AAC 2537

TESIS
II 2989
R6

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

MODELO GENERAL DE OPTIMIZACION DE COMPRAS DE MATERIAS PRIMAS

REALIZADO POR: Rudolf Rosas Flunger

PROFESOR GUIA: Germán Otero Rusanova

FECHA: Caracas, 3 de Noviembre de 1.989

Dedicatoria:

A Siete.

AGRADECIMIENTO

La realización del presente Trabajo Especial de Grado no hubiese sido posible sin la colaboración de las siguientes personas:

- Ing. Germán Otero, Profesor Guía del presente Trabajo Especial de Grado, quién además de facilitar los medios necesarios para su realización y de asesorarla profesionalmente , fué motor decisivo para la culminación de mi carrera.

- Al personal de Compras del **Grupo Químico** en Valencia, al Prof. Diego Casañas, a Jorge Luciani, a la Ing. Jacqueline Rosas Flunger, al Ing.Daniel Perez, a Doña Teté Revenga y a todos aquellos que de una u otra forma estuvieron involucrados en la investigación.

- Muy especialmente quiero agradecer a la Prof. Alba de Acosta, quién si bién no tuvo injerencia directa sobre la presente Investigación, fué un apoyo constante a lo largo de mi transito por el recinto universitario.

INDICE

Sumario..... 8

Introducción..... 11

1.- Descripción Metodológica..... 17

1.1.- Consideraciones Generales..... 17

1.2.- Levantamiento de Información..... 19

1.2.1.- Empresas Visitadas..... 19

1.2.2.- Necesidades de las Empresas..... 21

1.2.3.- Procedimientos de Compras..... 22

1.3.- Investigación Teórica..... 23

1.3.1.- Definición de la función de Compras dentro de la Empresa 23

1.3.2.- Investigación de los distintos Modelos Matemáticos relacionados a Compras..... 24

1.3.3.- Investigación de los distintos Procedimientos de Optimización existentes..... 25

1.3.4.- Areas Investigadas..... 26

1.4.- Formulación del Modelo Matemático que rige la función de Compras..... 28

1.4.1.- Definición del Problema..... 28

1.4.2.- Definición de las Variables relacionadas a la función de Compras..... 29

1.4.3.- Definición de la Función de Costos de Compras 30

1.4.4.- Definición de las Restricciones..... 31

1.4.5.- Definición del Procedimiento de Optimización más idoneo para el caso en estudio..... 33

1.5.- Definición y Diseño del Sistema de soporte del Modelo Matemático..... 34

1.5.1.- Metodología General..... 34

1.5.2.- Planificación del Sistema..... 35

1.5.3.- Definición de los requerimientos del Sistema 36

2.- Descripción del Modelo Matemático..... 39

2.1.- Consideraciones Preliminares..... 39

2.2.- Definición del Problema..... 42

2.3.- Formulación de un Modelo Matemático que represente la Gestión de Compras 44

2.3.1.- Consideraciones Generales..... 44

2.3.2.- Definición de parámetros y variables. Establecimiento de relaciones básicas..... 55

2.3.2.1.- Origen y Definición de parámetros y variables..... 55

2.3.2.2.- Indice Explicativo de Variables y Parámetros 63

2.3.3.- Definición de la Función de Costos.... 68

2.3.4.- Definición de las Restricciones..... 75

2.4.- Determinación del Procedimiento de Optimización más idoneo para el caso de Compras..... 78

3.- Definición del Sistema de Soporte del Modelo Matemático 83

3.1.- Consideraciones Generales..... 83

3.1.1.- Alcances del Sistema..... 83

3.1.2.- Usuarios del Sistema..... 85

3.1.3.- Supuestos y Limitaciones..... 86

3.1.4.- Módulos de Trabajo..... 88

3.2.- Módulos de Trabajo..... 90

3.2.1.- Módulo de Control de Proveedores..... 90

3.2.1.1.- Consideraciones Preliminares... 90

3.2.1.2.- Datos de Entrada 91

3.2.1.3.- Datos de Salida 91

3.2.1.4.- Definición de Pantallas..... 92

3.2.1.5.- Modo de Operación..... 92

3.2.1.6.- Consideraciones Finales..... 93

3.2.2.- Módulo de Control de Costos..... 94

3.2.2.1.- Consideraciones Preliminares... 94

3.2.2.2.- Sub-Módulo de Control de Costos Unitarios Originales y Costos de Transporte... 94

3.2.2.2.1.- Consideraciones Preliminares. 95

3.2.2.2.2.- Datos de Entrada 95

3.2.2.2.3.- Datos de Salida..... 95

3.2.2.2.4.- Definición de Pantallas..... 96

3.2.2.2.5.- Modo de Operación..... 97

3.2.2.3.- Sub-Módulo de Control de Costos de Mantenimiento de Inventarios..... 98

3.2.2.3.1.- Consideraciones Preliminares. 98

3.2.2.3.2.- Datos de Entrada 99

3.2.2.3.3.- Datos de Salida..... 99

3.2.2.3.4.- Definición de Pantallas..... 100

3.2.2.3.5.- Modo de Operación..... 100

3.2.2.3.6.- Consideraciones Finales..... 101
3.2.2.4.- Sub-Módulo de Control de Costos por Ordenes..... 101
3.2.2.4.1.- Consideraciones Preliminares. 101
3.2.2.4.2.- Datos de Entrada 101
3.2.2.4.3.- Datos de Salida..... 102
3.2.2.4.3.- Definición de Pantallas..... 102
3.2.2.4.4.- Modo de Operación..... 102
3.2.2.4.5.- Consideraciones Finales..... 102
3.2.3.- Módulo de Planificación de Compras.... 103
3.2.3.1.- Consideraciones Preliminares... 103
3.2.3.2.- Datos de Entrada 104
3.2.3.3.- Datos de Salida..... 104
3.2.3.4.- Definición de Pantallas..... 105
3.2.3.5.- Modo de Operación..... 106
3.2.4.- Módulo de Emisión de Reportes..... 107
3.2.4.1.- Consideraciones Preliminares... 107
3.2.4.2.- Definición de Reportes 108
3.2.4.3.- Descripción de Reportes..... 110
3.2.4.3.1.- Listado de Proveedores.. 110
3.2.4.3.2.- Listado de Productos.... 110
3.2.4.3.3.- Listado Cruzado de Proveedores-Productos..... 111
3.2.4.3.4.- Listado Cruzado de Productos-Proveedores..... 112
3.2.4.3.5.- Listado de Costos y Parámetros del Usuario..... 112

3.2.4.3.6.- Listado de Costos y Parámetros de un Proveedor y un producto dado.. 114

3.2.4.3.7.- Reporte General del Plan de Compras..... 116

3.2.4.3.8.- Reporte Detallado del Plan de Compras..... 116

3.2.5.- Módulo de Soporte Estadístico..... 117

3.2.5.1.- Consideraciones Preliminares... 117

3.2.5.2.- Datos de Entrada 118

3.2.5.3.- Datos de Salida..... 119

3.2.5.4.- Definición de Pantallas..... 119

3.2.5.5.- Modo de Operación..... 119

3.2.5.6.- Consideraciones Finales..... 120

4.- Conclusiones y Recomendaciones..... 121

5.- Bibliografía..... 123

6.- Anexos 125

SUMARIO

El presente Trabajo Especial de Grado consistió en el desarrollo de un Modelo Matemático de Optimización de Políticas de Compras de Materias Primas y el diseño conceptual de un Sistema automatizado que soportará dicho Modelo.

Para llevar a cabo este cometido se siguió la metodología acostumbrada en el desarrollo de Modelos Matemáticos y la Resolución de Problemas de Investigación de Operaciones y la metodología de Touche & Ross en el desarrollo de Sistemas.

Primero tuvimos que definir el problema de compras a atacar. Para ello dividimos el ah'rea en dos secciones claramente diferenciadas. La Gestión de Compras propiamente dicha, que comprende la parte procedimental, y cuya optimización corresponde al ah'rea de Ingeniería de Métodos, y el ah'rea de Evaluación de Alternativas de Compras la cual se corresponde con un problema de Investigación de Operaciones.

Luego fué necesario definir exactamente el problema global:

A Quién Comprar, en Qué Cantidad y Cuándo ??

A partir de este punto se debió definir el Modelo Matemático que representase la actividad de compras, para lo cual fue preciso definir en primer término todos los elementos de Costos relacionados y las variables y parámetros que los determinan. Hecho esto se definió la Función de Costos y las restricciones a las que se hallaba sujeta dicha función.

Una vez expresado el problema de compras en forma de Modelo Matemático se buscó que técnica de Optimización se correspondía con la situación planteada.

Se determinó que el caso debía ser resuelto mediante Programación Matemática, por la característica puntual de lo que debía ser la solución. Investigando entre las distintas formas de Programación se determinó que el Modelo sería optimizado globalmente empleando Programación Dinámica y cada etapa sería optimizada aprovechando los Teoremas de Wagner y Whitin y empleando Programación Lineal Entera Mixta. En la formulación de algunas de las restricciones se aprovecharon ciertas características de Programación Estocástica Restringida que permitieron el tratamiento objetivo de las condiciones de riesgo.

Definido completamente el Modelo Matemático se procedió a diseñar conceptualmente un Sistema automatizado que diese soporte a los procedimientos propuestos, para ello se siguió una metodología particular empleada en el desarrollo de Sistemas, teniendo siempre como fin último elaborar un Sistema realmente sencillo de usar, de modo que su usuario final no tenga que conocer y menos aun dominar las técnicas y procedimientos de Programación Matemática.

El logro más importante del presente Trabajo Especial de Grado fue el haber logrado integrar para la función de Compras las areas de Evaluación y Planificación.

INTRODUCCION

- Objetivo de la Investigación.

La actual crisis económica que atraviesa el país impone la necesidad de soluciones rápidas y eficientes para los problemas operacionales y económicos que presentan las empresas. A estos problemas se le deben dar soluciones a corto, mediano y largo plazo.

Las soluciones a corto plazo implican la implantación de estrictas políticas de reducción de Costos, una de ellas es reducir inventarios y otra es controlar lo mas exacta y precisamente las compras de Materias Primas, las cuales en cualquier empresa medianamente bien administrada dedicada a la fabricación de bienes representan los egresos más significativos, teniendo cuidado por supuesto, de casos particulares en donde pueden existir otros Costos más

elevados.

A mediano plazo las soluciones implican mejoras en la productividad general de la empresa, correcta planificación, Control Estadístico de Calidad, Estudios de Ingeniería de Métodos, etc. Todas ellas soluciones cuyos resultados efectivos tardan un poco más en verse en la práctica.

Las soluciones a largo plazo implican planes prolongados de crecimiento y desarrollo, planificación estratégica, estudios de nuevas metas y mercados, uso de nuevas y más sofisticadas tecnologías. Soluciones todas ellas que tienen períodos prolongados de implantación y resultados visibles unicamente a largo plazo.

Nuestra firma **Ingenieros para la Industria,** compañia de consultoría en el ah'rea ingenieril en donde se realizó el presente Trabajo Especial de Grado, se halla avocada a brindar a la industria venezolana soluciones prácticas y eficientes a los distintos problemas que enfrentan hoy. Es por ello que enmarcado dentro de los criterios previamente expuestos se encuentra actualmente desarrollando una serie de herramientas computacionales que den soluciones económicamente factibles a los problemas antes mencionados.

A largo plazo se vienen estudiando la posibilidad de implantación en el país de nuevas tecnologías de elevado nivel de automatización como son los Sistemas Flexibles de

Manufactura, Sistemas de Manufactura Ayudados por Computadoras, Sistemas Expertos, etc.

A mediano plazo se viene programando un Sistema Integrado de Control Estadistico de Calidad (SICECA), a la vez que se vienen haciendo estudios de implantación y adecuación a las condiciones particulares del país de las avanzadas Técnicas de Control Total de la Calidad, Circulos de Calidad, Manufactura de Categoría Mundial, etc.

A corto plazo se pensó en la necesidad de integrar las facilidades de planificación y evaluación en el ah'rea de compras de Materia Primas de forma de optimizar esta ah'rea tan crucial en el actual desenvolvimiento de nuestra economía. Siendo esta la raíz del trabajo de investigación realizado.

Es así como la idea básica del presente Trabajo Especial de Grado era el diseñar y desarrollar un Sistema automatizado objetivo, de Evaluación de Compras de Materias Primas, de facil implantación que luego fuese programado por personal idoneo, siendo el producto final, un Sistema sumamente sencillo de usar, pero que empleara técnicas avanzadas de resolución de problemas de Investigación de Operaciones.

Antecedentes de la Investigación.

En la firma **Ingenieros para la Industria** se habian realizado ya con anterioridad varios proyectos relacionados con el ah'rea de Compras y procura de materiales, como por ejemplo varios proyectos realizados para CADAFE, relacionados con la procura de equipos eléctricos para la instalación de varios complejos hidroeléctricos del país. Esto trajo como consecuencia que en la firma existiese cierta experiencia relacionada con el ah'rea de Compras. Por otro lado podemos mencionar el desarrollo de otros Sistemas y Módelos Econométricos como otra de las areas que se han comunmente desarrollado en la firma. Esto trajo como consecuencia un apoyo humano importante para el desarrollo del presente Trabajo Especial de Grado.

Con respecto a los antecedente Teóricos de la investigación se consiguió una amplia bibliografía acerca de Programación Matemática, Métodos de Optimización, Técnicas de Compras, Modelos de Inventarios, pero no existía en la bibliografía consultada un criterio estandarizado de integración de las funciones de evaluación y planificación en el ah'rea de Compras, es por ello que en buena medida la mayoría de los conceptos expuestos en esta investigación fueron desarrollados por los autores a partir de las recopilaciones e investigaciones realizadas tratando de conjugar los principios en muchos casos empíricos, acostum-

brados en el manejo general de Compras con las objetivas y avanzadas técnicas de Programación Matemática.

Supuestos y Limitaciones

Dados los alcances definidos para el presente Trabajo Especial de Grado se dejó en manos del usuario una serie de variables y parámetros decisivos del Modelo por lo cual los resultados arrojados por el y su validez dependen totalmente de la calidad de los datos proporcionados por el usuario.

Contenido del Informe.

Este trabajo de investigación se dividió en tres partes. A saber:

1.- Descripción Metodológica.

2.- Descripción del Modelo.

3.- Desarrollo del Sistema de Soporte.

La primera parte dá una clara descripción de la metodología empleada para el desarrollo del Modelo y del Sistema de Soporte de forma que esta pueda ser empleada en

posteriores trabajos de investigación que guarden algún tipo de similitud con este trabajo.

La segunda parte comprende todo el desarrollo teórico del Modelo Matemático, incluyendo la justificación y definición de las variables y conceptos empleados.

La tercera parte incluye todo el desarrollo del Sistema de soporte del Modelo Matemático, lo cual comprende un diseño detallado de la mayoría de las características y funciones del Sistema.

1.- Descripción Metodológica.

1.1.- Consideraciones Generales.

En esta sección se describirá brevemente la metodología empleada en el desarrollo del presente Trabajo de Grado. Para ello se separó en cuatro puntos básico que se corresponden con las cuatro etapas básicas del trabajo. A saber:

1.- Levantamiento de Información.

2.- Investigación Teórica.

3.- Formulación del Modelo Matemático.

4.- Diseño del Sistema de soporte del Modelo.

Unicamente se tocarán en esta sección los tópicos relacionados con los procedimientos metodológicos y se evitará la emisión de conceptos teóricos referentes al Modelo como al Sistema. Esto se hace con fines meramente didacticos de forma de separar claramente la metodología empleada del desarrollo conceptual pudiendose aprovechar en posteriores trabajos de investi-

gación la metodología aquí empleada.

Para el Levantamiento de Información fué necesario visitar varias y distintas empresas con el fin de determinar las necesidades particulares de la gestión de compras, como también sus procedimientos y políticas. Posteriormente se procedió a la Investigación Teórica, la cual consistió en verificar y cotejar la función teórica de compras con el desempeño real detectado en la etapa previa. Como función escencial también tuvo el sentar las bases teóricas necesarias para la formulación del Módelo Matemático, como a su vez el brindar los posibles procedimientos de optimización aplicables al modelo en cuestión. Una vez que se conocían todas las alternativas matemáticas se procedió a formular el Modelo, definiendo tanto las variables representantes de los distintos elementos de costos como su interrelación a través de la función de costos y las restricciones correspondientes. Fué sumamente importante el formular el Modelo previendo que procedimiento de Optimización se emplearía dado que cada técnica de Programación tiene su forma particular de plantear los problemas.

Definido el Modelo se desarrolló conceptualmente un Sistema que le diera soporte. Para ello se siguieron los pasos recomendados, en la bibliografía, para el desarrollo e implantación de Sistemas, que para nuestro caso en particular se llevó a cabo unicamente hasta la parte de desarrollo conceptual.

El método de trabajo desarrollado en el siguiente Trabajo Especial de Grado es el resultado de combinar diversas metodologías empleadas en:

- La elaboración de estudios de Investigación de Operaciones.
- La Formulación de Modelos Matemáticos .
- El Desarrollo de Sistemas.

Fue necesario consultar una amplia bibliografía para determinar los pasos necesarios para la consecución del objetivo primordial, la formulación del Modelo Matemático. Gran parte del material consultado se encontró en la biblioteca "Pedro Grases" de la Universidad Metropolitana, esto se debió particularmente a la afinidad que existe entre el tema tratado en el presente trabajo con la carrera Ingeniería de Sistemas que se dicta en dicha institución.

1.2.- Levantamiento de Información.

1.2.1.- Empresas visitadas.

El primer paso en la realización del presente Trabajo Especial de Grado fue visitar varias empresas dedicadas a distin-

tas areas de producción: productos químicos, bienes de consumo masivo, etc. En ellas se investigaron los distintos procedimientos de compras llevados a cabo para la procura de Materias Primas los cuales difieren significativamente de los procedimientos de procura de los demás bienes necesarios para el normal desempeño de una Industria.

En todas las industrias visitadas se siguió el mismo procedimiento de investigación. Se determinó:

- En primer lugar determinó quién o quienes son los encargados de llevar a cabo las compras de Materias Primas.
- Nivel de responsabilidad y descripción exacta de funciones de dichos encargados así como su interrelación con las demás dependencias de la empresa.
- Procedimientos de Compras junto con su correspondiente flujograma así como también identificación de todas y cada una de las personas involucradas en una operación de compra.

Entre las empresas visitadas cabe destacar:

- Berol, en donde fuimos atendidos por el Ing. Diego Casañas, quien gustosamente nos explicó y demostró los distintos procedimientos de compras de dicha empresa.

- Grupo Químico, en donde conocimos la Gerencia de Comer-

cialización, dependencia encargada de la realización de toda la tramitación de las compras de Materias Primas de la Corporación.

- Laboratorios Vita, en donde el Ing. Elias Divo nos demostró y explicó los distintos procedimientos de compras de dicha empresa.

Es importante mencionar las guias acerca de los procedimientos de compras de Serviquim y de Venepal brindadas por Jorge Luciani. Otra fuente importante de información fueron los Manuales de Procedimientos de Compras de varias empresas, los cuales formaban parte de los materiales de archivo de proyectos llevados a cabo por la firma en la cual se realizó el presente Trabajo Especial de Grado.

1.2.2.- Necesidades de las empresas.

Un punto sumamente importante fue detectar los problemas y necesidades presentes en el ah'rea de compras de las empresas. Para ello se entrevistaron a las personas más vinculadas con la elaboración de las ordenes de compras. Asi se pudieron constatar las interrelaciones operativas y necesidades conjuntas dentro de una empresa con respecto a las actividades de compras.

Al conocer las necesidades generales de las empresas se pudo definir de manera más clara el problema a enfrentar, haciendo el modelo lo más aproximado a la realidad posible. Cabe señalar que no se debe perder de vista el objetivo final del Modelo: "Sentar las bases teóricas para la elaboración de un sistema automatizado que sirva para optimizar la evaluación objetiva de alternativas de compras de Materias Primas y facilite así el uso de avanzadas técnicas de planificación y optimización a organizaciones vinculadas a las actividades productivas que no estén actualmente en condiciones de aplicarlas o no las conozcan."

1.2.3.- Procedimientos de Compras.

Conociendo los procedimientos de Compras de las distintas empresas se pudo determinar que elementos comunes de importancia eran relevantes y dignos de tomar en cuenta así como también se pudieron descubrir ciertos costos no visualizables facilmente y que son importantes dentro del contexto de evaluación de compras.

Para poder evaluar los puntos mencionados anteriormente se realizaron los flujogramas correspondientes a partir de donde

conjuntamente con lo expresado por las personas vinculadas al ah'rea y las deducciones personales se pudieron sacar importantes conclusiones practicas para la definición de los elementos de costos presentes y sus interrelaciones.

1.3.- Investigación Teórica.

1.3.1.- Definición de la función de Compras dentro de la empresa.

El primer paso de la Investigación Teórica fue el determinar claramente la función de Compras dentro del entorno productivo de la industria. Mas allá de los parámetros tangibles era importante esclarecer la importancia e incidencia del departamento, gerencia o grupo de personas encargados de dicha función sobre el desenvolvimiento del quehacer productivo. Determinar las repercusiones de las políticas y procedimientos de compras sobre la economia de la empresa. Definir la interrelación existente con las demás areas, producción, contabilidad, planificación, y la jerarquía de las decisiones tomadas en el ah'rea en cuestión. Definir la condición estratégica o táctica de la gestión de Compras. De esta forma se podrían determinar los alcances y limitaciones, generales y conceptuales que tendría el

modelo como también se abriría la posibilidad de generar ideas de posibles mejoras y cambios dentro de la función estructural de la función de Compras.

Al saber exactamente el lugar que le corresponde o que le podría corresponder a la Gestión de Compras dentro de la empresa se definen parámetros generales y comceptuales básicos para el modelo como lo son posibilidades de planeación, horizontes de planeación, definición de políticas generales de compras y adecuación del modelo a principios estratégicos gerenciales de la empresa. De esta forma también se define con mucha mayor claridad el problema y por ende se hace más sencilla su solución.

1.3.2.- Investigación de los distintos Modelos relacionados a Compras.

Una vez más esclarecido el problema a tratar se buscaron las distintas aproximaciones que pudiesen existir al problema general de Compras. Con esto se pretendía hallar una solución existente pero desconocida por nosotros o entodo caso una guia de como aproximarse al problema en cuestión. Lo primero que se debió aprender fue como formular un Modelo Matemático, y luego se debió aprender, valorar y comparar los distintos modelos

existentes y su posible adecuación al problema en cuestión, esto serviría para prepararnos a enfrentar problemas matemáticos concretos como también prepararnos a saber que clase de formulaciones matemáticas se pueden realizar.

1.3.3.- Investigación de los distintos Procedimientos de Optimización existentes.

El objetivo básico de este Trabajo Especial de Grado era la Optimización de la Evaluación de Compras de Materias Primas, para lo cual no bastaba con plantear un modelo que representará el caso era necesario optimizarlo, tuvimos que revisar todos los procedimientos de optimización existentes y determinar cual de ellos era el más adecuado para el caso en cuestión; desde los procedimientos Clásicos de Optimización, primeras derivadas, criterios max-min, condiciones necesarias y sufucientes, hasta las mas recientes técnicas de Programación Matemática como por ejemplo Programación Estocástica.

Esta revisión era muy importante realizarla previamente a la formulación definitiva del Modelo de Compras dado que como bién se sabe el Procedimiento de Optimización a emplear condiciona en buena medida la formulación del Modelo. Así pués de usarse por ejemplo Programación Dinámica se debe plantear una fórmula de costos recursiva que relacione las distintas etapas

entre si, como también si se emplea programación lineal debe cuidarse de que todas las relaciones sean de orden lineal.

1.3.4.- Areas Investigadas.

A partir de las investigaciones preliminares detalladas anteriormente se llegó a la conclusión de que existían ciertas areas particulares que debían ser investigadas a profundidad dada su íntima relación con la problemática que se desarrollaba progresivamente a través de la Investigación Teórica. Influyó particularmente en la determinación de dichas areas un esquema relacional de los problemas involucrados dentro de las distintas disciplinas que comprende la Investigación de Operaciones (ver Tabla 1). Toda esta información preliminar sirvió para generar mediante una tormenta de ideas, un primer diagrama general que contemplaba todos los problemas, variables y areas vinculadas a la problemática de compras y que debería satisfacer de alguna manera el Modelo a ser propuesto. Este diagrama (ver fig. 3) sirvio de base para todo el desarrollo del presente Trabajo Especial de Grado y particularmente como punto de partida para la determinación concreta de las areas prioritarias de investigación. A saber:

i- Métodos Clásicos de Optimización.

ii- Programación Dinámica.

