



DIAGRAMACION Y CONTROL INVENTARIAL DE REPUESTOS PARA
UNA FABRICA DE COSTOS POR PROCESOS

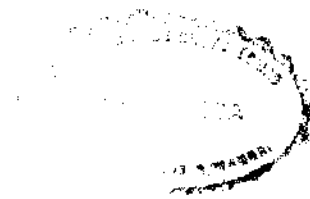
ROBERTO FLOREZ RUEOA

Tesis de Grado presentada como re
quisito parcial para optar el títu
lo de Contador Público.

Director: Doctor ABRAHAN QUINTERO

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS DE AQUINO
Facultad de Contaduría Pública
Bucaramanga, 1983

27892



Nota de Aceptación

Director: Doctor ABRAHAN QUINTERO

Jurado

Jurado

Bucaramanga, 1983

A mis padres

A Luz Marina

Roberto



AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos:

A La Compañía Nacional de Cigarrillos.

A El Doctor Abraham Quintero, Director de la Tesis.

A La Universidad Santo Tomás, Seccional Bucaramanga.

A Todas aquellas personas que en una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCION.....	1
1. ANALISIS PRELIMINAR DE LA EMPRESA.....	3
1.1 ANALISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE LA COMPAÑIA NACIONAL DE CIGARRILLOS.....	3
1.1.1 Descripción de la organización administrativa.....	4
1.1.2 Descripción del centro de dirección de la compañía Nacional de Cigarrillos.....	4
1.1.3 Descripción de los Departamentos.....	6
1.2 MARCO DE REFERENCIA.....	10
2. DESARROLLO DEL ESTUDIO.....	13
2.1 OBJETIVOS.....	13
2.1.1 Efectos del estudio sobre la organización actual.....	14
2.1.2 Breve descripción del concepto del sistema propuesto ...	15
2.1.3 Importancia del sistema en relación con otros futuros...	16
2.2 MARCO DE REFERENCIA DEL SISTEMA PROPUESTO.....	17

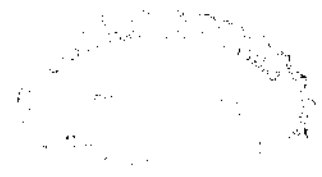
2.3	DIAGRAMAS DE PRODUCCION Y MANTENIMIENTO.....	17
2.3.1	Diagrama de producción.....	17
2.3.2	Diagrama de mantenimiento.....	20
2.4	MAQUINARIA EFECTIVA.....	21
2.4.1	Efectos de los diagramas de producción y de mantenimiento sobre las funciones del estudio presente.....	21
2.5	ANALISIS DE LAS CARACTERISTICAS DE LDS REPUESTOS.....	23
2.5.1	Clasificación por forma de adquisición.....	23
2.5.2	Clasificación por frecuencia de uso.....	24
2.5.3	Efectos del análisis de las características de los repuestos sobre las funciones del estudio presente.....	25
2.6	CONJUNTO DE DIAGRAMAS PROCESADOS PARA EL CALCULO DE LA VIDA EFECTIVA UTIL DEL REPUESTO.....	26
2.6.1	Sustentaciones teóricas previas.....	26
2.6.2	Diagramas que muestran el proceso de la VEFU.....	41
2.7	ENFOQUE DEL PROBLEMA INVENTARIAL.....	44
2.8	ANALISIS DE LA EMPRESA EN CUANTO A INVENTARIOS.....	49
2.8.1	El por qué del análisis.....	49
2.8.2	Aspectos externos del almacenamiento.....	50
2.8.3	Costos involucrados en el inventario.....	51
2.9	MODELOS A EMPLEAR EN EL ANALISIS DE INVENTARIOS.....	54
2.9.1	Parámetros empleados en los modelos.....	54

2.9.2	Teoría para inventarios.....	55
2.9.3	Modelo 1 para repuestos fabricados y de alto agotamiento.....	56
2.9.4	Modelo 2 para repuestos importados y de alto agotamiento.....	61
2.9.5	Modelo 3 para repuestos fabricados y de bajo agotamiento.....	67
2.9.6	Modelo 4 para repuestos importados y de bajo agotamiento.....	68
2.9.7	Combinación de la demanda.....	69
2.10	DIAGRAMA PARA IMPLEMENTAR EL ANALISIS DE INVENTARIOS...	69
2.10.1	Contenido general del diagrama.....	69
2.10.2	Importancia del diagrama.....	70
2.10.3	Limitaciones del diagrama.....	71
2.10.4	Estructura del diagrama.....	72
3.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
	BIBLIOGRAFIA.....	84



