 1974.

ACTIVO

CIRCULANTE:

CAJA Y BANCOS	\$ 500 000.00
CUENTAS POR COBRAR	7 000 000.00
INVENTARIOS	5 000 000.00
	<u>\$ 12 500 000.00</u>

FIJO:

TERRENOS	\$ 2 000 000.00
EDIFICIO	1 000 000.00
MAQUINARIA	5 000 000.00
	<u>\$ 8 000 000.00</u>

TOTAL..... \$ 20 500 000.00

PASIVO

CIRCULANTE:

PRESTAMOS BANCARIOS	2 000 000.00
PROVEEDORES Y CUENTAS POR PAGAR	2 000 000.00
	<u>4 000 000.00</u>

A LARGO PLAZO:

6 000 000.00

CAPITAL

CAPITAL SOCIAL	\$ 5 000 000.00
RESERVA LEGAL	600 000.00
UTILIDADES ACUMULADAS	<u>4 900 000.00</u>
	<u>\$ 10 500 000.00</u>
TOTAL.....	\$ 20 500 000.00

El préstamo a largo plazo se tiene con una tasa de interés del 6% y un plazo de 6 años para pagarlo.

ESTADO DE RESULTADOS DE LA CIA. FRES. S.A. DURANTE EL AÑO DE 1974.

Venta de concentrados

plomo	27 258 Ton	a \$ 614.00 / Ton	=	16 902 192
zinc	17 400 Ton	a \$ 3,814.00 / Ton.	=	<u>66 363 600</u>
				83 265 792

Costos

mina	540 000 Ton	a \$ 65.00/Ton	35 100 000.00
planta	540 000 Ton	a \$ 45.00/Ton	24 300 000.00
Gastos administrativos			6 000 000.00
Gastos generales			<u>4 000 000.00</u>
			69 400 000.00
Reservas			4 900 000.00
Utilidad			8 965 792.00

Trabajando a esta capacidad, se estima que las reservas durarán

8 años con probabilidad de 0.1

7 años con probabilidad de 0.6

6 años con probabilidad de 0.3

Se entrevistó al gerente de Fres. S.A. para determinar su función utilidad.

Se encontró que tiene aversión constante al riesgo, estando definida su

función utilidad como  $u(x) = 1 - e^{-\frac{x}{1000}}$  donde  $x$  tiene como unidades miles de pesos.

Si se decide realizar el proyecto 1 de inversión se venderá maquinaria por un valor de \$ 4 000 000.00.

ii) El tiempo de instalación y puesta en marcha de los proyectos será de un año.

iii) Las fuentes de financiamiento serán internas: emisión de acciones ordinarias y preferentes, externas: bancos para préstamos a corto plazo y financieras para los préstamos a largo plazo. (Comisión de fomento minero, Banco minero, Nacional Financiera, etc.).

iv) Se ha analizado que los costos pueden considerarse como variables deterministas y que los productos tienen gran demanda en el mercado internacional, por lo que ésta no será un factor limitante en la producción. Los precios de venta que se consideran aleatorios si pueden en un momento dado frenar la producción, ya que se sigue como política no producir nada abajo del punto de equilibrio.

Se presentan a continuación la media y la desviación estándar que se ha estimado para los años 1975 a 1985 de los precios de venta.

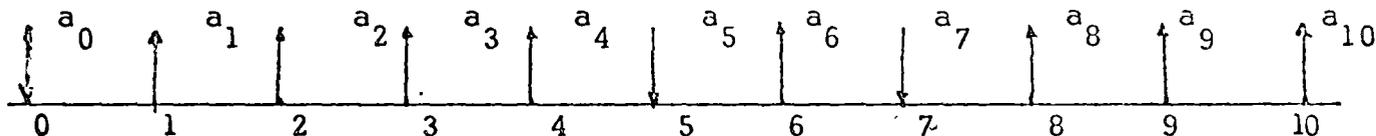
	\$/Ton zinc		\$/Ton Plomo		\$/Ton Tungsteno		\$/Ton Acido Sulfúrico		\$/Ton Amoníaco		\$/Ton Sulfato de amonio	
	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$
1975	3814	100	614	25	44700	2000	280	10	882	30	1630	65
1976	3900	110	615	27	45400	2100	281	10	885	32	1635	67
1977	4000	130	616	29	46100	2300	282	12	890	34	1640	70
1978	4100	150	617	33	46700	2500	283	12	895	36	1650	73
1979	4100	160	619	37	47300	3000	284	14	900	40	1670	77
1980	4150	170	620	40	47900	3600	285	14	920	42	1695	85
1981	4200	200	623	45	48600	4300	286	16	930	44	1710	88
1982	4250	220	629	50	49200	5000	287	16	940	46	1740	93
1983	4300	250	638	53	49900	5300	291	18	950	48	1760	96
1984	4300	270	654	58	50600	5800	298	18	955	48	1780	98
1985	4500	400	675	65	51300	6000	310	20	960	50	1800	100

## PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION.

En el subsistema de optimización se requieren los coeficientes  $p_a$  para la función objetivo.

El criterio que se utilizará para seleccionar las estrategias a seguir es el de sugerir aquellas que maximicen el equivalente bajo certeza, o sea se trata de maximizar  $u^{-1} E u(VPN)$ , donde  $E u(VPN)$  es la esperanza de la utilidad del valor presente neto y  $u^{-1}(e)$  proporciona la cantidad que corresponde a esa utilidad.

Así el flujo de dinero correspondiente a un conjunto de inversiones se representa de la manera siguiente.



$$VPN = \sum_{i=0}^n \frac{\tilde{a}_i}{(1+r)^i}$$

donde  $a_i$  es la cantidad neta que se tiene como resultado de las diferentes inversiones. Luego,  $\tilde{a}_i$  es una variable aleatoria que es suma de otras variables aleatorias. Observando que VPN tiene un número grande de sumandos, se le puede aproximar a su distribución de probabilidad una distribución normal. con media