F I G U R A 3

DIAGRAMA DE LA TORMENTA DE IDEAS

Optimizacion Compras
Transporte
Determina los costos
de Fletes mas bajos
Teoria de la Decision
Analisis de Precios
Proyectados a largo Plazo
Modelos de Transporte
Costos de Transporte
Metodos de Proyeccion
Descuentos por Cantidad
Programacion Dinamica
Evaluacion de Compras
por Etapas
Optimizacion
Determina periodos de
Compras Optimos
Plan Maestro Produccion
Alcance de la evaluacion
Evaluacion Final Proveedr
Elementos Costo Compras
Inventario
Compras
Determina Politicas
Compras Optimas
Finanzas
Analiza inversiones en
Inventarios

T A B L A 1

AREAS Y PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA INVESTIGACION DE OPERACIONES

iii- Programación Entera.

iv- Programación Estocástica.

v- Modelos de Inventario

vi- Métodos de Proyección y Aproximación.

vii- Evaluación de Riesgo.

bsistemas	Distribuc		Búsqueda	Transporte
aneamiento rporativo	Analizar y sueldos tica de d	minar la - ruta para tos de la ía	Determinar estrategias de negocios	Analizar costos de transporte para la firma
rcadeo	Determina de distri	minar cuen- ser maneja or vendedor	Localizar clientes y/o competidores	Determinar política de flete
vestigación y sarrollo	Distribui de obra a tos	inar proyec e I y D en orma óptima	Buscar data de I y D	Determinar efectividad de actividades de I y
geniería	Determina yectos de niería	zar activi- que puedan sar proyec- e ingeniería	Recoger y procesar proyectos de ingeniería	Evaluar movimie to de proyectos de ingeniería
anufactura	Determina localizac facilidad producció	ruta de or de produc- en una mane tima	Recoger información de producción	Determinar el m jor movimiento de productos de tro de la plant
nventario	Determina cio aprop ra invent	minar mejor para el de inventa	Analizar para mejor colocación física del inventario	Determinar proc dimiento de man de inventario d bajo costo
ompra	Evaluar f ción prop tra compr	mina mejor de bienes ntes	Recoge data de - comportamiento de vendedores	Determina costo de flete más ba para prod. comp dos
istribución ísica	Determina y tamaño macenes, etc.	za para me- ogística y ma de sumi- os	Busca y analiza - data de distribución física	Determina canal de distribución bajo costo
Contabilidad	Localiza con base	rmine la me- ruta para - datos de con lidad de la ta	Recoge datos - en línea para nota de crédito	Evalúa costos de flete
Finanzas	Determina sidad de	rmina mejor do de obte- fondos	Recoje información financiera importante	Distribuye fondos a proyecto en base al momento
Personal	Seleccion sonal par cir rotac	nuevos em dos por la ta para - trinamiento	Busca dentro de la planta para habilidades necesarias	Transporta trabajadores de centros de trabajo

1.4.- Formulación del Modelo Matemático que rige la Gestión de Compras.

1.4.1.- Definición del Problema.

El desarrollo de Modelos Matemáticos requiere de una serie de etapas básicas. A saber:

i- Definir Problema.

ii- Analizar Problema.

iii- Determinar Información requerida.

iv- Recabar Información requerida.

v- Establecer Interrelaciones.

vi- Adoptar Hipótesis y suposiciones.

vii- Derivar ecuaciones matemáticas.

viii- Derivar procedimiento de solución al problema planteado empleando el Modelo propuesto.

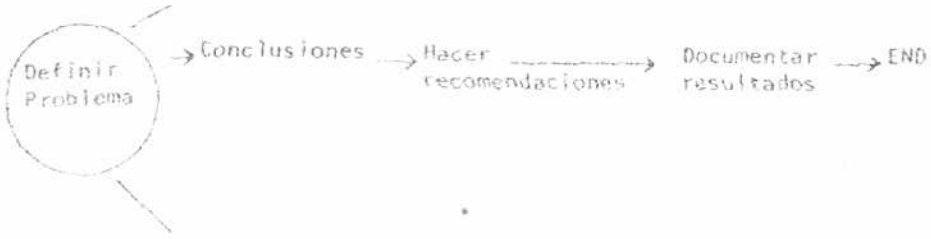
ix- Validar el Modelo y el procedimiento de solución del problema.

(Nota: Ver Diagramas 1 y 2) (Fuente 1)

De esta secuencia general, bastante común a todas las secuencias propuestas en el desarrollo de Modelos Matemáticos,

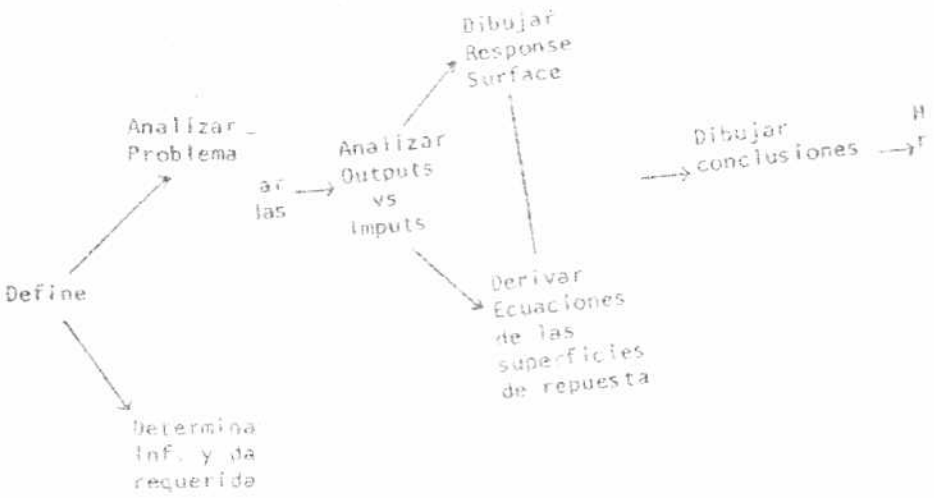
F I G U R A 1

DIAGRAMA DE DESARROLLO DE MODELOS MATEMATICOS


Definir Problema
Conclusiones
Hacer recomendaciones
Documentar resultados
END

F I G U R A 2

DIAGRAMA DE DESARROLLO DE MODELOS MATEMATICOS


Define
Analizar Problema
Determina Inf. y da requerida
ar las
Analizar Outputs vs Imputs
Dibujar Response Surface
Derivar Ecuaciones de las superficies de repuesta
Dibujar conclusiones

la etapa más importante es la definición del problema, pues esta determinará las areas a las cuales se deberá atacar el desarrollo del Modelo.

1.4.2.- Definición de las Variables relacionadas a la Gestión de Compras.

Una vez determinado claramente el problema se debieron definir los distintos elementos de costo presentes en la Gestión de Compras asi como también los parámetros y variables que los determinaban. Para ello se emplearon como base los Modelos Clasicos de Inventarios, de donde se definieron los elementos de costos más comunes, los diagramas de flujo de las operaciones de compras de las distintas empresas visitadas, para descubrir elementos de costos ocultos, las recientes técnicas de Control Total de la Calidad, Circulos de Calidad y Manufactura de Categoría Mundial en la definición de costos no convencionales pero que de acuerdo a la actual dinámica industrial eran importantes tomar en cuenta. También se tomó en cuenta el fenómeno de inflación, tan vital en nuestro país en las actuales circunstancias.

1.4.3.- Definición de la función de Costos de Compras.

Una vez definidas las variables y parámetros se especificó su interrelación a través de una función económica que para el caso en cuestión erá una función de costos. Esta función debía incluir todos y cada uno de los elementos de costos determinados en la etapas previas y transformar en parámetros cuantificables, parámetros cualitativos como lo son los parámetros de Calidad.

Al haber acotado el problema de compras a evaluar unicamente el caso de Materias Primas hubo muchos elementos comunes de costos que perdieron validez, como por ejemplo, la depreciación, esto determinó que fuese necesario hacer una serie de suposiciones y formular ciertas hipótesis, como el afirmar que para nuestro caso no se permitía déficit alguno debido a que se alteraría el plan maestro de producción. Es evidente que en esta fórmula de costo se debían ver reflejadas de una u otra manera la interdependencia entre las distintas areas de una industria.

Un punto sumamente relevante al definir la función de costo lo representó el hecho de que era necesario conocer con antelación el Procedimiento de Optimización que se emplearía, dado que éste determina en forma significativa el planteamiento de la

función objetivo del problema. Por ejemplo, para el caso de Programación Dinámica se debe formular una función de orden recursiva y separar el problema en etapas en donde, al tomarse en cuenta el tiempo dentro de los elementos de costos, se hace de una manera muy distinta a que si por ejemplo se formulace el modelo como un problema de Programación Lineal, en el cual se deben plantear todas las variables correspondientes a todas las etapas en la fórmula de costo a considerar, además de ser imperioso, por ejemplo, el establecer a través de alguna función concreta el costo del dinero en el tiempo.

1.4.4.- Definición de Restricciones.

Todo problema de Optimización se halla conformado por una función Objetivo y un conjunto de restricciones. Para nuestro caso el planteamiento de las restricciones presento una interesante combinación de técnicas. Cada procedimiento de Optimización tiene una manera particular de formular sus restricciones, al emplearse combinadamente dos técnicas distintas de optimización para resolver el modelo propuesto se debieron combinar dos tipos de restricciones particulares. A saber:

- Restricciones de enteros.
- Restricciones particulares para las demandas de cada etapa.

A esto debemos añadir una particularidad más, desde un principio se consideró de suma importancia el incluir el factor riesgo dentro del modelo, siendo para nosotros el punto más idoneo para su inclusión las restricciones. Esto trajo como consecuencia el plantear restricciones semejantes a las empleadas en Programación Estocástica debido a que siendo la única manera racional de trabajar cuantitativamente con riesgos el uso de leyes probabilísticas se hizo imperiosa la necesidad de plantear restricciones no absolutas que incluyeran las distribuciones de probabilidades de las variables aleatorias generadoras de riesgo. Este punto entró en conflicto con el Objetivo Final del presente Trabajo Especial de Grado de proveer a la industria de un sistema de facil accesso y uso. Al hacer necesario el conocer la distribución de probabilidades de las variables generadoras de riesgo se complicaria la aplicabilidad del Sistema, este inconveniente se superó empleando los estimadores estadísticos de uso más generalizados junto con una constante multiplicativa a la cual se le podía asignar un valor aproximado en algunos casos y exacto en otros, sin que ninguno de los parámetros antes indicados revistiesen complicaciones muy especiales para su determinación. De esta forma se aprovechó una característica muy importante de Programación Estocástica que le daba una aplicabilidad mucho más real al modelo sin restarle a su vez su característica fundamental última de facil uso.

1.4.5.- Definición del Procedimiento de Optimización.

Si bién ya se habían revisado previamente los procedimientos de optimización existentes, una vez que estuvo completamente definido el Modelo Matemático preliminar fue necesario investigarlos todos de nuevo para poder dar con aquel que brindará la solución más adecuada y computacionalmente factible.

El definir el procedimiento de Optimización particular para el Modelo propuesto fué una tarea dificil. En primer lugar, se debía brindar al usuario la facilidad de poder escoger a su criterio tanto el número de proveedores a evaluar como su horizante de planeación. De plantearse unicamente como un problema de Programación Lineal nos encontraríamos con un número muy elevado de variables que podrían hacer computacionalmente muy dificil la resolución númerica del problema. Por otro lado, el plantearlo como un problema de Programación Dinámica creaba el inconveniente de la técnica de optimización que se emplearia para cada etapa, dado que existían ciertos costos que unicamente podían ser definidos mediante el uso de variables enteras discretas lo cual imposibilitaba el uso de los acostumbrados criterios de derivación. Para solucionar todos estos problemas se tuvo que hechar mano de ciertas propiedades de la función de

costos marginales, limitar el alcance de la evaluación con respecto a la aleatoriedad de la demanda y aprovechar de manera conjunta dos técnicas de optimización distintas pero que para nuestro caso representaban la salida más sencilla.

1.5.- Definición del Sistema de soporte del Modelo.

1.5.1.- Metodología General.

En Ingenieros para la Industria, la compañia de Ingeniería de Consulta en la cual se realizó el presente Trabajo Especial de Grado se acostumbra seguir para el desarrollo de Sistemas la metodología de Touche Ross & Co (2) con algunas modificaciones y adaptaciones (ver anexo). Dicha metodología incluye una serie de fases, a saber:

1- Planificación General del Sistema.

2.- Definición de los requerimientos del Sistema.

3.- Desarrollo del Sistema.

4.- Implantación del Sistema.

5.- Mantenimiento del Sistema.

A efectos del presente Trabajo Especial de Grado unicamente se llevaron a cabo las dos primeras fases, con ciertas salve-

dades. Esto se debió a que las demás fases corresponden escencialmente a otros profesionales de la firma, dado que se acostumbra separar el trabajo de desarrollo conceptual del trabajo de implantación computacional. Sin embargo, esta división formal, no se aplica de manera absoluta en la práctica, siempre existe una estrecha relación y colaboración entre los miembros del equipo de desarrollo conceptual e implantación computacional de forma de asegurar un producto final coherente y eficiente.

1.5.2.- Planificación del Sistema.

En la Planificación del Sistema encontramos dos etapas bién diferenciadas. A saber:

i- Investigación Inicial.

ii- Estudio de Factibilidad.

La Investigación inicial se halla plenamente cubierta por los pasos preliminares de levantamiento de Información llevados a cabo para la formulación del Modelo Matemático. Mientras que el Estudio de Factibilidad se había llevado a cabo con anterioridad y no correspondía al alcance del presente Trabajo Especial de Grado.

1.5.3.- Definición de los Requerimientos del Sistema.

La Definición de Requerimientos del Sistema comprende las siguientes etapas. A saber:

i- Análisis de Operaciones y Sistemas.

ii- Requerimientos del Usuario.

iii- Diseño Conceptual y Revisión del Paquete.

iv- Soporte Técnico.

v- Planificación del Desarrollo y Evaluación de alternativas.

i- Análisis de Operaciones y Sistemas.

Esta etapa fué cobierta en muy buena medida por el Levantamiento de Información realizado para el desarrollo del Modelo Matemático. Ello incluía, entre otras cosas:

- Documentación de funciones y Staff que las realiza.
- Descripción de entradas y salidas.
- Documentación de flujos de trabajo y controles.

Aquellas funciones no cubiertas previamente fueron desarrolladas en esta etapa de trabajo. A saber:

- Descripción de Archivos.
- Evaluación del Sistema actual.

ii- Requerimientos del Usuario.

La definición de los requerimientos del usuario fue totalmente llevada a cabo en la parte de Definición de Necesidades de las Empresas en la Sección de Levantamiento de Información del Desarrollo del Modelo, de forma que las necesidades del Sistema son exactamente las mismas que las del Modelo.

iii- Soporte Técnico.

El soporte técnico incluye el evaluar las necesidades generales del Sistema, las capacidades técnicas del usuario al que se halla dirigido,la evaluación de alternativas entre otras. Sin embargo esta etapa fué llevada a cabo por otro personal de la firma.

iv- Diseño Conceptual y evaluación del Paquete.

El Diseño Conceptual incluyó el definir en primer lugar las características y procedimientos generales del Sistema en conjunto. En segundo lugar todos lo Módulos, sus funciones e interrelaciones y posteriormente se diseñaron las pantallas, los formatos de entrada y salida, los reportes y archivos necesarios y todas las carácterísticas específicas de cada módulo.

v- Planificación del Desarrollo y Evaluación de alternativas.

La intención última de este Sistema es que posteriormente se complemente con un Sistema de Control y Manejo de Materiales el cual incluya interacciones con Contabilidad, Inventarios, emisión y seguimiento de Ordenes de Compras, todo ello enmarcado dentro del procesamiento automatizado de información.

2.- Descripción del Modelo Matemático.

2.1.- Consideraciones Preliminares.

El determinar el Modelo Matemático que rige la función de compras implicó en primera instancia definir claramente los alcances de dicha función. Para ello separamos la función de compras en dos areas particulares:

a- Gestión de Compras.

b- Evaluación de Compras.

La Gestión de Compras es el ah'rea encargada, dentro de la función de Compras, de la negociación de los requerimientos de una industria. Esto comprende la escogencia de proveedores, la negociación de cantidades, precios, condiciones de pago, tiempos de entrega, formas de transporte, permisología, etc, es decir, comprende todos los aspectos procedimentales relacionados con la procura de bienes. Por otro lado podriamos definir la Evaluación de Alternativas de compras como el ah'rea de la Función de Compras que se encarga de evaluación y escogencia de proveedores . Es este último punto el que se propone el presente Trabajo Especial

de Grado plantear como un problema de optimización. Esto se debe a que la optimización de la primera ah'rea es escencialmente un problema de Ingeniería de Métodos, restringido muy especificamente al caso particular de cada industria o compañía que se esté analizando. Dado que el Objetivo Final del presente trabajo es proveer una herramienta de aplicación general, el ah'rea a ser atacada es la Evaluación de Compras que además de brindar la posibilidad de plantearse como un problema general, representa uno de los puntos más críticos de la función de Compras.

En general la problemática más usual recogida en el Levantamiento de Información fue la falta de un mecanismo objetivo de selección de proveedores y de control del tamaño de pedidos realizados por los encargados de las negociaciones. Esto es exactamente lo que se pretende, brindar un Modelo Matemático que transforme en parámetros cuantitativos la mayoría de las consideraciones cualitativas que se acostumbran tomar en cuenta en la escogencia de proveedores. Es decir, el factor más importante fue transformar en elementos de costos medibles y comparables en unidades monetarias características tan importantes como calidad, riesgo y tiempo que generalmente se toman muy en cuenta al seleccionar una alternativa de compra u oferta pero de una manera bastante subjetiva.

El formular un problema de optimización requiere de tres componentes básicos:

i- El proceso o modelo matemático que rige el problema, además de una definición de las variables del proceso que pueden ser manipuladas o controladas.

ii- Un modelo económico del procesos. Esto es una ecuacion que incluye las utilidades obtenidas y los costos asociados al proceso en cuestión.

iii- Un procedimiento de Optimización para la manipulacion de las variables independientes del proceso que maximice las utilidades o minimice los costos determinados por el modelo económico, restringido por el modelo del proceso.(3)

El problema de Optimización Matemática se plantea de la siguiente manera:

Una función:

$$f(X_1, X_2, X_3, \ldots\ldots, X_n)$$

a ser optimizada.

sujeta a:

$$g_i(X_1, X_2, X_3, \ldots\ldots, X_n) < b_i$$

para toda i= 1,2,3, ... , m.

El objetivo inmediato de este Trabajo Especial de Grado era formular el problema de Evaluación de Compras como un Modelo de Optimización. Es decir, formularlo de una manera semejante al modelo recientemente expuesto. Esto requeria llevar a cabo una serie de pasos ya presentados en la descripción metodologica que conllevaron a las definiciones y proposiciones expuestos a continuación.

2.2.- Definición del Problema.

La definición del problema revistió dos fases básicas, una primera en donde se formuló el problema general y una segunda fase en donde se trataron de cubrir todos los aspectos que que de alguna u otra manera incidieran sobre él.

El problema de evaluación de Compras de Materias Primas ha sido usualmente manejado como un problema de inventarios. Se trata de planificar las ventas en un horizonte de planificación dado aprovechando ciertos criterios de costos y tomando suposiciones muy particulares con respecto a la demanda. De aquí se pudo deducir que el problema de Compras debe responder a dos preguntas básicas:

Cuando Comprar ?

Cuanto Comprar ?

que son las preguntas fundamentales de los modelos de Inventarios. Sin embargo para el caso especifico de Materias Primas esto no es suficiente, existe una interrogante más:

A quien Comprar ?

A partir de este punto queda claramente definido el problema básico y fundamental de nuestro modelo, contestar:

A Quién Comprar, en Qué Cantidad y Cuándo ??

A partir de este punto era necesario definir a que parte de la teoría de la optimización pertenecía nuestro problema.

La Teoría de la Optimización tiene dos divisiones muy especificas. Una es la Programación Matemática, cuyo objetivo básico es ubicar el mejor punto $X(X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n)$ que optimice una función que describe algún fenómeno particular y que cumpla con cierto grupo de restricciones. La otra rama los métodos variacionales, cuyo objetivo es ubicar la mejor función Y(X) que optimice el Modelo que representa un proceso o fenómeno. Obviamente nuestro caso se podía enmarcar dentro del ah'rea de la Programación Matemática. Se trata en el problema de Compras de ubicar los niveles de pedidos de cada proveedor, en que punto

del tiempo hacer dichos pedidos y que niveles de inventarios son recomendables mantener.

2.3.- Formulación del Modelo Matemático que representa la Función de Compras.

2.3.1.- Consideraciones Generales.

Una vez aclarado el punto de la definición del problema de una manera general pero fundamental se hacía necesario darle a dicha definición una connotación más específica. Para ello se empleó, como bién se señaló en la descripción metodológica, una tabla relacional que mostraba todas las areas y problemas vinculados a Compras, a partir de donde se generó una tormenta de ideas que ya se expuso en la Fig. 3. Esta sirvió para la definición de los parámetros que se verían contemplados en el Modelo.

Las areas de Investigación de Operaciones que debía tocar el modelo eran:

a- Modelos de Transportes: Esta ah´rea contempla la determinación de los Costos de llevar la mercancía

desde su lugar de origén hasta el comprador. Para ello se pensó en primer lugar en determinar los Costos relacionados y luego tratar de optimizarlos mediante algun procedimiento de optimización de transportes, Programación Lineal, Red de Extensión Mínima, etc. Esta última opción se descartó para el presente Trabajo Especial de Grado pués esta evaluación requeriría que el Sistema de soporte fuese un Sistema Experto que por su cuenta, al indicarsele el origen, él automáticamente encontrase la ruta mas económica de llegada a destino que cumpliera con una serie de restricciones mínimas como por ejemplo, capacidades y tiempos de entrega.

b.- Teoría de la Decisión: Esta ah'rea contemplaría el análisis de precios proyectados a largo plazo. Aquí deberían considerarse básicamente dos puntos. Las técnicas de proyección y aproximación a emplear y la característica muy usual de descuentos por cantidad. Conrespecto a estos puntos se decidió que el usuario- realizara por su cuenta sus estudios y proyecciones y alimentara el Modelo con sus resultados por que de lo contrario volveriamos de nuevo a caer dentro del ah'rea de Sistemas Expertos que se encargarían ellos solos de determinar que factores inciden sobre los precios, los cuantificarían y harían las relaciones pertinentes con el parámetro tiempo para dar finalmente las pro-

yecciones de precios correspondientes al horizonte de planeación que se hubiese escogido. Además a cada estimación de precios deberia de asociarcele algún tipo de condición de aleatoriedad que permitiese la deducción de algún principio probabilístico que sirviera de base para la toma de decisiones con respecto a los precios estimados con anterioridad.

c.- Programación Dinámica: Esta ah'rea contemplaría la evaluación de compras por etapas. Para ello fue necesario sopesar la incidencia de la planificación en Compras sobre la Planificación de la Producción. El primer punto que se reveló fue la necesidad de poseer estandares de producción bien determinados que sirvieran de base para la "explosión de materiales", origen de la determinación de los requerimientos de la planta. Otro punto de suma importancia fue la definición del alcance de la evaluación y planificación de compras. De tomarse en cuenta unicamente los requerimientos de Materias Primas Generales como parámetro básico el Modelo no debía permitir deficit, por lo cual desaparecerían los Costos de Penalización por demanda insatisfeccha. Si en cambio se realizaba tomando como parámetro básico los requerimientos de Materias Primas por Productos cada uno por separado, si se podía permitir deficit incluyendo en el Modelo un Costo de Penalización por demanda insatisfecha, sin embargo se convertia en un Modelo de cierta compleji-

dad que tenía la característica primordial de que debía estar en capacidad de sopesar y medir los requerimientos de Materias Primas necesarias para cada producto y planificar correctamente de modo de obtener costos mínimos sin permitir que en una etapa dada existiesen todos los materiales a excepción de uno lo cual motivase paradas de las líneas de producción. También es relevante señalar que para este caso se incrementaban sensiblemente los Costos Fijos dado que el número de ordenes emitidas serían sensiblemente mayores pues se estarían en la mayoría de los casos emitiendo ordenes para una misma Materia Prima a un mismo proveedor pero para distintos productos en un mismo momento. La manera de evitar este inconveniente sería mediante el uso de un Sistema de consolidación de Ordenes de Compra, la cual podría considerarse como una tercera opción. El Sistema de planificación y consolidación, por su complejidad, sería sumamente costoso, restandole así rentabilidad a todo el proceso de Optimización, pues lo que se ahorraría la empresa mediante una correcta planificación de Compras lo perdería en gastos en equipos de procesamiento de información, desarrollo de Sistemas, entrenamiento de personal y mantenimiento de los Sistemas. Por estas razones se decidió inclinarse por la primera opción de considerar los requerimientos de Materias Primas como un todo y sin permitir deficit, de modo de no

interferir con los Planes Maestros de Producción.

Otro punto significativo a ser considerado dentro de esta ah'rea era el tiempo. La longitud de las etapas y su cantidad determinarían en muy buena medida la forma de manejar y tratar el valor del dinero en el tiempo. Una consideración que no podía pasarse por alto y que pudiese haber convertido el Modelo en una herramienta totalmente impractica e inutil son las Políticas Generales de Compras de la Empresa. Es muy común que por razones estratégicas, se halla decidido tener más de un proveedor, sin importar que a uno solo se le pudiese comprar todo el material necesario al mejor precio, en las mejores condiciones, etc. Este punto debía solucionarse y se descubrió que la respuesta no se encontraba exclusivamente en Programación Dinámica sino que existía otra herramienta mucho más consona con esta necesidad que era Programación Entera. Mediante el uso de dicha herramienta se podía incluir una consideración tan subjetiva dentro del Modelo Matemático a través de una restricción que representara la situación. Para ello fue necesario crear las variables correspondientes. Programación Entera a parte de solucionar el problema antes expuesto también solucionadba el problema de como incluir matemáticamente los Costos Fijos dentro del Modelo sin recurrir a artimañas computacionales que dificilmente brindarían las mismas facilidades de Optimización que si se

incluían de una vez en el Modelo dichos Costos.

d- Optimización Clásica: Esta ah'rea comprende los que son las técnicas minimización y maximización mediante derivadas empleando las condiciones necesarias y suficientes para que se cumplan los objetivos propuestos, también comprende las técnicas de Multiplicadores de Lagrange y la técnica de los Jacobianos que sirven para atacar problemas restringidos a condiciones particulares. La tarea básica que le correspondería a esta ah'rea desempeñar sería el determinar los periodos óptimos de compras y los proveedores que se encargarían de suplir las necesidades planteadas. Sin embargo estos puntos fueron cubiertos más adecuadamente por Programación Dinámica y Programación Entera, dado de que facilitaban enormemente los procedimientos de cálculo, el problema en particular revestía un inconveniente analítico particular muy difícil de superar con estas técnicas. Este era que para poder evaluar derivadas se necesitan intervalos en donde las funciones a evaluar sean continuas, al encontrarse variables y parámetros discretos, las funciones presentaban discontinuidades en los intervalos a evaluar. Por ejemplo los descuentos por cantidad se expresan como una rata de costo que se mantiene constante en un intervalo dado, que va variando sin ningún patron

plenamente establecido entre los intervalos que se brinden como oferta. También es el caso de los Costos Fijos que en general se expresan matemáticamente multiplicados por una variable conocida como delta de Kronecker (4) que presentan el mismo problema de discontinuidad antes señalado y que puede ser facilmente resuelto formulando el problema como un Modelo de Programación Entera.

e- Inventarios: El ah'rea de Inventarios se puede dividir basicamente en dos puntos.

i- Compras.

ii- Finanzas.

e.i.- Inventarios en Compras comprende el definir las politicas óptimas de Compras. Para ello toma en cuenta todos los elementos de costos relacionados y los evalua según etapas o periodos. En la evaluación teórica preliminar se determinó que el Modelo de Optimización de Compras sería muy aproximado a un Modelo de Inventarios, esto motivó a que se investigaran y evaluaran con gran detenimiento tratando de buscar alguno ya propuesto que satisfaciera las necesidades planteadas o por lo menos alguno o algunos que ayudarán a sentar las bases del nuevo Modelo a ser propuesto. Esta investigación implicó el análisis de

los modelos estáticos y dinámicos, determinísticos y estocásticos, que incluyesen o no Costos Fijos. En pocas palabras, se revisaron todos, o por lo menos, todos los que se encontraron ya fuese en la bibliografía consultada como también modelos particulares propuestos en la práctica como por ejemplo el del Prof. Diego Casañas. De particular importancia fueron para el desarrollo del Modelo propuesto, el Modelo de Inventario resuelto a través de Programación Dinámica, el Modelo resuelto a través de Programación Entera, el Modelo resuelto a través de Programación Estocástica Restringida (Chance Constrained Programming) (4)(6), y el Modelo Especial de Wagner y Whithin. Cada uno fué empleado como base para resolver inconvenientes particulares.

