

Nº 52  
2 EJ.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ALGUNAS APLICACIONES DEL MÉTODO  
INSUMO - PRODUCTO AL ANÁLISIS DE LA  
ECONOMÍA MEXICANA.

TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
A C T U A R I O  
P R E S E N T A N ;  
LAURA ELENA PEÑA RIVERA  
EMILIO SERRA RAMOS

MEXICO,

1992

FAJETA DE ORIGEN



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Índice**

---

<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
---------------------------	----------

### **Capítulo I**

<b>1. Aspectos Generales .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Antecedentes Históricos .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Matrices de Insumo-Producto de México y la Serie de Cuentas Nacionales .....</b>	<b>11</b>

### **Capítulo II**

<b>1. Tratado de Libre Comercio .....</b>	<b>17</b>
<b>2. Evolución de la Economía Mexicana .....</b>	<b>19</b>
<b>3. Interés del TLC para los países participantes .....</b>	<b>22</b>

### **Capítulo III**

<b>1. El Modelo Input-output .....</b>	<b>29</b>
<b>2. Hipótesis del Modelo de Leontief .....</b>	<b>31</b>
<b>3. El Modelo General .....</b>	<b>32</b>
<b>4. Los Modelos Abierto y Cerrado .....</b>	<b>36</b>
<b>5. Los Precios de Producción .....</b>	<b>40</b>
<b>6. Coeficientes en cantidades físicas y en valores monetarios .....</b>	<b>42</b>
<b>7. Análisis de Insumo-Producto y Programación Lineal .....</b>	<b>45</b>

**Cápítulo IV**

<b>1. Análisis Sectorial .....</b>	<b>55</b>
<b>2. Bases para la Formulación del Modelo Práctico .....</b>	<b>57</b>
<b>3. Optimización Conjunta de los Sectores (Modelo Práctico) .....</b>	<b>58</b>
<b>4. Análisis de Resultados .....</b>	<b>69</b>
<b>5. Perspectivas de la Siderurgia Mexicana .....</b>	<b>73</b>
<b>6. Conclusiones .....</b>	<b>76</b>

**Anexo I**

<b>El Método RAS .....</b>	<b>78</b>
----------------------------	-----------

**Anexo II**

<b>El Paquete Statgraphics .....</b>	<b>86</b>
<b>Método Simplex .....</b>	<b>88</b>
<b>Algoritmo Simplex .....</b>	<b>88</b>
<b>Pasos del Algoritmo Simplex .....</b>	<b>90</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>93</b>

***Introducción ...***

## Introducción

---

La economía interindustrial se ocupa del análisis cuantitativo de la interdependencia de las unidades de producción y de consumo, en una economía moderna. Estudia, en particular, las interrelaciones que existen entre los productores en su carácter de compradores de sus producciones mutuas, como consumidores de recursos escasos y como vendedores a los consumidores finales.

El análisis interindustrial, es necesario para resolver una serie de problemas empíricos para los que resultan inadecuadas las técnicas del análisis del Ingreso nacional y las del análisis del equilibrio parcial.

Los modelos de equilibrio general de Waldras y Pareto, nos proporcionan el fundamento teórico de la economía interindustrial, pero el primer modelo empírico interindustrial fué formado por el profesor Wassily Leontief, cuyo sistema se conoce con el nombre de "Análisis de Insumo-Producto". Recientes adelantos teóricos, en particular el descubrimiento de las técnicas matemáticas de la programación lineal y no-lineal, han sugerido modelos interindustriales alternativos.

El empleo de un instrumento analítico, requiere de la comprensión tanto de su aspecto teórico como de su contenido empírico, es por ello, que éstos se examinarán para que posteriormente se presente un modelo derivado del sistema de Leontief y desarrollando técnicas de programación lineal para emplearse dentro de una estructura empírica interindustrial.

En el capítulo I, se expondrán los antecedentes históricos y la evolución del sistema input-output dado en la economía mexicana. En un principio, se hablará de la idea en la cual se basa toda la teoría del análisis interindustrial. Posteriormente, se proporcionará un esquema del desarrollo que ha tenido el análisis input-output en la economía mexicana, en base a las matrices realizadas hasta ahora entorno a dicho análisis y a una serie de estadísticas auxiliares llamadas cuentas nacionales.

En el capítulo II se expone, en términos generales, los avances del posible tratado de libre comercio entre México - Estados Unidos principalmente. En él se exponen las posibles ventajas y desventajas de este tratado, para cada uno de los países en cuestión. Este análisis, es realizado con la finalidad de tener en cuenta el contexto internacional del comercio, el cual tiene implicaciones importantes en todas y cada una de las industrias tanto nacionales como extranjeras. Es preciso aclarar, que como este punto aún no está establecido, podrían haber cambios en cuanto al mismo, esto hace que el tratamiento global de los sectores industriales, sea aún más complejo y aventurado.

Es por ello, que la aplicación presentada tendrá un tratamiento de insumo-producto vía programación lineal, dirigido a dos sectores (en nuestro caso será la industria del carbón y la del acero), de los cuales se tiene mayor información reciente y así su tratamiento tendrá mejores resultados. Los resultados que arroje el análisis de producción de los sectores, serán utilizados para comentar las posibles implicaciones mutuas entre los sectores, que utilicen como insumos a los productos de la otra industria. Este tratamiento, nos dará una idea de cómo se podrían obtener algunas entradas actualizadas de la matriz de insumo-producto, relacionada con algunos de los sectores en estudio.

En el capítulo III, se presenta la teoría de insumo-producto necesaria para la construcción del modelo que contendrá técnicas de programación lineal en el análisis de dos sectores de la economía nacional. En este capítulo se darán a conocer los supuestos o hipótesis de la teoría general del análisis input-output, las cuales deberán tomarse en cuenta en el momento en que se realice el cambio del modelo de Leontief al de programación lineal.

Por último, en el capítulo IV, se realizará la presentación de dos modelos particulares, relacionados a dos sectores industriales específicos (el del Carbón y del Acero), se observará su comportamiento de acuerdo a la firma del TLC y con ello, se obtendrán conclusiones acerca de qué posibles medidas pueden tomarse para el mejor desarrollo de dichos sectores industriales. Para poder ligar el aspecto teórico con el empírico, en este modelo se exponen los aspectos más relevantes del Tratado de Libre Comercio, que afectan al sector o sectores en cuestión, retomando los aspectos generales del TLC dados en el capítulo II. Esto es realizado principalmente, para observar el comportamiento del sector que se tratará en el marco del comercio internacional (exportaciones e importaciones).

Como la experimentación en gran escala, con las técnicas interindustriales, data solamente de unos diez años, se han dedicado los principales esfuerzos a las estadísticas de insumo-producto y menos se ha hecho por lo que respecta a las aplicaciones. Es por ello que el enfoque de la presente tesis, está orientada a un ejemplo práctico de dos sectores en particular, con la base de que los parámetros de información para el modelo presentado, son representativos de los sectores industriales a los cuales haremos referencia.



**Capitulo I ...**

## Capítulo I

---

### 1. Aspectos Generales.

El objetivo del Análisis de insumo-producto, constituye un estudio de fenómenos económicos que se encuentran en un proceso de cambio continuo. Este análisis, proporciona una de las bases para la aproximación de la Economía Nacional, en cuanto al análisis interindustrial.

Para realizar dicha aproximación, tenemos que simplificar los fenómenos económicos. Para ello, es importante proporcionar un esbozo de un flujo estacionario de intercambios de riqueza de la Economía Nacional, dentro de un periodo de tiempo dado.

Partiremos del trazo de un esquema anatómico y estático de la Economía Nacional, observando el funcionamiento económico de la sociedad, desde un punto de vista esencial.

Haremos historia para observar como fué desarrollado este sistema:

Algunos de los economistas más importantes entre los fallecidos, dentro de la primera mitad del siglo XX; -León Waldras, Vilfredo Pareto, Irving Fisher -, aparecen asociados al esfuerzo realizado por encontrar métodos cuantitativos, aplicables a la enorme cantidad de datos empíricos involucrados en las situaciones económicas reales. Sin embargo, buena parte de los economistas, se muestran reacios a aceptar estos métodos. La razón de ello, no es sólo que les resulta antipático el rigor matemático que caracteriza a los mismos, sino que el que éstos, raras veces han permitido obtener resultados que fueran sensiblemente mejores que los obtenidos utilizando los métodos tradicionales; esto se debe, a que finalmente lo que cuenta en una ciencia experimental,

únicamente son los resultados y esto explica el porque muchos economistas siguen confiando en su "intuición profesional" y en su "buen sentido", cuando se trata de establecer la relación existente entre los hechos y la Teoría Económica.

A principios del siglo XVIII aproximadamente, F. Quesnay (1694-1774), médico de la corte del Rey de Francia Luis XV, ideó un esquema llamado TABLEAU ECONOMIQUE, para representar el flujo de productos intercambiados entre las tres clases que componían la sociedad: Agricultores, Terratenientes y Manufactureros, a éstos se les llamó clases: Productiva, Propietaria y Estéril, respectivamente. Se sospecha que Quesnay creó su tabla bajo la influencia de J.D'Alembert y V. Miraveau, enciclopedistas franceses amigos suyos.

Esta tabla económica fué creada, basada en la suposición de que un país agrícola cuya vida económica anual se basa en bienes agrícolas y minerales de la tierra y unos pocos bienes manufacturados. La población está dividida en las tres clases ya mencionadas, las cuales producen y participan en la distribución de bienes. En este pequeño modelo, el flujo estacionario está dado por el intercambio de dichos bienes de las tres clases mediante compras y ventas.

A manera de ejemplo, supongamos que:

- Los agricultores producen alimentos por valor de 40 millones y materias primas para la industria por valor de 10 millones;
- Se consumen alimentos por valor de 20 millones y pagan los restantes 20 millones a los terratenientes por concepto de renta;
- Se venden 10 millones de materias primas a los manufactureros a cambio de la reparación y el mantenimiento de instrumentos y graneros;

- Una parte de los alimentos que consumen se dedican a la alimentación del ganado;
- Del total de los 20 millones en alimentos recibidos de los agricultores, los terratenientes consumen 10 millones para la reparación y mantenimiento de su maquinaria, herramientas y otros elementos necesarios para su actividad;
- 10 millones para la compra de materia prima a los agricultores.

Todo este intercambio genera un flujo anual, circular y estacionario de bienes y éste es el esquema anatómico y estático de Quesnay. Así pues, la tabla económica (ver tabla 1), es aquella que explica las transacciones realizadas entre las tres clases, la cual resume todo el flujo de las operaciones dadas.

Comprador Vendedor	Clases de Producto	(A)	(H)	(M)	Total Ventas
Agricultores (A)	Comida	20	10	10	40
	Materiales	0	0	10	10
Hacendados (H)	Servs. de la Tierra	20	0	0	20
Manufactureros (M)	Bienes Manufacturados	10	10	10	30
Total Compras	-	50	20	30	-

Tabla 1. Tabla económica de transacciones realizadas entre las tres clases de sectores.<sup>1</sup>

1. Este ejemplo de tabla de transacciones fué extraído del libro: *Introduction to Sets and Mappings in Modern Economic*, Hukukane Nishida, Hitotsubashi University, Tokyo, Japan.

**Esta tabla se lee como sigue:**

- **Horizontalmente:** La fila de una clase de producto muestra el valor de las ventas por cada comprador y el valor total de las ventas.
- **Verticalmente:** Se presenta el valor de las compras por cada vendedor y el valor total de las compras.

Así pues, la tabla proporciona una representación concisa del flujo de intercambio de bienes de una economía y éste es el principio de la matriz de insumo-producto.

Las cifras que reúne la matriz proporcionan, información del Producto Nacional Bruto, el Consumo Total Nacional, la Renta Percápita, la Tasa de Inversión y demás índices similares de la actividad económica.

En general, el análisis intersectorial (input-output), ayuda a comprender el funcionamiento del mecanismo económico. Los datos en los que se basa este análisis, son los flujos de bienes y servicios dados en la economía, los cuales intentan medir la actividad económica. Las transacciones de los diferentes sectores de la economía dados en la tabla de insumo-producto, nos dicen que entre más desarrollada esté una economía, su estructura se parece más a otras economías desarrolladas.

Las tablas de insumo-producto, no solamente son un instrumento para almacenar o exhibir información, son ante todo, un instrumento analítico. El número de sectores de la tabla, expone que tan detallada se requiere la información fidedigna de la economía. La virtud más importante del análisis de insumo-producto, es que hacen que resulten perceptibles aquellas transacciones internas de carácter indirecto que realizan en toda economía, lo que permite a la Teoría Económica que las tenga en cuenta.

**El Análisis de la Estructura Económica tiene cuatro conceptos básicos: Dependencia, Independencia, Jerarquía y Circularidad.**

En el primero, cada sector industrial depende de todos los demás, es decir, todas las casillas formadas por la intersección de todos los sectores están llenas. Matemáticamente hablando, esto se traduce a que cada una de las variables (sectores industriales), que representan el output de cada uno de los sectores, figuran directamente en cada una de las ecuaciones input-output. En este tipo de estructura, un simple incremento de la demanda directa, puede determinar que se produzcan una serie de demandas indirectas, que hacen que se incremente el output total de todos los sectores de la economía.

El hecho de que una casilla aparezca vacía, representa que el sector industrial que encabeza la misma, no recibe input alguno del sector industrial que corresponde a la fila que corta a la referida columna en ese punto. Esto deja ver una independencia entre los sectores industriales a los que se hace referencia cada columna y cada renglón, aunque es relativa dicha independencia, ya que cualquier cambio en las demandas indirectas, puede afectar a otros sectores que se suponían independientes.

El concepto de Jerarquía, sólo es el reordenamiento de las filas y las columnas de una economía natural, de tal modo que quede una matriz triangular, donde todas las transacciones aparecen situadas debajo de la diagonal. Con este reordenamiento, es más sencillo leer la matriz y observar que ocurre con cada sector industrial, ya que con este orden jerárquico, los sectores situados por debajo de otro sector, son aquellos de los que dicho sector abastece, es decir; todo incremento de la demanda final correspondiente a su producto, genera demandas indirectas que se precipitan por la diagonal de la matriz, sin afectar a los sectores situados por encima del sector en cuestión. En cambio, los situados por encima de éste, constituyen sus clientes; y todo incremento de la demanda final correspondiente al output de cualquiera de ellos, genera demanda indirecta para el output del sector en

cuestión. Por consiguiente, para calcular en este caso los efectos indirectos, derivados de un incremento de la demanda final relativa al output de ese sector, bastaría con conocer los coeficientes de input, correspondientes a aquellos sectores situados por debajo de él.