LISTA DE FIGURAS

	Pág
FIGURA 1. Organigrama de la Compañía Nacional de Cigarrillos....	5
FIGURA 2. Flujo de información en el marco Temporal.....	9
FIGURA 3. Sistema de información del departamento de manufactura	11
FIGURA 4. Descripción de las informaciones entre departamentos y secciones.....	12
FIGURA 5. Relaciones entre los departamentos.....	18
FIGURA 6. Proceso de almacenamiento.....	52
FIGURA 7. Modelo 1.....	58
FIGURA 8. Modelo 2.....	62



LISTA DE DIAGRAMAS

	Pág
DIAGRAMA 1. Diagrama de bloque del diagrama 1.....	42
DIAGRAMA 2. Diagrama de pasada del diagrama 1.....	43
DIAGRAMA 3. Diagrama de bloque del diagrama 2.....	45
DIAGRAMA 4. Diagrama de pasada del diagrama 2.....	48
DIAGRAMA 5. Diagrama de bloque del diagrama 3.....	74
DIAGRAMA 6. Diagrama de pasada del diagrama 3.....	75
DIAGRAMA 7. Diagrama de bloque del diagrama 4.....	77
DIAGRAMA 8. Diagrama de pasada del diagrama 4.....	79

LISTA DE ANEXOS

	Pág
ANEXO 1. Terminología.....	85
ANEXO 2. Identificación de símbolos en diagramas.....	88

INTRODUCCION

El estudio desarrollado en esta parte muestra una de las aplicaciones de las herramientas de análisis para flujos de información, las cuales determinan la aplicación de ella para un mejor control dentro de cualquier centro de decisión de la empresa.

La década del 70 es conocida como la del manejo de información en su mayor parte acelerada por el aumento tecnológico especialmente en lo concerniente a los computadores electrónicos.

Mostraremos en esta parte y en la de desarrollo del proyecto, cómo es posible aplicar las avanzadas herramientas dadas por la Diagramación, en cualquier sector industrial sin limitaciones de equipo ni capital.

Se podrá apreciar en el presente trabajo que su desarrollo es inductivo, presentando las tres condiciones temporales en las que cualquier acontecimiento se encuentra: pasada, actual y futura, ello permite observar su desarrollo no solo desde un punto de vista sino en su contrario, en un ambiente sujeto a modificaciones.

Específicamente, se encuentra un tratamiento para el control inventarial de repuestos dependiente de una producción propuesta, un plan de mantenimiento de las unidades de producción asistido por herramientas de estadística, investigación operacional, optimización, análisis y diagramación.

Este estudio tendrá como base la Compañía Nacional de Cigarrillos.

1. ANALISIS PRELIMINAR DE LA EMPRESA

1.1 ANALISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE LA COMPAÑIA NACIONAL DE CIGARRILLOS

La Compañía Nacional de Cigarrillos es una empresa manufacturera con buenas perspectivas de mercado lo cual le exige una aplicación en su planta de producción.

Desde hace varios años está exigiendo, dado su tamaño, cambios los cuales ya algunos se han causado mientras otros están en espera y estos exigen una serie de políticas de control en cada uno de los departamentos.

Sus productos nacional con filtro y nacional sin filtro son de creciente aceptación y en su elaboración poco interviene la mano de obra humana.

Posee un taller mecánico para las reparaciones de su maquinaria y para la producción de repuestos o mejoras.

Las compras de tabaco en rama y todo lo referente a las actividades que esta función genera se controlan en un departamento de tabaco.

La elaboración de los productos y todas las actividades que esta función

genera se controlan en un departamento de manufactura.

La venta, distribución y canalización y todas actividades que esta función genera se controlan en su departamento de mercadeo.

El centro de dirección del negocio está representado por una Junta Directiva, una presidencia, una vicepresidencia.

1.1.1 Descripción de la organización administrativa

La organización jerárquico-administrativa se muestra en el organigrama presentado en la figura 1, donde toda la empresa se comporta como una unidad dentro del sistema político-empresarial. A su vez esta unidad se compone de otros departamentos y estos a su vez se subdividen en otros hasta obtenerse unas secciones elementales que son las que actúan directamente bajo el control y supervisión de las unidades superiores.