El Modelo resuelto a través de Programación Dinámica sirvió para definir el planteamiento general del Modelo Propuesto. Esto incluía el asumir la optimización por etapas de forma de no transformar el problema de selección de varios proveedores en cada etapa en un problema computacionalmente muy complicado y para simplificar el cálculo de la incidencia de costo del valor del dinero en el tiempo. El Modelo a través de Programación Entera sirvió para definir el procedimiento de manejo de los Costos Fijos y el soporte de las Políticas Generales de Compras de la empresa mediante restricciones enteras. El Modelo

resuelto a través de Programación Estocástica Restringida sirvión para poder incluir restricciones de Riesgo dentro del Modelo Propuesto y el Modelo Especial de Wagner y Whithin sirvió para poderle dar al planteamiento dinámico del problema una solución práctica real y computacionalmente factible.

e.ii.- Inventarios en Finanzas comprende el analizar los inventarios como una inversión. Esto incluye el revisar temas como inflación, devaluación y valor del dinero en el tiempo. Es decir comprende en buena medida lo que usualmente se ha dado por llamar Ingeniería Económica. Se buscaron en primer término los distintos métodos de ajuste por inflación existentes, sin embargo en este punto encontramos que el mecanismo mas generalizado, el ajuste por indice de precios, no se adecuaba a nuestro caso en particular dado que es una medida ponderada que no representa exactamente la inflación para el elemento específico a considerar, además la legislación venezolana no contempla ningún mecanismo de ajuste por inflación, por lo cual nos inclinamos a emplear una tasa de inflación proyectada que el usuario deberá determinar, por ende, las consideraciones de inflación estarán supeditadas a la exactitud de dicha estimación. El indice de devaluación se decidió no tomarlo en cuenta pués este aplica escencialmente para las compras en el exterior

de modo que la manera más practica y sencilla de tomar en cuenta la devaluación de la moneda es incluyendola como factor determinante en la estimación de los precios a corto y largo plazo que se usan para la planificación. Estas dos decisiones se corresponden de nuevo con dos razones básicas, la primera, en el país no existen indicadores actualizados que pudiesen servir de guía para dichas proyecciones. Es decir, los reportes del Banco Central de Venezuela, la OCEI y el Instituto de Comercio Exterior entre otros brindan información de este tipo, sin embargo esta información corresponde generalmente a periodos de dos o tres meses atrás lo cual a efectos de planificación a corto plazo, que es lo que se requiere en periodos hiperinflacionarios como los que vive hoy en día nuestro país, no son realmente muy útiles de forma que es recomendable que cada empresa lleve registros de las Materias Primas que requiere y sus Costos de modo de poder realizar por su cuenta, ya sea con personal de la misma compañía o sub-contratando el servicio a alguna compañía especializada, las estimaciones necesarias. En segundo lugar, al no encontrarse legalizada en el país ninguna forma de ajuste por inflación, cualquier técnica de evaluación de inflación será valida siempre y cuando se ajuste a los criterios del usuario pues será él, quién finalmente la considerará dentro de sus estructuras de Costos sin poder incluirla en ninguno de sus registros administrativos

legales, por lo cual al estar esta medida restringida a consideración del usuario este podrá decidir con todo derecho cual le parece la manera más idonea de tomar en cuenta dicho factor.

Las tasas de interes, ya sea la cobrada por creditos en la compra como la tasa minima de retorno a ser empleada en la evaluación del valor del dinero en el tiempo serán también parámetros proporcionados por el usuario, dado que cada quién decide cual es su tasa minima de retorno atractiva y cada proveedor fija su tasa de interés por ventas a crédito.

Una vez definidos claramente los parámetros señalados anteriormente, estos se manejaran de acuerdo a las prácticas usuales de evaluación de alternativas acostumbradas en Ingeniería Económica (11) (12). Para nuestro caso en particular se escogió el analizar las daistintas alternativas de Compras comparando su costo en Valor Presente de forma de dar una respuesta práctica y sencilla expresada en valores monetarios correspondientes al momento de la evaluación.

2.3.2.- Definición de parámetros y variables, y establecimietno de relacionadas básicas.

2.3.2.1.- Origen y Definición de Parámetros y Variables

A partir de las consideraciones preliminares se determinaron cinco elementos de Costos comunes a cada proveedor, a excepción del Costo de Mantenimiento en Inventario que corresponde es a las existencias. A saber:

i.-Costo Original.

ii.- Costos de Transportes.

iii.-Costos Mantenimiento de Inventarios.

iv.- Costos de Calidad.

v.- Costos por Ordende Compra.

i- Costo Original: Es el elemento de Costo que comprende el precio de venta puesto en puerto de origen, Costo F.O.B., el Costo por intereses, si se paga a credito, y el Costo (o Ganancia) por inflación. Si la oferta a ser evaluada contiene el precio de venta en puerto venezolano, precio C.I.F, se pueden obviar en los Costos por transporte los Costos comprendidos por dicho precio C.I.F.

ii- Transportes: Los Costos de Transporte son aquellos que comprenden todos los elementos relacionados con el transporte y nacionalización de la Materia Prima. Aquí encontramos:

- Fletes.
- Aranceles, Derechos y Aduanas.
- Costos portuarios. (Ya sean Aeropuertos o puertos marítimos.
- Comisiones.
- Costos Fijos.

Los Fletes son Costos que se expresán a través de una rata relacionada con la cantidad o volumen de compra.

Los Aranceles, Derechos y Aduanas son un porcentaje del costo original pagado.

Los Costos Portuarios son el resultado de dos elementos, el manejo de la mercancía o "Caleta", que se expresa en función de una rata relacionada con el volumen o cantidad de mercancía y el tiempo que deba ser mantenida dicha mercancía en los almacenes de la dependencía estatal a donde halla arribado. Este último elemento de costo es una función lineal del tiempo de almacenaje en puerto.

Las comisiones son porcentajes que deben pagarse en muchas ocaciones ya sea a entes privados que se encargen de ciertos tramites legales o económicos, o a entes gubernamentales por razones muchas veces un poco extrañas.

iii.- Costos de Mantenimiento de Inventarios: Estos Costos comprenden todos los aspectos relacionados con el almacenamiento de Materias Primas. A saber:

a- Intereses.

b- Manejo de Inventarios.

c- Costo del Espacio.

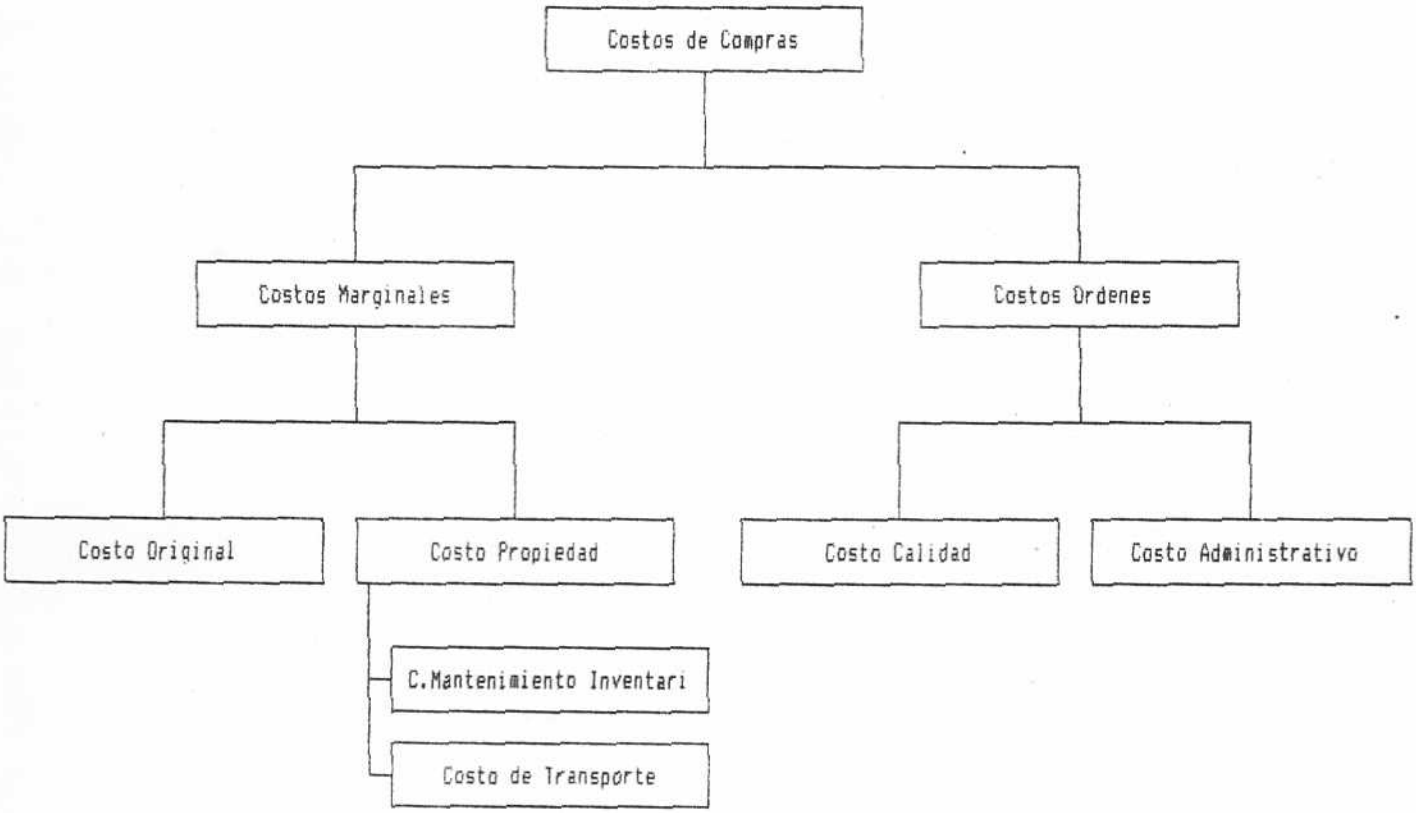
d- Servicios.

e- Seguros.

a.- Intereses: Representa los Costos por capital paralizado mas las ganancias derivadas del aumento de valor por inflación. Para su evaluación se emplean la Tasa Minima Atractiva de Rendimiento, la Tasa de Inflación (11) (12) y el valor base de Costo es el último valor de Costo Unitario pagado por la mercancia, siguiendo así los criterios LIFO, bastante recomendable en periodos hiperinflacionarios como los que vive actualmente el pais (14) (15) (16) (17).

F I G U R A 4

ESQUEMA DEL DIAGRAMA DE COSTOS


Costos de Compras
Costos Marginales
Costos Ordenes
Costo Original
Costo Propiedad
Costo Calidad
Costo Administrativo
C.Mantenimiento Inventari
Costo de Transporte

b.- Manejo de Inventarios: Representa los Costos relacionados con el personal y los equipos empleados en la manipulación y llevamiento de los Inventarios. Se expresa mediante una rata relacionada con el espacio de almacén ocupado.

c.- Costo del Espació: Representa los alquileres o depreciación del almacén en donde se encuentran las Materia Primas. Se expresa mediante una Tasa relacionada con el espacio de almacén ocupado.

d.- Servicios: Representa los gastos de luz, teléfono, agua, etc,... necesarios en el almacén. Se expresa mediante una Tasa relacionada con el espacio de almacén ocupado.

e.-Seguros: Representa los gastos por seguros causados por seguros de Mercancias e instalaciones. Se expresa mediante una Tasa relacionada con el espacio de almacén ocupado.

iv.- Costo de Calidad: Este elemento de Costo es uno de los aspectos más significativos del presente Trabajo Especial de Grado. Cónsonos con las Técnicas de Circulos de Calidad que pretenden como principio básico el hacer bién las cosas de su inicio (9)(10) se

hacia imperiosa la necesidad de considerar calidad en el Modelo que representará compras dado que este es el primer paso , si se quiere, de todo el proceso productivo y una mala calidad en las Materias Primas puede tener nefastas consecuencias, incidencia sobre el rendimiento de equipos y personal, calidad final del producto términado, pérdida de clientes por productos defectuosos, desbalanceo de los planes de producción, etc. Por lo cual se decidió que si se deseaba dar un verdadero aporte actual a los procedimientos de compras se debía incluir algún tipo de evaluación de los Costos de Calidad relacionados con Compras. En los Modelos de Inventarios es usual encontrar Costos de Ventas, Costos de Mantenimiento de Inventarios, Costos de Penalización por Demanda Insatisfecha y Costos Fijos. En la bibliografía consultada no se encontró una metodología clara para tomar en cuenta como Costo en un Modelo de Compras las características de Calidad (18) (19). Con respecto a la selección de proveedores se encontró un modelo de ponderación que incluía ciertos parámetros, entre ellos Calidad restándole al precio de venta el acostumbrado 100% de peso sobre la decisión. Este modelo de Calificación de Proveedores se emcontró en el libro "Manufacura de Categoría Mundial" de R.Schonberger, haciendo referencia a un programa de calificación de proveedores propuesto por la Uniroyal en una reunión de la American Chemical Society. El procedimiento de calificación

consistía en asignar puntos a un grupo de características que poseían cierta ponderación previa, si el proveedor caía por debajo de cierta calificación no se le compraba más, de lo contrario era aceptado. Esta práctica muy representativa de lo que se acostumbra hacer en las empresas que no le dan un 100% de peso al precio en la evaluación de proveedores si bién es muy util no es lo suficientemente objetiva como para dar una respuesta medible y cuantificable en términos monetarios concretos que era lo que se buscaba en el presente Trabajo Especial de Grado. Por lo cual se tomaron ciertas consideraciones personales. Se definieron ciertos elementos de Costo que a nuestro criterio eran los más importantes. A saber:

a.- Calidad de Producto.

b.- Calidad de Entrega.

c.- Calidad de Servicio.

d.- Costo de Evaluación de Calidad.

a.- Calidad del Producto: Como es bién sabido, difícilmente se obtienen Productos que cumplan al 100% las especificaciones. Usualmente se acuerda con el proveedor un Nivel de Calidad Aceptable que es el porcentaje de piezas o elementos defectuosos que acostumbra el proveedor a entregar, por lo cual se asume que el valor esperado de piezas defectuosas entregadas será ese,

por lo cual el Costo de Calidad del Producto será el Costo de las piezas a ser desechadas.

b.- Calidad de la Entrega: El Costo de la Calidad de la entrega será el valor del Inventario que sea necesario mantener por el tiempo que tarde en entregar el pedido un proveedor proporcionalmente al tamaño de dicho pedido. Al definir este inventario como un Inventario de seguridad tuvimos que incluir alguna medida de Riesgo por ello se determinó que el tiempo de stock sería la esperanza del valor del tiempo de entrega más cierto número de veces su desviación standard que cubriera un nivel de probabilidades especificado a través de un Riesgo dado.

c.- Calidad de Servicio: Este elemento de Costo contempla la prontitud con que el proveedor atiende las necesidades del comprador. El parámetro más representativo es el tiempo que demorá una negociación. Dado que en la medida en que el proveedor es mejor, le ahorra tiempo al comprador. Este costo se halla expresado en función de una tasa relacionada con el Costo del Departamento de Compras por tiempo. En este caso no se define riesgo para el Costo y se trabaja con el tiempo esperado de duración de la negociación.

d.- Costo de Evaluación de Calidad: La mayoría de las empresas tienen un archivo de proveedores clificados y para poder ingresar a él se debe cumplir con una primera aprobación de Calidad. También al efectuar cualquier compra debe inspeccionarse la mercancia entregada de forma de asegurar su Calidad. Estas inspecciones generan un Costo que depende de si ya el proveedor ha sido aceptado con anterioridad y de su historia de Calidad, pues como ya sabemos, si se emplean criterios de Control Estadístico de Calidad, el tamaño de muestra a inspeccionar depende del tamaño del lote a considerar y del nivel de riesgo que se halla determinado considerar para el nivel de calidad aceptado al proveedor (8).

v.- Costo por Ordenes de Compra: Este elemento toma en cuenta los Costos administrativos y cualquier Costo adicional relacionado con la emisión de una Orden de Compra. No depende de la cantidad pedida y se repite conforme se escoja más de un proveedor para satisfacer las necesidades de la industria.

2.3.2.2.- Indice explicativo de Variables y Parámetros.

i.- Variables de Decisión:

$X_{i,t}$: Cantidad a comprarse al proveedor i, en el periodo t.

$Y_{i,t}$: Variable binaria $Y_{i,t}=1$ si $X_{i,t}>0$

$Y_{i,t}=0$ si $X_{i,t}=0$

Z_t: Inventario al inicio del periodo t.

ii.- Variables y Parámetros relacionados con el Costo Original.

$C_{i,t}$: Costo de Venta del Proveedor i en el período t.

$fp_{i,t,t1}$: Fracción a pagar al proveedor i en el periodo t, en el periodo de pago t1.

t1: Periodo de pago.

$Np_{i,t}$: Número de períodos de pago del proveedor i en el período t.

$Ic_{i,t}$: Tasa de interés cobrada por el proveedor i en el por su venta a crédito del período t.

If_t: Tasa de Inflación promedio del período t.

$I_{T.M.A.R}$: Tasa mínima atractiva de rendimiento.

iii.- Variables y Parámetros relacionados al Costo de Mantenimiento de Inventarios.

Cz: Ultimo Costo unitario de compra pagado (criterio LIFO)

MO: Costos de Mano de Obra por manejo de inventarios por periodo y por unidad de espacio.

MM: Costos de Equipos y Medios de Manipulación de inventarios por períodos y por unidad de espacio.

A: Area unitaria ocupada por producto o Materia Prima.

Ca: Costo unitario por ah´rea de almacenamiento de un período.

Cse: Costo unitario de servicios por ah´rea ocupada de un período.

Csi: Costo unitario de seguros por ah'rea ocupada de un período.

iv.- Variables y Parámetros relacionados al Costo de Transportes.

Ari: Costo de aranceles, derechos, aduanas e impuestos, expresado en función de un porcentaje sobre el valor total de la importación o compra.

Ch: Costo de unitario de almacenamiento en puerto por unidad de tiempo.

Cc: Costo de " Caleta ". Se expresa como una tasa relacionada con la cantidad de mercancia manipulada o comprada.

$Cf_{i,t}$: Costo unitario de Flete o transporte de un período dado. Expresado mediante una tasa relacionada al total comprado.

Cm: Costo de Comisiones, expresado como un porcentaje del monto total comprado.

$Cv_{i,t}$: Costo Fijo de Transporte del proveedor i en el

período t.

$t2_i$: Tiempo de Almacenamiento en Puerto.

$rt2_i$: Desviación Estandard del tiempo de almacenamiento en puerto del pedido del proveedor i.

E: Nivel de riesgo aceptable para el tiempo de almacenamiento en puerto.

v.- Variables y Parámetros relacionados con el Costo de Calidad.

Qp_i: Nivel de Calidad Aceptable del proveedor i. Porcentaje de defectuosos.

Hc: Costo de Mantenimiento en Inventario Consolidado.

$t3_i$: Tiempo de entrega del proveedor i.

$rt3_i$: Desviación Estandard del tiempo de entrega del proveedor i.

a: Nivel de riesgo aceptable para el tiempo de entrega.

Dm: Demanda promedio por unidad de tiempo.

Cn: Costo de negociación por unidad de tiempo.

$t4_i$: Tiempo de negociación del proveedor i.

$rt4_i$: Desviación Estandar del tiempo de negociación del proveedor i.

β_4: Nivel de riesgo aceptable para el tiempo de negociación.

Cvq: Costo de evaluación de calidad por unidad.

fq_i: Fracción del pedido a ser analizada por Control de Calidad.

Cfq: Costo Fijo de Calidad.

vi.- Variables y Parámetros relacionados con el Costo por Ordenes de Compra.

K: Costo Fijo por cada Orden de Compra.

2.3.3.- Definición de la Función de Costos.

Para definir exactamente la función de Costos se decidió separarla en dos elemntos básicos. A saber:

- Costos Marginales.
- Costos por Ordenes.

Por Costos Marginales se decidió agrupar lo que se podría definir como Costos relacionados directamente con las cantidades compradas y por Costos por Ordenes se decidió agrupar los Costos fijos relacionados con la emisión de cada Orden de Compra y los Costos relacionados con la Gestión de Compras, es decir, Costos de negociación, calidad, etc. Dentro de esta clasificación básica de Costos se decidió hacer varias subdivisiones más detalladas y que se pueden observar en el diagrama relacional de la fig. 4. Es importante señalar que esta clasificación que se detallará y explicará a continuación es una categorización propia de los autores del presente Trabajo Especial de Grado, es decir, no se encontrará en ninguna bibliografía y está hecha principalmente con el fin de facilitar el planteamiento de las ecuaciones y su ulterior resolución, por tanto, cualquier consideración que se quiera hacer acerca de nombres de Costos y su ubicación relacional puede ser valida siempre y cuando se respeten los fundamentos y cálculos básicos que los determinan.

i.- Costos Marginales: Este Costo comprende dos subdivisiones. A saber:

a.- Costo Original.

b.- Costo de Propiedad.

a.-Costo Original: Este costo representa el valor real en valor presente pagado unicamente por la mercancía como tal al proveedor. Se calcula :

$$CO(X_{i,t}) = E\ C_{i,t} * {}^{f}P_{i,t,t1} * (1 + Ic_{i,t})^{j} / (1 + If_{t})^{j} * X_{i,t}$$

(1)

b.- Costo de Propiedad: Este costo representa los egresos necesarios para poder hacer llegar a las manos del destinatario la mercancía y los egresos causados por mantener dicha mercancía en poder del comprador. Se divide en:

1.- Costos de Mantenimiento de Inventarios.

2.- Costos de Transportes.

b.1.- Costos de Mantenimiento de Inventarios. Incluye:

- Costos por Intereses e Inflación.

$$CI(Z_{t+1}) = (I_{T.M.A.R} - If_{t}) * Cz * Z_{t+1}$$

(2)

- Costos por Manejo de Inventarios:

$$CMAI(Z_{t+1}) = (MO + MM) * A * Z_{t+1}$$

(3)

- Costo del Espacio de Almacenamiento.

$$CEA(Z_{t+1}) = Ca * A * Z_{t+1}$$

(4)

- Costo de Servicios:

$$CSE(Z_{t+1}) = Cse * A * Z_{t+1}$$

(5)

- Costo de Seguros.

$$CSI(Z_{t+1}) = Csi * A * Z_{t+1}$$

(6)

Todos estos costos sumados dan el Costo de Mantenimiento de Inventarios.