El último caso, la circularidad, se refiere a la interdependencia multirregional, la cual está constituida por varios bloques triangulares pero más pequeños, los cuales funcionan igual que el concepto jerárquico sólo que conjuntamente.

## **2. Antecedentes Históricos.**

En México, la necesidad de disponer de tablas de insumo-producto, se remonta al decenio de los años cincuenta. En este año fue cuando el Banco de México, S.A., Nacional Financiera, S.A., y las Secretarías de Economía y Hacienda, realizaron un estudio titulado "Estructura y Proyección de la Economía en México, 1950, 1960 y 1965, Vol. I., 1968", el cual estuvo sustentado en la matriz de insumo-producto de ese año.

Posteriormente, en 1966 el mismo Banco de México, S.A., sacó a la luz pública una matriz de insumo-producto para el año de 1960, ampliando sustancialmente la cobertura de actividades respecto a la de 1950, con características que no la hacía comparable a aquella. Estas características se dieron principalmente en la desagregación en 45 sectores de la actividad económica ya que se contaba solamente con 32 sectores en la matriz de 1950. La nueva matriz, contenía sectores más específicos e incluía los márgenes de comercio relacionados con cada sector, junto con los costos de transporte y almacenaje.

En lo que respecta a la demanda final, ambas matrices presentaron la misma desagregación: consumo privado, consumo de gobierno, formación de capital fijo, variación de existencias y exportaciones. A su vez la apertura del valor agregado en ambas matrices contó con los mismos elementos: sueldos, salarios y prestaciones sociales, ingresos mixtos y de capital (utilidades, intereses, etc.), impuestos, subsidios y depreciación.

En la segunda mitad de la década de los setenta, fué necesario disponer de una matriz de insumo-producto, al reconocerse la antigüedad de la base en que se sustentaban los cálculos anuales de Cuentas Nacionales, elaborados por el Banco de México. En el año de 1977 se iniciaron los trabajos que condujeron a la presentación en 1979, de la matriz de insumo-producto de 1970, la cual se basó en los censos económicos levantados con referencia a ese año.

Cuando se integró el esquema de insumo-producto con el sistema contable de las Naciones Unidas, se diseñó una matriz cuya cobertura fué la misma que la definida en el Sistema de Cuentas Nacionales de México. En virtud de ello, la cobertura de la matriz se extendió a 72 ramas de la actividad económica, quedando definidas en el Clasificador Mexicano de Actividades Económicas (CIIU), recomendada por las Naciones Unidas, ya que comprende nueve grandes divisiones, 72 ramas y dentro de éstas, grupos y subgrupos.

Posteriormente se realizó una homogeneización de las matrices de 1950, 1960 y 1970 a 30 sectores de actividad económica, para facilitar la comparación intertemporal de las funciones de producción.



### **3. Las Matrices de Insumo-Producto de México y la Serie de Cuentas Nacionales.**

Como se indicó anteriormente, la elaboración del Sistema de Cuentas Nacionales de México para el período 1970-1983, tuvo como origen conceptual y metodológico a las matrices de insumo-producto de 1970 y 1975.

Al recopilar la información necesaria para la preparación de la matriz de insumo-producto de 1970, se proporcionó bases estadísticas para la estimación de diversos conceptos contenidos en las Cuentas Nacionales a través del tiempo. Con la información censal de 1975 se facilitó la tarea de elaboración de una matriz de insumo-producto para ese año, que sirviera como indicador de la consistencia de las estimaciones anuales de la serie, sobre la cual se basarán las tendencias observadas con informaciones menos completas que las obtenidas con las estadísticas censales.

De esta forma, al elaborar la serie de 1970-1983, se contó con dos pilares en el que se apoyaron la estimación y análisis de la estructura de la economía mexicana, alcanzándose simultáneamente la construcción de un sistema que integra las estadísticas de insumo-producto, con las de Cuentas Nacionales, lo cual permitió lograr un alto grado de consistencia en la medición de los flujos de la producción, así como de su destino. Igualmente, el conjunto estadístico elaborado en series de tiempo con un detalle a nivel de rama de actividad, permite la estimación de elementos implícitos en el sistema: los bordes de una matriz de insumo-producto a partir de los conceptos más agregados que se obtienen en las Cuentas Nacionales.

Los elementos de las Cuentas Nacionales, que vinculan a éstas con las matrices de insumo-producto, son las cuentas de producción y los cuadros de oferta y utilización de bienes y servicios, los cuales, elaborados en la serie anual de cuentas con un nivel de rama de actividad, se transforman en unidades recurrentes para el proceso de actualización de matrices.

Partiendo de esta concepción del sistema integrado, se puede plantear entonces la posibilidad de estimar los bordes de una matriz de insumo-producto en cualquier año de la serie, derivada de la información anual contenida en las Cuentas Nacionales, lo cual abre un amplio campo de posibilidades, ante la alternativa de disponer de tal herramienta tan sólo en los años en que se realizan censos económicos.

Ahora nos referiremos a ciertas características de la Matriz de Insumo-Producto dadas de la serie de las Cuentas Nacionales.

La Matriz de Insumo-Producto es necesariamente cuadrada, a partir de matrices de insumos y de productos, lo cual implica la transferencias de dichas matrices. Esto tiene por objeto presentar los insumos de mercancías que entran en la producción de otras mercancías en una matriz mercancía por mercancía, o los insumos de mercancías que entran en las ramas de actividad de una matriz industria por industria. Para concebir todo esto debe tenerse en cuenta que los productos obtenidos en una industria determinada pueden tomar formas diferentes y estar relacionadas entre sí de maneras distintas.

Las hipótesis que pueden utilizarse para realizar las transferencias tienen bases matemáticas. Existen dos casos extremos que pueden llamarse respectivamente, hipótesis de una tecnología de mercancías e hipótesis de una tecnología de industrias. En la primera debe suponerse que una mercancía tiene la misma estructura de insumos, cualquiera que sea la industria en que se produce. Esta hipótesis puede aplicarse combinando una matriz de coeficientes de insumos con la inversa de una matriz de coeficientes de productos, cuyos elementos representen las proporciones de las diversas

mercancías que son producidas por cada industria. Puede utilizarse esta hipótesis para formar una matriz mercancía por mercancía o industria por industria, pero como interviene la inversa de la matriz de coeficientes de productos, entonces puede aplicarse si las matrices de insumos y productos son cuadradas o bien pueden reducirse a esta forma.

Con la segunda hipótesis se supone que la industria tiene la misma estructura de insumos, cualesquiera que sea la composición de la producción. Puede aplicarse esta hipótesis combinando una matriz de coeficientes de producto, cuyos elementos representan la proporción de cada mercancía producida por diversas industrias; éstas son conocidas como matriz de cuotas de mercado. Esta hipótesis puede aplicarse para matrices cuadradas y rectangulares.

Las hipótesis anteriormente descritas son extremas y únicamente darán los mismos resultados si no existe producción secundaria de ninguna clase, es decir, si no existe el problema para cuya solución se establecen.

La experiencia demuestra que muchos de los coeficientes a que conducen, no sufren gran influencia de las hipótesis elegidas, pero cada hipótesis puede originar resultados absurdos, en el caso de la primera hipótesis se obtienen resultados negativos.

Una de las principales aplicaciones del análisis de la Matriz de Insumo-Producto consiste en calcular el vector de producción asociado a un vector dado llamado demanda final. El método se aplica totalizando las demandas de cada mercancía que se obtienen de los componentes de la demanda final como gastos de consumo privado, exportaciones, etc., y encontrando después los insumos directa e indirectamente requeridos para satisfacer estas demandas. Los resultados toman la forma de niveles de productos brutos para cada uno de los grupos de mercancías.

Si los niveles de producción han de obtenerse mediante la adición de componentes, es conveniente que estos componentes puedan medirse de la manera más homogénea posible tanto para demandas finales como intermedios. Generalmente estamos hablando en términos monetarios, es por esto que es necesario que su valoración sea de lo más uniforme posible, lo cual trae como consecuencia que se prefieran los precios del productor y no el del comprador, ya que éstos incluyen márgenes comerciales y de transporte en los productos y a los insumos, además estos costos fluctúan según los diferentes tipos de compras.

De igual manera, han de preferirse los valores básicos a los del productos, porque éstos incluyen impuestos indirectos sobre las mercancías que gravan los productos y no varían únicamente entre tipos de comprador, sino que pueden depender también de la composición precisa dentro de las compras en un grupo de mercancías.

En cuanto al manejo de las importaciones en la Matriz de Insumo-Producto, tenemos que como las mercancías se dividen en competitivas y complementarias, la oferta de las competitivas puede proceder de la producción interior o de las importaciones mientras que las complementarias provienen únicamente de las importaciones.

Los derechos de importación se dividen en derechos de proteccionistas y otros en derechos de importación. El objeto de esta distinción es hacer más uniforme la valoración de las importaciones en relación con la valoración de las mercancías correspondientes producidas en el interior.

Los derechos proteccionistas de importación son aquellos con los que se pretende colocar al producto interior en una posición competitiva frente a los productos exteriores. Los derechos de importación persiguen fines fiscales o restricciones de consumo. Cabe hacer notar que las mercancías competitivas se suelen comparar con un impuesto de consumo que grava las mercancías producidas en el interior.

Las matrices de insumo-producto pueden estructurarse siguiendo distintos criterios:

- A). Basándose en una serie de procedimientos para transferir insumos y productos.
- B). Pueden referirse a los insumos de mercancías absorbidas por las mercancías o a los insumos de los productos de las industrias absorbidos por la producción de tales industrias.
- C). Expresarse en valores básicos o en valores a precios de productos.

En dicha matriz la relación entre las demandas finales y los productos es la matriz inversa, donde sus elementos miden las cantidades totales requeridas directa o indirectamente de la mercancía que aparece en el renglón para satisfacer una unidad de demanda final de la mercancía que figura en la columna. La matriz inversa también es definida como matriz multiplicador ya que es análoga al multiplicador escalar utilizado en la teoría Keysiana de la determinación de la renta.

A todo esto surge la pregunta de si existe una tabla ideal de insumo-producto, lo cual es una cuestión difícil debido a que en los criterios para estructurar una matriz ideal, difieren los fines para los cuales pueden necesitarse las matrices de insumos y productos. El primer inconveniente es el costo que representa la elaboración de una matriz muy precisa, añadiendo que lo concerniente al objetivo habría que emplear una clasificación demasiado detallada de las mercancías o industrias, esto resultaría de gran utilidad a diferencia de una matriz más pequeña.

De lo anterior descrito se puede deducir que es realmente imposible conciliar diversos intereses de cada país para la estimación de una Matriz de Insumo-Producto. Lo que sí podría recomendarse sería una tabla de tamaño medio con alrededor de cincuenta ramas de actividad y basarse en tablas rectangulares de insumo-producto.

Los valores básicos brindan un medio adecuado de valoración y si sólo se ha de construir una tabla, es preferible elaborar la de mercancía por mercancía o la de industria por industria.

Por lo antes expuesto, en la presente tesis se realizará una estimación de coeficientes técnicos de la matriz del '90 para dos sectores (carbón y acero), vía el método RAS, el cual será explicado en el anexo II.

Esto es realizado con la finalidad de que reduciendo la matriz, contando con información actual, resulta más manejable el análisis de una o dos industrias específicas, ya que los resultados tendrán una base más sólida, en cuanto a los datos.

## **Capítulo II ...**

## Capítulo II

---

### 1. Tratado de Libre Comercio

El objetivo principal del TLC entre E.U., México y Canadá es establecer un conjunto de normas y procedimientos que faciliten la liberación en el movimiento de mercancías entre estas naciones.

Este movimiento de liberación implica modificaciones en las barreras arancelarias y no arancelarias como son:

- Liberación del comercio en todas las ramas.
- La reforma de las leyes que regulan las leyes extranjeras.
- La liberación del sector servicios.
- La protección de los derechos patentes y de derechos industriales.

Como antecedente importante se puede mencionar que la firma del TLC, lo constituye el Acuerdo de Libre Comercio firmado por E.U. y Canadá hace poco más de dos años. De los tres países que forman la región, México es el país con menor grado de desarrollo, una muestra de esto es el ingreso per cápita por año, y la participación del trabajo en el ingreso nacional.

Tanto como México y Canadá realizan la mayor parte de su comercio con los E.U., al firmar el ALC entre E.U. y Canadá se estableció una zona de libre comercio, entre lo que se puede destacar más es la eliminación de aranceles y restricciones cuantitativas al comercio bilateral, pero se mantiene una política comercial independiente y los niveles de aranceles originales frente al resto del mundo.



Este acuerdo es muy importante según sus características ya que incluye todos los sectores de la economía, es decir se incluyen a los servicios, inversión extranjera, reglas para el tratamiento de subsidios y dumping, así como las medidas arancelarias.

Los objetivos que se persiguen con la firma del TLC con las tres naciones, se puede decir que son similares al celebrado entre E.U. y Canadá.

Para México la búsqueda de un TLC con E.U., significa entre otras cosas, que las negociaciones y los acuerdos hasta hoy vigentes han sido insuficientes para sus relaciones con el país del norte. En teoría los objetivos que nuestro país se plantea hubieran sido resueltos bajo este marco. Reciprocidad en nuestra apertura comercial, eliminación de nuestras barreras no arancelarias, eliminación de medidas unilaterales y mecanismos para dirimir diferencias son todos los propósitos expuestos por México del TLC.

En México, como todos los países del mundo capitalista, tanto en el pasado como en el presente ha existido una política de proteccionismo como de liberalismo y los gobiernos han establecido políticas globales y sectoriales para regular el funcionamiento de la actividad económica y proteger ciertos estratos sociales.

La explicación de la que siempre se hace mención acerca de la firma de un TLC, es sobre los beneficios de libre comercio entre los países participantes, la especialización de cada país en la producción de mercancías y servicios, los cuales tienen ventajas trayendo como consecuencia una mayor eficiencia en la explotación de recursos productivos y con esto lograr una mayor productividad.

Se puede decir que se cuenta con un antecedente importante como lo es el ALC entre E.U. y Canadá para la discusión fundamental con la firma del TLC, ya que nos puede proporcionar enseñanzas útiles.

## 2. Evolución de la Economía Mexicana

La economía mexicana para 1982 iba a mostrarnos los signos más crudos en sus problemas. En esos años la deuda externa ascendía a 81,350 millones de dólares, este nivel de endeudamiento externo comenzó a dificultar la obtención de divisas para el crecimiento.

La situación se complicó aún más, pues las exportaciones de México en productos agrícolas se contrajeron en un 20.5% y las importaciones de alimentos y materias primas de origen agrícola se elevaron de manera considerable, la tasa media anual de las importaciones de maíz entre 1982 y 1985 fué de 89.4%. El crecimiento de precios fué en 1982 del 98.9% y la tasa de interés había alcanzado un nivel del 47.8%.