1.1.2 Descripción del centro de dirección de la compañía Nacional de Cigarrillos.

Está representado por:

- La Junta Directiva

Compuesta por los accionistas y personas de los altos niveles administrativos de la empresa.

- Presidente y vicepresidente

Este centro de dirección se encarga de supervisar y rediseñar los nive

ORGANIGRAMA DE LA COMPAÑIA NACIONAL DE CIGARRILLOS

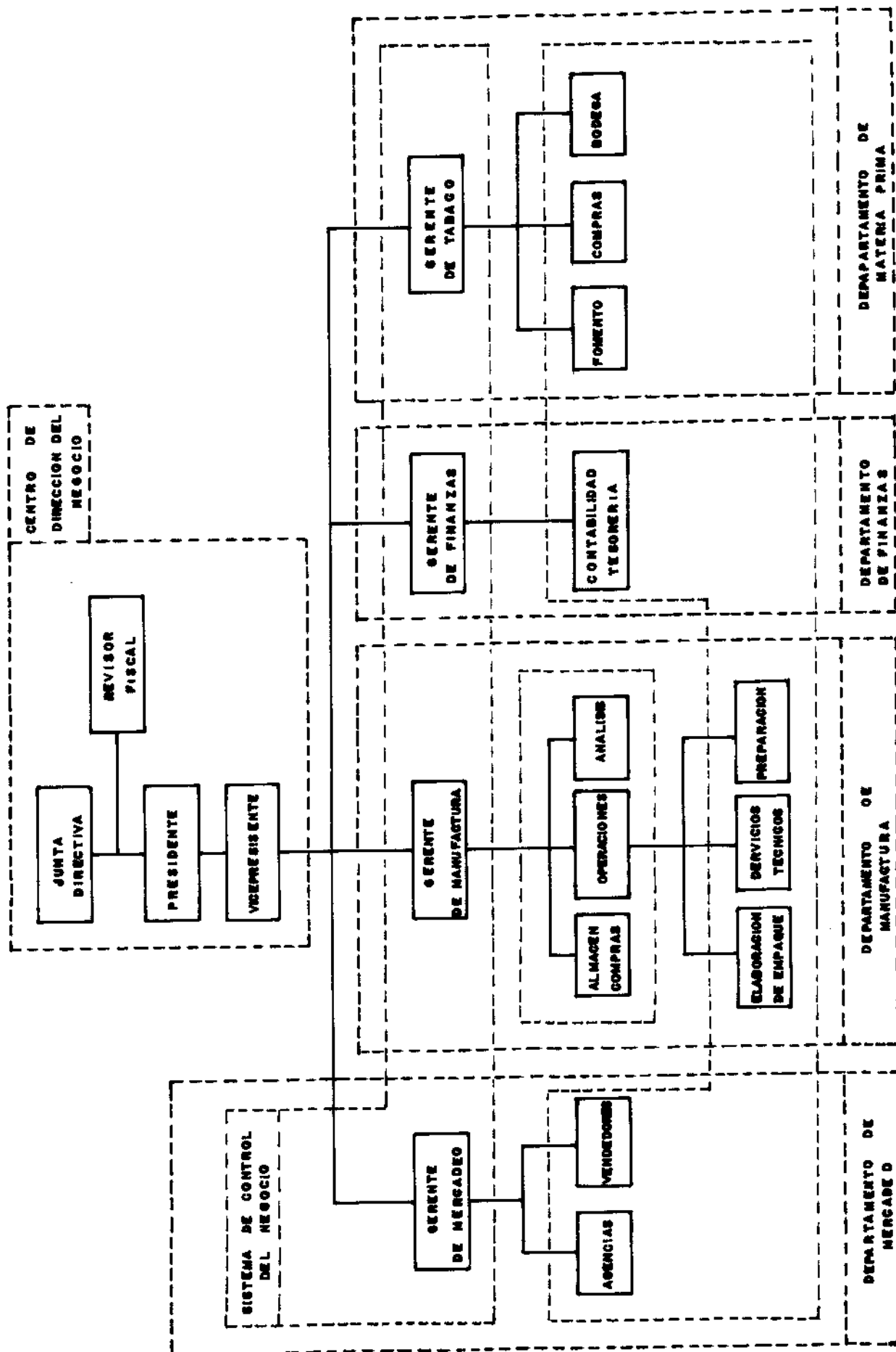


FIG.1



les inferiores a su cargo de acuerdo a los objetivos determinados y los recursos asignados para estos objetivos. Para cumplir con su fin recibe de las secciones a su cargo reportes especiales de rápida y fácil interpretación sobre: estudios de staff, mercadeo y de los logros internos para propósitos de fijación de metas, políticas a seguir y restricciones de acuerdo a los recursos con que cuenta.