(7) = (2) + (3) + (4) + (5) + (6)

$$CMI(Z_{t+1}) = CI(Z_{t+1}) + CMAI(Z_{t+1}) + CEA(Z_{t+1}) + CSE(Z_{t+1}) + CSI(Z_{t+1})$$

(7)

b.2.- Costos de Transporte. Incluye:

- Costos por Aranceles, Derechos, Aduanas e Impuestos.

$$CDAI(X_{i,t}) = Ari * C_{i,t} * X_{i,t}$$

(8)

- Costos Portuarios (INP/IAAIM)

$$CPAI(X_{i,t}) = (Ch * E(t1_i) + Cc) * X_{i,t}$$

(9)

- Costos de Fletes.

$$CFL(X_{i,t}) = Cf_{i,t} * X_{i,t}$$

(10)

- Costos de Comisiones.

$$CCM(X_{i,t}) = Cm * C_{i,t} * X_{i,t}$$

(11)

Todos estos Costos sumados al Costo Fijo de Transporte dan el Costo de Transporte.

$$(12) = (8) + (9) + (10) + (11) + X_{i,t} * Cv_{i,t}$$

$$CTRA(X_{i,t},Y_{i,t}) = CDAI(X_{i,t}) + CPAI(X_{i,t}) + CFL(X_{i,t}) + CCM(X_{i,t}) + Cv_{i,t} \quad (12)$$

Sumando los Costos de Mantenimiento de Inventarios con los Costos de Transportes obtenemos el Costo de Propiedad.

$$(13) = (7) + (12)$$

$$CP(X_{i,t},Y_{i,t},Z_{t+1}) = CMI(Z_{t+1}) + CTRA(X_{i,t},Y_{i,t}) \quad (13)$$

Sumando el Costo Original con el Costo de Propiedad obtenemos el Costo Marginal de un proveedor en particualar.

$$(14) = (1) + (13)$$

$$CMA(X_{i,t},Y_{i,t},Z_{t+1}) = CO(X_{i,t}) + CP(X_{i,t},Y_{i,t},Z_{t+1}) \quad (14)$$

ii.- Costos por Ordenes: Este Costo comprende dos subdivisiones. A saber:

a.- Costos de Calidad.

b.- Costos Fijos por Ordenes.

ii.a.- Costos de Calidad: Este Costo comprende:

- Costo de Calidad del Producto.

$$CQP(X_{i,t}) = Qp_i * C_{i,t} * X_{i,t} \quad (15)$$

- Costo de Calidad de la Entrega:

$$CQE(Y_{i,t}) = Y_{i,t} * CMI(Dm * (E(t3_i) + k_a * rt3_i)) \quad (16)$$

- Costo de Calidad del Servicio:

$$CQS(Y_{i,t}) = Y_{i,t} * Cn * E(t3_i) \quad (17)$$

- Costo de Evaluación de Calidad.

$$CQEQ(X_{i,t}, Y_{i,t}) = Cvq * fq_i * X_{i,t} + Y_{i,t} * Cfq \quad (18)$$

El Costo Total de Calidad viene dado por la suma de los

elementos de Costo anteriormente citados.

$$(19) = (15) + (16) + (17) + (18)$$

$$CO(X_{i,t}, Y_{i,t}) = COP(X_{i,t}) + COE(Y_{i,t}) + COS(Y_{i,t}) + COEO(Y_{i,t})$$

(19)

ii.b.- Costos Fijos por Ordenes de Compras. Viene expresado por:

$$CK(Y_{i,t}) = Y_{i,t} * K$$

(20)

Los Costos por Ordenes son el resultado de sumar los Costos aclarados con anterioridad.

$$(21) = (19) + (20)$$

$$CO(X_{i,t}, Y_{i,t}) = CO(X_{i,t}, Y_{i,t}) + CK(Y_{i,t})$$

(21)

Finalmente podemos concluir que la Función de Costos de la Gestión de compras es:

$$(22) = (14) + (21)$$

$$CT(X_{i,t}, Y_{i,t}, Z_{t+1}) = CMA(X_{i,t}, Y_{i,t}, Z_{t+1}) + CO(X_{i,t}, Y_{i,t})$$

(22)

2.3.4.- Definición de Restricciones.

El Modelo Matemático de Compras debe ajustarse a ciertas consideraciones particulares. Estas restricciones son:

- Restrcción de Capacidad.

$X_{i,t} \leq CAP_i$ Para toda i

CAP_i : Capacidad de suministro del proveedor i.

- Restricción de Espacio.

$A * Z_t \leq Ed$

Ed : Espacio disponible para almacenamiento.

- Restricción correspondiente a las políticas generales de compras.

$E\ Y_{i,t} \geq Nmin$

Nmin : Número Mínimo de Proveedores que debe tener la empresa como parte de sus politicas estratégicas.

- Restricciones de Riesgo.

i- Restricción de Riesgo en el Tiempo de almacenamiento en puerto.

$X_{i,t} / E\ X_{i,t} \leq T2 / (E(t2_i) + k_E * rt2_i)$

T2 : Tiempo máximo permisible de permanencia en Puerto.

ii- Restricción de Riesgo en el Tiempo de Entrega.

$$X_{i,t} / E\, X_{i,t} \leq T3 / (E(t3_i) + k_a * rt3_i)$$

T3 : Tiempo máximo de entrega permisible.

iii- Restricción de Riesgo en el Tiempo de Negociación.

$$X_{i,t} / E\, X_{i,t} \leq T4 / (E(t4_i) + k_B * rt4_i)$$

T4 : Tiempo máximo de negociación permisible.

Con respecto a las restricciones de riesgo es importante hacer ciertas observaciones. En primer lugar debemos llamar la atención a la forma de dichas restricciones, si bién hasta este punto todo el Modelo se habia caracterizado por tener restricciones totalmente deterministicas, en este punto se trató de hechar mano de ciertos recursos de Programación Estocástica Restringida ("Chance Constrained Programming") cuya premisa básica es que las restricciones son altamente deseables, pero no absolutamente necesarias (4) por lo cual se cambia su planteamiento totalmente determinístico por una restricción probabilística que luego se transforma a la forma lineal para facilitar su manipulación computacionalmente. En este caso, restricciones de riesgo, se procuró hacer algo similar. Esto se debió escencialmente a que Riesgo no es una característica determinística, mas bien es particularmente subjetiva y la forma más idonea de

enfrentar algún problema vinculado con riesgo es mediante leyes probabilisticas. En nuestro caso en particular se procuró aprovechar de ciertos parámetros estadísticos de muy facil estimación practica como lo son la esperanza de un valor y su desviación standard. Para el parámetro **k** que multiplica la desviación standard se puede emplear el valor arrojado por las tablas o por cálculos directos, si se conoce exactamente la distribución de probabilidades de la variable en cuestión, de lo contrario se puede aprovechar la desigualdad de Chebyshev para establecer un parámetro límite. El otro punto significativo son las caracteristicas matemáticas de dichas restricciones. Manipulando algebraicamente un poco las inecuaciones llegamos a la siguiente expresión que a efectos analíticos es más util:

$$X_{i,t} \leq E (X_{i,t} * T) / ((E(t) + k * r) - T) \text{ para } i=j$$

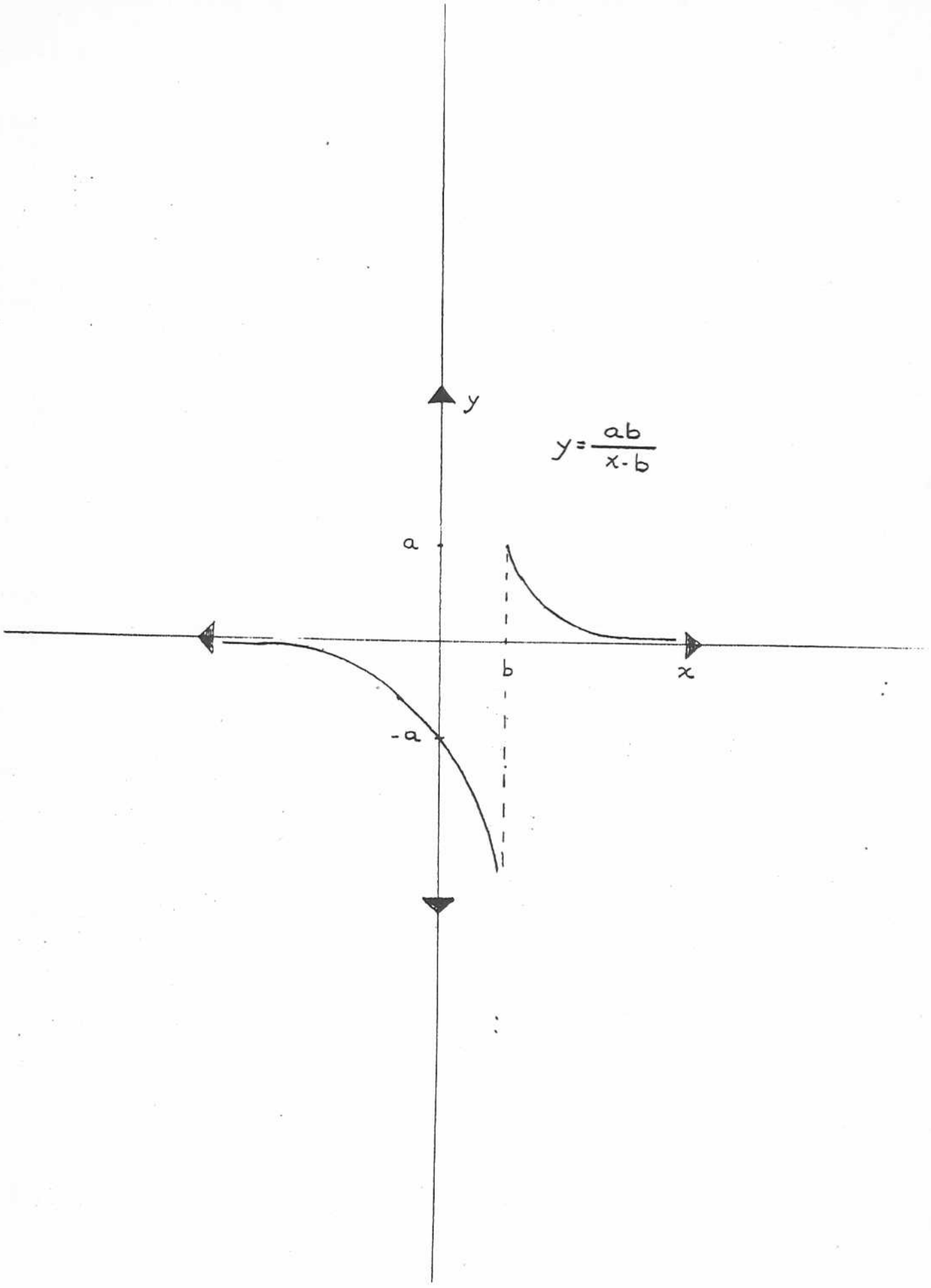
que a efectos de nuestro analisis vamos a escribir de la siguiente manera:

$$Y \leq (a * b) / (X - b)$$

Si la transformamos en ecuación la podremos graficar y observaremos un punto sumamente interesante (ver fig 5). Este es X = b el cual es un punto de discontinuidad. De modo que para nuestro caso en particular estas restricciones unicamente son activas mientras (E(t) + k * r) > T.

F I G U R A 5

GRAFICA DE LA RESTRICCION


y
$y = \frac{ab}{x-b}$
a
-a
b
x

2.4.- Determinación del Procedimiento de Optimización más idoneo para el caso de Compras.

En la determinación del procedimiento de Optimización que resolviese el problema en cuestión, se usaron escencialmente dos guias, combinadas con la experiencia adquirida a través de la Investigación Teórica sobre la mayoría de los métodos de Programación Matemática. La primera de estas guias fue la tabla indicativa de las Areas y Problemas Relacionadas con Investigación de Operaciones (Tabla 1) discutida en secciones anteriores y la segunda es un método propuesto para enfrentar problemas de Optimización que se encontró en el libro " Optimización en Ingeniería" de R.Pike y L.Guerra (3) que sugiere una secuencia de evaluación de las técnicas de Programación Matemática (ver fig 6).

En primer lugar sabemos que nuestro problema, como busca un punto en particular entra dentro de la esfera de la Programación Matemática. Luego, el problema tiene restricciones de modo que no se pueden usar directamente ecuaciones diferenciales. La opción de usar multiplicadores de Lagrange o Jacobianos no es factible dado que el problema incluye variables de decisión enteras que generan funciones discontinuas que hacen imposible usar los criterios clásicos de minimización mediante diferenciación, además de que algunas restricciones presentan discon-

tinuidades que complican aun más la situación. La función Objetivo y las restricciones son lineales lo cual indicaría que se puede usar Programación Lineal, sin embargo, existen variables de decisión enteras que no permiten emplear dicha técnica, ahora bien, si es posible emplear Programación Lineal Entera Mixta. La Función Objetivo no es polinómica de modo que no se puede usar Programación Geométrica. El problema puede formularse por etapas abriendo así la puerta para resolverlo mediante Programación Dinámica.

Resolver el problema completo empleando Programación Lineal Entera Mixta puede, a la larga, traer inconvenientes computacionales. De definirse un horizonte de planificación medianamente largo que incluya a cierta cantidad significativa de proveedores se generarían una gran cantidad de variables y ecuaciones a ser consideradas simultaneamente y que dificultarían grandemente la resolución numérica del problema. La solución a este inconveniente es el uso de Programación Dinámica que achica el problema y lo transforma en una minimización por etapas, manejandose un número de variables definitivamente mucho menor. De modo que la solución global del Modelo es indudablemente a través de Programación Dinámica.

Una vez definido el procedimiento general de Optimización como Programación Dinámica se encontraron dos problemas básicos. Uno, de tomarse en cuenta como una función continua sería necesaria una enumeración exhaustiva de las posibilidades en

cada etapa lo cual dificultaría su ulterior resolución numérica, y dos, la función de costos no era una función continua, incluía variables enteras y debía cumplir con ciertas restricciones. Estos dos problemas se solucionaron, el primero aprovechando los teoremas de Wagner y Whitin y el segundo empleando para la optimización de cada etapa Programación Lineal Entera Mixta.

Para poder emplear Programación Lineal Entera Mixta se debieron incluir ciertas restricciones párticulares. A saber:

$$X_{i,t} \leq Y_{i,t} * M$$

Donde M es un valor número sumamente elevado de tal manera que $X_{i,t} \leq M$ es redundante con respecto a cualquier restrcción activa del problema.

Esta restricción vendría a sustituir la definición de las variables binarias $Y_{i,t}$.

El aplicar los teoremas de Wagner y Whitin nos permitía evaluar unicamente compras que cumpliesen con los requerimientos de uno o más períodos de los que se debían considerar.

Así pues la resolución del Modelo se realiza de la siguiente manera:

1.- Se aplica Programación Dinámica al modelo general

cumpliendo con los Teoremas de Wagner y Whitin.

2.- Para la evaluación de proveedores y la determinación de los Costos de cada nivel de compra correspondiente a cada nivel de inventario se emplea Programación Lineal Entera Mixta

La función recursiva de Programación Dinámica quedó definida de la siguiente manera:

$$f(Z_{t+1}) = \text{Min} \{ CT(X_{i,t}, Y_{i,t}, Z_{t+1}) + (1+If_t) * f_{t-1}(Z_{t+1} + D_t - E\ X_{i,t}) \}$$

Donde: $0 \leq E\ X_{i,t} \leq D_t + Z_{t+1}$

Siendo D_t la demanda estimada del período t.

y para ser consono con el Modelo de Wagner y Whitin:

$$(E\ X_{i,t}) * Z_{t+1} = 0$$

Quedando el Modelo definitivo expresado como:

$$f(Z_{t+1}) = \text{Min} \{ CT(X_{i,t}, Y_{i,t}, Z_{t+1}) + (1+If_t) * f_{t-1}(Z_{t+1} + D_t - E\ X_{i,t}) \}$$

Sujeto a:

$X_{i,t} \leq CAP_i$ Para toda i

$A * Z_t \leq Ed$

$E\ Y_{i,t} \geq Nmin$

$X_{i,t} / E\ X_{i,t} \leq T2 / (E(t2_i) + k_E * rt2_i)$

$$X_{i,t} \;/\; E\,X_{i,t} \leq T3 \;/\; \left(E(t3_i) + k_a * rt3_i \right)$$

$$X_{i,t} \;/\; E\,X_{i,t} \leq T4 \;/\; \left(E(t4_i) + k_B * rt4_i \right)$$

$$X_{i,t} \leq Y_{i,t} * M$$

$$0 \leq E\,X_{i,t} \leq D_t + Z_{t+1}$$

$$\left(E\,X_{i,t} \right) * Z_{t+1} = 0$$

El algoritmo de Programación Dinámica modificado empleando los Teoremas de Wagner y Whitin se pueden encontrar en (4) pag 135, y el algoritmo de ramificación y acotamiento para Programación Lineal Entera Mixta se puede encontrar en (5) pag 729.

3.- Definición del Sistema de Soporte del Modelo Matemático

3.1.- Consideraciones Generales

3.1.1.- Alcances del Sistema

El Sistema de soporte del Modelo tiene como objetivo principal brindar a un usuario que no conozca o domine exactamente las tecnicas de Programación Dinámica y Programación Lineal Entera Mixta la posibilidad de usarlas en la resolución de su problema de Compras de Materias Primas. Esta solución implica que el Sistema le señalará al usuario a que proveedor debe comprar, en que cantidad y cuando. Esto define claramente al Sistema como una herramienta de planificación y evaluación. Se encargará unicamente de indicar las decisiones más convenientes para optimizar las compras de Materias Primas, en ningún momento se pretende sea un Sistema de Control de Inventarios, en desarrollos posteriores se buscará completar los Módulos aquí expuestos con un Sistema de Control de Materiales y una serie de Módulos extras que evaluen independientemente las mejores rutas de transportes para cada proveedor y que ayuden en la realización de proyec-

ciones de las Variables y Parámetros relacionados con el Modelo. Dado que este Sistema incluye parámetros de Calidad también se pretende integrarlo mediante el Módulo de Control de Proveedores al Sistema Integrado de Control Estadístico de Calidad desarrollado con anterioridad por la firma en donde se realizó el presente Trabajo Especial de Grado, Ingenieros para la Industria, para de esta forma dar soporte directo desde el Sistema de Control de Calidad a las Variables y Parámetros relacionados del presente Sistema.

Por lo pronto este Sistema en particular es una herramienta de optimización de la evaluación de alternativas de Compras de Materias Primas mediante:

- una objetivización de elementos de Costos usualmente considerados pero no medidos.

- La aplicación de avanzadas técnicas de Programación Matemática a los procedimientos de evaluación y planificación.

De todo esto podemos concluir que la consecuencia fundamental es la integración de las funciones de Planificación y Evaluación en la Gestión de Compras.

3.1.2.- Usuarios del Sistema

A nivel global, el usuario del Sistema será cualquier empresa dedicada a la producción de bienes o servicios, en cuyo proceso productivo esté incluido el uso y transformación de Materias Primas, requiriendose de una Gestión de Compras constante.

La definición micro del usuario del Sistema se halla intimamente ligada al esquema organizacional de la empresa que lo vaya a utilizar y su disposición al cambio para emplear este nuevo principio de la planificación integrado a la evaluación.

Usualmente las empresas tienen separadas las funciones de planificación y compras. La planificación contempla, entre otras cosas, el determinar los requerimientos, necesidades, proyecciones, etc, de la compañia y es llevada a cabo por un personal de un elevado nivel de educación, proporcionalmente al conglomerado de la organización en cuestión, y que unicamente se encarga de entregar resultados, en ningún momento les corresponde negociar requerimientos, o algún tipo de actividad orientada hacia el exterior de la compañia. Por otro lado, la actividad de compras contempla la busqueda constante de proveedores, la evaluación de ofertas, la negociación en general, basado todo ello en los requerimientos dados, bién sea por los encargados de planificación o por aquellos que requieran de algún tipo de bién externo a la compañia. En general el perfil del personal

encargado de estas tareas, es una persona no necesariamente con un nivel elevado de educación, pero si con una alta iniciativa.

Como se puede ver se trata de perfiles humanos bastante dispares. Sin embargo, para conservar la idea básica del Modelo del Sistema se procuró definir un usuario de bajo nivel que se encargue unicamente de manipular el computador, alimentandole los datos y emitiendo los reportes necesarios que serán analizados y evaluados por el personal encargado de realizar las negociaciones y las compras. Es decir, el usuario final será realmente el personal de compras, si bien es importante hacer la salvedad, de que el paquete estará realizando la función de planificación que le corresponderia a cierto departamento o personal y la función de evaluación que le corresponderia al personal de compras, para el cual el computador sería una herramienta de trabajo.

3.1.3.- Supuestos y Limitaciones

Como primera suposición debemos mencionar el que se asumió que el usuario desconoce la distribución de probabilidades de la demanda de sus Materias Primas, por lo cual se decidió usar como datos las proyecciones que de alguna manera halla realizado el usuario. Lo mismo para el caso de las demás variables y paráme-tros dinámicos. A parte de las consideraciones teóricas mencio-

nadas en su debido momento, cabría señalar que el sistema no toma en cuenta el costo de compra del inventario de seguridad pero si el costo de mantenimiento de dicho stock. Esto se debe a que se siguen las propiedades de Wagner y Whitin, sin embargo si se quiere mantener un stock extra de seguridad, el Sistema desde el Módulo de Emisión de Reportes indicará las cantidades extras a comprar a cada proveedor para mantener dicho stock de seguridad, el cual se calcula asumiendo un valor promedio fijo de demanda por unidad de tiempo.

El Sistema unicamente puede procesar descuentos por cantidad concebidos como distintos Costos Marginales a partir de ciertos volúmenes específicos de pedido, es decir, decuentos por cantidad resultantes de funciones discretas no continuas, que son constantes hasta ciertos puntos en donde cambían a otros valores también constantes. Esto se hace porque es lo más usual en la práctica y el Modelo propuesto unicamente puede dar solución al caso general si la función de Costos Marginales es lineal.

El Sistema depende escencialmente de la calidad de las proyecciones, aproximaciones y estimados de Demanda, Costos y Parámetros Económicos como la tasa de inflación, la Tasa Mínima Atractiva de Retorno. La exactitud de dichas proyecciones y aproximaciones determinarán la exactitud de las guias que da como resultado el Modelo y el Sistema. De modo que tenemos como supuestos fundamental la verosimilitud de los datos de entrada que proporciona el usuario. Esto a su vez es una limitación pues el Sistema no provee de ningún mecanismo de evaluación de dicha

verosimilitud. Para ello haría falta algún tipo de Sistema Experto que aprovechando las bases de la teoría de control y con un correcto mantenimiento de los archivos y bases de datos dando un soporte de todo lo ocurrido luego de la planificación, es decir, un soporte para la comparación de la realidad con lo que se había predicho y planeado. El presente Sistema pretende ser el primer paso en dirección a un Sistema que subsane las deficiencias y limitaciones del Modelo actualmente propuesto y que empleando las nuevas teorías sobre bases de conocimiento, inteligencia artificial, sea capaz de proponer guias de acción aprendiendo sobre los resultados del pasado.

3.1.4.- Módulos de Trabajo

El Sistema está concebido para trabajar mediante Modulos independientes de forma de asegurar una mayor facilidad y flexibilidad. Facilidad en el sentido de poder trabajar con los parámetros que se requiera en cada momento. Flexibilidad en el sentido de que el Sistema podra crecer en el futuro e integrarse con otros Sistemas que brinden otras funciones con el objetivo final de proporcionar un Sistema Integrado General de Administración, Planificación y Control de una Industria. Los Módulos actualmente considerados son:

1- Modulo de Control de Proveedores

2- Modulo de Control de Costos.

3- Modulo de Planificación de Compras.

4- Modulo de Emisión de Reportes.

5- Modulo de Soporte Estadístico.

El Módulo de Control de Proveedores servira para dar mantenimiento a los datos básicos de los proveedores, el Módulo de Control de Costos servirá para dar mantenimietno a los datos básicos de Costos de la compañia. El Módulo de Planificación de Compras será el encargado de realizar todos los cálculos de resolución del Modelo. El Módulo de Emisión de Reportes será el encargado de imprimir todos los reportes e informes referentes al status de todos los archivos así como status de operaciones, planes de compras, sugerencias, alarmas, etc ... El Módulo de Soporte Estadístico dará al usuario la oportunidad de hallar los parámetros aleatorios requeridos por el modelo mediante la inclusión de las Tablas Probabilísticas más comunmente relacionadas a la Gestión de Compras.

A parte de los Módulos antes expuestos abrá un primer Menu principal que les da acceso.

Todas las pantallas que se definan a continuación incluiran por igual un Menú de Códigos de las Teclas de Función que le permitirán efectuar las correspondientes funciones de edición y ejecución.

3.2.- Módulos de Trabajo

3.2.1.- Módulo de Control de Proveedores

3.2.1.1.- Consideraciones Preliminares

El Módulo de Control de Proveedores es el encargado de Manejar todos los parámetros relacionados con un proveedor y un producto que no constituyen elementos de Costos directamente. Esto es Codigos de Identificación, dirección, nombre, teléfonos, etc. Para poder considerar descuentos por cantidad es necesario indicarlo y procesar la información como si fuese otro proveedor más.

Este Módulo operará brindando una pantalla en donde aparecerán todos los datos a ser considerados pudiendo el usuario moverse a través de los distintos campos ya sea para editar como para incluir nuevos datos.

3.2.1.2.- Datos de Entrada

- Número Código del Proveedor.
- Número Código del Producto

3.2.1.3.- Datos de Salida.

i.- Nombre del Proveedor.

ii.- Dirección del proveedor.

iii.- Teléfono del proveedor.

iv.- Persona a contactar.

v.- Número Código del Producto.

vi.- Nombre del Producto.

vii.- Descripción del Producto.(incluye unidad de comercialización.

viii.- t2: Tiempo de Almacenamiento en Puerto.

ix.- rt2: Desviación Estandar del tiempo de almacenamiento en puerto del pedido del proveedor

x.- Qp: Nivel de Calidad Aceptable del proveedor. Porcentaje de defectuosos.

xi.- t3: Tiempo de entrega del proveedor.

xii.- rt3: Desviación Estandar del tiempo de entrega del proveedor.

xiii.- t4: Tiempo de negociación del proveedor.

xiv.- rt4: Desviación Estandar del tiempo de negociación del proveedor.

xv.- fq: Fracción del pedido a ser analizada por Control de Calidad.

xvi.- Nh : Horizonte de planeación del producto.

xvii.- A: Area unitaria ocupada por producto o Materia Prima.

xviii.- Cz: Ultimo Costo unitario de compra pagado (criterio LIFO) Este costo es igual para todos los proveedores de un mismo producto.

xix.- CAP : Capacidad de producción del proveedor.

xx.- Ed : Espacio disponible en almacén para el producto.

3.2.1.4.- Definición de Pantallas

Pantalla 1: En esta pantalla se visualizarán todos los datos de salida en conjunto con los datos de entrada. Será como una gran tabla en donde los campos se llenarán conforme se hallan introducido los datos con anterioridad.

3.2.1.5.- Modo de Operación

Al entrar en la opción correspondiente en el Menú principal aparecerá en el monitor la Pantalla 1 con el cursor titilitando en el campo correspondiente alNúmero de Codigo, el cual, al ser llenado, hará que los demás campos sean completados con los datos introducidos con anter-

ioridad. De no existir ningún proveedor con dicho código el cursor se moverá al campo correspondiente al nombre del proveedor para que sea llenado. Para ir llenando los distintos campos solo será necesario moverse con las teclas de movimiento del cursor o con el Mouse hasta el campo deseado y tipear la información correspondiente. Para finalizar las actividades con este Módulo se procede a salvar las operaciones realizadas mediante una de las teclas de función.