$$E(VPN) = \sum_{i=0}^n \frac{E(a_i)}{(1+r)^i} \quad \text{y variancia}$$

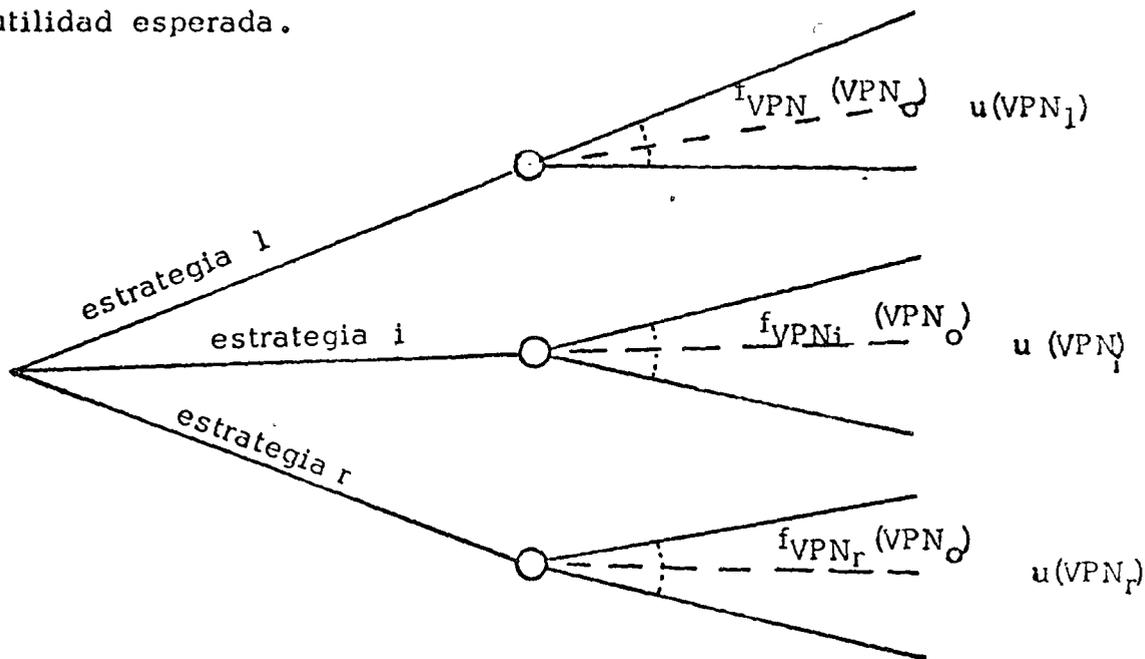
$$\sigma_{VPN}^2 = \sum_{i=0}^n \frac{1}{(1+r)^{2i}} \sigma_{a_i}^2 + 2 \sum_{i=0}^n \sum_{j=i+1}^n \frac{1}{(1+r)^i} \frac{1}{(1+r)^j} \text{Cov}(a_i, a_j)$$

como  $e_{ij} = \frac{\text{Cov}(a_i, a_j)}{\sigma_{a_i} \sigma_{a_j}}$

entonces 
$$\sigma_{VPN}^2 = \sum_{i=0}^n \frac{1}{(1+r)^{2i}} \sigma_{a_i}^2 + 2 \sum_{i=0}^n \sum_{j=i+1}^n \frac{\sigma_{a_i}}{(1+r)^i} \frac{\sigma_{a_j}}{(1+r)^j} e_{ij}$$

Su función densidad será 
$$f_{VPN}(VPN_0) = \frac{e^{-[VPN_0 - E(EPN)]^2 / 2 \sigma_{VPN}^2}}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_{VPN}}$$

teniéndose así el problema de seleccionar la estrategia que maximice la utilidad esperada.



entonces :  $E u ( VPN ) = \int_{VPN_0 = -\infty}^{\infty} u(VPN_0) f_{VPN} (VPN_0) d VPN_0 =$

$$= \int_{VPN_0 = -\infty}^{\infty} \frac{(1 - e^{-\frac{VPN_0}{c}})}{2} e^{-\frac{[VPN_0 - E(VPN)]^2}{2\sigma_{VPN}^2}} \sigma_{VPN}^2 d VPN_0$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{VPN}} \int_{VPN_0 = -\infty}^{\infty} e^{-\frac{(VPN_0 - E(VPN))^2}{2\sigma_{VPN}^2}} \sigma_{VPN}^2 d VPN_0 - \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{VPN}}$$

$$\int_{VPN_0 = -\infty}^{\infty} e^{-\frac{VPN_0}{c}} e^{-\frac{[VPN_0 - E(VPN)]^2}{2\sigma_{VPN}^2}} \sigma_{VPN}^2 d_{2} VPN_0$$

$$= 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{VPN_0}} \int_{VPN_0 = -\infty}^{\infty} e^{-\frac{1}{2\sigma_{VPN}^2} \left\{ \left[ VPN_0 + \frac{\sigma_{VPN}^2}{c} - E(VPN) \right]^2 \right\}} \frac{\sigma_{VPN}^4}{c^2}$$

$$+ 2 \frac{E(VPN)}{c} \sigma_{VPN}^2$$

$$d VPN_0 = 1 - e^{-\frac{\sigma_{VPN}^2}{2c^2} - \frac{E(VPN)}{c}}$$

Como el equivalente bajo certeza EC, es indiferente con la lotería, su utilidad sera igual a la utilidad esperada de la lotería

$$u (EC) = E u (VPN) = 1 - e^{-\frac{\sigma_{VPN}^2}{2c^2} - \frac{E(VPN)}{c}}$$

... (1)

por ser la utilidad exponencial negativa

$$u(EC) = 1 - e^{-\frac{EC}{c}} \quad \dots (2)$$

igualando (1) y (2)

$$1 - e^{-\frac{EC}{c}} = 1 - e^{-\frac{\sigma_{VPN}^2}{2c^2}} = \frac{E(VPN)}{c}$$

despejando EC

$$EC = E(VPN) - \frac{1}{2c} \sigma_{VPN}^2$$

o sea

$$EC = \sum_{i=0}^n \left[ \frac{E(a_i)}{(1+r)^i} - \frac{\sigma_{a_i}^2}{2c(1+r)^{2i}} \right] - \frac{1}{c} \sum_{i=0}^n \sum_{j=i+1}^n$$

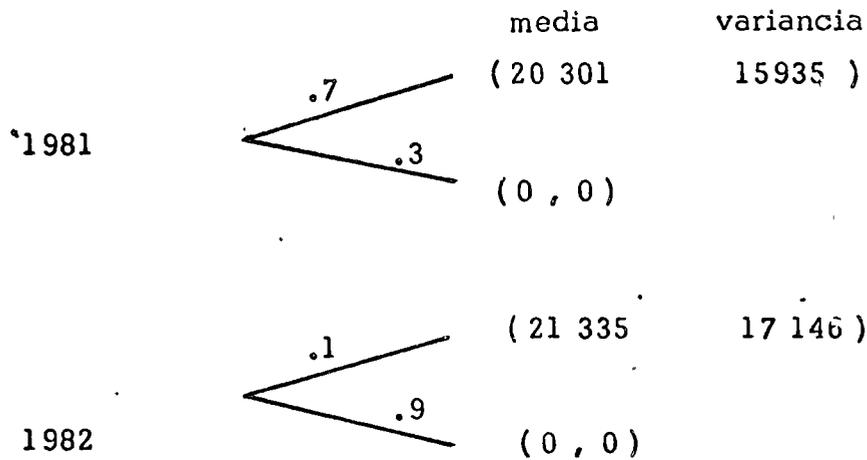
$$\frac{\sigma_{a_i} \sigma_{a_j} e_{ij}}{(1+r)^i (1+r)^j}$$

Se procederá ahora a determinar los flujos de dinero de las diferentes estrategias.