Para su respuesta legal cuenta con la asesoría de un revisor fiscal el cual controla lo relacionado a este aspecto.

1.1.3 Descripción de los Departamentos

Los departamentos tratarán de cumplir las metas fijadas por el centro de dirección de la compañía siguiendo en sus actividades las políticas por él trazadas.

1.1.3.1 Departamento de Mercadeo

Su función es la distribución y venta de las líneas de producto procesado y para facilitarla se sirve de estudios de mercado de sus productos y de la competencia; en base a esto proyecta y planea la producción estratégicamente sin tener en cuenta restricciones de planta ni de personal, el gerente de mercadeo actúa como centro de decisión sobre las secciones de agencias y de vendedores.

1.1.3.2 Departamento de Finanzas

Su función es la administración de recursos, bienes de capital y capital líquido; para su facilidad recibe informes de costos de los demás depar

tamentos los que usa en su sistema contable produciendo informes tales como estados de las cuentas, de la liquidez, de las utilidades, de las deudas y deudores, de rendimientos, los cuales serán usados por el centro de control de la empresa.

El Gerente de finanzas actúa como centro de decisión sobre secciones de contabilidad y tesorería.

1.1.3.3 Departamento de Materia Prima

Su función general es la compra, recepción, inspección y almacenaje de materia prima. Para facilitar esta labor se sirve de la información suministrada por las secciones.

1.1.3.4 Departamento de Manufactura

Su función general es la coordinación y control de secciones a su cargo: almacén y compras, operación y análisis, además debe elaborar presupuestos para el desarrollo de las actividades de cada una de estas secciones.

Este departamento también se encargará de procesar la materia prima y así obtener el producto terminado.

1.1.3.4.1 Sección de almacén y compras

Su acción general es la de realizar las compras y órdenes de materiales y repuestos presupuestadas por el departamento que la gobierna.

Esta sección será el centro de estudios en lo referente al proyecto a realizar sobre control inventarial.

1.1.3.4.2 Sección de control de operaciones

Se encarga de coordinar, planificar, controlar y ejecutar las unidades que a continuación mencionaremos:

1.1.3.4.3 Sección de elaboración y empaque

Se encarga de procesar y controlar las dos líneas de productos: nacional con filtro y nacional sin filtro.

1.1.3.4.4 Sección de servicios técnicos

Se encarga de suministrar servicios de:

- Taller mecánico, eléctrico y carpintería
- Mantenimiento de maquinaria y equipo ya sea preventivo o programado
- Planes de montaje de repuestos y reparaciones de maquinaria.

1.1.3.5 Departamento de preparación

Sus acciones se relacionan con los pasos que sean necesarios para el procesamiento de la hoja de tabaco hasta la picadura o materia prima esencial para la elaboración del cigarrillo.

1.1.4 Descripción de la Figura 2. Organización de la Empresa

El ambiente de mercado es percibido de alguna manera por el departamento de mercadeo, el cual en base a este estado y sujeto a los informes financieros realiza y propone un plan de producción para que sea desarrollado