Existían para ese año graves problemas de oferta interna de bienes de capital y de alimentos con la producción industrial orientada al mercado interno, exportando fundamentalmente recursos naturales (petróleo) y productos agropecuarios, con un patrón concentrado del ingreso nacional y con una tendencia al incremento de la pobreza en términos absolutos para amplios sectores de la población, México mostraba todos los signos de un país subdesarrollado.

A partir de 1983 el gobierno mexicano inicia una nueva política de comercio exterior, se presenta de una política proteccionista a una de liberación ya que trata de lograr el incremento y la diversificación de las exportaciones y una mayor competitividad de la planta productiva. El sistema de permisos de importación se ve cambiada a uno de aranceles, reduciéndose éstos muy por debajo a los acordados en el GATT; este proceso se acelera notablemente a fines de 1987.

México, en su política de liberalización de su comercio exterior tratando de obtener reciprocidad, a buscado múltiples procesos para una solución justa de los conflictos en el tratado comercial con su principal socio E.U.

Para 1985 México había formado un acuerdo bilateral de subsidios e impuestos. Conforme a la legislación norteamericana, cualquier productor puede pedir a su gobierno, imponga un impuesto compensatorio a la importación de mercancías que considere subsidiadas. Los E.U. tienen que demostrar que las importaciones supuestamente subsidiadas dañan a los productos norteamericanos; pero esa prueba llamada PRUEBA DEL DAÑO sólo obliga a los E.U. con países del GATT o que tienen con él un acuerdo bilateral.

En 1986 nuestro país ingresa al GATT, para tener una institución donde negociar condiciones de reciprocidad ante su nueva apertura.

Los principios del GATT son:

- Reciprocidad.
- La no discriminación.
- Utilización de barreras exclusivamente arancelarias.
- Disminución de aranceles.
- Eliminación de restricciones cualitativas y cuantitativas.
- Consulta para la solución de controversias bilaterales y multilaterales.

Con estas medidas se constituye teóricamente un marco de solución de los conflictos entre el comercio de México y de los E.U.

Adicionalmente después del ingreso de México al GATT, se firmó con E.U. un Acuerdo Marco Bilateral, para fijar normas y dirimir diferencias comerciales, este acuerdo se divide en tres secciones:

- Declaración de principios:
  - Barreras no arancelarias.
  - Relación entre ingresos por exportación y deuda externa.
  - Servicios.
  - Inversión fronteriza.
- Mecanismo consultivo para dirimir diferencias en el comercio bilateral.
- Trato comercial a distintos productos:
  - Inversión.
  - Transferencia de tecnología.
  - Intercambio de información en el sector de servicios.

La política de apertura comercial, el ingreso al GATT y los convenios firmados no han traído a México como consecuencia, ni la diversificación de sus relaciones comerciales con el exterior, ni la tan anhelada reciprocidad.

Para México, la búsqueda de un TLC significa entre otras cosas:

- Reciprocidad a nuestra apertura comercial
- Eliminación de barreras no arancelarias
- Reconocimiento de distintos grados de desarrollo
- Eliminación de medidas unilaterales y mecanismos objetivos e imparciales para dirimir diferencias

**Son todos los propósitos por México de la firma del TLC con E.U. y Canadá.**

**Estos objetivos están dentro de los principios del GATT y del Acuerdo Marco, nuestro país reitera estos propósitos porque aún no se han cumplido y además su apertura hacia el exterior no ha contado con la reciprocidad de E.U..**

**Si México alcanza estos objetivos aspiraría a la estabilidad y al crecimiento económico dada la dependencia de la economía mexicana respecto a la norteamericana.**

### **3. Interés del TLC para los países participantes**

#### **● Estados Unidos**

**Ante una competitividad amenazante de Japón y poca eficiencia del GATT han motivado al gobierno norteamericano a una política del comercio exterior.**

**La firma del TLC para los E.U., significa un marco legal para el crecimiento y fortalecimiento de sus actividades comerciales con México y Canadá. Con el segundo ya tiene firmado un ALC por lo que vería extendido un mercado potencial hacia el territorio mexicano.**

**Si los E.U. buscarán reciprocidad y liberación comercial con el TLC estas instancias se hubieran realizado con el Acuerdo Marco y la integración de México al GATT.**

El tratado trilateral de libre comercio México, E.U. y Canadá será muy probablemente similar al firmado con los dos últimos ya que se trata de la misma zona y obedece a la misma problemática que Canadá enfrenta ante el contradictorio fenómeno de globalización y formación de bloques cerrados, que está ocurriendo en la economía mundial.

El tema de los energéticos cobra importancia ante el choque petrolero provocado por la guerra del Golfo Pérsico, y México es estratégico como proveedor de petróleo como lo fué entre los años de 1977 a 1982.

Para E.U., con México y Canadá el TLC no sólo obedece a la formación de bloques ante los formados ya entre Europa y Asia, sino también responde a la evolución de la economía norteamericana y de su presencia en el mundo.

Dado los déficits presentados en la balanza comercial de los E.U., a partir de 1975 que fué el último año donde se presentó un superávit, existe una enorme necesidad de la economía de ese país por aumentar sus exportaciones, ampliar y asegurar sus mercados.

La política comercial de E.U. y de los acuerdos bilaterales de libre comercio, obedece a poseer nuevamente la hegemonía perdida así como el equilibrio del sector externo.

#### **- Principales ventajas con la firma del TLC**

Las principales ventajas para los Estados Unidos con la firma del TLC son:

- Aprovechar mano de obra barata.
- Se resolvería el problema de envejecimiento de su población al contar con mano de obra mexicana joven.

- Serían beneficiados sectores tales como productores de computadoras, productos de acero, bebidas alcohólicas, muebles, papel, electro-domésticos, alimentos procesados, industria automotriz, farmacéuticos, servicios de transporte y comunicaciones.
- Sector agrícola: avicultores, ganaderos, fruticultores y productores de lácteos, granos y forrajes, oleaginosas y productos forestales.
- Los estadounidenses contarían con mayor seguridad para sus inversiones, ya que con la firma del TLC se garantizaría la irreversibilidad de las medidas liberalizadoras adoptadas por México.

#### **- Principales Desventajas**

Las principales desventajas para los Estados Unidos con la firma del TLC son:

- Pérdida de empleo no calificado ante la ubicación en México de los procesos de trabajo intensivos en mano de obra de las empresas norteamericanas.
- Los sectores más afectados serían los productores de autopartes, paquetes, ropa y verdura.
- El TLC afectaría al sector comercio al por menor de la zona fronteriza cuyos clientes principales son mexicanos.
- El TLC tendrá un efecto negativo en el medio ambiente a lo largo de la frontera.
- Existen temores que el TLC permita a México eludir la reglamentación de comercio en los E.U.

## ● México

La negociación del TLC, se presenta ante una tendencia al déficit en la balanza comercial, que se marca aún más con el aumento de la tasa de crecimiento de producción.

Hasta hoy, la entrada de capitales ha compensado la tendencia al déficit en cuenta corriente, pero no se puede considerar como una solución viable a largo plazo.

El volúmen comercial de México en E.U., aumentó de 18.4 miles de millones de dólares en 1983 a 26.2 en 1988 y si se incluye a la industria maquiladora entonces asciende a 52 mil millones de dólares. Actualmente, el comercio de México con E.U., representa el 68% del comercio total de México y 80% incluyendo las maquiladoras. El TLC, tiende a formalizar el proceso de integración económica que ya estaba en marcha.

El poder ejecutivo de nuestro país, ha establecido las siguientes características que desea que tenga el TLC:

- 1o. Deberá abarcar la liberación del comercio en bienes y servicios y flujos de inversión, con estricto apego a la Constitución.
- 2o. Ser compatible con el GATT de acuerdo a sus disposiciones de aranceles y comercio, debiéndose cumplir los cuatro siguientes requisitos:
  - Que cubra una parte sustancial de los intercambios, entre los países participantes.
  - Que se instrumente, en un período de transición razonable.



- Que no implique elevación de barreras adicionales a terceros países.

- Que se identifique el origen de los bienes que se incluyan en el tratado.

- 3o. Eliminación de aranceles, entre las partes significativas gradualmente, dentro de un período de transición suficiente y que evite el desquiciamiento en la actividad de algún sector.
- 4o. Eliminación de barreras no arancelarias que enfrentan nuestras exportaciones.
- 5o. Se negociarán reglas de origen a fin de evitar triangulaciones en la comercialización de proyectos que desvirtuen el propósito del tratado.
- 6o. El TLC deberá tener reglas precisas para evitar el uso de subsidios que distorcionen el comercio exterior que afectan la competencia.
- 7o. Deberá de incluirse una sección donde se establezca la resolución de controversias, con el objetivo de eliminar la vulnerabilidad de nuestros exportadores ante medidas unilaterales.

**- Ventajas**

**(Según la Comisión de Comercio Internacional de E.U. (USITC)).**

- Favorecerá el ingreso de varios sectores mexicanos (textiles, confección y algunos productos agrícolas).
- Dará una entrada segura al mercado de E.U. al eliminar acciones comerciales injustas, al tipificar la reglamentación sanitaria, al regular o eliminar las barreras no arancelarias.
- Incrementará el empleo dada la mayor demanda externa y el flujo creciente de la inversión extranjera, favoreciendo la retención de mano de obra calificada y no calificada.
- Elevará la productividad y competitividad de México en el mercado mundial.
- Estimulará la inversión directa en infraestructura, agrícola, computación, bancos, seguros y en el sector automotriz.
- Favorecerá la inversión directa de capital europeo; japonés y del sudeste asiático.
- Favorecerá el retorno de capitales.
- Permitirá captar divisas para hacer frente a la deuda externa.

### **- Desventajas**

- La mediana y pequeña industria se verán afectadas.
- Será el TLC, un proyecto a largo plazo.
- Se teme que el modelo que se impulsará será el de la maquila con bajos salarios y sin posibilidades de desarrollo para México.
- No se remediará el desempleo, ni se elevarán los salarios, ni se frenará el movimiento migratorio hacia los E.U.
- El ejido se verá perjudicado.

Este capítulo, pretende mostrar un panorama general, de la situación económica que podría presentarse en los países participantes con la firma del TLC. Esto nos ayudará a crear un marco económico que afrotarán los sectores de la industria del carbón y del acero, para la comparación de los modelos que se plantearán al final de la tesis, y así observar las posibles consecuencias en términos de la productividad.

## **Capítulo III ...**

## Capítulo III

---

### 1. El Modelo Input-Output

En el presente capítulo, se presentan los elementos fundamentales del modelo input-output, en sus aspectos relacionados con cantidades físicas. Se consideran las hipótesis implícitas, las características estructurales y las condiciones relacionadas con la posibilidad de que se produzca un excedente en términos físicos; se analiza tanto el denominado modelo abierto, como el cerrado, en el que la demanda final se expresa en función de la producción.

Para la construcción del modelo, es necesario tomar en cuenta ciertas premisas o supuestos, que son la base del mismo. Los supuestos esenciales de la teoría de insumo-producto se ocupan, casi totalmente, de la naturaleza de la producción. Posteriormente estos supuestos se transformarán en términos de un modelo de Programación Lineal.

El modelo de insumo-producto, se fundamenta en la premisa de que en una economía, es posible dividir a todas las actividades productivas en sectores cuyas relaciones recíprocas puedan expresarse, significativamente, por medio de una serie de sencillas funciones de insumo. Para un grupo de actividades, las funciones de insumo pueden presentar considerable estabilidad, pero pueden ser mucho menos constantes para un agrupamiento diferente. Los criterios a seguir para el establecimiento de los sectores, deben tener por base el conocimiento de las características de las actividades productivas que se han agrupado, así como también del consumo de las producciones.

El modelo de Leontief, incluye algunos de los tipos de interdependencia entre las unidades económicas y excluye otros. De manera especial, incluye la interdependencia que resulta de las ventas de mercancías de uno a otro sector y del consumo de los mismos factores primarios. Excluye, específicamente, la sustitución entre las producciones de sectores diferentes, ya sea en los consumos finales, o como insumos para otros sectores diferentes y la interdependencia no-mercantil, bajo la forma de economías exteriores y diseconomías.

## 2. Hipótesis del Modelo de Leontief

Las propiedades de los modelos de Leontief, pueden derivarse de tres supuestos fundamentales, los cuales es conveniente enunciar:

- 1). Cada mercancía (o grupo de mercancías) es suministrada por una sola industria o sector de producción. Los corolarios de este supuesto son: a) que se emplea únicamente un método para producir cada grupo de mercancías; y b) que cada sector tiene únicamente una sola producción primaria.
- 2). Los insumos comprados por cada sector son solamente una función del nivel de producción de ese sector. (Comúnmente se hace el supuesto, más restrictivo, de que la función insumo es lineal, pero esto es cuestión de conveniencia.)
- 3). El efecto total de llevar a cabo varios tipos de producción, constituye la suma de los efectos separados. Se conoce éste, como el supuesto de la actividad que rige a las economías exteriores y a las diseconomías.

La validez de cada uno de estos supuestos, depende tanto de la naturaleza de la producción en plantas aisladas, como de la forma en que éstas unidades se agrupan en sectores. Ciertos supuestos, pueden tener mayor validez para los agrupamientos que para las unidades y las economías exteriores. Otros pueden tener valor para los procedimientos productivos aislados, pero no para los sectores. En consecuencia, al valorizar la estructura del modelo, debemos considerar al mismo tiempo, la naturaleza de las relaciones fundamentales de la producción y los efectos del agrupamiento.