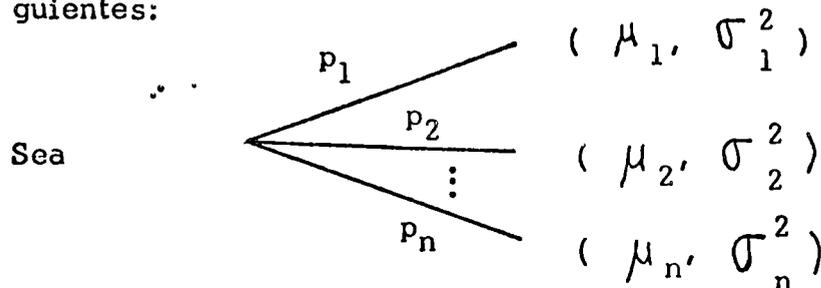
A. Estrategia de momento. Si se continúa con la situación actual se tendrán las medias y variancias para los años de 1975 a 1980 en miles de pesos.

Media miles \$	8500	13340	14863	16630	18398	18452	13349
	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
variancia (miles de \$) <sup>2</sup>	0	7816	9164	10815	12027	13376	13678

Puesto que existe incertidumbre sobre las reservas de mineral para los años 1981 y 1982 se tiene la situación siguiente



Para la obtención de la media y la variancia se efectúan los cálculos siguientes:



La media  $\mu$  es igual a 
$$\mu = E(\mu_i) = \sum_{i=1}^n p_i \mu_i$$

y la variancia 
$$\sigma^2 = \sigma_{\mu}^2 + E(\sigma_i^2)$$

$$= \sum_{i=1}^n p_i \mu_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n p_i \mu_i \right)^2 + \sum_{i=1}^n p_i \sigma_i^2$$

$$= \sum_{i=1}^n p_i (\mu_i^2 + \sigma_i^2) - \left( \sum_{i=1}^n p_i \mu_i \right)^2$$

Así

	media	variancia
1981	14 211	86 558 580
1982	2 134	40 965 981

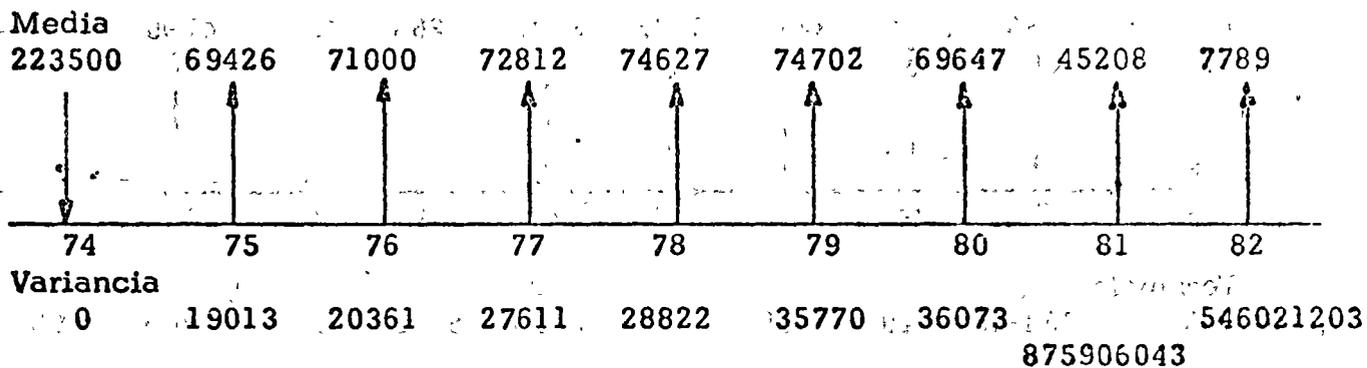
miles de \$                      (miles de \$)<sup>2</sup>

**B. Estrategias de desarrollo.**

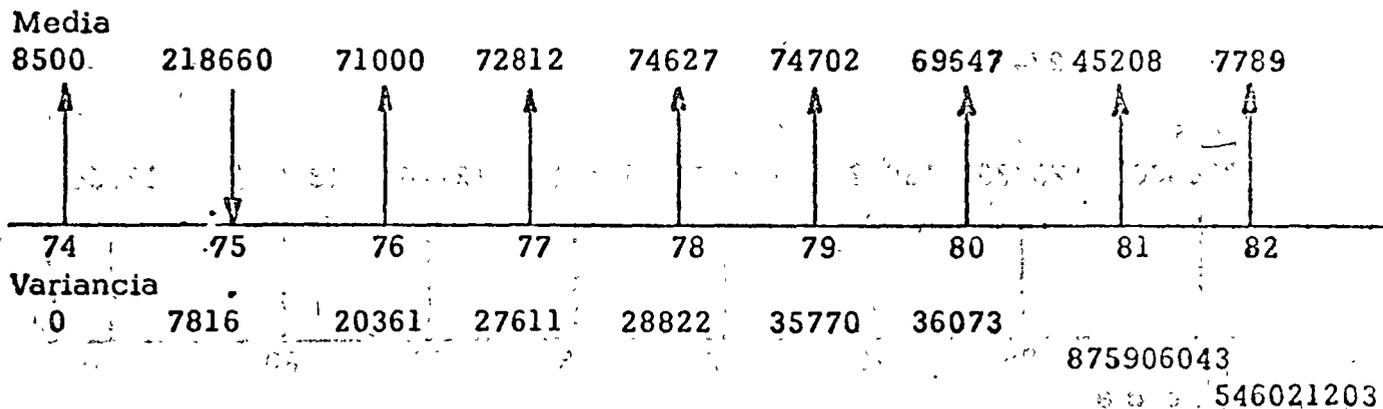
Son las siguientes:

i) Fábrica de zinc y Fábrica de ácido sulfúrico.

Inicio en 1974

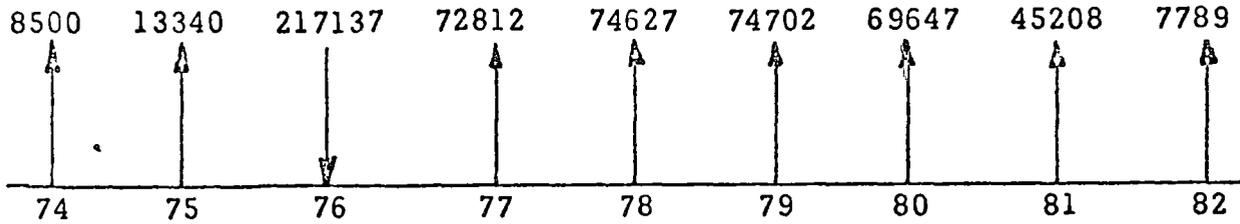


Inicio en 1975.