3.2.1.6.- Consideraciones Finales

Este Módulo opera unicamente para mantener las informaciones correspondientes a los proveedores juntamente a la definición de los campos se encontrarán las dimensiones en las cuales debe ser expresada la variable o parámetro que le corresponda. El Sistema chequeará el horizonte de planeación de cada producto, de encontrar alguna diferencia escogerá el mayor o el menor según se defina desde las teclas de función, de modo que siempre el mismo producto tendrá el mismo horizonte de planeación cualquiera que sea el proveedor, esto es para evitar posteriores inconsistencias.

3.2.2.- Módulo de Control de Costos

3.2.2.1.- Consideraciones Preliminares

El acceso a este Módulo es igual que al resto de los Módulos, desde el Menú principal. Este Módulo sirve para introducir y dar mantenimiento a todos los elementos de Costos. Esta dividido en cinco sub-Módulos que se corresponden con cada uno de los elementos de Costos definidos en el Modelo Matemático. Niguna de las variables a ser introducidas por el usuario tienen algún valor de descarte que de no introducirse ningún valor el Sistema lo asuma. Ni siquiera al pasar un campo el Sistema asume como valor de entrada 0. Esto es para evitar que el Sistema chequee si se hallan introducido todos los datos necesarios antes de realizar una evaluación.

3.2.2.2.- Sub-Módulo de Control de Costos Unitarios Originales y Costos de Transporte

3.2.2.2.1.- Consideraciones Preliminares.

Este Sub-Módulo sirve para introducir y dar mantenimiento a los Costos relacionados con un proveedor y producto en particular

3.2.2.2.2.- Datos de Entrada.

- Número de Código del Proveedor.
- Número de Código del Producto.
- Número del Período a considerar.

3.2.2.2.3.- Datos de Salida.

i- Número de Código del Proveedor.
ii.- Nombre del proveedor.
iii- Número de Código del Producto.
iv.- Nombre del Producto.
v- Número del Período a considerar.
vi.- C_t: Costo de Venta en el período t.
vii.- $fp_{t,t1}$: Fracción a pagar al proveedor en el periodo t, en el periodo de pago t1.
viii.- Np_t: Número de períodos de pago del proveedor en el período t.
ix.- Ic_t: Tasa de interés cobrada por el proveedor por su venta a crédito del período t.

x.- Ari: Costo de aranceles, derechos, aduanas e impuestos

xi.- Ch: Costo de unitario de almacenamiento en puerto por unidad de tiempo.

xii.- Cc: Costo de " Caleta ".

xiii.- Cf_t: Costo unitario de Flete o transporte de un período dado.

xiv.- Cm: Costo de Comisiones.

xv.- Cv_t: Costo Fijo de Transporte del proveedor en el período t.

xvi.- Período que se está considerando.

xvii.- E : Riesgo aceptable del tiempo de almacenamiento en puerto.

xviii.- Dcu : Punto a partir del cual el precio por unidad es válido.

xix.- Indicación si el proveedor brinda descuentos por cantidad.

3.2.2.2.3.- Definición de Pantallas

- Pantalla 2: En esta pantalla aparecen todos los datos de salida en una suerte de gran tabla. La pantella estará separada en dos secciones visualmente distintas. Una correspondiente a los Costos directamente relacionados a cada proveedor y que varían para cada período del horizonte de planeación y otra correspondiente a los Costos que

no dependen del proveedor y que permanecen constantes en el horizonte de planeación. Esta pantalla será igual para cada período a considerar.

3.2.2.2.4.- Modo de Operación.

Al escoger la opción correspondiente aparece en el monitor la Pantalla 2, con el cursor colocado en el espacio correspondiente al código del proveedor, una vez llenado, el cursor se desplaza al campo correspondiente al código del producto a la vez que llena el campo correspondiente al nombre del proveedor. Una vez que se llena el código del producto aparece en pantalla su nombre y descripción, los costos que no dependen del período y el número de períodos que contempla el horizonte de planeación del producto. Posteriormente el cursor se desplaza al campo correspondiente al período a ser editado, y una vez que se llena dicho campo aparecen en pantalla los distintos elementos de Costo que hallan sido llenados con anterioridad. Para desplazarse entre los distintos campos basta moverse mediante las teclas de movimiento del cursor o usando el mouse. El avanzar entre los distintos periodos y el salvar los cambios realizados se hará desde las teclas de función. Si el proveedor brinda la facilidad

de descuentos por cantidad, aparecerá una señal en la pantalla desde donde se podrá ir alterando el precio por unidad conforme se altere el punto del descuento por cantidad. A efectos posteriores el Sistema creará pseudos-proveedores que serán el mismo proveedor en cuestión con la excepción de que su precio de venta será menor (descuento) pero incluirán una restricción adicional de pedido mínimo.

3.2.2.2.5.- Consideraciones Finales

De no llenarse todos los elementos de Costo incluidos en este Módulo el Sistema no podrá accesar el Módulo de Planificación. Para evitar esto el Sistema da una señal de alarma en la pantalla indicando cuantos datos faltan por ser completados.

3.2.2.3.- Sub-Módulo de Control de Costos de Mantenimiento de Inventarios.

3.2.2.3.1.- Consideraciones Preliminares.

Este Sub-Módulo sirve para introducir y dar mantenimiento a los Costos relacionados con el

Mantenimiento en Inventario de los productos. Estos Costos son iguales para todos los productos pues se hallan expresados en función de la cantidad y ah'rea que ocupan los productos, lo cual hace que se puedan usar las mismas tasas y ratas para todos. El entrar en esta opción hace que de una vez se genere la pantalla que contiene dichos Costos los cuales por ser iguales para todos los productos no es necesario introducir ningún código que sirva de guía al Sistema.

3.2.2.3.2.- Datos de Entrada y Salida.

i.- MO: Costos de Mano de Obra por manejo de inventarios por periodo y por unidad de espacio.
ii.- MM: Costos de Equipos y Medios de Manipulación de inventarios por periodos y por unidad de espacio.
iii.- Ca: Costo unitario por ah'rea de almacenamiento de un período.
iv.- Cse: Costo unitario de servicios por ah'rea ocupada de un período.
v.- Csi: Costo unitario de seguros por ah'rea ocupada de un período.

3.2.2.3.3.- Definición de Pantallas

- Pantalla 3: Esta pantalla contendra todos los

datos señalados con anterioridad en forma de tabla.

3.2.2.3.4.- Modo de Operación.

Una vez dentro de la opción el usuario escoge el campo que desea editar o introducir y tipea los datos correspondientes. Para desplazarse entre los distintos campos basta moverse mediante las teclas de movimiento del cursor o usando el mouse. El avanzar entre los distintos periodos y el salvar los cambios realizados se hará desde las teclas de función.

3.2.2.3.5.- Consideraciones Finales

De no llenarse todos los elementos de Costo incluidos en este Módulo el Sistema no podrá accesar el Módulo de Planificación. Para evitar esto el Sistema da una señal de alarma en la pantalla indicando cuantos datos faltan por ser completados.

3.2.2.4.- Sub-Módulo de Control de Costos por Ordenes

3.2.2.4.1.- Consideraciones Preliminares.

Este Sub-Módulo sirve para introducir y dar mantenimiento a los Costos relacionados con el cada Orden de Compra . Estos Costos son iguales para todos los productos pues se hallan expresados en función de la cantidad, lo cual hace que se puedan usar las mismas tasas y ratas para todos. El entrar en esta opción hace que de una vez se genere la pantalla que contiene dichos Costos los cuales por se iguales para todos los productos hacen innecesario introducir ningún código que sirva de guia al Sistema.

3.2.2.4.2.- Datos de Entrada y Salida

i.- Hc: Costo de Mantenimiento en Inventario Consolidado.

ii.- a: Nivel de riesgo aceptable para el tiempo de entrega.

iii.- Dm: Demanda promedio por unidad de tiempo.

iv.- Cn: Costo de negociación por unidad de tiem po.

v.- β: Nivel de riesgo aceptable para el tiempo de negociación.

vi.- Cvq: Costo de evaluación de calidad por

unidad.

vii.- Cfq: Costo Fijo de Calidad.

viii.- K: Costo Fijo por cada Orden de Compra.

3.2.2.4.3.- Definición de Pantallas

- Pantalla 4: Esta pantalla contendra todos los datos señalados con anterioridad en forma de tabla.

3.2.2.4.4.- Modo de Operación

Una vez dentro de la opción el usuario escoge el campo que desea editar o introducir y tipea los datos correspondientes. Para desplazarse entre los distintos campos basta moverse mediante las teclas de movimiento del cursor o usando el mouse. El avanzar entre los distintos periodos y el salvar los cambios realizados se hará desde las teclas de función.

3.2.2.4.5.- Consideraciones Finales

De no llenarse todos los elementos de Costo incluidos en este Módulo el Sistema no podrá

accesar el Módulo de Planificación. Para evitar esto el Sistema da una señal de alarma en la pantalla indicando cuantos datos faltan por ser completados.

3.2.3.- Módulo de Planificación de Compras

3.2.3.1.- Consideraciones Preliminares

Este es el Módulo más importante del Sistema, se encargará de efectuar los cálculos correspondientes a la resolución del Modelo. Aquíse aplicarán las técnicas de Programación Dinámica y Programación Lineal Entera Mixta, a los datos introducidos con anterioridad a través de los demás Módulos. El usuario no tendrá contacto con el Modelo en sí unicamente escogerá que proveedores empleará e introducirá las proyecciones de demanda en conjunto con las politicas generales de compras. La salida será el plan de compras detallado que deberá ser entregado a los encargados de realizar las negociaciones pues como se dijo ya con anterioridad el Sistema no emite las Ordenes de Compras automáticamente. Un factor importante de señalar es la posibilidad de llevar un pseudo-control del proceso de compras, chequeando la ocurrencia de las demandas proyectadas y cargando valores

actualizados con nuevas proyecciones.

3.2.3.2.- Datos de Entrada

i.- Número de Proveedores.

ii.-Código de los proveedores a ser evaluados

iii.- Demánda estimada para cada período del horizonte de planificación.

iv.- Código del producto a ser evaluado.

v.- Número Mínimo de proveedores determinado por las políticas generales de compras de la empresa.

vi.- Todas las Variables y Parámetros definidos en los Módulos de Elementos de Costo y de Control de Proveedores.

3.2.3.3.- Datos de Salida

i.- Número de Proveedores Seleccionados.

ii.-Código de los proveedores Seleccionados

iii.- Demánda estimada para cada período del horizonte de planificación.

iv.- Código del producto evaluado.

v.- Número Mínimo de proveedores determinado por las políticas generales de compras de la empresa.

vi.- Tamaño de Pedido a cada proveedor seleccionado.

vii.- Costo resultante para cada proveedor seleccionado aclarando cada elemento global de costo, es decir, Costo Original, Costo de Transporte, Costo de Mantenimiento en Inventarios, Costos de Calidad y Costos por Orden.

viii.- Costo Total del Plan de Compras propuesto.

3.2.3.4.- Definición de Pantallas.

- Pantalla 5: Esta pantalla pedirá al usuario los datos de que definen la totalidad de datos de Entrada. A saber:

i.- Número de Proveedores.

ii.-Código de los proveedores a ser evaluados

iii.- Demánda estimada para cada período del horizonte de planificación.

iv.- Código del producto a ser evaluado.

v.- Número Mínimo de proveedores determinado por las políticas generales de compras de la empresa.

- Pantalla 6: Esta pantalla dará los resultados del Modelo, es decir contendra el Plan de Compras el cual comprende los siguientes datos:

i.- Número de Proveedores Seleccionados.

ii.-Código de los proveedores Seleccionados

iii.- Demánda estimada para cada período del horizonte de planificación.

iv.- Código del producto evaluado.

v.- Número Mínimo de proveedores determinado por las políticas generales de compras de la empresa.

vi.- Tamaño de Pedido a cada proveedor seleccionado.

vii.- Costo resultante para cada proveedor seleccionado aclarando cada elemento global de costo, es decir, Costo Original, Costo de Transporte, Costo de Mantenimiento en Inventarios, Costos de Calidad y Costos por Orden.

viii.- Costo Total del Plan de Compras propuesto.

ix.- Código identificativo del Plan de Compras elaborado.

3.2.3.5.- Modo de Operación

El usuario accesa la Pantalla 5 y contesta las interrogantes propuestas, después de lo cual. El Sistema con los datos introducidos junto con todas las demás variables y parámetros entra en el algoritmo de optimización (ver bibliografía) y da como resultado el Plan de Compras que exhibe mediante la Pantalla 6. Quedando luego almacenado de forma de poderse imprimir posteriormente a través del Módulo de Reportes.

3.2.4.- Módulo de Emisión de Reportes

3.2.4.1.- Consideraciones Preliminares

Este Módulo es el encargado de emitir en pantalla y a través de la impresora los reportes e informes de resultados. Aqui se encontrará la posibilidad de conocer los distintos estados de Costos, de operaciones realizadas, los planes de Compras, relaciones de proveedores, relaciones de productos, etc. A esta opción se le accesa igual que a los demás Módulos, desde el Menú principal. Una vez en la opción el usuario unicamente tiene que escoger entre una serie de opciones de reportes y luego escoger si se imprime o no. Los reportes impresos son exactamente iguales a los mostrados en pantalla.

La descripción que se hará a continuación del Módulo implicará que datos se le deben proporcionar al Sistema para que genere cada reporte. Se separará por ende los datos de entrada y salida de cada reporte y sus correspondientes pantallas.

3.2.4.2.- Definición de Reportes.

Se definieron una serie de reportes que cubrían todas las areas incluidas en el Modelo. Estos reportes son:

i.- Listado de Proveedores: Este reporte muestra todos los proveedores, con su código de acceso, dirección, teléfono, Persona a contactar.

ii.- Listado de Productos: Este reporte muestra todos los productos, con su código de acceso, descripción, horizonte de planificación, y último precio pagado.

iii.- Listado Cruzado de Proveedores-Productos: Este reporte muestra todos los proveedores, con su código de acceso y todos los productos que brinda con su código de acceso, su descripción y precios unitarios.

iv.- Listado Cruzado de Productos-Proveedores: Este listado brinda todos los productos, sus códigos de acceso, descripción y proveedores que los proporcionan, sus códigos de acceso y precios unitarios a los cuales los ofrecen. De existir descuentos por cantidad indican el punto a partir del cual es válido el precio ofertado.

v.- Listado de Costos y Parámetros propios del usuario: Este reporte brinda un litado detallado de todos los Costos y parámetros propios del Usuario, Costos de almacenamiento, de evaluación de calidad de emisión de ordenes, etc. Como también los parámetros financieros, inflación y Tasa Mínima de Rendimiento Aceptable, los niveles de riesgos permisibles, etc.

vi.- Listado de Costos y Parámetros relacionados con un proveedor y uno de los productos que ofrece: Este reporte ofrece un listado detallado tanto de Costos como de variables y parámetros relacionados con un proveedor y uno de los productos que ofrece.

vii.- Reporte General del Plan de Compras: Este reporte brinda un listado de proveedores seleccionados en un Plan de Compras particular, el tamaño de los pedidos a cada uno y los montos a ser pagados directamente a ellos por concepto de Compras.

viii.- Reporte Detallado del Plan de Compras: Este reporte brinda un listado de proveedores seleccionados en un Plan de Compras particular, el tamaño de los pedidos a cada uno y una descripción detallada de todos los Costos vinculados con dicho plan.

3.2.4.3.- Descripción de Reportes.

3.2.4.3.1.- Listado de Proveedores

- Datos de Entrada

Para obtener este listado el usuario unicamente debe seleccionar la opción correspondiente en el Menu previo, despues de lo cual aparecerá en Pantalla el reporte directamente.

- Datos de Salida

Los datos que se mencionan a continuación aparecerán para todos los proveedores por igual.

i.- Número Código del Proveedor.
ii.- Nombre del Proveedor.
iii.- Dirección del Proveedor.
iv.- Teléfono del Proveedor.
v.- Persona a contactar.

3.2.4.3.2.- Listado de Productos

- Datos de Entrada

Para obtener este listado el usuario unicamente debe seleccionar la opción correspondiente en el Menú previo, después de lo cual aparecerá directamente el reporte en pantalla.

- Datos de Salida

Los siguientes datos aparecen para todos los productos por igual

i.- Número Código de los productos.

ii.- Nombre del Producto.

iii.- Descripción del Producto.

iv.- Horizonte de planificación.

v.- Ultimo precio pagado.

3.2.4.3.3.- Listado Cruzado Proveedores-Productos.

- Datos de Entrada

- Número Código del Proveedor.

- Datos de Salida

i.- Número Código del Proveedor.

ii.- Nombre del Proveedor.

iii.- Número Código de los Productos.

iv.- Nombre de los Productos.

v.- Descripción de los Productos.

vi.- Precios unitarios de los productos referidos a cada proveedor.

3.2.4.3.4.- Listado Cruzado Productos-Proveedores.

- Datos de Entrada

-Número Código del Producto.

- Datos de Salida

i.- Número Código del Producto.

ii.- Nombre del Producto.

iii.- Descripción del Producto.

iv.- Número Código de los proveedores.

v.- Nombre de los proveedores.

vi.- Precio Unitario ofertado.

vii.- De existir descuento por cantidad, volumen de compra a partir del cual el precio ofertado es valido.

3.2.4.3.5.- Listado de Costos y Parámetros del Usuario.

- Datos de Entrada

Para obtener este listado el usuario unicamente debe seleccionar la opción correspondiente en el Menú previo, después de lo cual aparecerá directamente el reporte en pantalla.

- Datos de Salida

i.-If_t: Tasa de Inflación promedio del período t.

ii.-$I_{T.M.A.R}$: Tasa minima atractiva de rendimiento.

iii.- MO: Costos de Mano de Obra por manejo de inventarios por periodo y por unidad de espacio.

iv.- MM: Costos de Equipos y Medios de Manipulación de inventarios por periodos y por unidad de espacio.

v.- Ca: Costo unitario por ah'rea de almacenamiento de un periodo.,

vi.- Cse: Costo unitario de servicios por ah'rea ocupada de un periodo.

vii.- Csi: Costo unitario de seguros por ah'rea ocupada de un periodo.

viii.- E: Nivel de riesgo aceptable para el tiempo de almacenaje en puerto

ix.- Hc: Costo de Mantenimiento en Inventario Consolidado.

x.- a: Nivel de riesgo aceptable para el tiempo de entrega.

xi.- Cn: Costo de negociación por unidad de tiempo.

xii.- B: Nivel de riesgo aceptable para el tiempo de negociación.

xiii.- Cvq: Costo de evaluación de calidad por unidad.

xiv.- Cfq: Costo Fijo de Calidad.

xv.- K: Costo Fijo por cada Orden de Compra.

3.2.4.3.6.- Listado de Costos y Parámetros de un Proveedor y un producto dado.

- Datos de Entrada

i.- Número Código del Proveedor

ii.- Número Codigo del Producto.

- Datos de Salida

i.- Número Código del Proveedor.

ii.- Nombre del Proveedor.

iii.- Número Código de los Productos.

iv.- Nombre de los Productos.

v.- Descripción de los Productos.

vi.- C_t: Costo de Venta del Proveedor en el periodo t.

vii.- $fp_{t,t1}$: Fracción a pagar al proveedor en el periodo t, en el periodo de pago t1.

viii.- Np_t: Número de períodos de pago del proveedor en el período t.

ix.- Ic_t: Tasa de interés cobrada por el proveedor en el por su venta a crédito del período t.

x.- Cz: Ultimo Costo unitario de compra pagado (criterio LIFO)

xi.- A: Area unitaria ocupada por producto o Materia Prima.

xii.- Ari: Costo de aranceles, derechos, aduanas e

impuestos, expresado en función de un porcentaje sobre el valor total de la importación o compra.

xiii.- Cf_t: Costo unitario de Flete o transporte de un periodo dado. Expresado mediante una tasa relacionada al total comprado.

xiv.- Cv_t: Costo Fijo de Transporte del proveedor en el periodo t.

xv.- t2: Tiempo de Almacenamiento en Puerto.

xvi.- rt2: Desviación Estandard del tiempo de almacenamiento en puerto del pedido del proveedor .

xvii.- Qp: Nivel de Calidad Aceptable del proveedor. Porcentaje de defectuosos.

xviii.- t3: Tiempo de entrega del proveedor.

xix.- rt3: Desviación Estandard del tiempo de entrega del proveedor.

xx.- Dm: Demanda promedio por unidad de tiempo.

xxi.- t4: Tiempo de negociación del proveedor.

xxii.- rt4: Desviación Estandard del tiempo de negociación del proveedor.

xxiii.- fq: Fracción del pedido a ser analizada por Control de Calidad.

xxiv.- Ed: Espacio de almacén disponible para el producto en cuestión.

xxv.- D_t : Demanda del producto en el periodo t.

3.2.4.3.7.- Reporte General del Plan de Compras.

- Datos de Entrada

- Número Código del Plan de Compras a ser reportado.

- Datos de Salida

i.- Número de Proveedores Seleccionados.

ii.-Código de los proveedores Seleccionados

iii.- Demánda estimada para cada período del horizonte de planificación.

iv.- Código del producto evaluado.

v.- Número Mínimo de proveedores determinado por las políticas generales de compras de la empresa.

vi.- Tamaño de Pedido a cada proveedor seleccionado.

vii.- Costo a ser cancelado directamente por el pedido, esto es la suma del Costo Original más el Costo de Transporte.

viii.- Costo Total del Plan de Compras propuesto.

ix.- Código identificativo del Plan de Compras elaborado.

3.2.4.3.8.- Reporte Detallado del Plan de Compras

- Datos de Entrada

- Número Código del Plan de Compras a ser repor-

tado.

- Datos de Salida

i.- Número de Proveedores Seleccionados.

ii.-Código de los proveedores Seleccionados

iii.- Demánda estimada para cada período del horizonte de planificación.

iv.- Código del producto evaluado.

v.- Número Mínimo de proveedores determinado por las politicas generales de compras de la empresa.

vi.- Tamaño de Pedido a cada proveedor seleccionado.

vii.- Costo resultante para cada proveedor seleccionado aclarando cada elemento global de costo, es decir, Costo Original, Costo de Transporte, Costo de Mantenimiento en Inventarios, Costos de Calidad y Costos por Orden.

viii.- Costo Total del Plan de Compras propuesto.

ix.- Código identificativo del Plan de Compras elaborado.

3.2.5.- Módulo de Soporte Estadístico

3.2.5.1.- Consideraciones Preliminares

Este Módulo proporcionará al usuario la posibilidad de obtener del Sistema el valor k necesario para los cálculos de Costos relacionados con Riesgos. Este

Módulo interactua directamente con el Módulo de Planificación brindando directamente el valor de las constantes antes mencionadas que necesita el Sistema para evaluar Costos. Eventualmente el Sistema tendrá implantadas tres posibilidades:

i.- Distribución Normal.

ii.- Distribución Poisson.

iii.- Desigualdad de Tchevyshev.

Esto se debe a que las dos primeras son las distribuciones de probabilidades más comunes a nivel de industrias (17) y la desigualdad de Tchevyshev (18) puede servir como paliativo cuando se desconoce la distribución de probabilidades del caso que se esté estudiando o en el caso que esta no se corresponda con ninguna de las distribuciones implantadas.

3.2.5.2.- Datos de Entrada

- Distribución de Probabilidades de las variables de tiempo.

3.2.5.3.- Datos de Salida

- Constantes $_k$ multiplicativas de r para los niveles de riesgo.

3.2.5.4.- Definición de Pantallas

- Pantalla 6: Esta pantalla contendrá del lado derecho las tres variables de tiempo a ser consideradas y del lado derecho contendra una guía de las distribuciones de probabilidades disponibles en el Sistema, de modo de poder hacer corresponder a cada variable de tiempo una distribución.

3.2.5.5.- Modo de Operación.

El usuario accesa la opción del Módulo desde el Menú principal. Mediante la Pantalla 6 selecciona y hace corresponder a cada variable de tiempo una distribución de probabilidades, el Sistema mediante los parámetros de riesgo ya introducidos desde los otros Módulos y una vez definida la distribución de probabilidades a se empleada va a las tablas (Anexo) y genera el valor k deseado para cada variable. En el caso de escogerse la desigualdad de Tchevyshev el Sistema calcula directamente k a partir de la relación $P(|X-u|) < 1/k^2$ y una vez obtenido dicho valor el Sistema lo almacena para usarlo directamente en los

cálculos correspondientes, pero antes exhibe en la Pantalla 6. Las funciones de edición, salvar, etc, se realizarán desde las teclas de función. También existe la posibilidad de que el usuario introduzca directamente dicho valor.

3.2.5.6.- Consideraciones Finales

Este Módulo presenta la limitación de brindar unicamente tres opciones en cuanto a distribuciones de probabilidades, sin embargo, según se presenten las necesidades se iran implantando en el Sistema las distribuciones que requieran los usuarios, por de pronto se brinda la opción de introducir manualmente el valor de la constante necesaria de forma de que el usuario tenga la opción de calcular por cualquier otro medio el parámetro deseado.

4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El Modelo de Optimización de la Evalución de Compras de Materias Primas propuesto ofrece la posibilidad de evaluar objetivamente las distintas alternativas de compras que se presentan a una empresa dando una medida económicamente cuantificada de los Costos más significativos relacionados con el proceso de compras, incluyendo como elementos de Costo características que usualmente se tomaban en cuenta pero de una manera empírica.

- El Modelo brinda la oportunidad de realizar conjuntamente las funciónes de evaluación y planificación que usualmente se hacian totalmente por separado.

- El Modelo combina efectivamente diversas técnicas de Programación Matemática en la busqueda de la solución óptima. Usualmente estas técnicas se usan separadamente para dar una solución a través de un solo Procedimiento.