### 3. El Modelo General

El objetivo principal del modelo de insumo-producto es explicar las magnitudes de las corrientes interindustriales en función de los niveles de producción en cada sector. Los supuestos dados anteriormente, hacen posible realizar importantes simplificaciones en las ecuaciones del equilibrio general. Todas las actividades productivas que tienen un producto determinado, tal como el acero, se consolidan en un solo sector productor de acero; por consiguiente, es posible referirse al acero como industria y al acero como mercancía. El modelo de Leontief se ocupa únicamente de las relaciones entre los grupos de unidades productivas o industrias.<sup>2</sup>

Así pues, el modelo general se formula como sigue:

Sean las siguientes cantidades (medidas en términos físicos):

$$\begin{aligned}x_i &= \text{la producción total de } i, \text{ donde: } i = 1, 2, \dots, n. \\x_{ij} &= \text{la cantidad de } i \text{ necesaria para producir } x_j, \\ &\text{donde: } i, j = 1, 2, \dots, n. \\Y_i &= \text{la cantidad de } i \text{ destinada a satisfacer una} \\ &\text{demanda final, donde: } i = 1, 2, \dots, n.\end{aligned}$$

Entonces, el balance físico de cada producto puede escribirse de la siguiente manera:

$$x_i - (x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in}) = Y_i, \quad \text{con } i = 1, 2, \dots, n.$$

---

2. Cuando no se han formulado los supuestos especiales del modelo de insumo-producto, para el trabajo empírico todavía es útil formar el agregado de las actividades productivas dentro de las industrias, pero una mercancía dada puede, en tal caso, ser producida por varias industrias.



o lo que es lo mismo:

$$x_i - \frac{x_{i1}}{x_1} x_1 + \frac{x_{i2}}{x_2} x_2 + \dots + \frac{x_{in}}{x_n} x_n = Y_i, \quad \text{con } i = 1, 2, \dots, n.$$

en donde, si es constante:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j},$$

Entonces, se puede escribir:

$$x_i - (a_{i1} x_1 + a_{i2} x_2 + \dots + a_{in} x_n) = Y_i, \quad \text{con } i = 1, 2, \dots, n.$$

Así pues, el modelo general input-output en su forma más sencilla está dado mediante el siguiente sistema de ecuaciones lineales:

$$\begin{aligned} x_1 - (a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1n} x_n) &= Y_1 \\ x_2 - (a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{2n} x_n) &= Y_2 \\ &\dots \\ x_n - (a_{n1} x_1 + a_{n2} x_2 + \dots + a_{nn} x_n) &= Y_n \end{aligned}$$

El sistema equivale a:

$$\begin{pmatrix} 1-a_{11} \\ -a_{12} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ -a_{n1} \end{pmatrix} x_1 + \begin{pmatrix} -a_{21} \\ 1-a_{22} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ -a_{n2} \end{pmatrix} x_2 + \dots + \begin{pmatrix} -a_{1n} \\ -a_{2n} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 1-a_{nn} \end{pmatrix} x_n = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_n \end{pmatrix}$$

o bien a:

$$x - Ax = Y \quad \dots \quad (3.1)$$

siendo:

$$x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n \end{pmatrix}, \quad A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}, \quad Y = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_n \end{pmatrix}$$

Los coeficientes de la matriz A son positivos o nulos, de tal manera que A sea una matriz no negativa.

La k-ésima columna de la matriz A es el valor de los inputs materiales directos necesarios para producir una unidad del producto k.

Hasta este momento se han analizado las relaciones existentes entre los diversos productos. Ahora, introduciremos la variable trabajo.

Sean:

$L_i$  = la cantidad total de trabajo necesaria -además de los inputs ya indicado para producir  $x_i$ , donde:  $i = 1, 2, \dots, n$ .

$L$  = la cantidad total de trabajo necesaria en dicha economía para producir :

Así pues:

$$L = L_1 + L_2 + \dots + L_n$$

o sea:

$$L = \frac{L_1}{x_1} x_1 + \frac{L_2}{x_2} x_2 + \dots + \frac{L_n}{x_n} x_n$$

ecuación que si:

$$l_i = \frac{L_i}{x_i}$$

es constante, puede escribirse:

$$L = l_1 x_1 + l_2 x_2 + \dots + l_n x_n$$

o bien, si:

$$l' = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$$

en forma matricial se escribirá:

$$L = l'x \quad \dots (3.2)$$

que es la expresión de la cantidad total de trabajo necesaria para producir  $x$ , bajo el supuesto de que los coeficientes de trabajo sean constantes.

#### 4. Los Modelos Abierto y Cerrado

Como se observó anteriormente, el modelo fundamental tiene como expresión a la siguiente ecuación:

$$x - Ax = Y \quad \dots (3.3)$$

en donde  $Y$  es el vector de la demanda final, destinada al consumo y a otros usos. Cuando  $Y$  es determinado exógenamente, el modelo se denomina *abierto*; recibe, por el contrario, la designación de *cerrado* cuando  $Y$  se expresa en función de la demanda final premultiplicada por la inversa de Leontief.

Así pues, el modelo input-output se denomina cerrado cuando la demanda final se expresa en función de la producción; en nuestro caso -el más simple- la demanda final corresponderá únicamente al consumo de los productores.

Considerando el sistema (3.3) y el supuesto siguiente para reproducir la capacidad de trabajo durante el período al que se refiere el modelo, es preciso consumir  $b_1$  unidades físicas del producto 1,  $b_2$  del producto 2, etc., dado que el número total de unidades de trabajo es  $L$ , puede escribirse:

$$\begin{aligned}x_1 - \sum_{j=1}^n a_{1j}x_j &= b_1L \\x_2 - \sum_{j=1}^n a_{2j}x_j &= b_2L \\&\dots \\x_n - \sum_{j=1}^n a_{nj}x_j &= b_nL\end{aligned}$$

y, en notación matricial, haciendo:

$$B' = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$$

se obtiene el sistema matricial:

$$x - Ax = BL$$

pero, dado que  $L = I'x$ , entonces:

$$x - Ax = B'I'x \quad \dots \quad (3.4)$$

o sea:

$$x = (A + B'I')x \quad \dots \quad (3.5)$$

que es la ecuación fundamental del input-output estático cerrado, expresión de que la economía se halla en estado de autorreemplazamiento.

Ahora, veremos lo que expresa la matriz  $BI'$ :

$$BI' = \begin{bmatrix} b_{11}l_1 & b_{12}l_2 & \dots & b_{1n}l_n \\ b_{21}l_1 & b_{22}l_2 & \dots & b_{2n}l_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1}l_1 & b_{n2}l_2 & \dots & b_{nn}l_n \end{bmatrix}$$

Así pues:

$b_{ij}$  = la cantidad del producto  $i$  que es preciso consumir para reproducir la cantidad de trabajo  $l_j$ .

y cada columna de  $BI'$  expresa las cantidades de los diversos productos que es preciso consumir para reproducir la cantidad directa de trabajo necesaria para obtener una unidad del producto correspondiente.

La ecuación del input-output cerrado, es pues, haciendo  $A = A + BI'$ , la siguiente:

$$x = Ax \quad \dots \quad (3.6)$$

**Si puede escribirse que  $Ax$  es menor o igual a  $x$ , ello indica que la producción de por lo menos un producto es superior a los inputs totales necesarios, tanto para inputs materiales como para reproducir la capacidad de trabajo. Se puede pues producir, un excedente físico por encima de las necesidades de consumo.**

## 5. Los Precios de Producción

Consideremos un modo de producción capitalista caracterizado por:

- a). Los productores directos no son propietarios de los medios de producción, sino que éstos pertenecen a los capitalistas.
- b). Los productos directos -los trabajadores asalariados- tienen la misma disposición de sí mismos, no siendo pues propiedad de los capitalistas; así pues, los trabajadores deben vender su capacidad de trabajo, su fuerza de trabajo, con el fin de poder obtener los medios de consumo que precisan; en consecuencia, su participación en el proceso de producción tiene lugar bajo el control de los capitalistas, los cuales son -también- los propietarios del producto obtenido.

En este marco de relaciones de producción, los capitalistas no buscan únicamente recuperar el costo de producción sino que pretenden obtener las máximas ganancias posibles sobre su capital; éste se halla medido por el valor monetario (según el sistema de precios vigente) del fondo financiero que adelantan.

Supongamos que el proceso de producción exija -para obtener una unidad del producto  $k$  al final del período- disponer y pagar, al principio de dicho período, de los inputs materiales necesarios, o sea:

$$\{a_{1k}, a_{2k}, \dots, a_{nk}\}$$

Dichos inputs se gastan completamente a lo largo del período considerado; supongamos también que los hábitos de pago a los trabajadores exija su remuneración al principio del período; o sea  $w$  el salario por unidad de tiempo de trabajo.



Así pues, el fondo -por unidad de producto- que los capitalistas necesitan adelantar es igual a:

$$\sum_{i=1}^n p_i a_{i1} + w l_1$$

donde:

$p_i$  = precio del producto  $i$ ;

Supondremos que nos hallamos ante una economía capitalista que utiliza capital circulante, es decir, en la que el stock de medios de producción necesarios es igual al flujo gastado durante el período.

Sea  $r$  la tasa de beneficio de capital y  $w$  la tasa de salario; suponemos pues que existen las condiciones suficientes para que ambas sean las mismas en todos los sectores.

Si los capitalistas recuperan los costos de producción y obtienen además el tipo de beneficio  $r$  sobre el valor del capital adelantado, el sistema de ecuaciones que define el sistema de precios  $r$  y  $w$  es:

$$p_1 = \left( \sum_{i=1}^n p_i a_{i1} + w l_1 \right) + r \left( \sum_{i=1}^n p_i a_{i1} + w l_1 \right)$$

$$\dots$$

$$p_n = \left( \sum_{i=1}^n p_i a_{in} + w l_n \right) + r \left( \sum_{i=1}^n p_i a_{in} + w l_n \right)$$

o sea:

$$p' = (1 + r) (p'A + w l')$$

Así pues, este es el sistema de precios de producción capitalista.

## 6. Coeficientes en cantidades físicas y en valores monetarios

La matriz A es tal que sus coeficientes se miden en cantidades físicas. Ahora veremos lo que ocurre si las cantidades de los diversos productos se miden en valores monetarios.

Sean:

- $p_i$  = el precio del producto  $i$  ;
- $x_{ij}$  = la cantidad total del producto  $i$ , en términos físicos, utilizada como input del sector  $j$ ;
- $a_{ij}$  = el coeficiente técnico  $(i, j)$  medido en unidades físicas;
- $a_{ij}^*$  = el coeficiente técnico  $(i, j)$  medido en unidades monetarias.

Así pues, el valor monetario de la cantidad de producto  $i$  utilizada como input del sector  $j$  será:

$$p_i x_{ij}$$

y la producción de  $j$  medida también en términos monetarios será:

$$p_j x_j$$

en consecuencia:

$$a_{ij}^* = \frac{p_i x_{ij}}{p_j x_j} = \frac{p_i}{p_j} a_{ij}$$

que expresa la relación existente entre los dos coeficientes.

En definitiva, puede escribirse:

$$[a_{ij}] = \begin{bmatrix} p_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & p_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & p_n \end{bmatrix}^{-1}$$

o sea:

$$A^* = \hat{P} A \hat{P}^{-1}$$

o bien:

$$A = \hat{P}^{-1} A^* \hat{P} \quad \dots (3.7)$$

siendo  $\hat{P}$  la matriz diagonal de los precios.

Ahora, si operamos con flujos monetarios, multiplicando cada ecuación de:

$$x - Ax = Y$$

por el precio correspondiente, obtendremos:

$$p_i x_i - \sum_{j=1}^n p_j x_{ij} = p_i Y_i, \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, n. \quad \dots (3.8)$$

Si multiplicamos cada ecuación de:

$$p^j = (1 + r)(p^j A + w^j) ;$$

donde:

$r$  = tasa de beneficio del capital, y

$w$  = tasa de salario.

por la  $j$ -ésima  $x$  correspondiente tenemos, que dado el precio del  $j$ -ésimo producto o bien:

$$p_j = (1 + r) \left( \sum_{i=1}^n p_i a_{ij} + w^j \right)$$

$$\rightarrow p_j x_j = (1 + r) \left( \sum_{i=1}^n p_i \frac{x_{ij}}{x_j} x_j + w L_j \right)$$

$$\rightarrow p_j x_j = (1 + r) \left( \sum_{i=1}^n p_i x_{ij} + w L_j \right), \text{ para } j = 1, 2, \dots, n.$$

es decir:

$$p_j x_j = \sum_{i=1}^n p_i x_{ij} + r \left( \sum_{i=1}^n p_i x_{ij} + w L_j \right) + w L_j \quad \dots (3.9)$$

donde el primer sumando representa el costo de inputs materiales, el segundo los beneficios y el último los salarios.

## 7. Análisis de Insumo-Producto y Programación Lineal

En este punto examinaremos un modelo que incorpora un aspecto totalmente distinto al funcionamiento de la economía. En dicho modelo, se tiene en consideración el hecho de que existen muchas formas diferentes de producir bienes y satisfacer necesidades, y que las opciones de una parte de la economía pueden depender de las decisiones en otra parte de la misma. Las técnicas matemáticas para manipular estos supuestos más generales han sido desarrolladas en años recientes, bajo las denominaciones de programación lineal y análisis de actividades.

Comparado con el análisis de Leontief, el método de programación lineal contiene dos innovaciones. Incluye, en primer lugar, fuentes alternativas de abastecimiento como actividades separadas, y el nivel al cual se utiliza cada una de ellas se convierte en una variable en el modelo. Por consiguiente el sistema tiene más variables que ecuaciones, y muchas soluciones posibles. La segunda innovación, consiste en el aumento de un criterio para preferir una solución a otra, como puede ser la reducción del costo al mínimo, la elevación del bienestar a un grado máximo, o cualquiera otra función de los niveles de actividad. El sistema de Leontief es, en esencia, un modelo de equilibrio general en el que se ha omitido totalmente el supuesto economizador. Un modelo de programación, por el contrario, puede proporcionar una elección explícita entre alternativas, como importaciones y producción interna, cuya relación debe determinarse previamente en el sistema de Leontief.

Así pues, desarrollaremos un modelo de programación interindustrial partiendo del sistema de insumo-producto y formulando supuestos más generales.

## ● Análisis de Actividades

El análisis de actividades es un método para analizar cualquier transformación económica, en función de unidades elementales llamadas actividades. En forma abstracta, su empleo ha conducido a una exposición más generalizada de la teoría clásica de la producción y de las relaciones entre el rendimiento productivo y los precios.

La estructura lógica del análisis de actividades, se enuncia en términos muy generales sin ningún nexo institucional necesario. Puede, por lo tanto, aplicarse a varias clases de unidades, desde plantas aisladas, hasta economías integrales y a cualquier tipo de transformación de insumos en productos.

El principal cambio en este modelo, con respecto al modelo de insumo-producto, es la sustitución de la idea de industria de Leontief, por la de actividad (o conjunto de actividades).

En el análisis de actividades, *mercancía* tiene un significado semejante al que se emplea en la teoría de insumo-producto. Para el análisis interindustrial, podemos hacer una distinción conveniente entre mercancías primarias y producidas y entre consumos intermedios y finales. Mercancía primaria es cualquier insumo no producido en el sistema y de aquí que su definición se encuentre basada en el modelo escogido. Los consumos finales son aquellos que se estipulan de antemano y dependen también del modelo elegido.

Actividad es cualquier transformación posible de producciones fijas de insumos de mercancías en proporciones fijas de producción de mercancías. Incluye, como caso especial, el concepto de Leontief de una industria o sector de producción. El transporte, almacenaje, adiestramiento en el trabajo y la venta, también pueden estar representados como actividades.