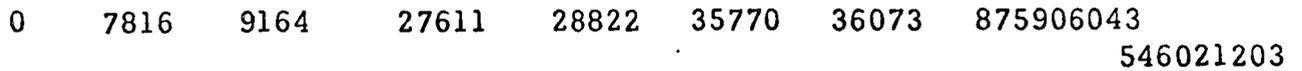


Inicio en 1976

Media

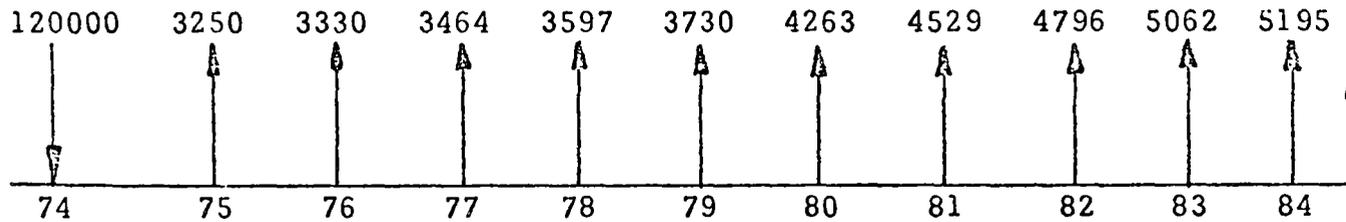


Variancia

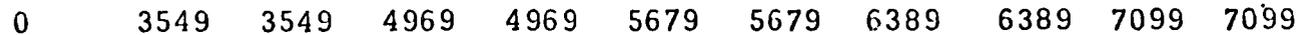


ii) Fábrica de Amoníaco.

Media



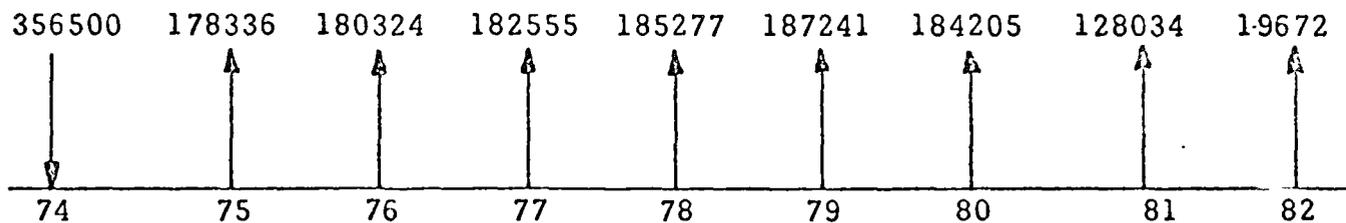
Variancia



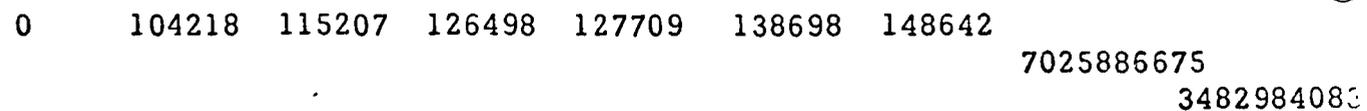
iii) Fábrica de zinc, Fábrica de ácido sulfúrico, fábrica de amoníaco y fábrica de sulfato de amonio

Inicio en 1974.