FLUJO DE INFORMACION EN EL MARCO TEMPORAL

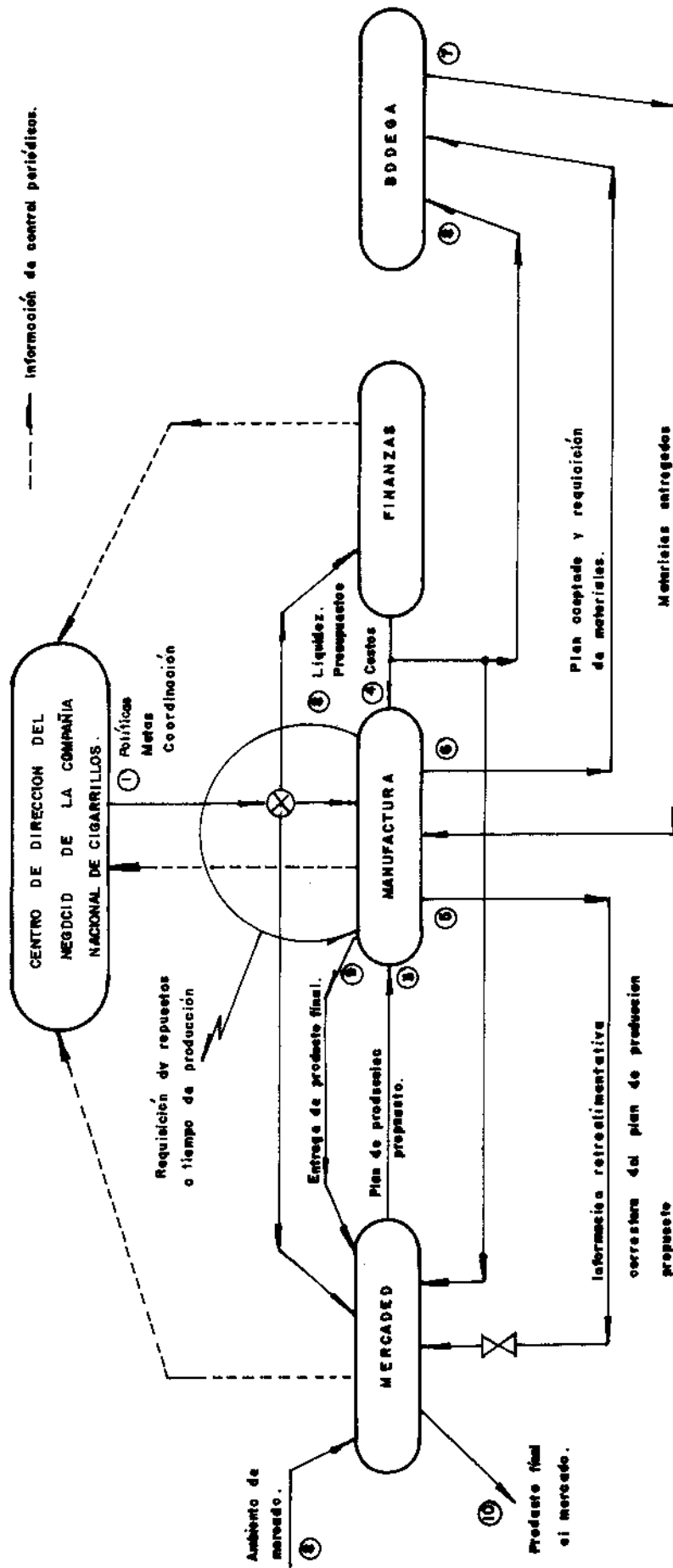


FIG. 2

conjuntamente por el departamento de manufactura y el de bodega, siendo en este plan la parte ejecutora el departamento de manufactura.

Manufactura se encarga entonces de sujetar ese plan de producción propuesto a las restricciones de personal y equipo. Puestos de acuerdo mercadeo y manufactura entonces el plan propuesto exige una medida de materia prima en bruto a la función de bodega, la cual se encarga de planear la entrega. Definido y aceptado el plan anterior; producción se halla ya sujeto a las restricciones de planta, equipo, aspecto financiero y materia prima.

Observando lo anterior vemos que la empresa actúa bajo una especie de administración por objetivos de mercado y esto es normal ya que son las circunstancias que el actual medio exige.

1.2 MARCO DE REFERENCIA

Un marco de referencia es un conjunto gráfico que muestra las relaciones entre los departamentos y sus fuentes de información.

En la figura 3, presento: la conformación del sistema del departamento de manufacturas y sus fuentes de alimentación de información.

En la figura 4, muestro el marco de referencia del sistema del departamento de manufactura con las relaciones en detalle entre las secciones existentes.

2. DESARROLLO DEL ESTUDIO

2.1 OBJETIVOS

El presente estudio sobre Diagramación y control inventarial de repuestos bajo la influencia de los programas de producción y de mantenimiento usando como modelo la Compañía Nacional de Cigarrillos tiene por objetivos:

- La obtención de un sistema de información de control inventarial generado por un conjunto de diagramas tales que permitan la agilización de los procesos generadores de cifras de control.
- La posibilidad de deducir el número de unidades de repuestos necesario para satisfacer la producción que se ha planeado a cada unidad de producción.
- La posibilidad de uso de la información de control sobre la vida efectiva útil de los repuestos para la planificación de unos programas de montaje y mantenimiento más efectivos.
- Mostrar la posibilidad y ventajas que el sistema propuesto puede aportar en el caso de llegar a implantarlo. Este tópico en particular se



mostrará en su aplicación presentando el análisis y los pasos necesarios para su desarrollo en la etapa de producción correspondiente a cigarrilleras.