Una actividad esta representada matemáticamente por una columna de coeficientes, tal como en el sistema de Leontief, con un coeficiente para cada insumo y para cada producto. Expresemos la actividad  $j$  como el vector columna:

$$A_j = \begin{bmatrix} a_{1j} \\ a_{2j} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ a_{mj} \end{bmatrix}$$

donde un coeficiente positivo denota un producto y uno negativo un insumo.

Así pues, todas las actividades posibles pueden transcribirse juntas en forma de una matriz, como sigue:

$$A = (A_1, A_2, \dots, A_n) = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

donde hay  $n$  actividades y  $m$  mercancías.

Esta matriz se llamará matriz tecnológica aunque algunas relaciones puedan no ser tecnológicas. Incluye la matriz de Leontief  $(I-A)$ , como un caso especial en que el número de actividades será igual al de mercancías  $(n=m)$ . La producción bruta en el sistema de insumo-producto se convierte en un nivel de actividad en el análisis de actividades y en la programación lineal. Cualquier insumo o producción puede seleccionarse como unidad de medida.

Podemos elegir entre definir el nivel unitario como el que produce una tonelada de acero, o el que emplea 10 unidades horas-hombre de mano de obra, dependiendo del problema; pero, por lo común, será más conveniente tomar como base la producción de la mercancía principal. Denotaremos con  $x$  subíndice  $j$ , al nivel de actividad  $j$ . El total de cada insumo empleado o de cada producto fabricado por la actividad es entonces:

$$x_j = a_j x_j ,$$

con productos positivos e insumos negativos.

*A una serie de niveles de actividad  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ,  
se les llama PROGRAMA.*



Por otro lado, los elementos autónomos que se aceptan como conocidos en el análisis de actividades, se les llaman restricciones. Estos no sólo incluyen a las demandas finales de insumo-producto, sino también a las cantidades disponibles de recursos, y algunas veces a otras limitaciones. Para cada tipo de mercancía habrá una restricción positiva, para las producciones finales (deseadas), negativa para los insumos primarios, y cero para los artículos intermedios. La columna de restricciones puede escribirse de la siguiente manera:

$$B = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ B_m \end{bmatrix}$$

### • El Problema de Programación

Cualquier opción entre usos alternativos de recursos, puede plantearse como un problema de programación si:

- a). puede representarse convenientemente por los conceptos de actividades.
- b). puede definirse el objetivo del forjador de la política, como función de los niveles de actividad.

Si las diversas relaciones funcionales llevan los requisitos de los supuestos de linealidad,<sup>3</sup> entonces el problema es de programación lineal. Esta técnica se ha empleado en problemas de distribución tan variados, como el de la formación de itinerarios para barcos-cisternas, el funcionamiento de las refineras de petróleo, la selección de cosechas y la determinación de un tipo óptimo de cambio.

En el campo del análisis interindustrial, la elección de técnicas de producción constituye un problema común de programación.

El problema general de programación lineal puede plantearse algebraicamente en función de los conceptos que acabamos de definir.

Así pues, para elevar al máximo (o reducir al mínimo), alguna función lineal de los niveles de actividad, tenemos el siguiente modelo general:

$$C = \sum_j c_j x_j ; \quad \text{donde: } j = 1, 2, \dots, n \quad \dots (3.10)$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$\sum_j a_{ij} x_j \geq B_i ; \quad \text{donde: } i = 1, 2, \dots, m \quad \dots (3.11)$$

$$x_j \geq 0 ; \quad \text{donde: } j = 1, 2, \dots, n \quad \dots (3.12)$$

---

3. Las condiciones de linealidad se explican en la siguiente sección, (Comparación de Supuestos).

Entre estas ecuaciones y las que forman el sistema de Leontief, se pueden observar cuatro diferencias:

- i). Necesitamos de cierta función de los niveles de actividad (3.10) que nos capacite para escoger una solución con preferencia a otra. Esto es lo que se llama *criterio o función objetivo*. En los modelos interindustriales, el objetivo consiste comúnmente en elevar al máximo la producción total (producto nacional), o reducir el costo al mínimo.
- ii). Existen formas alternativas para realizar la misma producción.
- iii). A diferencia del sistema abierto de insumo-producto, los factores primarios constituyen una parte del modelo tanto como las mercancías producidas, ya que cualquier solución debe satisfacer las limitaciones de recursos, así como llenar los requisitos de consumo final.
- iv). Las restricciones consisten más bien en desigualdades que en igualdades. Esta formulación deja margen para que algunos recursos no se utilicen.

Para completar el enunciado del problema de programación necesitamos algunas otras definiciones. Es conveniente formar una categoría de programas según el grado en que se satisfagan estas ecuaciones. Se le da el nombre de solución a un conjunto de niveles de actividad que satisfaga solamente la ecuación (3.11), es decir las restricciones. Si, además, consiste únicamente de niveles de actividad no-negativos, entonces es una solución factible (es decir, que cumpla también con la ecuación (3.12)). A la solución factible que eleva al máximo a (3.10) se le llama programa óptimo.

Se facilita el descubrimiento de la solución óptima para un problema de programación si se vuelve a plantear éste en términos de ecuaciones, en lugar de desigualdades. Esto se puede hacer agregando nuevas variables llamadas actividades disponibles o variables artificiales, para representar la diferencia que hay entre los términos que se encuentran a la izquierda y a la derecha de la desigualdad (3.11). En las ecuaciones de producción final, la actividad disponible representa la producción de una mercancía dada, en exceso de las necesidades mínimas. Si tienen algún valor las cantidades adicionales de determinadas mercancías, este último tipo de actividad disponible tendrá un coeficiente positivo en la función objetiva. La falta de utilización de recursos primarios, se supone comúnmente, que no tiene ni costo ni valor.

Para la programación interindustrial se ha estimado conveniente conservar la notación que ya se ha empleado para el análisis de insumo-producto, la cual hace la distinción entre dos tipos de restricciones: las demandas finales (Y-subíndice-i) y el abastecimiento disponible de factores primarios (F-subíndice-h). Sumando los niveles de las correspondientes actividades disponibles, (D-subíndice-i y D-subíndice-h), podemos anotar las desigualdades de (3.11) como dos series de ecuaciones (en el modelo de Leontief):

$$\sum_j a_{ij} x_j - D_i = Y_i ; \text{ donde: } i = 1, 2, \dots, m \quad \dots (3.13)$$

$$\sum_j f_{hj} x_j - D_h = \bar{F}_h ; \text{ donde: } h = m+1, \dots, m+l \quad \dots (3.14)$$

donde todas las demandas finales son positivas o cero y los factores primarios son negativos. En el método de programación, las ecuaciones (3.13) constituyen el equivalente del sistema de Leontief. Cuando sólo hay una actividad para cada mercancía producida y no existe limitación del tipo de (3.14), el modelo de Leontief se presenta como un caso especial de (3.13), en el que las actividades disponibles de esta ecuación son nulas.

## ● Comparación de Supuestos

Podemos enumerar ahora los supuestos fundamentales de la programación lineal de manera que puedan compararse con los del análisis de insumo-producto.

1). El modelo de insumo-producto presupone que cada mercancía está suministrada por un sólo sector de producción. En programación lineal, este supuesto se sustituye por:

- a). Una mercancía puede ser producida por cualquier número de actividades.
- b). Cada actividad puede tener varias producciones.

En el análisis interindustrial, los coproductos generalmente no tienen gran importancia porque se encuentran dentro del mismo grupo de mercancías. En este caso, podemos conservar el concepto de sector del sistema de insumo-producto. Sector o industria, se define entonces, como el conjunto de todas las actividades que producen una mercancía dada.

2). Los insumos utilizados por una actividad son únicamente función del nivel de dicha actividad. Este supuesto se transforma en:

- a). En programación lineal es necesaria una función lineal homogénea, a la cual se le conoce como el supuesto de proporcionalidad, que es la siguiente:

$$x_j = a_j x_j \dots (\text{supuesto de proporcionalidad}).$$

b). En el modelo de insumo-producto se presupone la condición lineal, mas no es importante la proporcionalidad.

3). En ambos modelos se supone la adicionalidad, o sea la falta de economías o deseconomías externas.

4). La no-negatividad de los niveles de actividad es necesaria en los dos casos. En el insumo-producto no se necesita un supuesto por separado, porque las producciones no-negativas constituyen propiedad imprescindible de todas las matrices de Leontief, pero en la programación lineal debe imponerse esta condición para impedir que aparezcan en la solución niveles negativos de actividad. (Como un nivel negativo de actividad implica la reversión de un proceso productivo -producir carbón y mineral de hierro partiendo del acero- es obvio que debe excluirse).

Aparte de las diferencias de forma, que se encuentran principalmente en el primer supuesto, el modelo de programación lineal es más amplio, porque puede aplicarse a opciones que están fuera de la esfera de acción de la teoría de insumo-producto.

Estos supuestos se encuentran validados en el libro de Hollis B. Chenery y Paul G. Clark.

En el siguiente capítulo, se presentará una aplicación de la teoría dada hasta este momento. Esta aplicación, se enfocará a los sectores industriales del carbón y del acero, en el cual se optimizará la combinación de actividades y con base en el resultado se mencionarán las implicaciones que este sector tendría hacia las correspondientes de E.U. y a partir de esto se hará un análisis interindustrial entre dichos sectores.

## **Capítulo IV ...**

## Capítulo IV

---

### 1. Análisis Sectorial.

Siempre que empleamos el análisis interindustrial para la formulación o comprobación de programas económicos, nos ocupamos de las elecciones que afectan el nivel y la composición de la producción final que puede elaborarse.

Como el sistema de insumo-producto no contiene dentro del modelo elementos de elección al usarlo deben establecerse comparaciones entre soluciones alternativas para diferentes demandas propuestas. Por medio de los conceptos de programación lineal, podemos tratar sistemáticamente esta elección y asegurarnos de que el resultado final sea realmente óptimo para las condiciones dadas.

El análisis realizado en este capítulo, se fundamenta en un modelo de programación lineal para los sectores del carbón y del acero, tanto para México como para E.U., y que tendrá como finalidad el estudio de la situación que se presenta antes y después del TLC, en cuanto a dichos sectores.

El motivo por el cual se escoge un modelo de programación lineal, es debido a que en este caso, se presenta que la línea de precios (función objetivo) y las restricciones son lineales, lo cual nos lleva al planteamiento de una maximización de utilidades para las industrias del Carbón y del Acero, de manera conjunta.



Mediante la maximización de utilidades para cada uno de los países en cuestión, se pretende analizar el comportamiento de insumo-producto de los elementos que constituyen la producción de carbón y acero, introduciendo los posibles cambios en que se verán afectados dichos sectores a la firma del TLC.

Una vez obtenida la información para cada uno de los modelos (México-E.U.), el tratamiento a seguir se basa en los puntos que se detallan a continuación:

- Bases para la formulación del modelo práctico.
- Optimización de las ventas, de los sectores del Carbón y del Acero de manera conjunta y su comparación entre ambos países.
- Análisis de Resultados.
- Perspectivas de la Siderurgia Mexicana.

## 2. Bases para la Formulación del Modelo Práctico.

Para transformar el sistema de insumo-producto en un modelo de programación con demandas alternativas y limitaciones de recursos, necesitamos añadir lo siguiente:

- A). Una serie de ecuaciones para el uso de los recursos, que corresponde a (3.14), con actividades disponibles para medir la cantidad no utilizada de cada uno de los recursos;
- B). Actividades disponibles para medir el consumo final de cada mercancía; y
- C). Una función objetiva, que expresa el valor asignado al consumo final de cada mercancía.

En los siguientes puntos, presentaremos un ejemplo abocado a los sectores del Carbón y del Acero (México-E.U.), con la finalidad de someterlos a la creación de un modelo de programación lineal, que optimice la combinación de actividades, para la obtención de un máximo beneficio de las industrias en tratamiento, para que posteriormente sea analizada la implicación, en cuanto a productos, que estas industrias tienen entre sí, de acuerdo a lo expuesto en el capítulo anterior para el tratamiento del estudio.

Antes de formular los modelos de programación lineal para los países en cuestión, necesitaremos las relaciones de insumo-producto para los sectores ya mencionados, estos es, las entradas de los coeficientes técnicos correspondientes a cada uno de los sectores en tratamiento.

A continuación se realizarán los modelos prácticos para México y E.U., basados en estas relaciones de insumo-producto y utilizando las matrices necesarias para este fin.

### 3. Optimización Conjunta de los Sectores (Modelo Práctico).

Para llevar a cabo el proceso de optimización para cualquier país, será necesario proporcionar los datos siguientes:

- La matriz de actividades correspondiente al tratamiento sectorial de insumo producto; y
- Las capacidades de trabajo (mano de obra), capital y recursos naturales, para la producción final de las mercancías.

En base a este criterio se elaborarán los modelos correspondientes a México y E.U., siguiendo el planteamiento general descrito del capítulo anterior (ecuaciones: 3.10, 3.11 y 3.12).

#### • Modelo para México.

A través de una inspección de las matrices de insumo-producto de México de los años 1970 y 1980, se obtuvo la información necesaria para el desarrollo de los factores que ayudan realizar la proyección de los coeficientes técnicos, para una posible submatriz de insumo-producto de 1990, enfocada a los sectores del "Carbón y derivados (sector no. 5)" y de las "Industrias del Hierro y Acero (sector no. 46)".

Lo anterior fué posible mediante la aplicación del Método RAS.<sup>4</sup>

---

4. Ver Anexo I. Explicación y solución al sistema de ecuaciones dado para la estimación de la matriz del '90.

Dados los coeficientes técnicos obtenidos de las matrices de insumo-producto del '70 y del '80, para los sectores (5) y (46), describiremos el proceso aplicado a los sectores en cuestión.

Sectores	A1 (5)	A2 (46)
5). Carbón y Derivados	0.24249	0.0291
46). Industrias Básicas del Hierro y Acero	0.00000	0.3667

Tabla de Coeficientes Técnicos 1970 (Sectores: 5 y 46).

Sectores	A1 (5)	A2 (46)
5). Carbón y Derivados	0.273872	0.038505
46). Industrias Básicas del Hierro y Acero	0.000219	0.313505

Tabla de Coeficientes Técnicos 1980 (Sectores: 5 y 46).

De acuerdo a las tablas anteriores y aplicando el Método RAS, se obtuvo el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 0.24249R_1S_1 + 0.0291R_2S_2 &= 0.312377 \\
 &+ 0.3667R_2S_2 = 0.313724 \\
 0.24249R_1S_1 + &= 0.274091 \\
 0.02910R_1S_1 + 0.3667R_2S_2 &= 0.352010
 \end{aligned}$$

Mediante la solución de este sistema, se encontraron los factores asociados a los efectos de sustitución y fabricación, que permitirán realizar la proyección de los coeficientes técnicos asociados a los sectores (5) y (46), para la matriz estimada del '90.