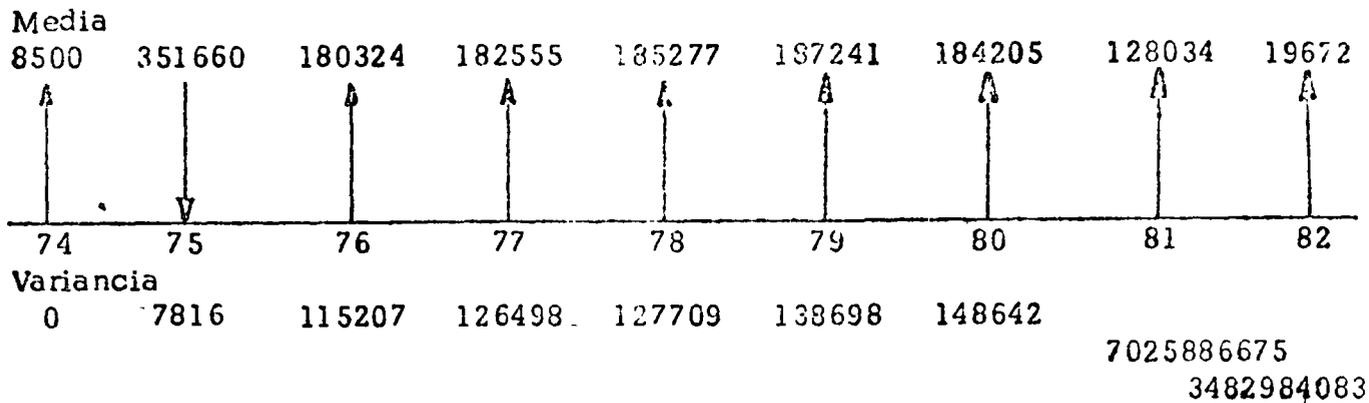
Media



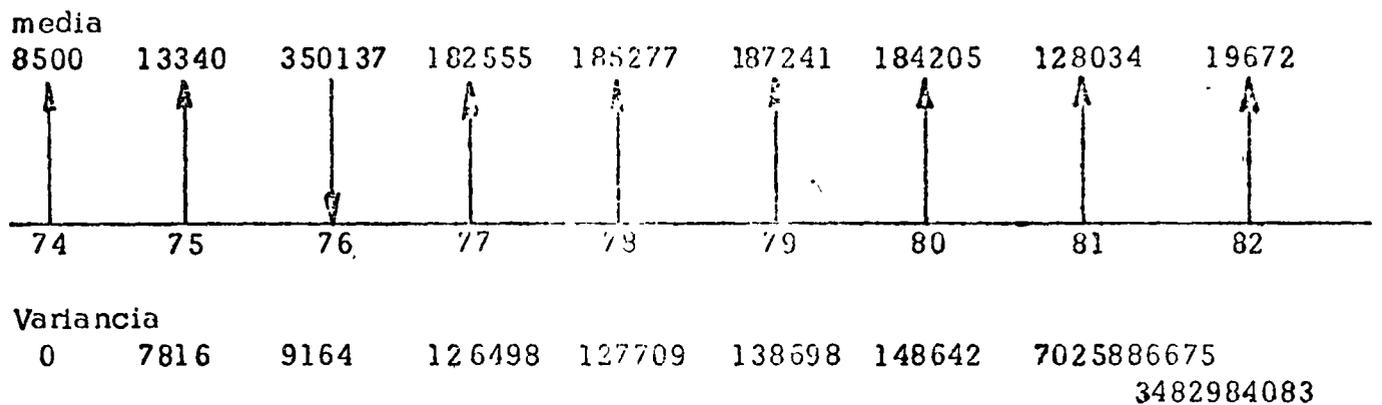
Variancia



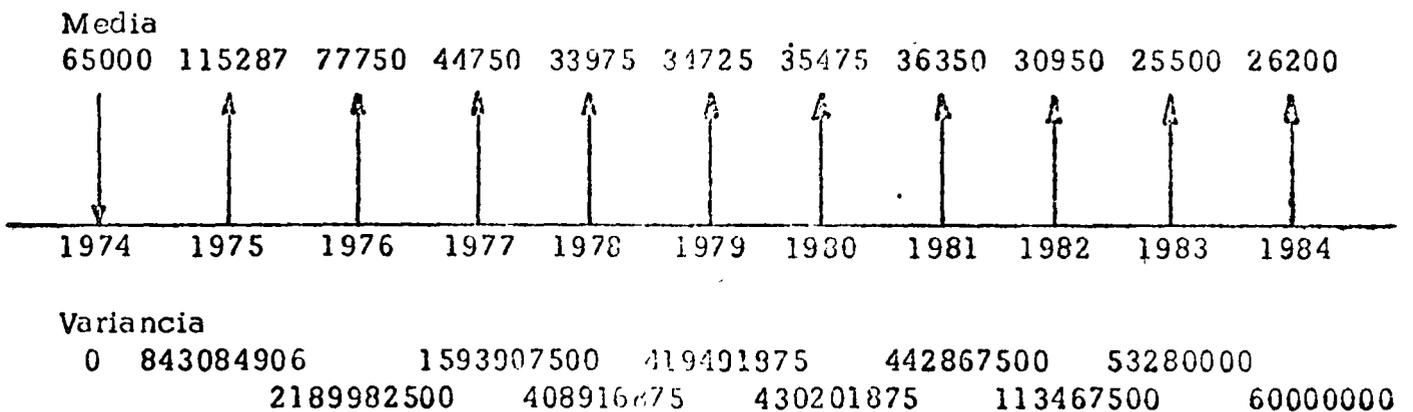
Inicio en 1975



Inicio en 1976



i v . Explotar el yacimiento de Tungsteno de Sn. Antonio



## SUBSISTEMA DE OPTIMIZACION

Se trata de un modelo de programación mixta con incertidumbre en la función objetivo y en las restricciones.

1) Función objetivo. Se desea maximizar el equivalente bajo certeza del valor presente neto de la organización.

$$\max Z = \sum_{j=1}^n EC_j X_j$$

Donde las  $X_j$  son variables binarias y  $EC_j$  es el equivalente bajo certeza asociado a  $X_j$ .

$$X_1 = \begin{cases} 1 & \text{se continúa con la situación actual No.} \\ 0 & \end{cases}$$

$$EC_1 = E(VPN_1) - \frac{1}{2c} \sigma_{VPN_1}^2$$

$$= 80\ 310 - \frac{24\ 424\ 000}{20\ 000}$$

$$= 80\ 310 - 1221.2$$

$$= 68099$$

$$X_2 = \begin{cases} 1 & \text{Instalación de fábrica de zinc y fábrica de ácido sulfúrico en 1974.} \\ 0 & \text{no se efectúa dicha instalación.} \end{cases}$$

$$EC_2 = E(VPN_2) - \frac{1}{2c} \sigma_{VPN_2}^2$$

$$= 95\ 610 - \frac{268\ 390\ 000}{20\ 000} = 95\ 610 - 13419.0$$

$$X_3 = \begin{cases} 1 & \text{Instalación de fábricas de zinc y de ácido sulfúrico en 1975} \\ 0 & \text{No se efectúa la instalación.} \end{cases}$$

$$EC_3 = E(VPN_3) - \frac{1}{2c} \sigma_{VPN_3}^2 = 70\ 390 - \frac{267970000}{20\ 000}$$

$$= 70\ 390 - 13398 = 56992$$

$$x_4 = \begin{cases} 1 & \text{Instalación de fábricas de zinc y de ácido sulfúrico en 1976} \\ 0 & \text{No se efectuó la instalación.} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} EC_4 &= E(VPN_4) - \frac{1}{2c} \int_0^2 VPN_4 \\ &= 47\ 832 - \frac{268\ 370\ 000}{20\ 000} = 47832 - 134\ 18.5 \\ &= 34\ 413 \end{aligned}$$

$$x_5 = \begin{cases} 1 & \text{Instalación de la fábrica de amoníaco. en 1974} \\ 0 & \text{No se efectúa la instalación} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} EC_5 &= E(VPN_5) - \frac{1}{2c} \int_0^2 VPN_5 \\ &= -97\ 930 - \frac{1}{20000} 16\ 904 = -97\ 930 - 0.845 \\ &= -97\ 931 \end{aligned}$$

$$x_6 = \begin{cases} 1 & \text{Fábricas de zinc, ácido sulfúrico, amoníaco y sulfato de amonio, iniciándose en 1974.} \\ 0 & \text{no se efectúan dichas inversiones.} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} EC_6 &= E(VPN_6) - \frac{1}{2c} \int_0^2 VPN_6 \\ &= 459\ 600 - \frac{200600000}{20000} = 459600 - 100300 \\ &= 359\ 300 \end{aligned}$$

$$x_7 = \begin{cases} 1 & \text{Fábricas de zinc, ácido sulfúrico, amoníaco y sulfato de amonio en 1975} \\ 0 & \text{No se efectúan dichas inversiones.} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} EC_7 &= E(VPN_7) - \frac{1}{2c} \int_0^2 VPN_7 \\ &= 351\ 390 - \frac{711\ 800\ 000}{20\ 000} = 351390 - 35590 \\ &= 315\ 800 \end{aligned}$$

$$X_8 = \begin{cases} 1 & \text{Fábricas de zinc, ácido sulfúrico, amoníaco y sulfato de amonio} \\ & \text{en 1976} \\ 0 & \text{No se efectúan dichas inversiones} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} EC_8 &= E(VPN_8) - \frac{1}{2} \frac{1}{C} \sigma_{VPN_8}^2 \\ &= 254\,400 - \frac{1}{20\,000} 2006000000 \\ &= 254\,400 - 100\,300 \\ &= 154\,100 \end{aligned}$$

$$X_9 = \begin{cases} 1 & \text{Se vende Sn. Antonio a la Cía. La Perla} \\ 0 & \text{No se vende} \end{cases}$$

$$EC_9 = 500,000$$

$$X_{10} = \begin{cases} 1 & \text{Se explota el yacimiento de tungsteno de Sn. Antonio} \\ 0 & \text{No se efectúa} \end{cases}$$

$$EC_{10} = 237\,610 - \frac{3402000000}{20\,000} = 237\,610 - 170100 = 67\,510$$

Luego la función objetivo es :

$$\begin{aligned} \text{MAX } Z &= 68099 X_1 + 82191 X_2 + 56992 X_3 + 34\,413 X_4 - \\ &\quad - 97\,331 X_5 + 359\,300 X_6 + 3/5\,800 X_7 + 154100 X_8 + \\ &\quad + 500 X_9 + 67\,510 X_{10} \end{aligned}$$

Para las restricciones se requiere encontrar una solución de tal manera que la probabilidad que ellas se verifiquen cuando se conozca el valor de las variables aleatorias sea al menos una cierta cantidad establecida.