- Presentar diagramas para los usuarios de los aspectos presentados (de vías útiles y de control de inventarios) que facilitan la aplicación o modificación de los mismos.
- Evaluaciones y recomendaciones para el proyecto presentado. /

2.1.1 Efectos del estudio sobre la organización actual

La idea de diagramación es casi análoga a la de cambio y revolución administrativa en la mente de los ejecutivos actuales de nuestro medio industrial; un cambio exige doblegar una gran inercia y trae problemas difíciles de sortear no solo debido a la inercia mental de los ejecutivos sino también a los problemas de ajustes de personal, cambios en las funciones, cambios de documentación y controles, etc., y lo principal: los costos que implica una implementación son altos y sobresalen claros, mientras que en su contrario sus ventajas no son inmediatas ni en efectividad ni en costos y son casi intangibles ante la visión simple.

El anterior análisis me sirve de base para justificar los métodos de desarrollo del presente proyecto; su característica esencial es la de ajustarse a las condiciones establecidas en la Compañía, tratando en lo posible de no introducir modificaciones tajantes, sino en su contrario, tratando de usar los controles, documentaciones y flujos de información actuales

dentro de su organización.

El cambio en sí reside en la eficiencia de los informes producidos; por ejemplo, en este momento no existe ningún parámetro inventarial sustentado por una teoría de optimización que se calcule para los tratamientos propios del movimiento de los inventarios; en su cambio, los informes generados por los diagramas de vidas útiles informarían con buena certeza el momento, medido en horas de producción de máquina o en unidades de producción, de cambio para uno o unos repuestos determinados lo cual ayuda en la planeación de los programas de montaje.

2.1.2 Breve descripción del concepto del sistema propuesto

El Sistema propuesto está constituido por un conjunto de Diagramas que podemos dividir en dos clases:

- Diagramas del ciclo de vida efectiva útil

Estos diagramas toman los datos de cambios realizados en un número de terminado de años anteriores para los repuestos de una unidad de producción durante esos años y otros datos adicionales para ayudas de los métodos de cálculo empleados. Estos diagramas procesan los datos anteriores y generan clasificado por máquina, sección de la máquina y número de repuesto dentro de la sección, la vida efectiva útil para cada repuesto medido en unidades de producción y horas-máquina de producción.

Estos informes son en sí órdenes para enviar a la sección de almacenaje

de repuestos quien tratará de satisfacerlas.

Estos informes también son un medidor o indicador de los cambios a realizar sobre las unidades de producción y como guía para los planes de montaje.

- Diagramas para la generación de parámetros y control inventarial
Estos diagramas toman los costos de movimiento y de mantenimiento de unidades de repuesto en inventario así como también los archivos que contienen las vidas útiles de los repuestos y unas constantes adicionales para los cálculos. Producirán información de control de inventarios (punto de pedido, stock de seguridad, etc.).

Estos resultados se presentan a la sección de almacenamiento, la cual realizará el control de las órdenes a entregar para los planes de montaje y mantenimiento.

La recolección y verificación de datos para las demás unidades deberá ser realizada por la Compañía.

2.1.3 Importancia del sistema en relación con otros futuros

Es claramente apreciable la expansión de la Compañía, ello como es sabido exige una administración más planificada y controlada, el advenimiento del computador para funciones de auditoría y de control encontraron en esa circunstancia una aplicación para ayuda de esta clase de administración.

Es claro que el presente estudio será una base dentro de la futura mecanización de esta compañía.

2.2 MARCO DE REFERENCIA DEL SISTEMA PROPUESTO

En la Figura 5 se muestran las relaciones entre los Departamentos afectados por el presente estudio.

Puede apreciarse que la variación es solamente en cuanto a la forma de obtener la información para control, fijación de políticas o toma de decisiones concernientes a mantenimiento y control inventarial.

Las líneas de mayor grosor representan la información generadas y modificada por los resultados del proyecto.