Así pues, la solución al sistema es:

$$R_1 = 1.28973767$$

$$R_2 = 0.83867020$$

$$S_1 = 0.87639433$$

$$S_2 = 1.02010675$$

Aplicando los factores anteriores a la matriz del '80, obtendremos los coeficientes técnicos estimados para la matriz del '90. Las operaciones que se llevaron a cabo en la elaboración de estos, son los siguientes:

$$R_1 S_1 a_{11} = 1.130318781(0.273872) = 0.309562665$$

$$R_2 S_1 a_{21} = 0.735005808(0.000219) = 0.000160966$$

$$R_1 S_2 a_{12} = 1.315670103(0.038505) = 0.050659877$$

$$R_2 S_2 a_{22} = 0.855533132(0.313505) = 0.268213915$$

Por lo tanto, los coeficientes técnicos de la tabla del '90 son:

Sectores	A1 (6)	A2 (46)
5). Carbón y Derivados	0.30966265	0.0606598
46). Industrias Básicas del Hierro y Acero	0.000160966	0.2682139

Tabla de Coeficientes Técnicos Estimados 1990 (Sectores: 5 y 46).

A partir de esta tabla, haremos el modelo de programación lineal el cual se presenta a continuación.

Para la construcción de este modelo es necesario conocer las restricciones de insumo-producto correspondientes a la tabla de coeficientes técnicos estimados para el año de 1990 y las limitaciones de recursos.

Mediante la tabla anterior y la recopilación de datos para la construcción de las restricciones de Trabajo, Capital y Recursos Naturales de las cuales se encontró que las capacidades son: 3'783,600 hrs/hombre; 3'142,650 M.A. y 10'995,916 tons/año, respectivamente.<sup>6</sup>

6. Fuente: Bases de Datos de ATISA ATKINS, S.A. DE C.V., Biblioteca, Febrero 1992.

Así pues se llegó a la construcción de la siguiente matriz de actividades asociado al modelo para México:

$$A = (A_1 \ A_2 \ \dots \ A_5) = \begin{bmatrix} 1.0000 & -0.05650 \\ -0.00016 & 1.00000 \\ -6.05360 & -15.88800 \\ -12.57200 & -8.37900 \\ -0.37000 & -0.63000 \end{bmatrix}$$

donde hay 5 actividades y 2 mercancías.

Y la columna de restricciones resulta como sigue:

$$B = \begin{bmatrix} 0.000000 \\ 0.000000 \\ -3783600 \\ -3142600 \\ -10995900 \end{bmatrix}$$

Ahora, supondremos que no hay requisitos de producción final y la producción total para el consumo final estará representada por las siguientes dos ecuaciones de insumo-producto:

$$\begin{aligned} (1) \quad & x_1 - 0.05065 x_2 \geq 0 \\ (2) \quad & -0.00016 x_1 + x_2 \geq 0 \end{aligned}$$

Las ecuaciones de recursos tienen las restricciones correspondientes presentadas en la matriz B, renglones 3 al 5, los cuales representan el monto total de cada recurso disponible, a quedar:

$$(3) \quad 6.053 x_1 + 15.888 x_2 \leq 3,783,600$$

$$(4) \quad 12.572 x_1 + 8.379 x_2 \leq 3,142,650$$

$$(5) \quad 0.370 x_1 + 0.630 x_2 \leq 10,995,916$$

El problema se reduce entonces a maximizar el valor total de la producción final de las mercancías 1 y 2, esto es:

$$(6) \quad C = 16.32 x_1 + 21.04 x_2$$

donde:

$x_1$  = Producción total de Carbón

$x_2$  = Producción total de Acero



Por lo tanto el problema general (3.10, 3.11 y 3.12), para México, es el siguiente:

$$\text{Max } C = 16.32 x_1 + 21.04 x_2$$

s.a.

$$x_1 - 0.05065 x_2 \geq 0$$

$$-0.00016 x_1 + x_2 \geq 0$$

$$6.05360 x_1 + 15.8880 x_2 \leq 3,783,600 \quad \dots \text{ (Trabajo).}$$

$$12.5720 x_1 + 8.379 x_2 \leq 3,142,650 \quad \dots \text{ (Capital).}$$

$$0.3700 x_1 + 0.630 x_2 \leq 10,995,916 \quad \dots \text{ (Rec.Nat.).}$$

$$x_1, x_2 \geq 0.$$

Mediante el uso del Método Simplex, automatizado en el paquete llamado Statgraphics<sup>6</sup>, se obtuvo la solución a este problema de optimización, con lo cual se obtuvo el resultado siguiente:

La solución después de 3 pivoteos es:

$$C_{\max} = 6,026,100$$

El valor asociado a cada una de las mercancías 1 y 2 es:

$$x_1 = 122,311$$

$$x_2 = 191,539$$

---

6. El funcionamiento de este paquete se muestra en el anexo B.

### ● Modelo para Estados Unidos.

En la construcción de este modelo no fué necesaria la aplicación del Método RAS, debido a que se contó con la última matriz insumo producto de E.U., editada en Febrero de 1991. Así pues, nos basaremos en la información contenida de los sectores (7) y (37) de dicha matriz, los cuales son referidos a las industrias de estudio.

En base a la tabla de E.U., para 1986, se obtendrá la respectiva matriz de actividades para la aplicación del modelo expuesto en el capítulo III a este caso.

Sectores	A1 (7)	A2 (37)
7). Carbón y Derivados	0.0057	0.0634
37). Industrias Básicas del Hierro y Acero	0.0047	0.0075

Tabla de Coeficientes Técnicos 1986 (Sectores: 7 y 37).

Además se consideró para el planteamiento del modelo de programación lineal, información adicional para la creación de las restricciones de limitaciones de recursos.

Mediante la tabla anterior y la recopilación de datos para la construcción de las restricciones de Trabajo, Capital y Recursos Naturales de las cuales se encontró que las capacidades son: 4'729,500 hrs/hombre; 4'489,500 M.A. y 95'700,000 tons/año, respectivamente.<sup>7</sup>

7. Fuente: Revista MPT, Metallurgical Plant and Technology, October 1991, Pags: 22-59.  
Revista CE, Chemical Engineering, July 27, 1991, Pags: 65-68.

A continuación mostraremos la matriz de actividades asociada al modelo de E.U., que representan los coeficientes de las ecuaciones de éste:

$$A = (A_1 \ A_2 \ \dots \ A_5) = \begin{bmatrix} 1.0000 & -0.06340 \\ -0.00470 & 1.00000 \\ -7.56700 & -19.86000 \\ -17.96000 & -11.97000 \\ -0.44800 & -0.55200 \end{bmatrix}$$

donde hay 5 actividades y 2 mercancías.

Y la columna de restricciones resulta como sigue:

$$B = \begin{bmatrix} 0.000000 \\ 0.000000 \\ -4729500 \\ -4489500 \\ -95700000 \end{bmatrix}$$

Al igual que en el modelo de México supondremos que no hay requisitos de producción final y la producción total para el consumo final esta representada por las siguientes dos ecuaciones de insumo-producto:

$$\begin{aligned} (1) \quad & x_1 - 0.0634 x_2 \geq 0 \\ (2) \quad & -0.0047 x_1 + x_2 \geq 0 \end{aligned}$$

Las tres ecuaciones de recursos tienen restricciones que representan el monto total de cada recurso disponible, a quedar como a continuación se detalla:

$$(3) \quad 7.567 x_1 + 19.860 x_2 \leq 4,729,500$$

$$(4) \quad 17.960 x_1 + 11.970 x_2 \leq 4,486,500$$

$$(5) \quad 0.448 x_1 + 0.552 x_2 \leq 95,700,000$$

El objetivo de la economía es maximizar el valor total de la producción final de las mercancías 1 y 2, a quedar como sigue:

$$(6) \quad C = 19.20 x_1 + 24.75 x_2$$

donde:

$x_1$  = Producción total de Carbón

$x_2$  = Producción total de Acero

Por lo tanto el problema general (3.10, 3.11 y 3.12), para E.U., es el siguiente:

$$\text{Max } C = 19.20 x_1 + 24.75 x_2$$

s.a.

$$x_1 - 0.0634 x_2 \geq 0$$

$$-0.0047 x_1 + x_2 \geq 0$$

$$7.5670 x_1 + 19.860 x_2 \leq 4,729,500 \quad \dots \text{ (Trabajo).}$$

$$17.9600 x_1 + 11.970 x_2 \leq 4,489,500 \quad \dots \text{ (Capital).}$$

$$0.4480 x_1 + 0.552 x_2 \leq 95,700,000 \quad \dots \text{ (Rec.Nat.).}$$

$$x_1, x_2 \geq 0.$$

Mediante el uso del Método Simplex, automatizado en el paquete llamado Statgraphics®, se obtuvo la solución a este problema de optimización, la cual arrojó el siguiente resultado:

*La solución después de 3 pivoteos es:*

$$C_{\max} = 7,089,020$$

*El valor asociado a cada una de las mercancías 1 y 2 es:*

$$x_1 = 122,316$$

$$x_2 = 191,537$$

#### **4. Análisis de Resultados.**

A través de la optimización en las ventas de los factores en tratamiento, para cada país, observamos que la solución fué dada en base al conjunto de precios, los cuales son representativos para marcar una diferencia importante: "La calidad de los productos que realizan los sectores antes mencionados".

A continuación examinaremos las diferencias principales que existen en las ecuaciones de cada uno de los modelos planteados, para cada país:

##### **● México.**

##### **- Restricciones de Insumo-Producto.**

En términos generales se puede observar que los coeficientes de insumo de acero para producir carbón, están reflejados en la tecnología usada para la extracción del mineral. Así pues, por medio de este coeficiente se muestra el poco desarrollo tecnológico usado en nuestro país, para la producción de carbón. Esto deja ver que el producto terminado es poco procesado.

Referente a los insumos de carbón en la producción de acero, observamos que la cantidad de insumo está determinado por la cantidad de producto deseado. Por lo tanto, es de esperar que este coeficiente no diverga demasiado al correspondiente de E.U.

**- Trabajo.**

En este rubro es importante hacer notar que los salarios para la mano de obra asignados a ambos sectores, son bajos debido a que ésta es no calificada.

**- Capital.**

Los recursos de inversión de México están limitados a varios factores:

1. La producción total de ambos sectores está sujeta a que la demanda sea o no satisfecha.
2. Que el crecimiento de estas dos industrias, depende directamente del apoyo financiero que se les pueda otorgar para hacerlas más productivas.
3. Que como la decisión de inversión radica en mayor parte en el proceso de producción, ya que a mayor técnica especializada en la producción, implica mayor costo y por consecuencia un incremento en la calidad y en el precio de venta; entonces resulta que los posibles inversionistas hacia estos sectores, eligen otro tipo de inversión al no contar con productos con las características antes señaladas.

**- Recursos Naturales.**

Debido a que el procesamiento de minerales es deficiente, pues la tecnología usada en estos sectores no ha evolucionado en la misma medida que la de otros países, se mantienen capacidades inferiores a sus similares.

## ● Estados Unidos.

### - Restricciones de Insumo-Producto.

A diferencia de México y debido a que la tecnología utilizada en este país para la extracción de los minerales es más avanzada, esto genera que la captación de insumos se agilice, teniendo como consecuencia que el proceso de producción sea más efectivo en términos de competencia.

En contraparte con lo mencionado para México y referente a los insumos de carbón en la producción de acero, observamos que la cantidad de insumo está determinado por la cantidad de producto deseado igual que en México.

### - Trabajo.

Debido a que las políticas de contratación, así como las legislaciones que los rigen tienden a ser más especializadas, esto provoca un alza en el costo de la mano de obra, obteniéndose así la ventaja de que ésta sea calificada.

### - Capital.

Ya que la gama de productos, principalmente de la industria del acero, pueden ser procesados a un nivel de especialización tal que estos productos puedan pasar a formar parte como componentes de insumos de otras industrias, esto genera un incremento en la demanda de estos sectores propiciando de esta manera un incremento en las inversiones y financiamientos hechas en estos sectores.



### **- Recursos Naturales.**

De acuerdo a lo anterior, surge a la necesidad de ampliar, actualizar y modernizar tecnológicamente las plantas de producción de los sectores en análisis, por lo cual surge la necesidad de demandar más insumos primarios.

En términos comparativos se observa que para que ambos países tengan una producción total similar, referentes a los productos de carbón y acero con los valores señalados en la sección anterior y respecto a la diferencia en el valor óptimo, se refleja que si se produce al nivel máximo en estos sectores se tendría cubierta una cierta demanda requerida.

Desde el panorama de nuestro país se obtiene que se participa en una gran parte de la demanda, comparada con la de E.U., con lo cual este último se vería forzado a incrementar su producción en componentes especializadas para crear una mayor demanda y de esta forma aprovechar su capacidad instalada.

Cabe hacer mención que la estrategia de México a seguir, es la de promover una generación de productos semiterminados de acero que sean la base para la producción de productos procesados mediante alta tecnología. De esta manera, se obtendrá la finalidad que se requiere a la firma del TLC, ya que se comercializaría más eficazmente los productos de estos sectores sin depender de la competencia.

## 5. Perspectivas de la Siderurgia Mexicana.

De acuerdo a las políticas establecidas por el Gobierno Federal en materia de Estabilización Económica en las que se ha manifestado el apoyo de las fuerzas productivas del país a través de las diferentes concertaciones que se han venido renovando, creemos que habrá continuidad en esta política de Estabilización, por lo cual es esperable un crecimiento moderado, pero positivo y firme de las cifras del consumo de productos de acero para los siguientes años. Se hará necesario también para lograr una política y dinámica en materia de exportaciones, al contar ahora con una nueva instalada 21 % superior a la existente.

Además, será aún más difícil abandonar el ritmo de importaciones que ha mostrado este sector derivado de las bondades que ha venido propiciando al franco e ilimitado proceso de apertura comercial de la economía. Ahora con la firma del TLC la industria ya no tendrá algunos problemas relacionados con cierto desplazamiento en oportunidades comerciales, ocasionados por importaciones en algunas categorías de productos, que pueden continuar incrementándose.

El incremento en el dinamismo en estas industrias es sin duda derivado del advenimiento de una política de mayor consolidación y fortalecimiento de la economía tanto en lo interno como de una mejor plataforma hacia la expansión de mercados externos.