Regla de cuantil. Se aplicará una regla para obtener el equivalente determinada de una restricción aleatoria usando el cuantil de su distribución de probabilidad.

1o. Se consideran los términos independientes  $b_i$  como aleatorios y con distribuciones independientes  $F_{b_i}(\cdot)$ .

Entonces  $\text{Prob}(\sum_j g_j X_j \geq b_i) \geq \alpha_i$  es equivalente a  $\sum_j a_{ij} X_j \geq F_{b_i}^{-1}(\alpha_i)$

$\text{Prob}(\sum_j a_{ij} X_j \leq b_i) \leq \alpha_i$  es equivalente a  $\sum_j a_{ij} X_j \geq F_{b_i}^{-1}(1 - \alpha_i)$

$\text{Prob}(\sum_j a_{ij} X_j \geq b_i) \leq \alpha_i$  es equivalente a  $\sum_j a_{ij} X_j \leq F_{b_i}^{-1}(\alpha_i)$

$\text{Prob}(\sum_j a_{ij} X_j \leq b_i) \geq \alpha_i$  es equivalente a  $\sum_j a_{ij} X_j \leq F_{b_i}^{-1}(1 - \alpha_i)$

2o. Se consideran los coeficientes  $a_{ij}$  como aleatorios con media  $\bar{a}_{ij}$  y variancia  $s_{ij}$

$\text{Prob}(\sum_j a_{ij} X_j \geq b_i) \geq \alpha_i$

est equivalente a

$$\sum \bar{a}_{ij} x_j + \sigma \left( \sum s_{ij}^2 x_j^2 \right)^{\frac{1}{2}} \geq b_i$$

donde  $\sigma$  verifica

$$\text{Prob} \left( \left( \sum a_{ij} x_j - \sum \bar{a}_{ij} x_j \right) / \left( \sum s_{ij}^2 x_j^2 \right)^{\frac{1}{2}} \geq \sigma \right) = \alpha_i$$

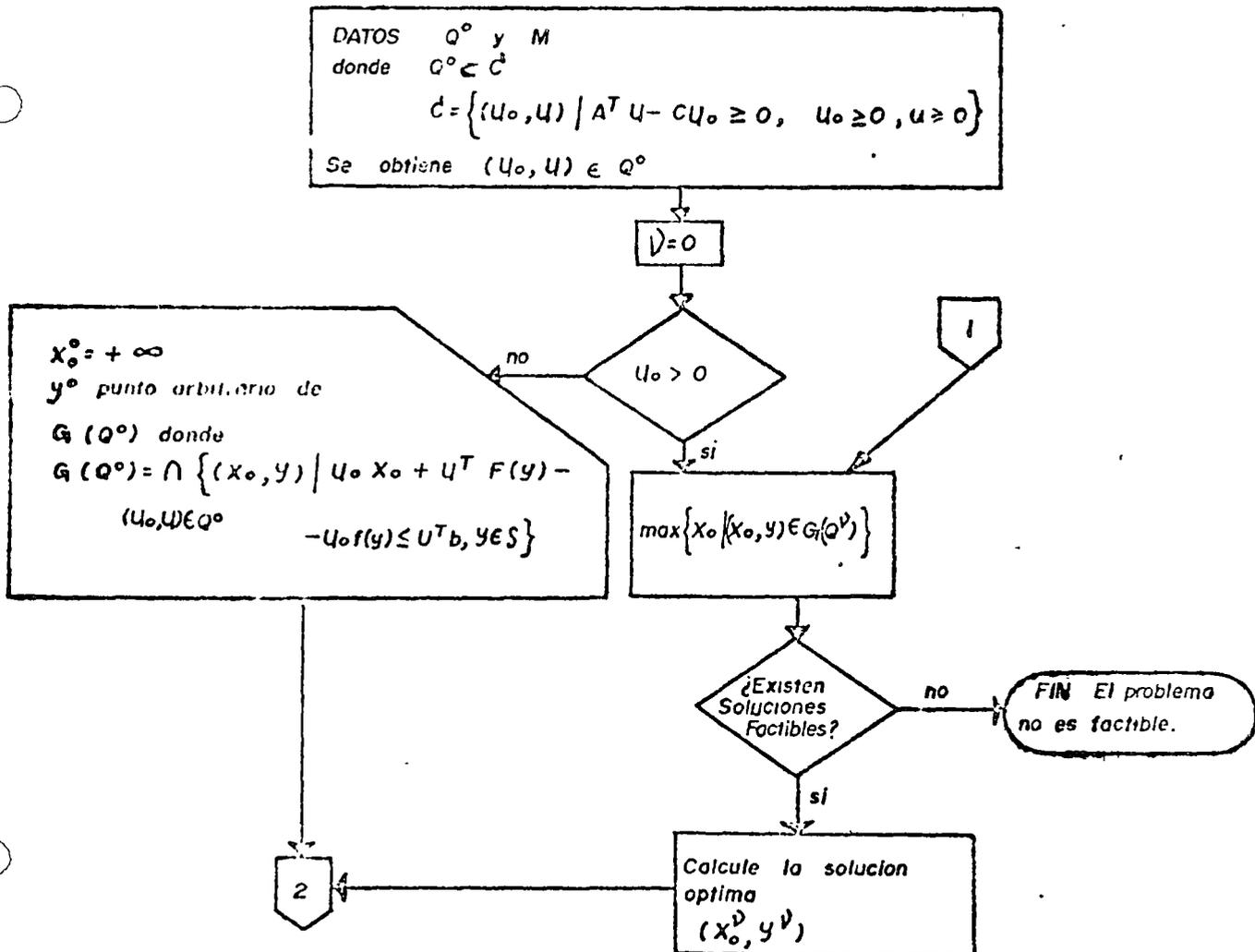
## METODO DE PARTICION DE BENDERS.

Utilizando la notación de J.F. Benders, el problema es

$$\max \left\{ C^T X + f(y) \mid AX + F(y) \leq b, X \in R_p, y \in S \right\}$$

donde  $X \in R_p$  (espacio euclídeo de p-dimensiones)  $y \in R_q$  y  $S$  es un subconjunto arbitrario de  $R_q$ .  $A$  es una matriz  $(m, p)$ ,  $f(y)$  es una función escalar y  $F(y)$  es una función vectorial con  $m$  componentes ambas definidas en  $S$ ,  $b$  y  $c$  son vectores fijos en  $R_m$  y  $R_p$  respectivamente.