- El Sistema sirve como herramienta de cálculo en la resolución de dicho Modelo.

- El Modelo propuesto subsana el problema de las frecuentes quejas respecto a las desiciones a veces sin fundamento tomadas por los encargados de compras brindando un medio de control sobre la actividad de dicho personal.

- Se recomienda aumentar el rango de distribuciones de probabilidades disponibles.

- Se recomienda el implantar en el Sistema algún tipo de mecanismo con respecto a la estimación de variables que le permita chequear la validez de los datos introducidos por el usuario que son determinantes en la validez de los resultados. Para ello sería necesario estudiar la implantación de un Sistema Experto.

BIBLIOGRAFIA

1.- Ana Teresa Ball de Machado, Denise Dager Gonzalez; **desarrollo de un Modelo Financiero para Empresas Manufactureras;** Tesis de Grado Universidad Metropolitana.

2.- Touche Ross & Co:**Managing the Systems Development Process ;**

3.- Ralph. Pike, Latauro Guerra ; **Optimización en Ingeniería ;** Ediciones Alfaomega; Mexico; 1989

4.- Juan Prawda ; **Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones ;**Tomo 2; Editorial Limusa; Mexico ; 1988

5.- F. Hillier, Gerald. Lieberman ; **Introducción a la Investigación de Operaciones** ; McGraw-Hill; Mexico ; 1980

6.- Hamdy Taha ; **Investigación de Operaciones: Una Introducción** ; Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A ; Mexico ; 1976

7.- Richard Schonberger ; **Manufactura de Categoría Mundial ;** Editorial Norma ; Bogota ; 1989

8.- Eugene l. Grant, Richard Leavenworth ; **Control Estadístico de Calidad** ; C.E.C.S.A ; Mexico ; 1981

9.- Ralph Barra ; **Círculos de Calidad en Operación** ; McGraw-Hill ; Mexico ; 1983

10.- **Calidad y Productividad 89**; Material de Apoyo de las Jornadas "Calidad y Productividad 89" ; Caracas ; 1989

11.- Eugene l. Grant, W. Grant Ireson, Richard Leavenworth ; **Principios de Ingeniería Económica** ; C.E.C.S.A. ; Mexico ; 1976

12.- H.G. Thuesen, W.J. Fabrycky, G.J. Thuesen ; **Ingeniería Económica** ; Prentice Hall ; Mexico ; 1977

13.- Francois Kolb ; **La Logística : Aprovisionamiento, Producción, Distribución** ; Ediciones Deusto ; Bilbao

14.- Antonio Vives ; **Evaluación Financiera de Empresas** ; Editorial Trillas ; Mexico ; 1984

15.- Arturo Lisdero, Luis Outeiral ; **Contabilidad e Inflación: El Ajuste Integral. Los Revalúos Legales, Contables e Impositivos** ; Ediciones Macchi ; Buenos Aires ; 1973

16.- Luis Alejandro Gomez, Jose Manuel Suarez; **Diseño y Desarrollo de un Sistema de Contabilidad Computarizado para Empresas**

Manufactureras que contemple ajuste de estados financieros por exposición a Inflación ; Universidad Metropolitana ; Tesis ; 1985

17.- Didney Davidson, Clyde P. Stickney, Román L. Weil ; **Contabilidad para la Inflación: Guía para el Contador y el Analísta Financiero** ; Editorial Continental ; Mexico ; 1982

18.- **Manual de Práctica Moderna de Compras** ; Modern Business Reports ; Alexander Hamilton Institute, Inc ; U.S.A ; 1977

19.- Somerby R. Dowst ; **Guía Práctica para Compradores** ; Editorial Diana ; Mexico ; 1981

20.- Elwood Buffa, William Taubert ; **Sistemas de Producción e Inventario, Planeación y Control** ; Editorial Limusa ; Mexico ; 1984

21.- **Recent Mathematical Methods in Dynamic Programmming, Proceedings of the Conference held in Rome, Italy, March 26-28, 1984** ; Edited by I. Capuzzo, W. Fleming and T. Zolezzi ; Springer-Verlag ; Hidelberg ; 1985

22.- Charlotte Striebel ; **Optimal Control of Discrete Time Stochastic Systems** ; Sringer-Verlag ; Hidelberg ; 1975

23.- Rafael Lopez Casuso ; **Introducción al Cálculo de Probabilidades e Inferencia Estadística** ; Caracas ; 1984

24.- **Top Management Handbook** ; Edited by H.B. Maynard ; McGraw-Hill ; U.S.A ; 1960

25.- Athanasios Papoulis ; **Probability, Random Variables and Stochastic Processes** ; McGraw-Hill ; Tokyo ; 1981

26.- **Dirección de Plantas Industriales : Guía Práctica de la Administración Técnica** ; Editada por Edward h. Hempel ; Fondo de Cultura Económica ; Mexico ; 1963

ANEXOS

λ \ x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.02	0.980	1.000								
0.04	0.961	0.999	1.000							
0.06	0.942	0.998	1.000							
0.08	0.923	0.997	1.000							
0.10	0.905	0.995	1.000							
0.15	0.861	0.990	0.999	1.000						
0.20	0.819	0.982	0.999	1.000						
0.25	0.779	0.974	0.998	1.000						
0.30	0.741	0.963	0.996	1.000						
0.35	0.705	0.951	0.994	1.000						
0.40	0.670	0.938	0.992	0.999	1.000					
0.45	0.638	0.925	0.989	0.999	1.000					
0.50	0.607	0.910	0.986	0.998	1.000					
0.55	0.577	0.894	0.982	0.998	1.000					
0.60	0.549	0.878	0.977	0.997	1.000					
0.65	0.522	0.861	0.972	0.996	0.999	1.000				
0.70	0.497	0.844	0.966	0.994	0.999	1.000				
0.75	0.472	0.827	0.959	0.993	0.999	1.000				
0.80	0.449	0.809	0.953	0.991	0.999	1.000				
0.85	0.427	0.791	0.945	0.989	0.998	1.000				
0.90	0.407	0.772	0.937	0.987	0.998	1.000				
0.95	0.387	0.754	0.929	0.984	0.997	1.000				
1.00	0.368	0.736	0.920	0.981	0.996	0.999	1.000			
1.1	0.333	0.699	0.900	0.974	0.995	0.999	1.000			
1.2	0.301	0.663	0.879	0.966	0.992	0.998	1.000			
1.3	0.273	0.627	0.857	0.957	0.989	0.998	1.000			
1.4	0.247	0.592	0.833	0.946	0.986	0.997	0.999	1.000		
1.5	0.223	0.558	0.809	0.934	0.981	0.996	0.999	1.000		
1.6	0.202	0.525	0.783	0.921	0.976	0.994	0.999	1.000		
1.7	0.183	0.493	0.757	0.907	0.970	0.992	0.998	1.000		
1.8	0.165	0.463	0.731	0.891	0.964	0.990	0.997	0.999	1.000	
1.9	0.150	0.434	0.704	0.875	0.956	0.987	0.997	0.999	1.000	
2.0	0.135	0.406	0.677	0.857	0.947	0.983	0.995	0.999	1.000	

$$F(x;\lambda) = \sum_{k=0}^{x} e^{-\lambda} \frac{\lambda^k}{k!}$$

Tabla E.3 Distribución de Poisson

λ \ x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.2	0.111	0.355	0.623	0.819	0.928	0.975	0.993	0.998	1.000	
2.4	0.091	0.308	0.570	0.779	0.904	0.964	0.988	0.997	0.999	1.000
2.6	0.074	0.267	0.518	0.736	0.877	0.951	0.983	0.995	0.999	1.000
2.8	0.061	0.231	0.469	0.692	0.848	0.935	0.976	0.992	0.998	0.999
3.0	0.050	0.199	0.423	0.647	0.815	0.916	0.966	0.988	0.996	0.999
3.2	0.041	0.171	0.380	0.603	0.781	0.895	0.955	0.983	0.994	0.998
3.4	0.033	0.147	0.340	0.558	0.744	0.871	0.942	0.977	0.992	0.997
3.6	0.027	0.126	0.303	0.515	0.706	0.844	0.927	0.969	0.988	0.996
3.8	0.022	0.107	0.269	0.473	0.668	0.816	0.909	0.960	0.984	0.994
4.0	0.018	0.092	0.238	0.433	0.629	0.785	0.889	0.949	0.979	0.992
4.2	0.015	0.078	0.210	0.395	0.590	0.753	0.867	0.936	0.972	0.989
4.4	0.012	0.066	0.185	0.359	0.551	0.720	0.844	0.921	0.964	0.985
4.6	0.010	0.056	0.163	0.326	0.513	0.686	0.818	0.905	0.955	0.980
4.8	0.008	0.048	0.143	0.294	0.476	0.651	0.791	0.887	0.944	0.975
5.0	0.007	0.040	0.125	0.265	0.440	0.616	0.762	0.867	0.932	0.968
5.2	0.006	0.034	0.109	0.238	0.406	0.581	0.732	0.845	0.918	0.960
5.4	0.005	0.029	0.095	0.213	0.373	0.546	0.702	0.822	0.903	0.951
5.6	0.004	0.024	0.082	0.191	0.342	0.512	0.670	0.797	0.886	0.941
5.8	0.003	0.021	0.072	0.170	0.313	0.478	0.638	0.771	0.867	0.929
6.0	0.002	0.017	0.062	0.151	0.285	0.446	0.606	0.744	0.847	0.916

	10	11	12	13	14	15	16
2.8	1.000						
3.0	1.000						
3.2	1.000						
3.4	0.999	1.000					
3.6	0.999	1.000					
3.8	0.998	0.999	1.000				
4.0	0.997	0.999	1.000				
4.2	0.996	0.999	1.000				
4.4	0.994	0.998	0.999	1.000			
4.6	0.992	0.997	0.999	1.000			
4.8	0.990	0.996	0.999	1.000			
5.0	0.986	0.995	0.998	0.999	1.000		
5.2	0.982	0.993	0.997	0.999	1.000		
5.4	0.977	0.990	0.996	0.999	1.000		
5.6	0.972	0.988	0.995	0.998	0.999	1.000	
5.8	0.965	0.984	0.993	0.997	0.999	1.000	
6.0	0.957	0.980	0.991	0.996	0.999	0.999	1.000

Tabla E.3 Distribución de Poisson (continuación)

λ \ x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6.2	0.002	0.015	0.054	0.134	0.259	0.414	0.574	0.716	0.826	0.902
6.4	0.002	0.012	0.046	0.119	0.235	0.384	0.542	0.687	0.803	0.886
6.6	0.001	0.010	0.040	0.105	0.213	0.355	0.511	0.658	0.780	0.869
6.8	0.001	0.009	0.034	0.093	0.192	0.327	0.480	0.628	0.755	0.850
7.0	0.001	0.007	0.030	0.082	0.173	0.301	0.450	0.599	0.729	0.830
7.2	0.001	0.006	0.025	0.072	0.156	0.276	0.420	0.569	0.703	0.810
7.4	0.001	0.005	0.022	0.063	0.140	0.253	0.392	0.539	0.676	0.788
7.6	0.001	0.004	0.019	0.055	0.125	0.231	0.365	0.510	0.648	0.765
7.8	0.000	0.004	0.016	0.048	0.112	0.210	0.338	0.481	0.620	0.741
8.0	0.000	0.003	0.014	0.042	0.100	0.191	0.313	0.453	0.593	0.717
8.5	0.000	0.002	0.009	0.030	0.074	0.150	0.256	0.386	0.523	0.653
9.0	0.000	0.001	0.006	0.021	0.055	0.116	0.207	0.324	0.456	0.587
9.5	0.000	0.001	0.004	0.015	0.040	0.089	0.165	0.269	0.392	0.522
10.0	0.000	0.000	0.003	0.010	0.029	0.067	0.130	0.220	0.333	0.458

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
6.2	0.949	0.975	0.989	0.995	0.998	0.999	1.000			
6.4	0.939	0.969	0.986	0.994	0.997	0.999	1.000			
6.6	0.927	0.963	0.982	0.992	0.997	0.999	0.999	1.000		
6.8	0.915	0.955	0.978	0.990	0.996	0.998	0.999	1.000		
7.0	0.901	0.947	0.973	0.987	0.994	0.998	0.999	1.000		
7.2	0.887	0.937	0.967	0.984	0.993	0.997	0.999	0.999	1.000	
7.4	0.871	0.926	0.961	0.980	0.991	0.996	0.998	0.999	1.000	
7.6	0.854	0.915	0.954	0.976	0.989	0.995	0.998	0.999	1.000	
7.8	0.835	0.902	0.945	0.971	0.986	0.993	0.997	0.999	1.000	
8.0	0.816	0.888	0.936	0.966	0.983	0.992	0.996	0.998	0.999	1.000
8.5	0.763	0.849	0.909	0.949	0.973	0.986	0.993	0.997	0.999	0.999
9.0	0.706	0.803	0.876	0.926	0.959	0.978	0.989	0.995	0.998	0.999
9.5	0.645	0.752	0.836	0.898	0.940	0.967	0.982	0.991	0.996	0.998
10.0	0.583	0.697	0.792	0.864	0.917	0.951	0.973	0.986	0.993	0.997

	20	21	22
8.5	1.000		
9.0	1.000		
9.5	0.999	1.000	
10.0	0.998	0.999	1.000

Tabla E.3 Distribución de Poisson (continuación)

λ \ x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10.5	0.000	0.000	0.002	0.007	0.021	0.050	0.102	0.179	0.279	0.397
11.0	0.000	0.000	0.001	0.005	0.015	0.038	0.079	0.143	0.232	0.341
11.5	0.000	0.000	0.001	0.003	0.011	0.028	0.060	0.114	0.191	0.289
12.0	0.000	0.000	0.001	0.002	0.008	0.020	0.046	0.090	0.155	0.242
12.5	0.000	0.000	0.000	0.002	0.005	0.015	0.035	0.070	0.125	0.201
13.0	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.011	0.026	0.054	0.100	0.166
13.5	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.008	0.019	0.041	0.079	0.135
14.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.006	0.014	0.032	0.062	0.109
14.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.010	0.024	0.048	0.088
15.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.008	0.018	0.037	0.070

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
10.5	0.521	0.639	0.742	0.825	0.888	0.932	0.960	0.978	0.988	0.994
11.0	0.460	0.579	0.689	0.781	0.854	0.907	0.944	0.968	0.982	0.991
11.5	0.402	0.520	0.633	0.733	0.815	0.878	0.924	0.954	0.974	0.986
12.0	0.347	0.462	0.576	0.682	0.772	0.844	0.899	0.937	0.963	0.979
12.5	0.297	0.406	0.519	0.628	0.725	0.806	0.869	0.916	0.948	0.969
13.0	0.252	0.353	0.463	0.573	0.675	0.764	0.835	0.890	0.930	0.957
13.5	0.211	0.304	0.409	0.518	0.623	0.718	0.798	0.861	0.908	0.942
14.0	0.176	0.260	0.358	0.464	0.570	0.669	0.756	0.827	0.883	0.923
14.5	0.145	0.220	0.311	0.413	0.518	0.619	0.711	0.790	0.853	0.901
15.0	0.118	0.185	0.268	0.363	0.466	0.568	0.664	0.749	0.819	0.875

	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
10.5	0.997	0.999	0.999	1.000						
11.0	0.995	0.998	0.999	1.000						
11.5	0.992	0.996	0.998	0.999	1.000					
12.0	0.988	0.994	0.997	0.999	0.999	1.000				
12.5	0.983	0.991	0.995	0.998	0.999	0.999	1.000			
13.0	0.975	0.986	0.992	0.996	0.998	0.999	1.000			
13.5	0.965	0.980	0.989	0.994	0.997	0.998	0.999	1.000		
14.0	0.952	0.971	0.983	0.991	0.995	0.997	0.999	0.999	1.000	
14.5	0.936	0.960	0.976	0.986	0.992	0.996	0.998	0.999	0.999	1.000
15.0	0.917	0.947	0.967	0.981	0.989	0.994	0.997	0.998	0.999	1.000

Tabla E.3 Distribución de Poisson (continuación)

λ \ x	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
16	0.000	0.001	0.004	0.010	0.022	0.043	0.077	0.127	0.193	0.275
17	0.000	0.001	0.002	0.005	0.013	0.026	0.049	0.085	0.135	0.201
18	0.000	0.000	0.001	0.003	0.007	0.015	0.030	0.055	0.092	0.143
19	0.000	0.000	0.001	0.002	0.004	0.009	0.018	0.035	0.061	0.098
20	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.005	0.011	0.021	0.039	0.066
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.006	0.013	0.025	0.043
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.004	0.008	0.015	0.028
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.004	0.009	0.017
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.005	0.011
25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.003	0.006

	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
16	0.368	0.467	0.566	0.659	0.742	0.812	0.868	0.911	0.942	0.963
17	0.281	0.371	0.468	0.564	0.655	0.736	0.805	0.861	0.905	0.937
18	0.208	0.287	0.375	0.469	0.562	0.651	0.731	0.799	0.855	0.899
19	0.150	0.215	0.292	0.378	0.469	0.561	0.647	0.725	0.793	0.849
20	0.105	0.157	0.221	0.297	0.381	0.470	0.559	0.644	0.721	0.787
21	0.072	0.111	0.163	0.227	0.302	0.384	0.471	0.558	0.640	0.716
22	0.048	0.077	0.117	0.169	0.232	0.306	0.387	0.472	0.556	0.637
23	0.031	0.052	0.082	0.123	0.175	0.238	0.310	0.389	0.472	0.555
24	0.020	0.034	0.056	0.087	0.128	0.180	0.243	0.314	0.392	0.473
25	0.012	0.022	0.038	0.060	0.092	0.134	0.185	0.247	0.318	0.394

	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
16	0.978	0.987	0.993	0.996	0.998	0.999	0.999	1.000		
17	0.959	0.975	0.985	0.991	0.995	0.997	0.999	0.999	1.000	
18	0.932	0.955	0.972	0.983	0.990	0.994	0.997	0.998	0.999	1.000
19	0.893	0.927	0.951	0.969	0.980	0.988	0.993	0.996	0.998	0.999
20	0.843	0.888	0.922	0.948	0.966	0.978	0.987	0.992	0.995	0.997
21	0.782	0.838	0.883	0.917	0.944	0.963	0.976	0.985	0.991	0.994
22	0.712	0.777	0.832	0.877	0.913	0.940	0.959	0.973	0.983	0.989
23	0.635	0.708	0.772	0.827	0.873	0.908	0.936	0.956	0.971	0.981
24	0.554	0.632	0.704	0.768	0.823	0.868	0.904	0.932	0.953	0.969
25	0.473	0.553	0.629	0.700	0.763	0.818	0.863	0.900	0.929	0.950

	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
19	0.999	1.000								
20	0.999	0.999	1.000							
21	0.997	0.998	0.999	0.999	1.000					
22	0.994	0.996	0.998	0.999	0.999	1.000				
23	0.988	0.993	0.996	0.997	0.999	0.999	1.000			
24	0.979	0.987	0.992	0.995	0.997	0.998	0.999	0.999	1.000	
25	0.966	0.978	0.985	0.991	0.994	0.997	0.998	0.999	0.999	1.000

Tabla E.3 Distribución de Poisson (continuación)

Publicada con permiso de Bell Telephone Laboratories, de su libro *Poisson's Exponential Binomial Limit* de E. C. Molina, 1947.

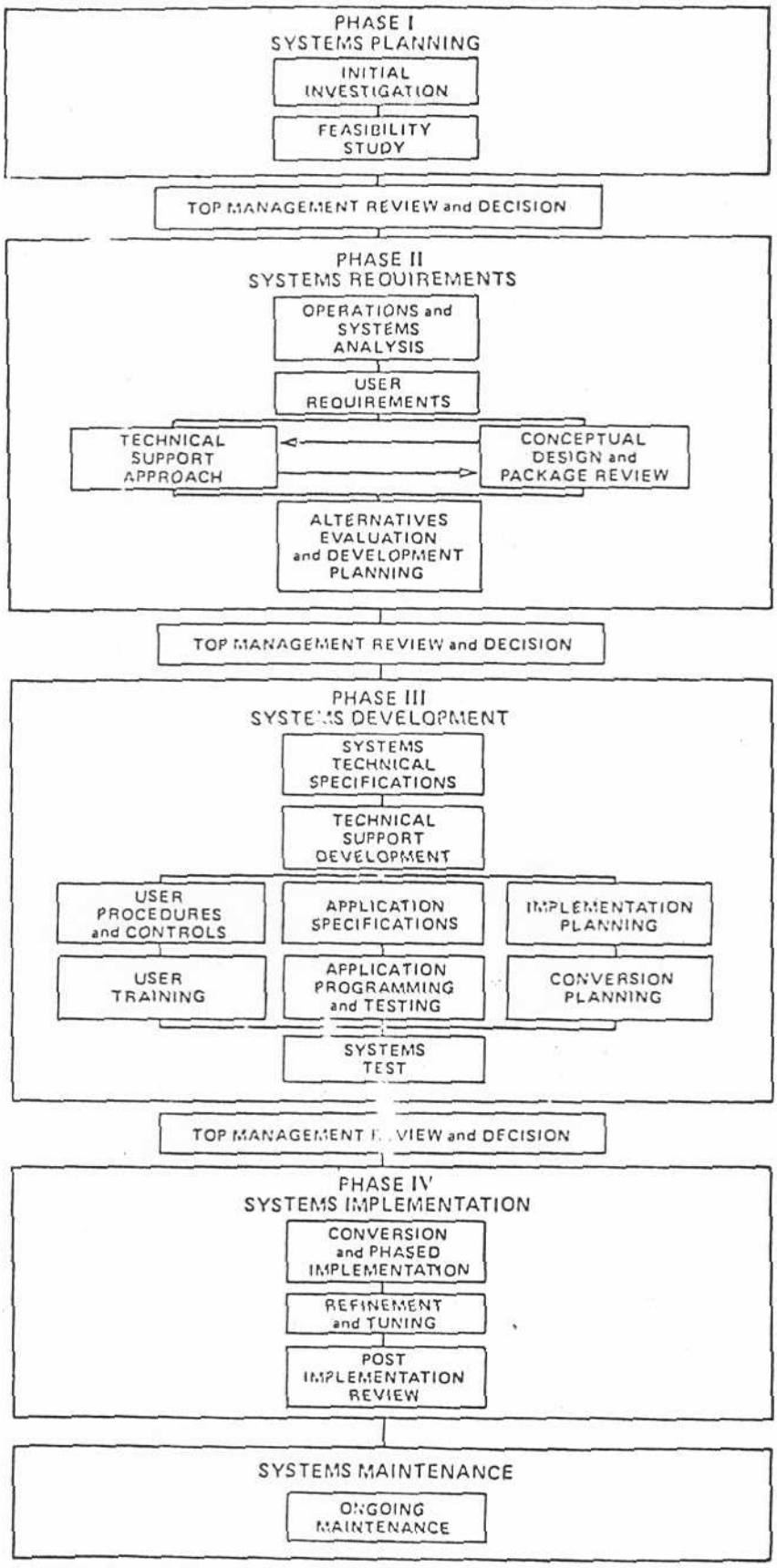
	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z} e^{-\frac{1}{2}t^2} \, dt$$

Tabla E.4 Distribución normal

Publicada con permiso de Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, Nueva Jersey, de un libro *Probability and Statistic for Engineers*, de J. Miller y J. E. Freund, 1965.

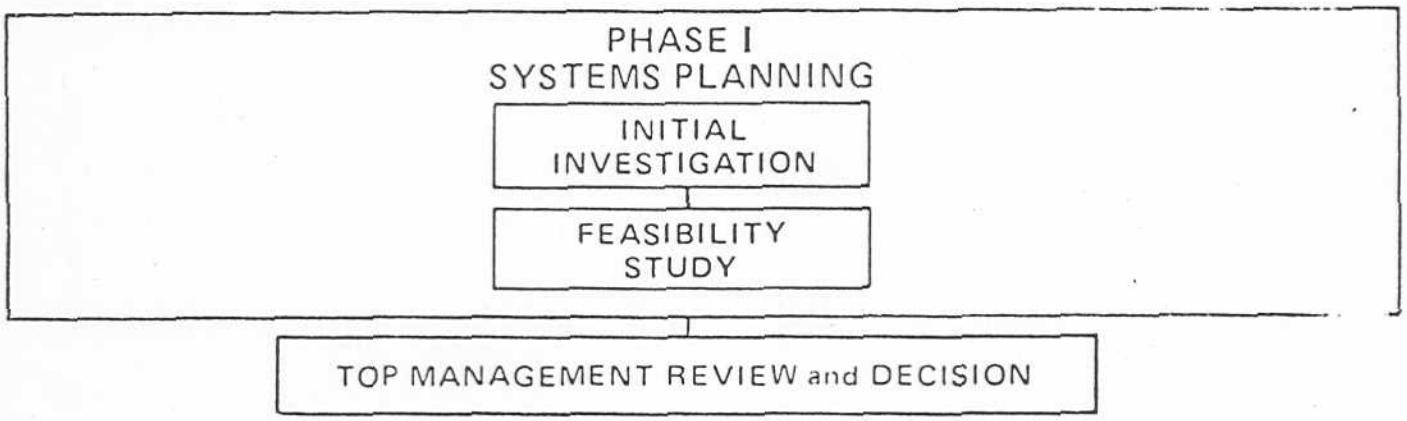
THE SYSTEMS DEVELOPMENT PROCESS



△ TOUCHE ROSS & CO.