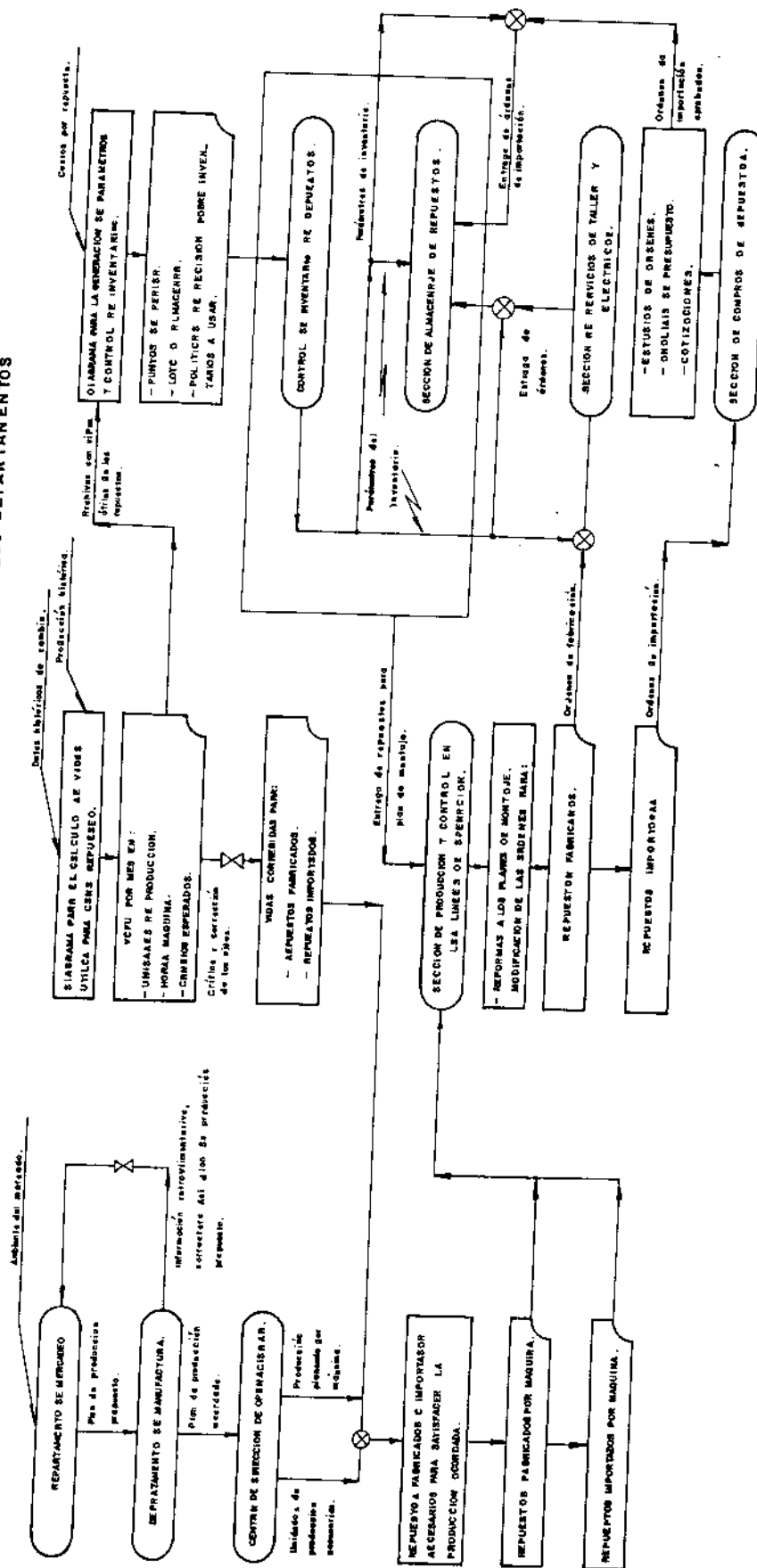
2.3 DIAGRAMAS DE PRODUCCION Y MANTENIMIENTO

En esta parte se describirán los pasos generalizados que sigue la Compañía en el momento actual para planear la producción y sujetar a ésta los planes de mantenimiento y montaje.