Se presenta su diagrama de flujo



2

$$\max \{ C^T X - M Z_0 \mid AX - Z_0 e \leq b - F(y^v), X \geq 0, Z_0 \geq 0, e = (1, 1, \dots, 1) \}$$

¿Solución  
óptima  
factible?

no

FIN problema original  
sin solución factible o  
no acotado.

si

$Z_0^v = 0$

si

$C^T X^v + f(y^v) = X_0^v$

si

FIN  $(x^v, y^v)$   
solución óptima

no

no

Determinar  
 $d^{1,v}, d^{2,v}, u^{1,v}, u^{2,v}$

$u^{2,v} = 0$

si

$u^v = u^{1,v}$   
 $v^v = 0$   
M min

Calcule  
 $M \min = \max_j \left\{ -\frac{d_j^{1,v}}{d_j^{2,v}} \mid d_j^{2,v} > 0 \right\}$

$u^v = u^{1,v} + M \min u^{2,v}$   
 $v^v = u^{2,v}$

$C^T X^v - M \min Z_0^v < X_0^v - f(y^v)$

si

$Q^{v+1} = Q^v U \{ (u, u^v), (0, v^v) \}$

$Q^{v+1} = Q^v U \{ (0, v^v) \}$

$v = v + 1$

1

donde  $M$  es un valor tan grande que todos los vértices de

$$\{u \mid A^T u \geq c, u \geq 0\}$$

están contenidos en la región  $\{u \mid e^T u \leq M, u \geq 0\}$

$d^{1,y}$  es el renglón de las  $z_j - c_j$  cuando en la tabla óptima del simplex se ha sustituido  $c^T x - Mz_0$  por  $C^T X$ .  $d^{2,y}$  es también el renglón de las  $z_j - c_j$  en la misma tabla pero ahora  $c^T x - Mz_0$  se ha sustituido por  $-z_0$ .

Ejemplo.

$$\max z = X_1 + 2X_2 + 4y_1 + 3y_2 + 2y_1 y_2$$

S.A.

$$4X_1 + 5X_2 + y_1 - y_2 \leq 10$$

$$X_2 - 3y_1 + 2y_2 - 5y_1 y_2 \leq 30$$

$$X_1, X_2 \geq 0, y_j = 0 \text{ ó } 1 \quad \forall j$$

$$C = [1, 2]$$

$$f(y) = 4y_1 + 3y_2 + 2y_1 y_2$$

$$A = \begin{pmatrix} 4 & 5 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}$$

$$F(y) = \begin{pmatrix} y_1 - y_2 \\ -3y_1 + 2y_2 - 5y_1 y_2 \end{pmatrix}$$

$$b = \begin{pmatrix} 10 \\ 30 \end{pmatrix}$$

$$Q = \left\{ (u_0, u) \mid \begin{array}{l} 4u_1 - u_0 \geq 0 \\ 5u_1 + u_2 - 2u_0 \geq 0 \\ u \geq 0, u_0 \geq 0 \end{array} \right\}$$

$$Q^0 = \{u_0 = 1, u = (1, 0)\}$$

$$\max X_0$$

s.a.

$$X_0 + y_1 - y_2 - 4y_1 - 3y_2 - 2y_1 y_2 \leq 10$$

$$X_0 - 3y_1 - 4y_2 - 2y_1 y_2 \leq 10$$

Solución  $y_1^0 = 1$   $y_2^0 = 1$   $X_0^0 = 19$

Ahora

$$\max X_1 + 2X_2 - 3Z_0$$

s.a.

$$4X_1 + 5X_2 - Z_0 \leq 10$$

$$X_2 - Z_0 \leq 36$$

$$X_1, X_2, Z_0 \geq 0$$

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$Z_0$	b	V. b.	$\theta$
4	5*	1		-1	10	$X_3$	2
	1		1	-1	36	$X_4$	36
-1	-2			3			
.8	1	0.2		-.2	2	$X_2$	
-.8		-0.2	1	-.8	34	$X_4$	
.6		0.4		2.6	4.0		

$$Z_0^0 = 0 \quad c^r X^0 + f(y^0) = 4 + 9 = 13 < X_0^0 = 19$$

por lo que la solución no es óptima.

$$d^{1,0} = [.6, 0, 0.4, 0, -0.4]$$

$$u^{1,0} = [0.4, 0]$$

$$d^{2,0} = [0, 0, 0, 0, 1]$$

$$u^{2,0} = [0, 0]$$

como  $C^T X^0 = 4$  es menor que  $X_0^0 - f(y^0) = 19 - 9 = 10$

$$Q^1 = Q^0 \cup \{(1, 0.4, 0), (0, 0, 0)\}$$

$$\lambda = 0.4 = 1$$

$$\max X_0$$

s.a.

$$X_0 - 3y_1 - 4y_2 - 2y_1 y_2 \leq 10$$

$$X_0 + 0.4y_1 - 0.4y_2 - 4y_1 - 3y_2 - 2y_1 y_2 \leq 4$$

$$\max X_0$$

s.a.