© Touche Ross & Co., 1980
All Rights Reserved

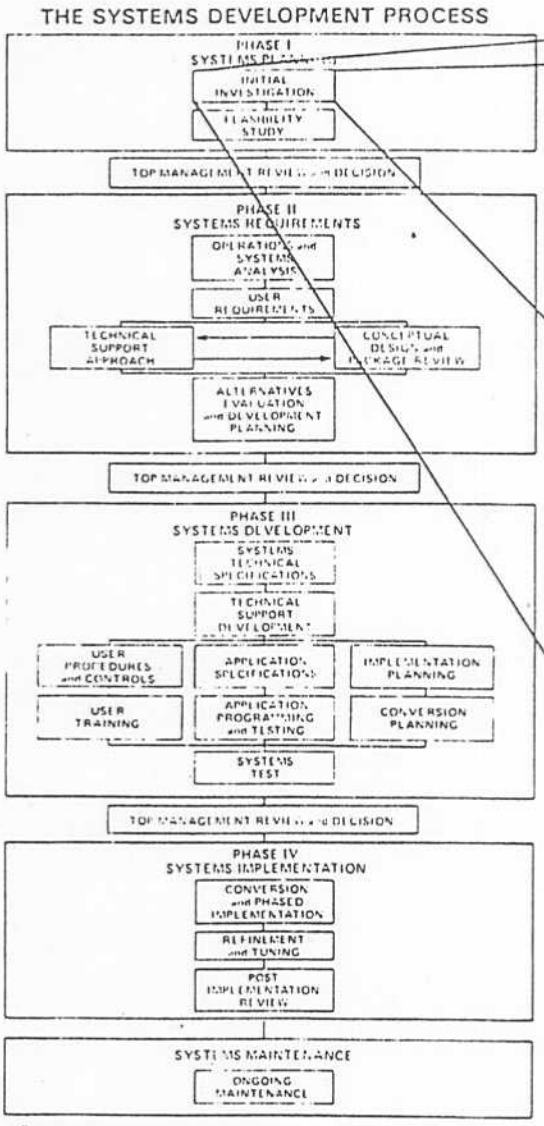
THE SYSTEMS DEVELOPMENT PROCESS



TOUCHE ROSS & CO.

© Touche Ross & Co., 1980
All Rights Reserved

Phase 1 - Systems Planning
Step 1 - Initial Investigation



PHASE I – SYSTEMS PLANNING

STEP 1 – INITIAL INVESTIGATION

OVERVIEW

STANDARD ACTIVITIES

A. PREPARE REQUEST

B. PERFORM FACT FINDING

1. Conduct Interviews
2. Gather and Analyze Data

C. EVALUATE NEED FOR A FEASIBILITY STUDY AND SUMMARIZE RESPONSE

D. PREPARE FEASIBILITY STUDY WORK PLAN

E. REVIEW RESULTS

KEY CONSIDERATIONS

A. RELATIONSHIP TO CORPORATE PLANS

B. DO NOT BEGIN FEASIBILITY STUDIES ON EVERY PROJECT

C. SYSTEMS DECISION ARE CAPITAL BUDGETING DECISIONS

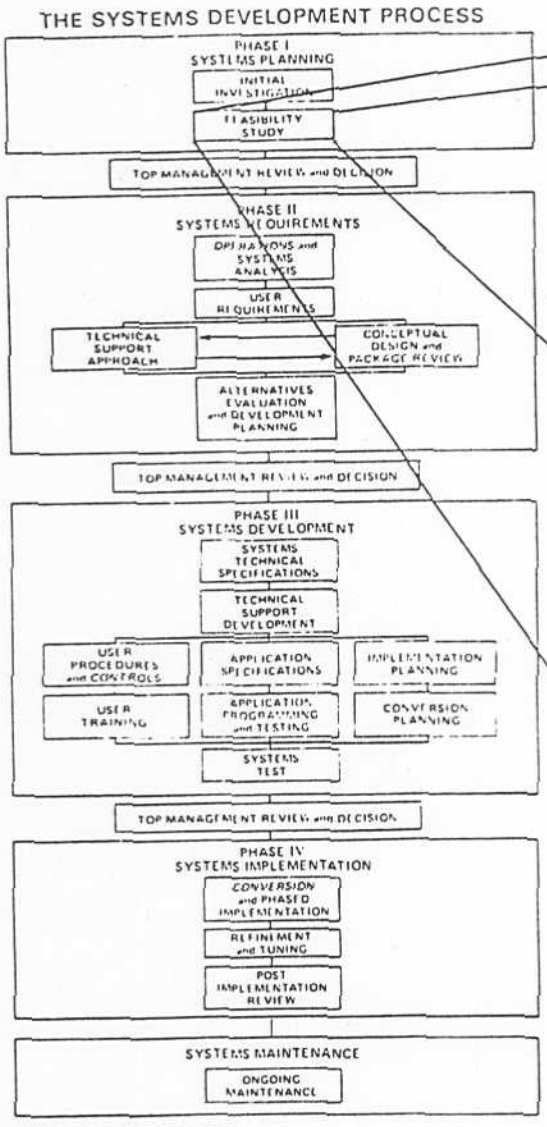
D. INVOLVEMENT OF MULTIPLE USERS

E. RELATIONSHIP BETWEEN STEERING COMMITTEE AND SYSTEMS ORGANIZATION

F. INITIAL INVESTIGATION PROJECT FILE

Copyright Touche Ross & Co., 1980

Phase 1 - Systems Planning
Step 2 - Feasibility Study



PHASE I – SYSTEMS PLANNING

STEP 2 – FEASIBILITY STUDY

OVERVIEW

STANDARD ACTIVITIES

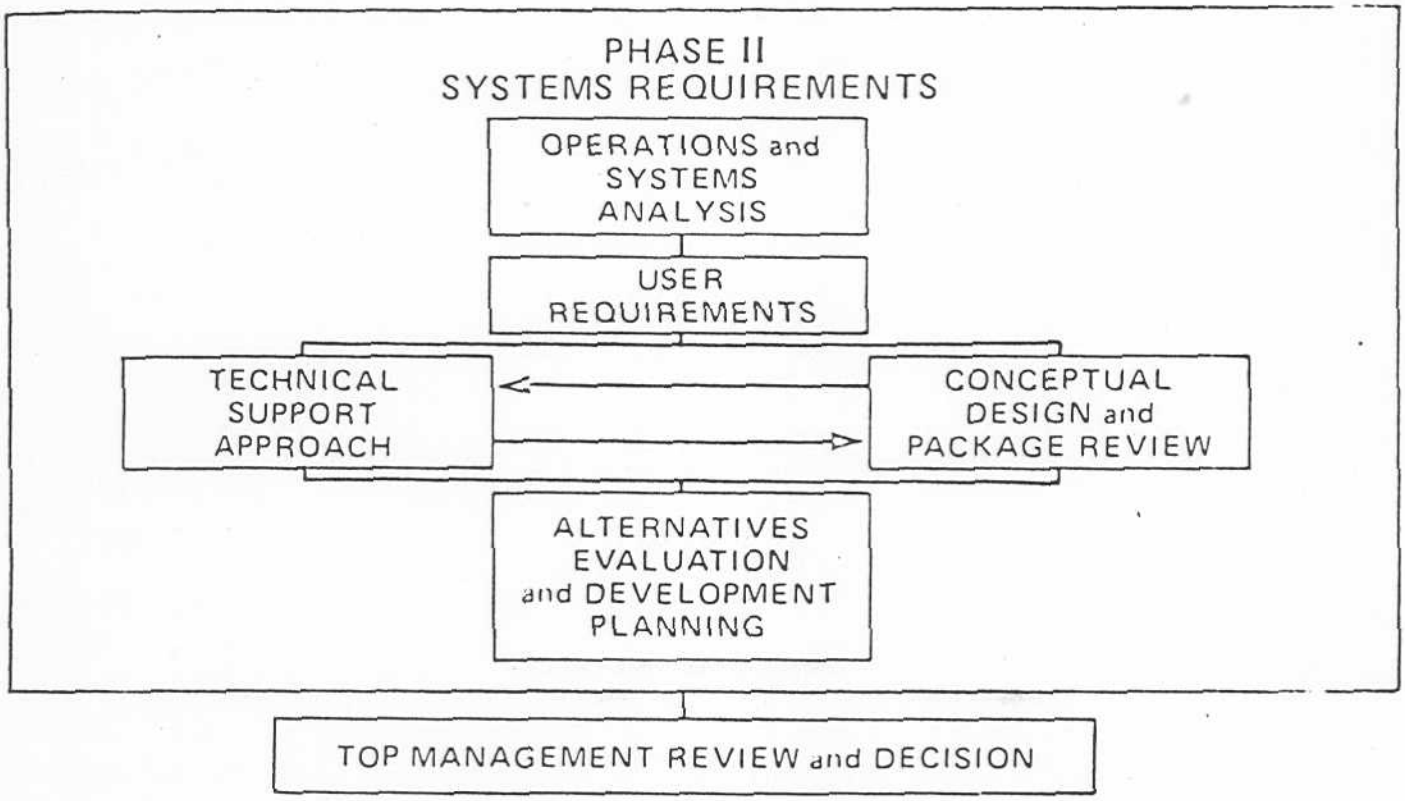
A. REVIEW INITIAL INVESTIGATION HISTORY FILE
B. REVISE FEASIBILITY STUDY WORK PLAN
C. REVIEW PRESENT SYSTEM
   1. Perform fact finding
   2. Document organizational relationships
   3. Summarize major functions and staffing
   4. Collect major outputs, inputs, and volumes
   5. Develop problem statements
   6. Collect costs of present operations
   7. Review present system findings
D. DETERMINE PRELIMINARY USER REQUIREMENTS
   1. Identify minimum objectives
   2. List output requirements
   3. Develop new systems conceptual approaches
   4. List inputs, sources, and volumes
   5. Outline changes in functions
   6. Summarize organizational implications
   7. Summarize environmental implications
E. IDENTIFY TECHNICAL SUPPORT NEEDS
   1. Document data management approach
   2. Describe hardware/software environmental characteristics
   3. Estimate communications requirements
F. IDENTIFY APPLICATION PACKAGE AVAILABILITY
G. DEVELOP PROJECT PLANS
H. PREPARE ECONOMIC EVALUATION
I. PREPARE AND PRESENT FEASIBILITY STUDY REPORT

KEY CONSIDERATIONS

A. NEED FOR FORMAL DECISIONS AND COMMITMENTS
B. PROJECT PRIORITY
C. USER RESPONSIBILITIES IN STEERING COMMITTEE PRESENTATIONS
D. DEFINING AND PLANNING SUB-PROJECTS
E. IDENTIFYING THE USER
F. THE DANGER OF OVER AUTOMATION
G. THE TECHNICAL ADVENTURE
H. DOCUMENTATION FOR THE SAKE OF DOCUMENTATION

Copyright Touche Ross & Co., 1980

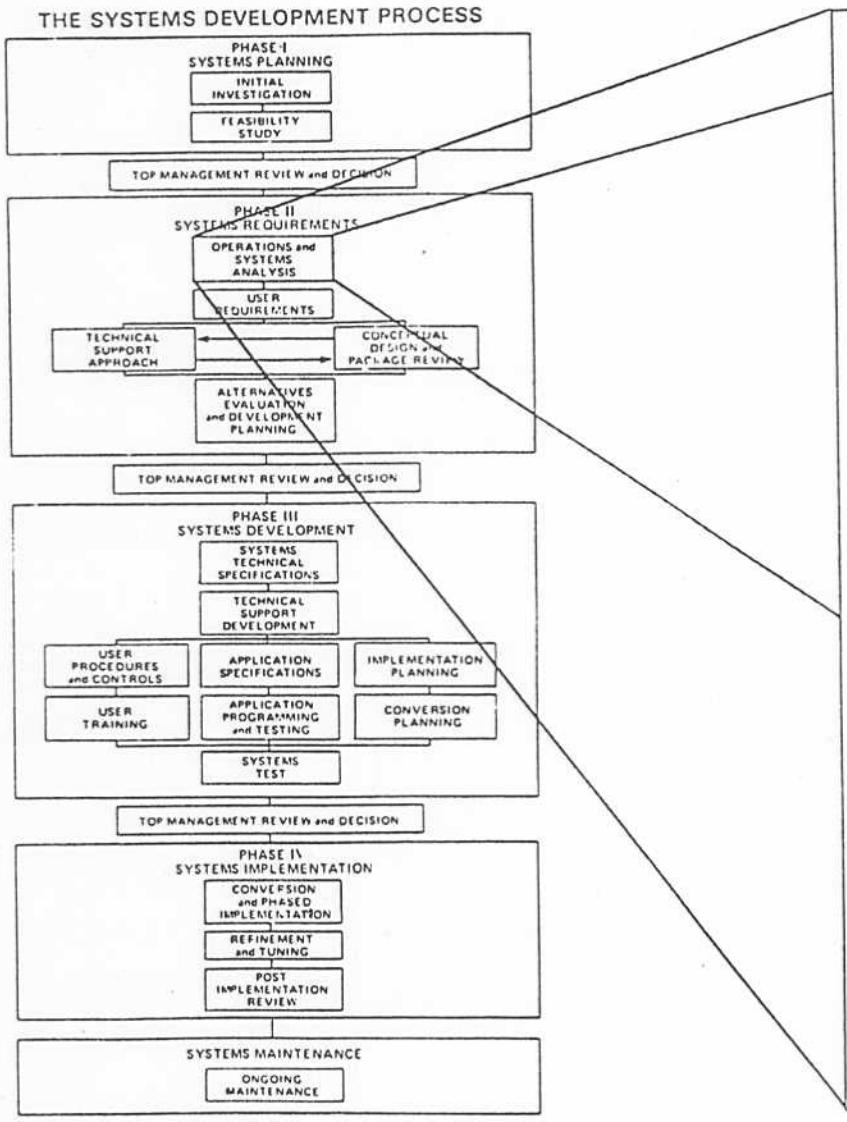
THE SYSTEMS DEVELOPMENT PROCESS



TOUCHE ROSS & CO.

© Touche Ross & Co., 1980
All Rights Reserved

Phase II - Systems Requirements
Step 1 - Operations and Systems Analysis



PHASE II – SYSTEMS REQUIREMENTS

STEP 1 –
OPERATIONS AND SYSTEMS ANALYSIS

OVERVIEW

STANDARD ACTIVITIES

A. REVIEW SYSTEMS PLANNING HISTORY FILE

B. PREPARE DETAIL WORK PLAN

C. ANALYZE PRESENT OPERATIONS AND SYSTEMS
   1. Perform Fact Finding
   2. Document Functions Performed and Staffing
   3. Describe All Outputs and Inputs
   4. Describe All Files
   5. Document Work Flows and Controls
   6. Document Relevant Policies, Practices and Constraints
   7. Gather Volume and Performance Data

D. REVIEW ANALYSIS OF CURRENT OPERATIONS AND SYSTEMS

KEY CONSIDERATIONS

A. THE END PRODUCT

B. USER COMMUNICATIONS

C. IT'S ALL ABOUT DATA

D. UP-FRONT MANAGEMENT

E. FINDING THE BEST PROJECT TEAM

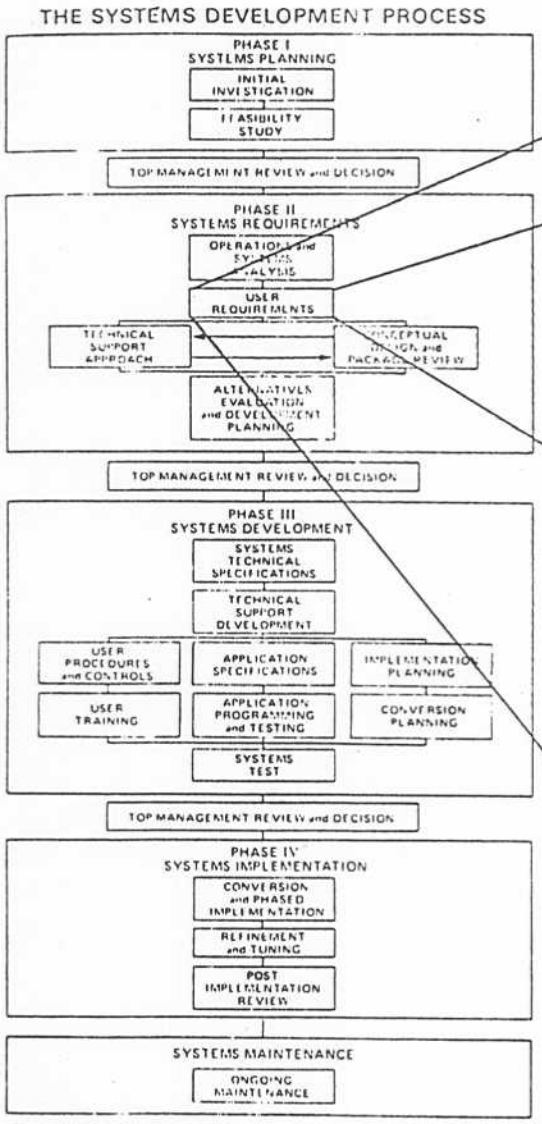
F. DEFINING SUCCESS CRITERIA

G. EVALUATING CURRENT SYSTEMS STRENGTHS AND WEAKNESSES

△ TOUCHE ROSS & CO.

Copyright Touche Ross & Co., 1980

Phase II - Systems Requirements
Step 2 - User Requirements



PHASE II – SYSTEMS REQUIREMENTS

STEP 2 – USER REQUIREMENTS

OVERVIEW

STANDARD ACTIVITIES

A. PREPARE DETAIL WORK PLAN

B. DETERMINE FUNCTIONAL REQUIREMENTS

C. IDENTIFY INFORMATION REQUIREMENTS
   1. Define outputs
   2. Define data elements
   3. Define inputs
   4. Define data structures
   5. Estimate volumes and projected growth

D. DEVELOP NEW SYSTEM WORK FLOWS

E. DETERMINE ENVIRONMENTAL REQUIREMENTS
   1. Document operating constraints and external constraints
   2. Identify policy change requirements
   3. Define control requirements

F. DETERMINE ORGANIZATION REQUIREMENTS

G. PREPARE MANAGEMENT SUMMARY

H. OBTAIN USER APPROVALS

KEY CONSIDERATIONS

A. THE END PRODUCT

B. INPUTS AT SOURCE

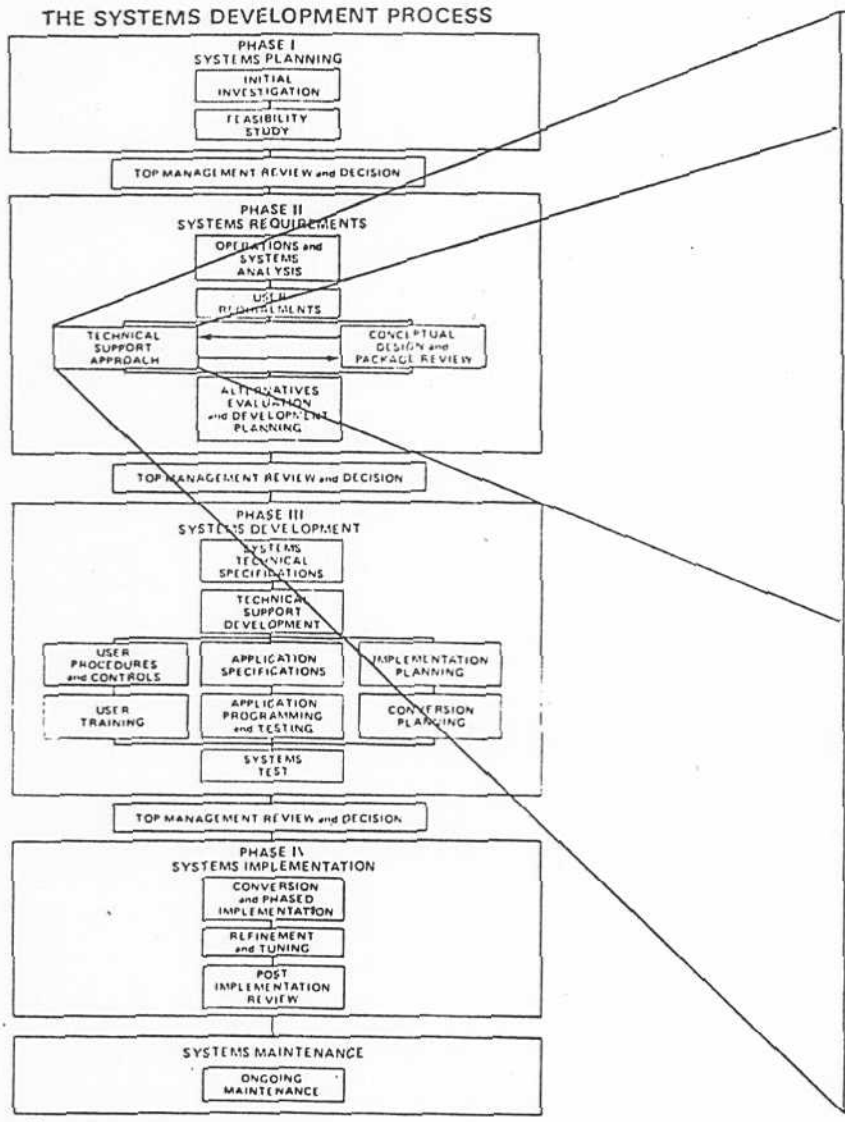
C. DEALING WITH THE GENERATION ZERO USER

D. PERSONNEL

E. DEFINING SUCCESS CRITERIA

Copyright Touche Ross & Co., 1980

Phase II - Systems Requirements
Step 3 - Technical Support Approach



PHASE II – SYSTEMS REQUIREMENTS

STEP 3 – TECHNICAL SUPPORT APPROACH

OVERVIEW

STANDARD ACTIVITIES

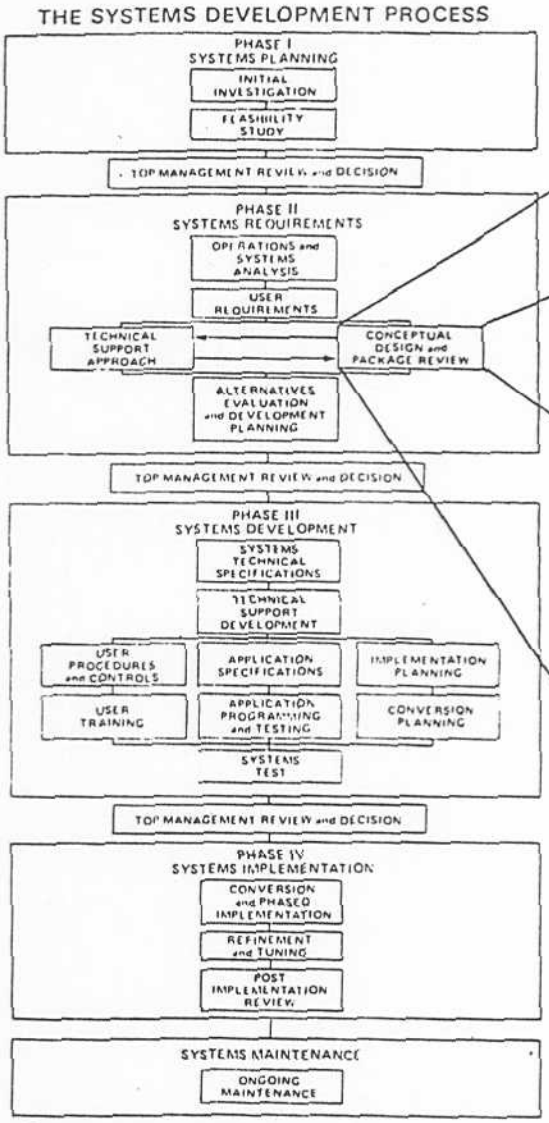
A. REVIEW PROJECT WORK FILES
B. PREPARE DETAILED WORK PLAN
C. IDENTIFY TECHNICAL SUPPORT APPROACHES
   1. Review Application Needs
   2. Review the Organization's Technical Capabilities
   3. Assess the Stability of The Technology
D. ENSURE THAT ALTERNATIVE APPROACHES CAN MEET REQUIREMENTS
E. EVALUATE ALTERNATIVE APPROACHES
F. DEVELOP REQUESTS FOR PROPOSALS
G. DEVELOP TECHNICAL SUPPORT REQUIREMENTS
   1. Identify Staff
   2. Identify Cost
   3. Identify Critical Schedule/Project Work Plan Implications

KEY CONSIDERATIONS

A. USER AND TECHNICAL STAFF COMMUNICATION
B. TECHNICAL APPROACH JUSTIFICATION
C. TECHNICAL ADVENTURES

Copyright Touche Ross & Co., 1980

Phase II - Systems Requirements
Step 4 - Conceptual Design and Package Review



PHASE II – SYSTEMS REQUIREMENTS

STEP 4 – CONCEPTUAL DESIGN AND PACKAGE REVIEW

OVERVIEW

STANDARD ACTIVITIES

A. PREPARE DETAIL WORK PLAN

B. PREPARE CONCEPTUAL DESIGN OF NEW SYSTEM
1. Determine EDP Functions and Flows
2. Develop Security, Privacy, and Control Approach
3. Summarize Conceptual Design

C. OBTAIN PACKAGE INFORMATION
1. Identify Potential Package Components
2. Prepare Requests for Preliminary Vendor Proposal