Hacia los años de 1987 y 1988 la industria siderúrgica se vió sometida a una serie de estudios y análisis tanto en su nivel histórico como en sus perspectivas y comportamiento hacia el año 2000, con motivo de ensanchar el nivel de conocimiento de la misma y redimensionarla enfocada en sus nuevas necesidades ante el proceso de apertura que vive la economía, a fin de consolidarla en el marco de una industria más productiva y competitiva en sus niveles de operación actual.

## **Capacitación y Adiestramiento.**

En coordinación con la Secretaría del Trabajo y Previsión Social con la asesoría de expertos de la Organización Internacional del Trabajo en Materia de Calidad, en 1988 y mediante una prueba piloto iniciada en 1987, se concluyó el programa sobre el mejoramiento de calidad basado en el "Modelo Estándar Británico de Calidad 5.750"; el programa quedó consolidado en doce empresas del sector siderúrgico mexicano y tuvo como objetivo central el de contribuir a mejorar e incrementar la calidad, mediante el adecuado aprovechamiento en las materias primas, energía, tecnología, maquinaria y equipo y de recursos humanos.

La experiencia adquirida de la que se mostraron óptimos resultados sobre dicho programa, derivaron conclusiones relevantes, entre las que deben señalarse la de impulsar el diseño e implantación de manuales de mejoramiento de calidad, que serán difundidas en todas las empresas a nivel nacional.

En el programa se destaca que:

- El costo que conlleva la implantación e implementación del programa es importante;
- Un trabajo de esta naturaleza requiere del apoyo de la alta dirección ya que de ello, depende el éxito o el fracaso del programa;
- Debido a la resistencia mental de cambio en calidad, se requiere reforzar los programas de educación y capacitación a todos los niveles de la fuerza de trabajo, y
- A través de agencias internacionales para normar la calidad del producto, se facilita la comercialización y se mejora la competitividad en los mercados nacionales e internacionales.

**En base a lo anterior, podemos observar las medidas que deberán tomarse en un futuro en materia de mano de obra especializada y calidad para la producción de productos terminados que sean competitivos a la firma del Tratado del Libre Comercio.**

***Conclusiones ...***

## Conclusiones

---

A través del análisis de los resultados expuesto en el último capítulo, se pueden comparar los enfoques del insumo-producto y la programación lineal con el análisis interindustrial. El insumo-producto supone la persistencia tanto de los coeficientes técnicos como de los tipos de oferta existentes, en tanto que en la programación lineal se presupone que se harán los ajustes más eficaces a las cambiantes condiciones.

El modelo de programación lineal es francamente preferible para hacer recomendaciones de política económica cuando hay datos disponibles, pero para analizar el funcionamiento real del sistema económico, la elección ya no es tan clara y puede variar de un sector a otro.

En base a esto, creemos que si se realizará un análisis parecido al expuesto en la presente tesis, para cada uno de los sectores que componen la matriz de insumo-producto, se podrían obtener mejores resultados de las posibles tendencias en las relaciones intersectoriales de una economía, además de que cada análisis por separado contendrá una mejor información, que le sería muy útil a las industrias productivas de un país en la toma de decisiones, optimizando en las relaciones comerciales internas y externas de un país.

**Teniendo presentes estas consideraciones, podemos sugerir cuatro tipos de problemas para los que es de esperarse sea útil el análisis planteado:**

- 1. Para determinar los efectos sobre la ocupación en distintas regiones, de los gastos del gobierno o de otras políticas económicas.**
- 2. Como orientación para el desarrollo de la política regional.**
- 3. En el análisis del Comercio Interregional e Internacional.**
- 4. Para estudiar la eficacia de la distribución de los recursos entre las regiones.**

**Anexo I ...**



## Anexo I

---

### El Método RAS.

Haremos un poco de historia del desarrollo de este modelo, para que posteriormente apliquemos el método a nuestro problema de estimación matricial.

Este método se inspiró en la necesidad de estimar el comportamiento del cambio tecnológico a través del tiempo. Para ésto se examinan los coeficientes input-output de los sectores de interés en la matriz de Insumo-Producto y se calcula en que medida han respondido los factores que era de esperar que influyeran en ellos, como por ejemplo las variaciones en los precios relativos, en la calidad de los inputs que puedan alterar el deseo de utilizar un input determinado, en la eficiencia -al reducir gastos y en consecuencia, la cantidad de inputs requeridos-, y así sucesivamente. Los valores futuros de los coeficientes input-output se pueden obtener, pues, prediciendo primero los valores futuros de estos factores y suponiendo después que la respuesta de los coeficientes permanecerá igual que en el pasado. Desafortunadamente, este método, que en otro contexto produce muy buenos resultados, no puede utilizarse en realidad, debido al reducidísimo número de tablas input-output disponibles para cada país. Para conocer la respuesta de los coeficientes a los factores necesitaríamos un gran número de observaciones de los coeficientes y de los factores, siendo así que es difícil obtener más de tres o cuatro. Tal procedimiento fué propuesto por Arrow y Hoffenberg en 1959, pero encontraron que no había suficiente información que estuviese disponible. Pero aún este procedimiento planteó tantos problemas estadísticos que sus resultados fueron muy poco dignos de confianza. Tilanus analizó las posibilidades de aplicar procedimientos similares en Holanda, país para el cual había disponibles trece tablas input-output, pero concluyó que aún disponiendo de ellas no podría ser aplicado.

Algunas Aplicaciones del Método Insumo-Producto al Análisis de la Economía Mexicana

El hecho de que halla muchas tablas de input-output disponibles no significa que deben ignorarse las que ya poseemos. Aunque no existe información anterior para examinar los coeficientes individuales, puede ser suficiente para proporcionarnos una información útil acerca de los bloques de coeficientes. Un importante método para utilizar la información disponible fué sugerido por Leontief en 1941. Según él, los cambios que tienen lugar en la tabla de coeficientes pueden clasificarse en dos tipos: aquellos que tienden a encontrarse en una fila y aquellos que tienden a encontrarse en una columna.

Por ejemplo, las industrias han tendido a sustituir el carbón como fuente de energía por el gas y la electricidad. Esto se ha debido en parte a las variaciones en los precios relativos y en parte a los cambios en la calidad de los quemadores de gas. Esta sustitución se refleja en la tabla de coeficientes en forma de tendencia de todos los coeficientes de la fila relativa al carbón a disminuir, y de todos los coeficientes de la fila referente al gas y electricidad a aumentar.

Stone denominó a estas influencias *efectos de sustitución*. Los efectos que tienden a encontrarse en una forma son debidos a un aumento de la eficacia empresarial o técnica, que reduce la cantidad requerida de inputs para producir una determinada cantidad de outputs, o a una alteración en la combinación de productos en cada sector, que puede aumentar o reducir la cantidad requerida de inputs. Estos efectos se reflejan en la tabla de coeficientes en forma de tendencia de todos los coeficientes en la columna del sector a cambiar. Stone denominó a estas influencias *efectos de fabricación*.

La sugerencia de Leontief puede expresarse formalmente advirtiendo que los correspondientes elementos de las tablas de coeficientes referidos a períodos diferentes se puedan relacionar mediante la ecuación:

$$a_{ij_2} = R_{ij} a_{ij_1} S_{ij}$$

donde:

- $a_{ij}$  = un elemento perteneciente a la fila  $i$  y columna  $j$  de la tabla de coeficientes;
- $R_{ij}$  = el efecto de sustitución asociado a este elemento;
- $S_{ij}$  = el efecto de fabricación asociado a este elemento;
- $a_{ij_1}$  = un elemento de la primera tabla;
- $a_{ij_2}$  = un elemento de la segunda tabla;

Mientras la hipótesis siga en pie, no será posible calcular los efectos de sustitución o de fabricación porque varios pares de valores satisfarán la ecuación anterior. Por ello Leontief señaló que si los efectos de sustitución y fabricación fuesen uniformes, podrían calcularse a partir de sólo dos tablas input-output. Habrá un efecto de sustitución uniforme en todos aquellos casos en que un sector desee sustituir o emplear más intensamente un input determinado, siempre que todos los sectores deseen sustituirlo en la misma medida. En este caso, todos los efectos de sustitución de una fila tendrán el mismo valor.

Puede observarse un efecto de fabricación uniforme en todos aquellos casos en que un sector desee sustituir o emplear más interesadamente un input determinado, siempre que todos los sectores involucrados, deseen sustituirlo en la misma medida. En este caso, todas las  $R_{i,j}$  de una fila tendrán el mismo valor. Puede observarse un efecto de fabricación uniforme en todos aquellos casos en que un sector desee cambiar sus inputs de un determinado producto, siempre que pueda cambiar todos sus inputs en la misma medida. En este caso, todas las  $S_{i,j}$  de una columna tendrán el mismo valor.

Podemos ahora calcular la magnitud de estos efectos porque en lugar de tener los efectos de sustitución y/o fabricación diferentes asociados a cada coeficiente, los tendremos diferentes para cada fila y columna de la tabla de coeficientes. La ecuación que relaciona las dos tablas es entonces:

$$a_{ij} = R_i a_{ij} S_j .$$

donde:

- $a_{ij}$  = un elemento perteneciente a la fila  $i$  y columna  $j$  de la tabla de coeficientes;
- $R_i$  = el efecto de sustitución asociado a este elemento;
- $S_j$  = el efecto de fabricación asociado a este elemento;
- $a_{ij_1}$  = un elemento de la primera tabla;
- $a_{ij_2}$  = un elemento de la segunda tabla;

Una simple comparación entre los elementos correspondientes nos permitirá calcular los valores correspondientes a los efectos de sustitución y fabricación.

Así pues, como contamos con las tablas de los dos sectores de interés para los años 1970 y 1980, podemos comparar sus elementos y de esta forma obtenemos las siguientes ecuaciones generales:

$$R_1(a_{11})S_1 = a_{11_2}$$

$$R_2(a_{21})S_1 = a_{21_2}$$

$$R_1(a_{12})S_2 = a_{12_2}$$

$$R_2(a_{22})S_2 = a_{22_2}$$

Desgraciadamente, estas cuatro ecuaciones sólo pueden resolverse si los efectos son exactamente uniformes. Si no fuese así, las ecuaciones serían inconsistentes y no satisficaría ningún valor de los multiplicadores de filas y columnas.

En 1962 Stone propuso un método diferente de estimar  $R_i$  y  $S_j$ , que puede emplearse aún cuando los efectos no sean exactamente uniformes. El método se basa en la comparación de las sumas de las filas y columnas de las dos matrices, en lugar de comparar los coeficientes individuales. Las sumas de las filas y columnas pueden calcularse sumando las ecuaciones anteriores, obteniéndose, en nuestro caso las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}R_1(a_{11})S_1 + R_1(a_{12})S_2 &= a_{11} + a_{12}, \\R_2(a_{21})S_1 + R_2(a_{22})S_2 &= a_{21} + a_{22}, \\R_1(a_{11})S_1 + R_2(a_{21})S_1 &= a_{11} + a_{21}, \\R_1(a_{12})S_2 + R_2(a_{22})S_2 &= a_{12} + a_{22}.\end{aligned}$$

Y para nuestro caso habrá que resolver:

$$\begin{aligned}0.24249R_1S_1 + 0.0291R_1S_2 &= 0.312377 \\ &+ 0.3667R_2S_2 = 0.313724 \\ 0.24249R_1S_1 + & &= 0.274091 \\ 0.02910R_1S_2 + 0.3667R_2S_2 &= 0.352010\end{aligned}$$

Estas ecuaciones pueden resolverse para los multiplicadores de filas y columnas, mediante el proceso descrito a continuación.

## Cálculo de los multiplicadores R y S.

Debido a que las ecuaciones de los multiplicadores de las filas y columnas no son lineales, su resolución explícita es complicada. Por esta razón se utiliza generalmente el procedimiento iterativo. Este procedimiento se aplicará ahora a nuestro caso.

La primera estimación de los multiplicadores de filas resulta de la comparación entre sumas de las filas de las tablas del '70 y del '80.

*** TABLAS DEL '70 Y DEL '80 *** (Suma de elementos fila).	Tabla '70	Tabla '80
Suma de elementos, fila 1.	0.27159	0.31238
Suma de elementos, fila 2.	0.36670	0.31372

Tabla de suma de filas para la primera iteración.

Para que la tabla del '70 tenga las mismas sumas de filas que la tabla del '80 habrá que multiplicar las filas de la forma siguiente:

$$\text{fila 1: } (0.31238)/(0.27159) = 1.15019;$$

$$\text{fila 2: } (0.31372)/(0.36670) = 0.85553;$$

Estos multiplicadores de filas nos dan la primera estimación del efecto de sustitución total. Multiplicando las filas de la tabla del '70 por sus multiplicadores asociados respectivos obtenemos la tabla siguiente:

0.27891	0.03347
0.00000	0.31372

Tabla del '70, después de multiplicar la primera fila (1a. iteración).

Esta tabla tiene las mismas sumas de filas que la tabla del '80, pero distintas sumas de columnas. La primera estimación del efecto de fabricación total se obtiene aplicando un procedimiento similar a las columnas. De esta forma: columna 1 = (sumas de columnas de la tabla del '70)/(sumas de columnas de la tabla del '90) =  $(0.24249)/(0.27891) = 0.86942$ ; columna 2 =  $(0.39580)/(0.34719) = 1.14001$ . Multiplicando las columnas de la tabla anterior por sus multiplicadores asociados respectivos obtenemos la tabla siguiente:

0.24249	0.03816
0.00000	0.35764

Tabla del '70, después de multiplicar la primera columna. iteración).

Esta tabla tiene las mismas sumas de columnas que la tabla del '80, pero ahora las sumas de filas difieren nuevamente. Las segundas estimaciones de los multiplicadores de filas y columnas se obtienen ahora repitiendo todo el proceso.

Si el proceso se repite muchas veces, los multiplicadores de filas y columnas se aproximarán lentamente a la unidad, mientras que la suma de las filas y columnas de la tabla del '70 se aproximarán lentamente a las de la tabla del '80. Una vez alcanzado el grado de precisión deseado, el proceso estará terminado. Las estimaciones finales de los efectos de sustitución totales podrán entonces obtenerse multiplicando conjuntamente las estimaciones obtenidas en cada estadio del proceso. Las estimaciones finales de los efectos de sustitución se calculan, pues, de la forma siguiente:

$$R_1 = 1.15019 * \dots * 1.00000 = 1.28973767$$
$$R_2 = 0.85553 * \dots * 1.00000 = 0.83867020$$

Las estimaciones finales de los efectos de fabricación se calculan a su vez en la forma siguiente:

$$S_1 = 0.86942 * \dots * 1.00000 = 0.87639433$$
$$S_2 = 1.14001 * \dots * 1.00000 = 1.02010675$$

Para realizar todo este proceso fué necesario hacer uso de un paquete llamado "Mathcad"; en el cual se requiere escribir el sistema de ecuaciones a resolver y proporcionar una semilla para cada una de las variables (en nuestro caso las variables asociadas a los efectos de sustitución y fabricación). Debido a que es un proceso numérico, se realizan varias iteraciones hasta que el valor de la semilla sea lo más aproximado al resultado correspondiente (Ver figuras: 1, 2 y 3).