$$X_0 - 3y_1 - 4y_2 - 2y_1 y_2 \leq 10$$

$$X_0 - 3.6y_1 - 3.6y_1 - 3.4y_2 - 2y_1 y_2 \leq 4$$

$$\text{Solución } y_1^1 = 1, y_2^1 = 1 \quad X_0^1 = 13$$

El problema de programación lineal que resulta es el anterior por lo

$$\text{que la solución es } X_1^1 = 0 \quad X_2^1 = 2 \quad Z_0^1 = 0$$

$$C^T X^1 + f(y^1) = 4 + 9 = 13 = X_0^1$$

Termina el algoritmo y la solución óptima es  $X_1 = 0, X_2 = 2$

$$y_1 = 1, y_2 = 1$$

$$Z = 13$$

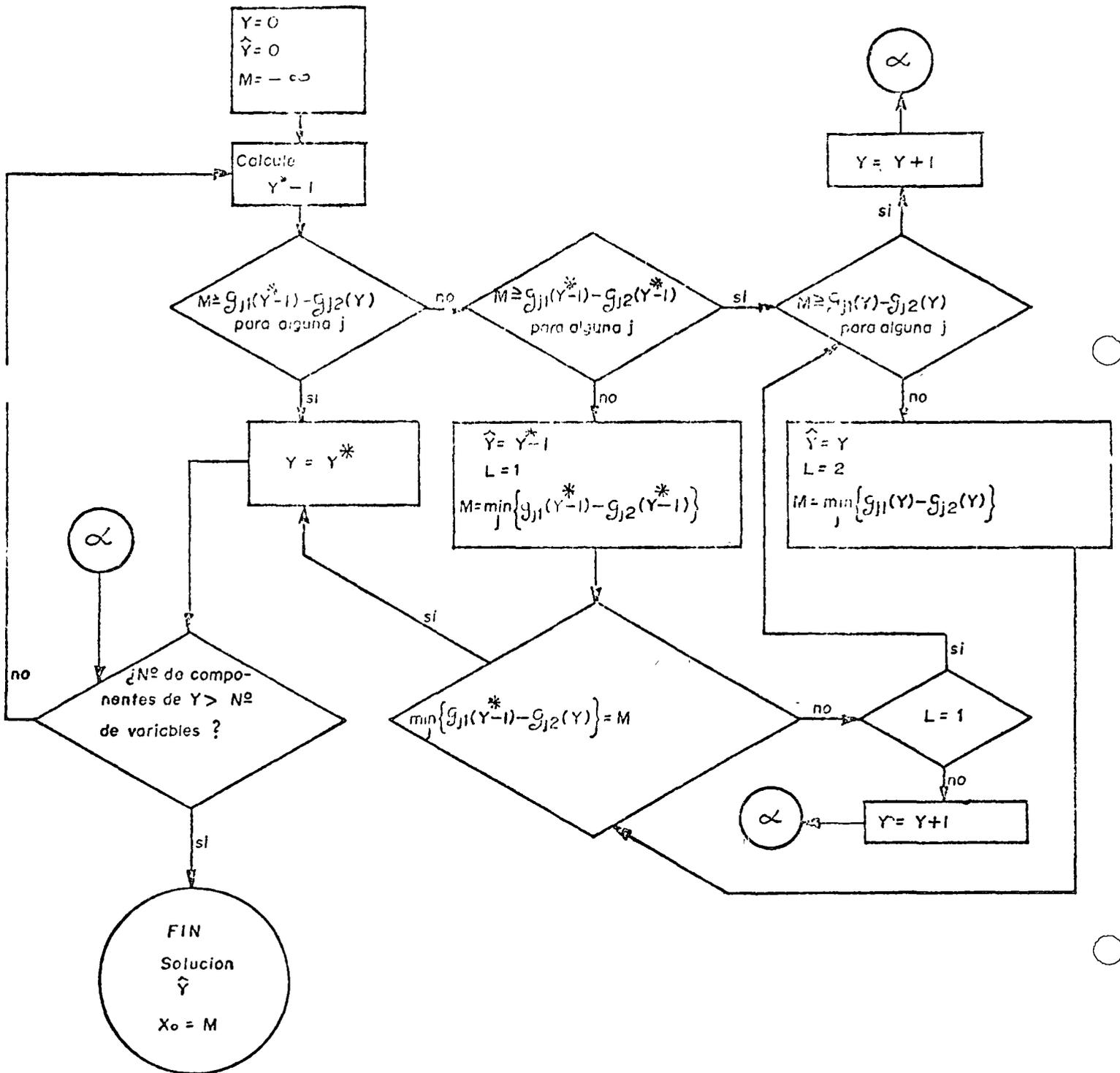
En el método de Benders es necesario resolver el problema

$$\text{MAX } Z = X_0$$

sujeto a

$$-X_0 + G_{j1}(Y) - G_{j2}(Y) \geq 0 \quad \forall j$$

donde  $G_{j1}(Y)$  y  $G_{j2}(Y)$  son monotónicamente no decrecientes. Se sugiere para su solución el algoritmo siguiente:



Ejemplo:

$$\text{MAX } Z = X_0$$

Sujeto a:

$$-X_0 + (5Y_1 + 4Y_3 + 5Y_1Y_2) + 30 - (3Y_2 + 2Y_1Y_3) \geq 0$$

$$-X_0 + (4Y_1Y_2 + Y_2Y_3) + 25 - (3Y_1 + 2Y_2 + Y_3 + 3Y_1Y_3) \geq 0$$

$$Y_j = 0 \text{ ó } 1$$

Aplicando el diagrama de flujo:

$$Y = (0, 0, 0)$$

$$\hat{Y} = (0, 0, 0)$$

$$M = -\infty$$

$$(Y^* - 1) = (1, 1, 1)$$

$$\text{¿ } M \geq G_{j1}(Y^* - 1) - G_{j2}(Y) \text{ para alguna } j? \quad \text{NO}$$

$$\text{¿ } M \geq G_{j1}(Y^* - 1) - G_{j2}(Y^* - 1) \text{ para alguna } j? \quad \text{NO}$$

$$\hat{Y} = (1, 1, 1)$$

$$L = 1$$

$$M = 21$$

$$\text{¿ } 30 = 21? \quad \text{NO}$$

$$\text{¿ } L = 1? \quad \text{SI}$$

$$\text{¿ } M \geq G_{j1}(Y) - G_{j2}(Y) \text{ para alguna } j? \quad \text{NO}$$

$$\hat{Y} = (0, 0, 0)$$

$$L = 2$$

$$M = 25$$

¿  $30 = 25$  ? NO

¿  $L = 1$  ? NO

$$Y = (0, 0, 1)$$

No. de componentes de  $Y$  no es mayor que 3 .

$$Y^* - 1 = (0, 0, 1)$$

¿  $25 \geq G_{j1}(0, 0, 1) - G_{j2}(0, 0, 1)$  para alguna  $j$  ? SI

$$Y = Y^* = (0, 1, 0)$$

No. de componentes de  $Y$  no es mayor que 3.

$$Y^* - 1 = (0, 1, 1)$$

¿  $25 \geq G_{j1}(0, 1, 1) - G_{j2}(0, 1, 0)$  para alguna  $j$  ? SI

$$Y = Y^* = (1, 0, 0)$$

No. de componentes de  $Y$  no es mayor que 3.

$$Y^* - 1 = (1, 1, 1)$$

¿  $25 \geq G_{j1}(1, 1, 1) - G_{j2}(1, 0, 0)$  para alguna  $j$  ? NO

¿  $25 \geq G_{j1}(1, 1, 1) - G_{j2}(1, 1, 1)$  para alguna  $j$  ? SI

¿  $25 \geq G_{j1}(1, 0, 0) - G_{j2}(1, 0, 0)$  para alguna  $j$  ? SI

$$Y = Y + 1 = (1, 0, 1)$$

No. de componentes de  $Y$  no es mayor que 3.

$$Y^* - 1 = (1, 0, 1)$$

¿  $25 \geq G_{j1}(1, 0, 1) - G_{j2}(1, 0, 1)$  para alguna  $j$  ? SI

$$Y = Y^* = (1, 1, 0)$$

No. de componentes de  $Y$  no es mayor que 3.

$$Y^* - 1 = (1, 1, 1)$$

¿  $25 \cong G_{j1}(1, 1, 1) - G_{j2}(1, 1, 0)$  para alguna  $j$  ?

SI

$$Y = Y^* = (1, 0, 0, 0)$$

No. de componentes de  $Y$  es mayor que 3.

Solución:  $\hat{Y} = (0, 0, 0)$   $X_0 = 25$