D. EVALUATE PACKAGES
1. Develop Evaluation Criteria
2. Review Each Package
3. Summarize Evaluations

E. SUMMARIZE DESIGN AND PACKAGE ALTERNATIVES

F. PERFORM TECHNICAL REVIEW

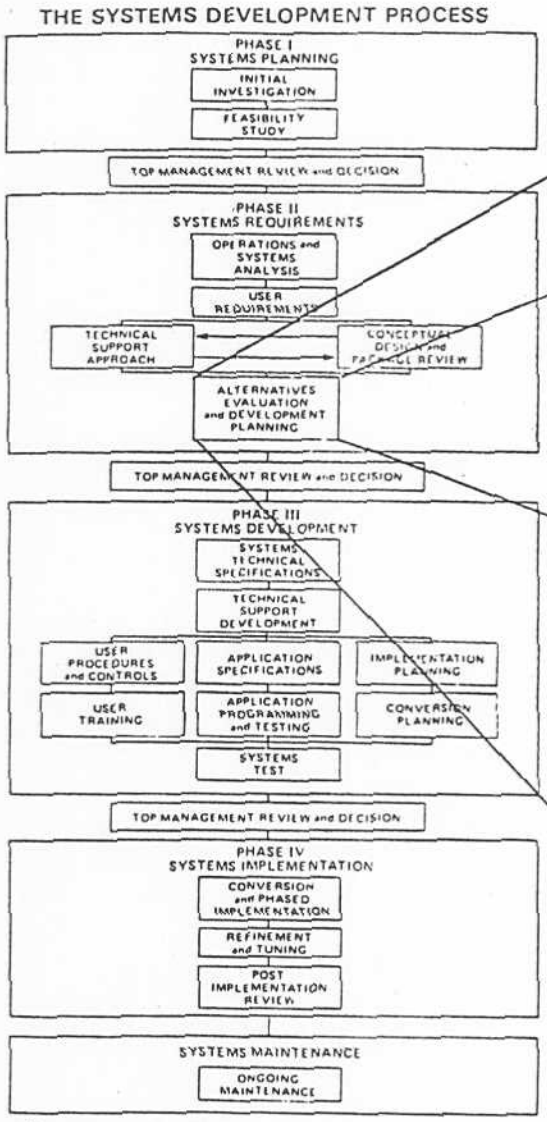
KEY CONSIDERATIONS

A. RELATIONSHIP TO VENDORS

B. USER REVIEWS

Copyright Touche Ross & Co., 1980

Phase II - Systems Requirements
Step 5 - Alternatives Evaluation and Development Planning



PHASE II – SYSTEM REQUIREMENTS

STEP 5 – ALTERNATIVES EVALUATION AND DEVELOPMENT PLANNING

OVERVIEW

STANDARD ACTIVITIES

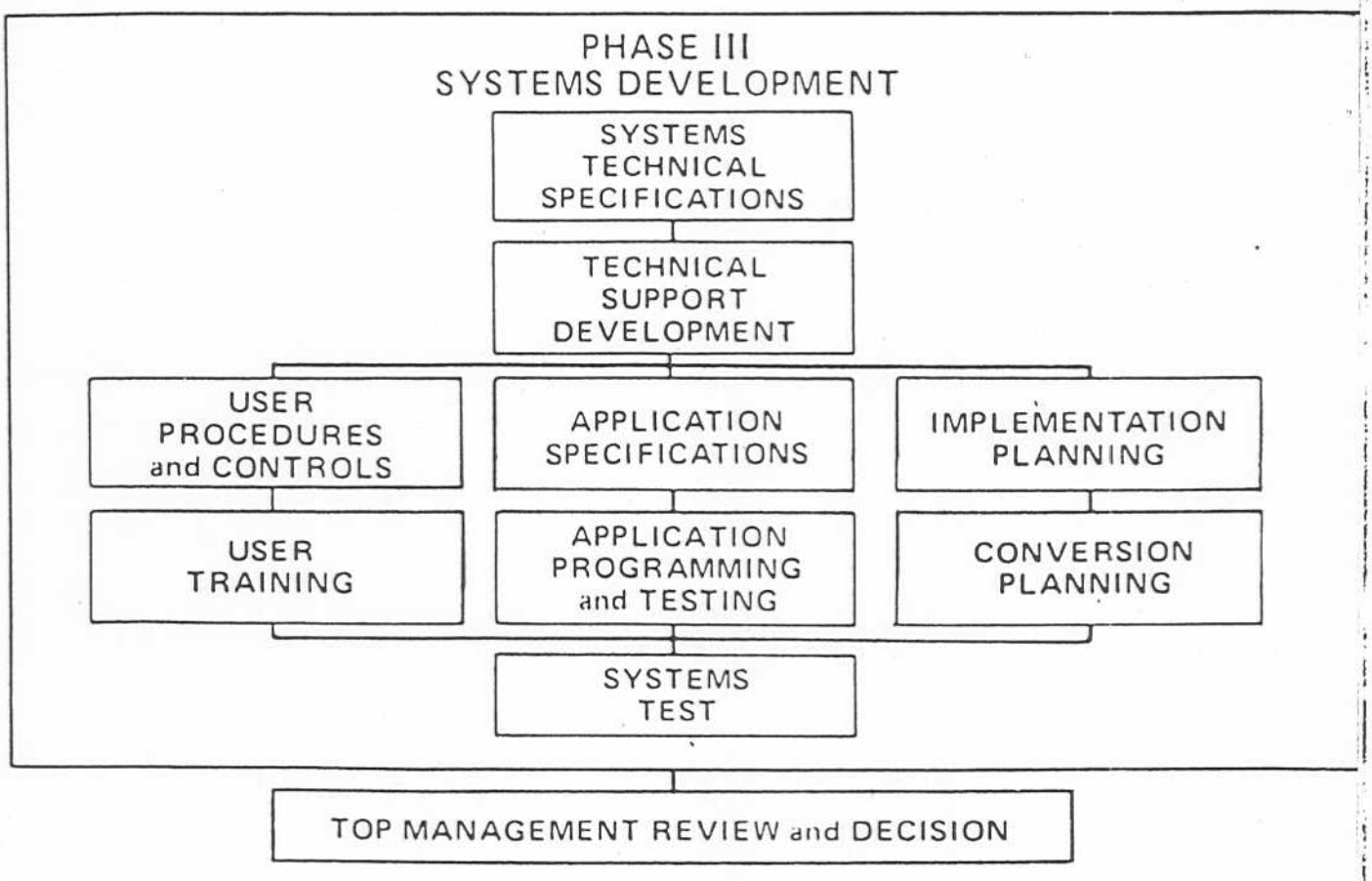
A. REVIEW TECHNICAL SUPPORT APPROACH FILES
B. REVIEW CONCEPTUAL DESIGN AND PACKAGE REVIEW FILES
C. PREPARE DETAIL WORK PLAN
D. FINALIZE TECHNICAL SUPPORT APPROACHES
   1. Evaluate Alternatives
   2. Obtain Vendor Commitments
E. FINALIZE MAKE OR BUY DECISIONS
F. DEFINE CONVERSION STRATEGIES
G. DEVELOP IMPLEMENTATION STRATEGIES
H. DEVELOP TRAINING STRATEGIES
I. PREPARE WORK PLANS FOR SYSTEMS DEVELOPMENT AND SYSTEMS IMPLEMENTATION
J. PREPARE MANAGEMENT SUMMARY
K. OBTAIN APPROVALS
L. PRESENT TO STEERING COMMITTEE

KEY CONSIDERATIONS

A. UP FRONT MANAGEMENT
B. DEFINE SUCCESS CRITERIA
C. THE PROBLEM WITH PARALLEL IMPLEMENTATION STRATEGIES

Copyright Touche Ross & Co., 1980

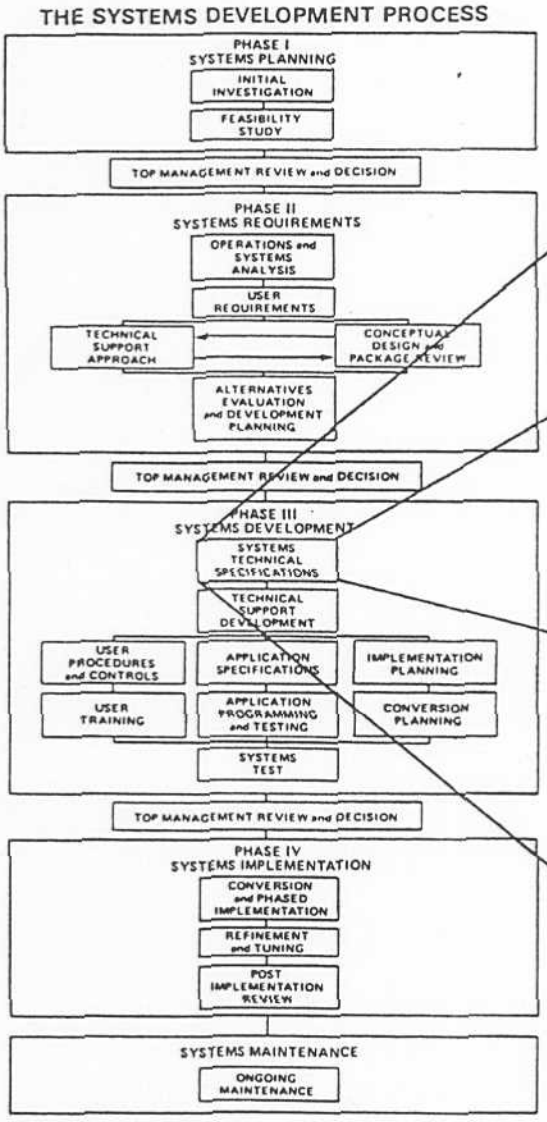
THE SYSTEMS DEVELOPMENT PROCESS



TOUCHE ROSS & CO.

© Touche Ross & Co., 1980
All Rights Reserved

Phase III - Systems Development
Step 1 - Systems Technical Specifications



PHASE III – SYSTEMS DEVELOPMENT
STEP 1 –
SYSTEMS TECHNICAL SPECIFICATIONS

OVERVIEW

STANDARD ACTIVITIES

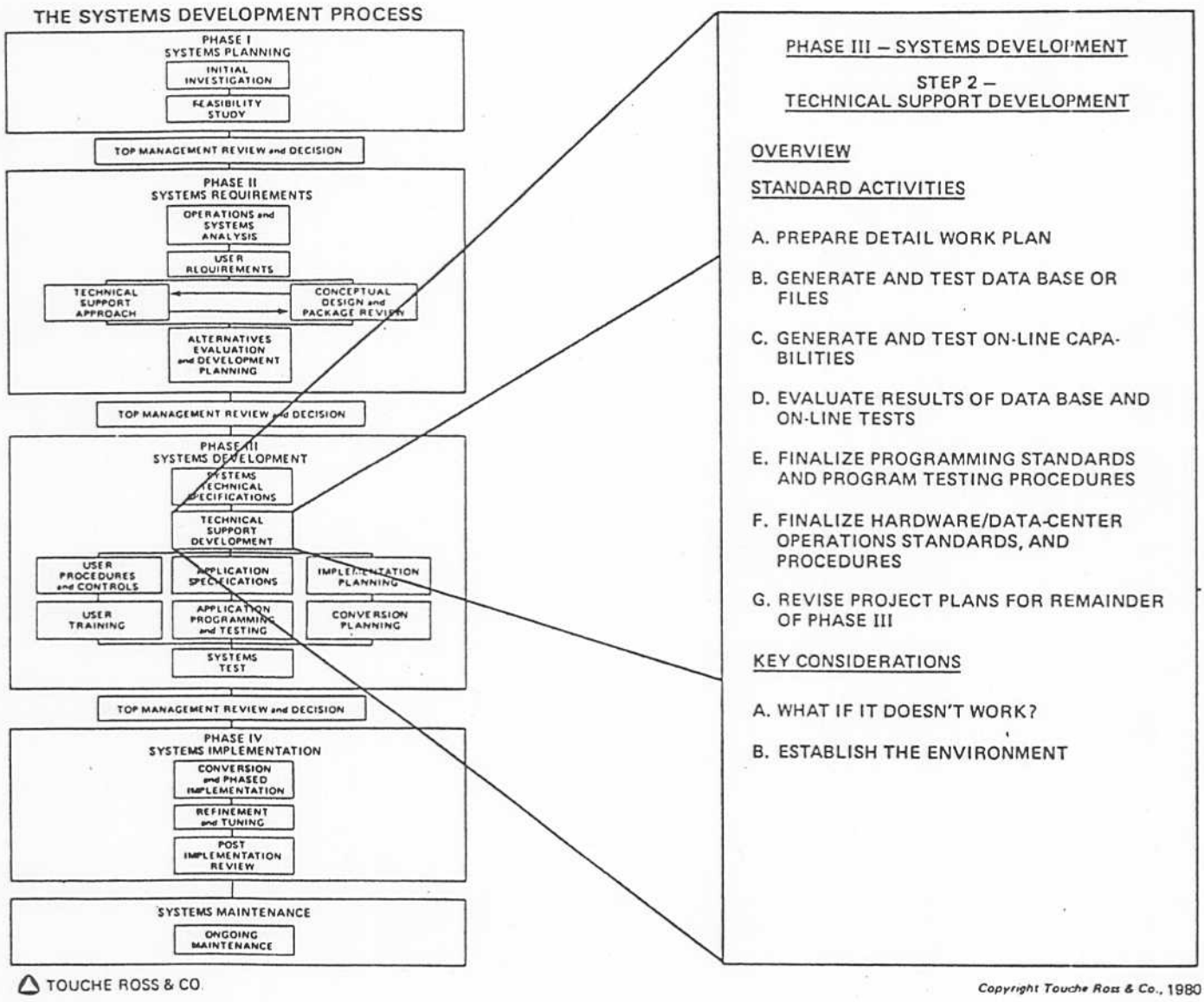
A. REVIEW REQUIREMENTS HISTORY FILE
B. PREPARE DETAIL WORK PLAN
C. FINALIZE GENERAL SOFTWARE APPROACHES
   1. Network
   2. Data Base
   3. General Purpose Software
D. FINALIZE SYSTEM DESIGN
   1. User Dialogues and Human Engineering Interfaces
      – Output Specifications
      – Input Specifications
   2. System Linkages and Processing
      – Internal Processing Module Specifications
      – Systems Interface Module Specifications
   3. System Specifications
      – Data Specifications
      – Telecommunications Specifications
      – Systems Security and Controls
      – Recovery/Restart Specifications
E. PREPARE SYSTEMS SOFTWARE SPECIFICATIONS
   1. Data Base Design
   2. Network Design
F. REVIEW AND FINALIZE PERFORMANCE ESTIMATES
G. REVIEW AND FINALIZE HARDWARE, SOFTWARE, AND COMMUNICATIONS COMMITMENTS
H. FINALIZE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION COSTS AND COMMITMENTS
I. REVIEW WITH STEERING COMMITTEE

KEY CONSIDERATIONS

A. UP FRONT MANAGEMENT
B. HOW DO YOU KNOW WHEN YOU ARE DONE?
C. CONTAINING THE END PRODUCT (SCOPE)
D. AVOID END ITEM DRIFT

Copyright Touche Ross & Co., 1980

Phase III - Systems Development
Step 2 - Technical Support Development



PHASE III – SYSTEMS DEVELOPMENT

STEP 2 –
TECHNICAL SUPPORT DEVELOPMENT

OVERVIEW

STANDARD ACTIVITIES

A. PREPARE DETAIL WORK PLAN

B. GENERATE AND TEST DATA BASE OR FILES

C. GENERATE AND TEST ON-LINE CAPABILITIES

D. EVALUATE RESULTS OF DATA BASE AND ON-LINE TESTS

E. FINALIZE PROGRAMMING STANDARDS AND PROGRAM TESTING PROCEDURES

F. FINALIZE HARDWARE/DATA-CENTER OPERATIONS STANDARDS, AND PROCEDURES

G. REVISE PROJECT PLANS FOR REMAINDER OF PHASE III

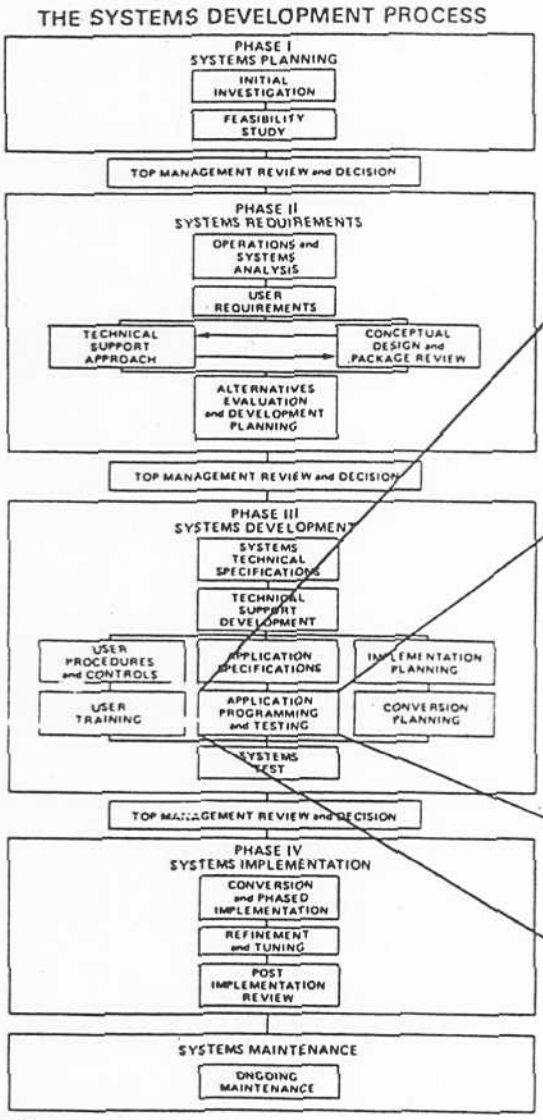
KEY CONSIDERATIONS

A. WHAT IF IT DOESN'T WORK?

B. ESTABLISH THE ENVIRONMENT

Copyright Touche Ross & Co., 1980

Phase III - Systems Development
Step 4 - Application Programming and Testing



PHASE III – SYSTEMS DEVELOPMENT

STEP 4 –

APPLICATION PROGRAMMING AND TESTING

OVERVIEW

STANDARD ACTIVITIES

A. VERIFY THE AVAILABILITY OF ALL NECESSARY RESOURCES

B. ASSIGN APPLICATIONS TO PROGRAMMERS AND MONITOR PROGRESS

C. DEVELOP PROGRAM
   1. Code
   2. Compile
   3. Unit Test (Module or Subroutine)
   4. Integrate and Test
   5. Documentation

D. REVIEW AND APPROVE TEST RESULTS AND DOCUMENTATION

KEY CONSIDERATIONS

A. KNOW THE SOFTWARE

B. CONTROLLING CREATIVITY

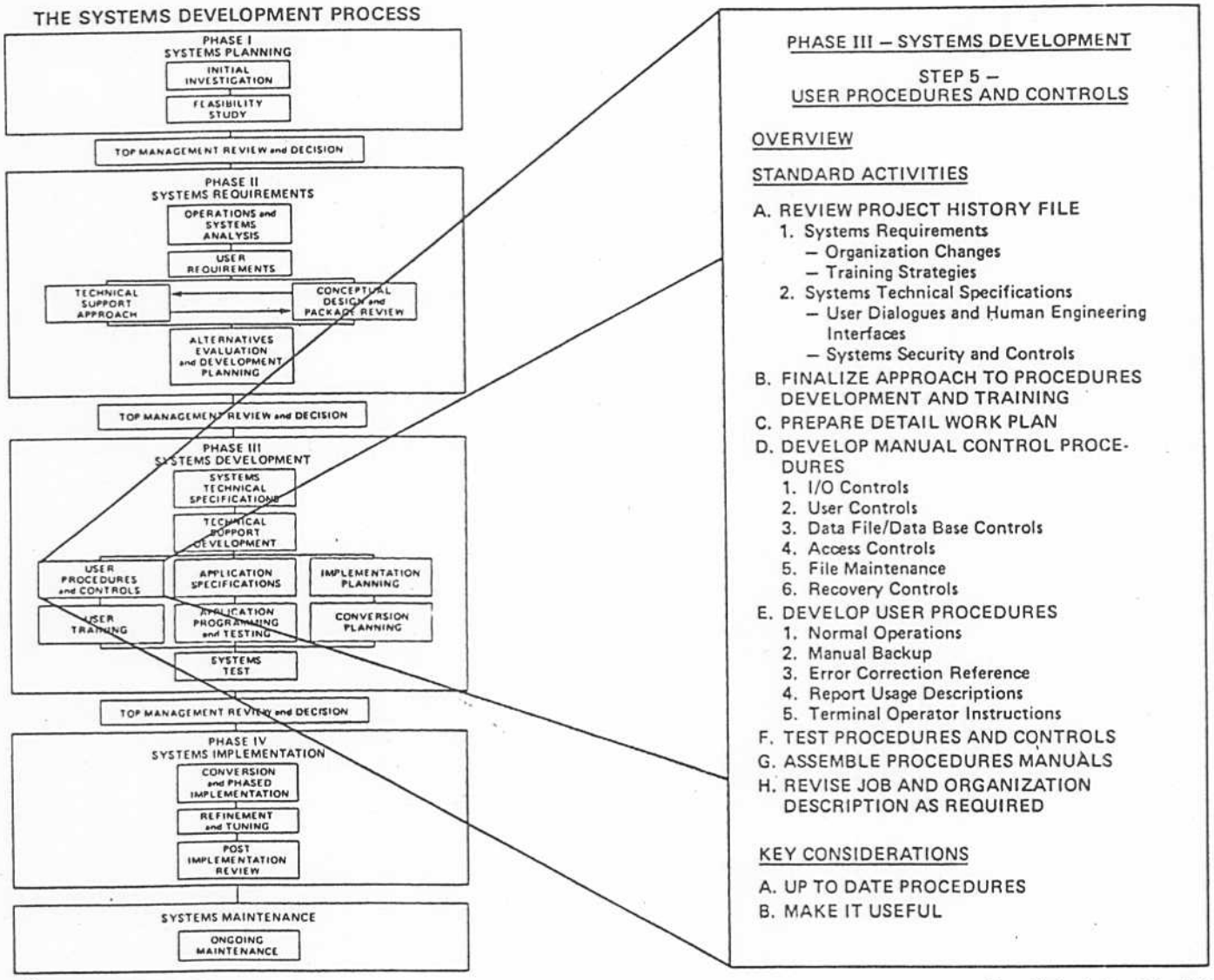
C. THE 90% PROGRAM

D. "IMPOSSIBLE" CONDITIONS

E. RESOURCE UTILIZATION

Copyright Touche Ross & Co., 1980

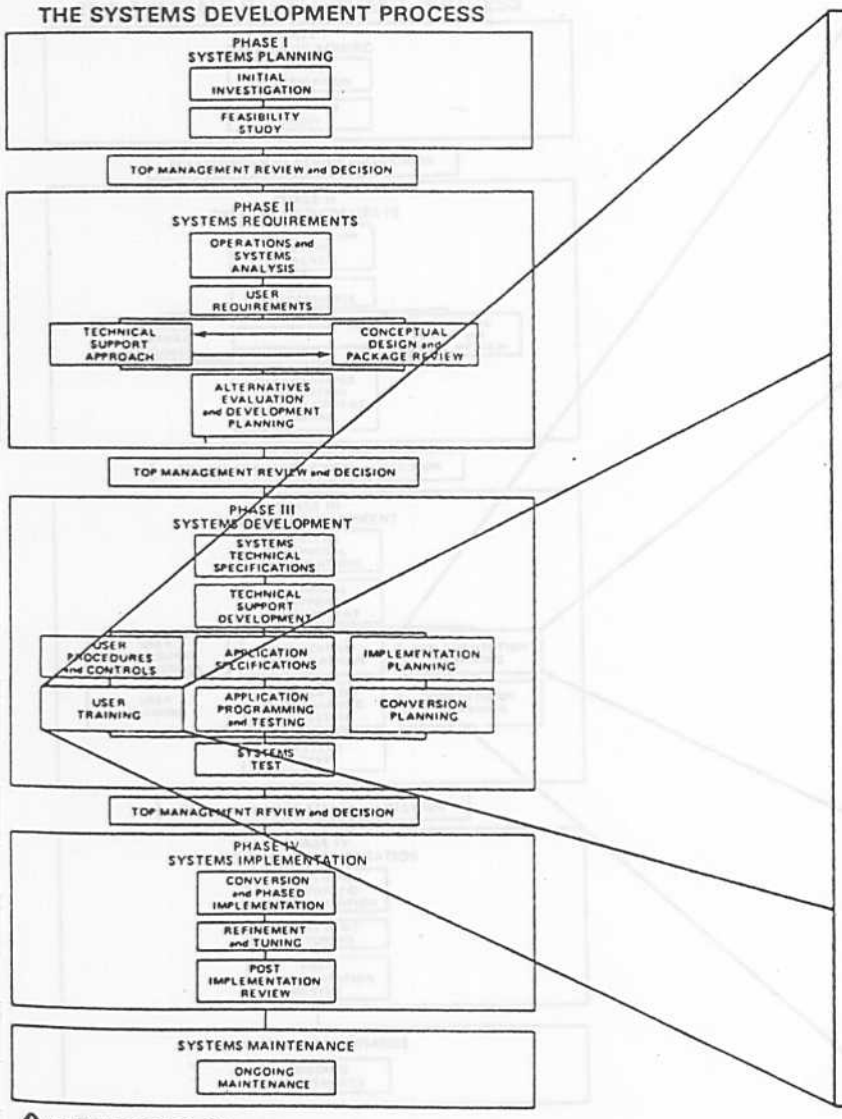
Phase III - Systems Development
Step 5 - User Procedures and Controls



△ TOUCHE ROSS & CO.

Copyright Touche Ross & Co., 1980

Phase III - Systems Development
Step 6 - User Training



PHASE III – SYSTEMS DEVELOPMENT

STEP 6 – USER TRAINING

OVERVIEW

STANDARD ACTIVITIES

A. REVIEW USER TRAINING STRATEGY AND FINALIZE APPROACH
B. PREPARE DETAIL WORK PLAN
C. DEVELOP USER TRAINING PROGRAM
   1. Training Material Requirement
   2. Personnel to be Trained
   3. Techniques
   4. Training Schedule
   5. Staffing
D. PREPARE TRAINING MATERIALS
E. CONFIRM USER SCHEDULE AND COMMITMENT FOR TRAINING
F. CONDUCT INITIAL TRAINING PROGRAM
G. OBTAIN USER FEEDBACK
H. MODIFY TRAINING PROGRAM
I. PREPARE SYSTEM TRAINING GUIDE FOR NEXT SESSIONS
J. ASSIGN RESPONSIBILITY FOR MAINTENANCE

KEY CONSIDERATIONS

A. FIXING TRAINING RESPONSIBILITY; USERS TRAIN USERS
B. TEACH THE "WHOLE SYSTEM"
C. SELL THE SYSTEM AND RELIEVE ANXIETY

Copyright Touche Ross & Co., 1980