**Anexo II ...**

## Anexo II

---

### **El Paquete Statgraphics.**

En la solución para los modelos de Programación Lineal planteados en el capítulo IV, se hizo uso del paquete llamado "STATGRAPHICS", el cual contiene un módulo para la resolución de los problemas de Programación Lineal más comunes. El funcionamiento de éste módulo se describe a continuación.

### **Full Screen Simplex Procedure.**

Este módulo se encuentra dentro del menú principal llamado "MATHEMATICAL FUNCTIONS". La definición del proceso que desarrolla este módulo y su uso se detalla en seguida.

#### **DEFINICION DEL PROCESO:**

El procedimiento de este módulo se basa en el algoritmo planteado para la solución de problemas de Programación Lineal, llamado "Método Simplex", el cual se explica al final del presente anexo.

Dentro de este procedimiento, se piden como datos de entrada a la matriz de actividades (A), la matriz de restricciones (B) y a la función objetivo a maximizar (minimizar). Todo ésto se localiza en el panel, en donde serán introducidos los datos.

El tamaño del modelo está limitado a manejar 7 variables y 16 restricciones.

La pantalla que se muestra para los datos de entrada fué llenada como se muestra en la figura 4, y los resultados se muestran en la figura 5.

Los campos de actividad en el panel incluyen los coeficientes a maximizar (minimizar), y los coeficientes para las restricciones aparecen del lado derecho del panel, después de los símbolos de las desigualdades.

El tipo de restricción se puede modificar, esto es:  $<$ ,  $>$  ó  $=$ .

Los ceros que aparecen en las demás restricciones que no se emplean, permanecerán sin modificación alguna. Una vez capturado el problema planteado en el panel se deberá oprimir la tecla F6, para la ejecución del método simplex. Posteriormente, se desplegarán los resultados de la tabla correspondiente al último pivoteo del método simplex, la cual mostrará el máximo (mínimo) de la función objetivo, así como los valores de las variables y el número de pivoteos realizados para encontrar la solución final.

Para salvar o grabar la tabla, se debe oprimir la tecla F5, y posteriormente asignar un nombre al archivo y a las variables, es entonces cuando se debe oprimir la tecla F6 para guardar la información del modelo lineal.

Además del módulo que acabamos de describir, Statgraphics tiene una gran gama de procesos estadísticos y matemáticos, de los cuales no haremos mención debido a que no fueron necesarios para el análisis del modelo en estudio.

Este paquete retoma el algoritmo simplex de Programación Lineal, el cual se describe a continuación.

## Método Simplex.

Este método es el procedimiento general para resolver problemas de Programación Lineal. Desarrollado por George Dantzig en 1947, ha probado ser un método extraordinariamente eficiente que se usa en forma rutinaria para resolver problemas grandes en las computadoras de hoy en día. Excepto en el caso de problemas muy pequeños, su ejecución es siempre en una computadora y existe una amplia variedad de complejos paquetes de software para ello, tal como es el caso del paquete Statgraphics.

Este anexo describe las características principales del Método Simplex.

## Algoritmo Simplex.

Como sabemos un algoritmo es un proceso que se repite (se itera), es decir, es un procedimiento sistemático que se realiza una y otra vez hasta obtener el resultado deseado.

El Método Simplex es un procedimiento algebraico en el que cada iteración contiene la solución de un sistema de ecuaciones para obtener una nueva solución a la que se le aplica la prueba de optimalidad, la cual se explica más adelante.

Un problema de Programación Lineal, en un inicio se escribe en forma de desigualdades. Es conveniente cambiar ésta forma a una forma llamada forma estándar, en la cual se incrementan variables de holgura para que las restricciones no sean desigualdades<sup>9</sup>.

---

9. En el paquete Statgraphics, no es necesario realizar este cambio ya que lo realiza automáticamente, para la solución del problema.

Por último, para describir el Algoritmo Simplex, será necesario hacer mención de las siguientes definiciones:

**Definición 1.**

$x$  es solución de un problema de programación lineal si cumple que  $Ax = b$ .

**Definición 2.**

$x$  es solución factible de un problema de programación lineal si cumple que  $Ax = b$  y  $x \geq 0$ .

**Definición 3.**

$x^*$  es solución óptima factible de un problema de programación lineal, si es solución factible y además  $cx^* \geq cx$  para toda  $x$  solución factible.

**Definición 4.**

$x_i$  es una variable básica si corresponde al problema inicial planteado, es decir si pertenece al conjunto de las variables las cuales están representadas en la función objetivo inicial.

**Definición 5.**

$x_j$  es una variable no-básica si no interviene en la función objetivo inicial.

**Definición 6.**

$x$  es solución básica factible, si es solución básica y además todas las variables básicas son mayores o iguales a cero.

## Pasos del Algoritmo Simplex.

### 1. Paso Inicial:

Se introducen las variables de holgura. Para ésto, el modelo debe encontrarse en forma canónica (o sea, con desigualdades). Para la solución básica factible inicial, se seleccionan las variables originales como las variables no básicas (es decir, iguales a cero) y las variables de holgura como las variables básicas. Se realiza la prueba de optimalidad.

### 2. Paso Iterativo:

PARTE 1. Se determina la variable básica entrante: para esto se selecciona la variable no básica que, al aumentar su valor, aumente el valor de Z más rápidamente. Esta elección se puede hacer al verificar la magnitud de los coeficientes en la función objetivo, escrita nada más en términos de las variables no básicas y al escoger aquella cuyo coeficiente sea el mayor<sup>10</sup>.

---

*10. De manera equivalente, se puede emplear el mismo procedimiento para minimizar, en cuyo caso se selecciona la variable no básica con el mayor coeficiente negativo. Esto es lo que se hace en la forma tabular del método simplex.*

PARTE 2. Se determina la variable básica que sale: se elige la variable básica que primero alcanza el valor cero cuando se incrementa la variable básica entrante. Esta elección se puede hacer si se verifica cada ecuación para ver cuanto puede crecer la variable básica entrante antes que la variable básica actual en esa ecuación llegue a cero. Un procedimiento algebraico formal para hacer esto es el siguiente:

Sean:

$e$  = el subíndice de la variable básica entrante.

$a_{ie}$  = su coeficiente actual en la ecuación  $i$ .

$b_i$  = el lado derecho actual de esta ecuación;

con:  $i = 1..m$

Entonces, la cota superior para  $x_e$  en la ecuación  $i$  es:

$$x_e \leq \begin{cases} +\infty, & \text{si } a_{ie} \leq 0. \\ b_i / a_{ie}, & \text{si } a_{ie} > 0. \end{cases}$$

Entonces se determina la ecuación con la cota superior más pequeña, se elige la variable básica actual en esa ecuación como la variable básica que sale.

PARTE 3. Se determina la nueva solución básica factible: comenzando con el conjunto actual de ecuaciones, se despejan las variables básicas y Z en términos de las variables no básicas por el método de eliminación de Gauss-Jordan. Las variables no-básicas se igualan a cero; cada variable básica, es igual al nuevo lado derecho de la ecuación en que aparece (con coeficiente + 1).

### 3. Prueba de Optimalidad:

Se determina si la solución es óptima: se verifica si el valor de  $Z$  puede aumentar al hacer que una de las variables no básicas crezca. Esto se puede realizar al reescribir la función objetivo en términos de las variables no básicas al pasar estas variables al lado derecho de la función objetivo y al observar el signo de coeficientes de cada una. Si todos los coeficientes son negativos o cero, entonces la solución es óptima y el proceso termina.<sup>11</sup> De otra manera se regresa al paso iterativo.

---

<sup>11</sup> De manera equivalente se puede emplear la ecuación (O) actual, en cuyo caso todos estos coeficientes deben ser no negativos para que la solución sea óptima.



**Figura: 1**

**Primera Heraci6n**

R1 := 1.0

R2 := 1.0

S1 := 1.0

S2 := 1.0

Given

$$R1 \cdot 0.24249 \cdot S1 + R1 \cdot 0.0291 \cdot S2 = 0.312377$$

$$R2 \cdot 0.00000 \cdot S1 + R2 \cdot 0.3667 \cdot S2 = 0.313724$$

$$R1 \cdot 0.24243 \cdot S1 + R2 \cdot 0.0000 \cdot S1 = 0.274091$$

$$R1 \cdot 0.02910 \cdot S2 + R2 \cdot 0.3667 \cdot S2 = 0.352010$$

{A

B

{C| :- Find(R1,R2,S1,S2)

{D

A = 1.3089853

D = 1.00510686

B = 0.85118825

C = 0.86350761

**Figura: 2**

**Segunda Heración.**

R1 := 1.3089853 R2 := 0.85118825 S1 := 0.88350761 S2 := 1.00510886

Given

R1 0.24249 S1 \* R1 0.0291 S2 : 0.312377

R2 0.00000 S1 + R2 0.3667 S2 : 0.313724

R1 0.24249 S1 + R2 0.0000 S1 : 0.274091

R1 0.0291 S2 + R2 0.3667 S2 : 0.352010

{A  
{B  
{C := Find(R1,R2,S1,S2)  
{D

A = 1.30895378

D = 1.00513108

B = 0.85116575

C = 0.88352841

**Figura: 3**

Ultima Heración.

R1 := 1.2897377 R2 := 0.83867022 S1 := 0.87639431 S2 := 1.02010673

Given

R1 0.24249 S1 + R1 0.0291 S2 = 0.312377

R2 0.00000 S1 + R2 0.3667 S2 = 0.313724

R1 0.24249 S1 + R2 0.0000 S1 = 0.274091

R1 0.02910 S2 + R2 0.3667 S2 = 0.352010

$\begin{Bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \end{Bmatrix} := \text{Find}(R1, R2, S1, S2)$

A = 1.28973767

D = 1.02010675

B = 0.8386702

C = 0.87639433

Figura: 4

MODELO

EE.UU.

Full-Screen Simplex Procedure

```

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
MAX: 19.2  X1+21.75 X2+0.0  X3+0.0  X4+0.0  X5+0.0  X6+0.0  X7
s.t.
1  1.0  -0.0534  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
2  -0.0047  1.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
3  7.5670  19.860  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  <  47295
4  17.960  11.970  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  <  44835
5  0.4480  0.552  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  <  957000
6  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
7  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
8  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
9  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
10 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
11 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
12 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
13 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
14 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
15 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
16 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
  
```

Complete input fields and press F6.

IHelp ZEdit CSavacr 4Prtrac 50pts 6Go TWarn 8Cad 9Device 10Quit  
 INPUT 4/11/92 14:55 STATGRAPHICS Vers.4.0 Display FSLP

MODELO

MEXICO

Full-Screen Simplex Procedure

```

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
MAX: 16.32  X1+21.04 X2+0.0  X3+0.0  X4+0.0  X5+0.0  X6+0.0  X7
s.t.
1  1.0  -0.0508  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
2  -0.0001  1.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
3  6.0536  15.888  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  <  37836
4  12.572  8.3790  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  <  31426
5  0.3700  0.630  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  <  109959
6  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
7  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
8  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
9  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
10 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
11 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
12 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
13 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
14 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
15 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
16 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  >  0.0
  
```

Complete input fields and press F6.

IHelp ZEdit CSavacr 4Prtrac 50pts 6Go TWarn 8Cad 9Device 10Quit  
 INPUT 4/11/92 14:58 STATGRAPHICS Vers.4.0 Display FSLP

### Figura: 5

MODELO  
EE,UU.

Maximum value of objective function = 70890.2

variable	value
X 1	1223.16054
X 2	1915.37484
slack	value
S 3	.000
S 4	.000
S 5	955394.737
S 1	1101.726
S 2	1909.628
constraint	shadow price
C 1	.00000090
C 2	.00000000
C 3	.80676082
C 4	.72813368
C 5	.00000000

Press Esc, Cursor keys or Page Number:

Page 1.1 of 1.1

!Help 2!Edit 3!savecr 4!Ptracr 5!Prtopt 6!Go 7!Vars 8!Cmd 9!Device 10!Quit  
!INPUT 4/11/92 14:55 STATGRAPHICS Vers.4.0

Display FSLP

MODELO  
MEXICO

Final solution reached after 3 pivots.

Maximum value of objective function = 60281

variable	value
X 1	1223.10723
X 2	1915.39515
slack	value
S 3	.000
S 4	.000
S 5	108299.751
S 1	1126.168
S 2	1915.273
constraint	shadow price
C 1	.00000000
C 2	.00000000
C 3	.85739428
C 4	.86527505
C 5	.00000000

Press Esc, Cursor keys or Page Number:

Page 1.1 of 1.1

!Help 2!Edit 3!savecr 4!Ptracr 5!Prtopt 6!Go 7!Vars 8!Cmd 9!Device 10!Quit  
!INPUT 4/11/92 14:59 STATGRAPHICS Vers.4.0

Display FSLP

***Bibliografia ...***

## Bibliografía

---

- Chemical Engineering, "Preliminary Cost Estimating of Process Plants", July 27, 1981, pages: 65-68.
- Emilio Caballero Urdiales, "El Tratado de Libre Comercio -México, Estados Unidos, Canadá-, Volumen I, Facultad de Economía, UNAM.
- Frederick S. Hiller, Gerald J. Lieberman, "Introducción a la Investigación de Operaciones", Mc Graw Hill, 1989.
- Hollis B. Chenery, Paul G. Clark, "Economía Interindustrial Insumo Producto y Programación Lineal, Fondo de Cultura Económica, 1980.
- Hukukane Nikaido, "Introduction to Sets and Mappings in Modern Economics", Editorial Vicens-Vives, 1978.
- J. N. Robinson, "Aplicación de la Teoría Macroeconómica", Siglo XXI Editores, S.A., 1975.
- Josep Ma. Vegara I Carrio, "Economía Política y Modelos Multisectoriales", Editorial TECNOS, Madrid, 1979.
- Leontief Wassily, "Análisis Económico Input-Output", Editores ORBIS, S.A., 1985.
- "Modelo Insumo-Producto", Bases Teóricas y Aplicaciones, Serie de Lecturas I, S.P.P., 1a. Edición, México, D.F., 1981.
- MPT, Metallurgical Plant and Technology, "Survey of Bottom Stirring in the Electric Arc Furnace" & "Development of Steel-Making Technology for Small Sized Special Grades", Edition No.5, October 1991, pages: 22-59.