2.3.1 Diagrama de producción

Compete su planeación a la función de mercadeo, la cual tiene una medida del ambiente del mercado para las líneas de productos que la Compañía elabora. Dicha situación ambiental es captada a través de las diferentes secciones de ventas y de agencias, las cuales en todo instante muestran la aceptación de los productos.

FIG. 5. RELACION ENTRE LOS DEPARTAMENTOS



El centro de dirección del negocio tendrá preparadas las políticas que exige la situación actual para establecer decisiones con miras de un mejor desenvolvimiento de la Compañía como un todo dentro del ambiente socio-político nacional.

Entonces el departamento mercadeo sujeta a las políticas fijadas por el centro de dirección de la empresa planeará la producción sin tener en cuenta restricciones de planta de personal y equipo.

Por otra parte el departamento de finanzas muestra al de mercadeo una producción mínima exigible para cubrir los costos fijos de la Compañía.

De hecho, hasta este punto la producción se ha planeado sujeta a satisfacer un mercado y la parte de costos fijos, en este estado la información se pasa al departamento de manufactura, el cual deberá encargarse de satisfacer dicho plan de producción.

El departamento de manufactura ayudado por sus secciones determinará si es posible obtener el plan de producción primario propuesto de tal manera que se sujete a:

- Unidades efectivas de producción disponibles en ese momento
- Asignación de recursos humanos disponibles
- Restricciones de capacidad de producción
- Restricciones de personal
- Restricciones de equipo auxiliar de producción

Ya analizado si este plan primario cumple con lo anterior se entra a la aprobación de la producción programada en acuerdo con el departamento de mercadeo.

En caso de no estar sujeto a ese plan primario las condiciones dadas, se procederá a mostrar razones para limitar el plan de producción, las cuales serán analizadas por mercadeo continuando este "regateo" entre manufactura y mercadeo hasta que se logre un acuerdo que satisfaga a ambas partes.

La sección de bodega tendrá la responsabilidad de suministrar la materia prima necesaria para cumplir en cada período con la producción planeada para el mismo.

2.3.2 Diagrama de mantenimiento

El control de la situación en este momento ya es responsabilidad del departamento de manufactura y sus componentes las secciones de: almacén, operaciones y análisis, de elaboración y empaque, servicios técnicos.

Los períodos para cumplir las metas fijadas de producción son semestrales, de tal manera, el sistema de información del centro de dirección deberá establecer un plan de montaje de repuestos y de mantenimiento tales que mantengan un número de unidades determinado dentro de cada etapa de tal forma que se pueda obtener la producción deseada para los períodos mensuales de control de la producción.

2.4 MAQUINARIA EFECTIVA

Es la secuencia de unidades de producción dentro de las etapas que la sección de operaciones debe prefijar para atender las exigencias del plan de producción aceptado.

En este estado los diagramas del ciclo de vidas efectivas estarán en capacidad de poder deducir el número de repuestos por unidad de producción.

2.4.1 Efectos de los diagramas de producción y de mantenimiento sobre las funciones del estudio presente

Para efectos de entrada de los diagramas para el cálculo de vidas útiles para cada repuesto se debe preparar una tabla con los datos históricos referentes al número de unidades de producción efectivas (que prestaron servicio productivo) dentro de cada etapa en los meses de producción históricos que se hallen disponibles.

La planta de producción consta de las etapas siguientes:

- Cigarrilleras

Consta de 7 unidades cada una dividida en 13 secciones mecánicas.

- Filtreiras

Consta de 3 unidades cada una dividida en 13 secciones mecánicas.

- Ecajetilladoras

Consta de 6 unidades cada una dividida en 9 secciones mecánicas.

- Celofanadoras

Consta de 5 unidades cada una dividida en 8 secciones mecánicas.

Por tanto para cada etapa se debe obtener:

- Número de unidades efectivas por mes; esta efectividad de servicio se mide por un porcentaje específico (60%) de tiempo real de producción. Si la unidad en cuestión prestó servicio durante un tiempo superior o igual al porcentaje especificado, entonces se puede establecer que dicha unidad fue efectiva ese período.

- La información de producción total de cada etapa para los períodos en cuestión tomada en un número de períodos históricos para poder realizar una estimación típica puntual.

La información anterior y los datos históricos de cambio de los repuestos efectivos son la base de datos de entrada para los diagramas de cálculo de vida útil.

En su proceso estos diagramas generarán las vidas en unidades de producción como también el número máximo de cambios esperados al someter tal unidad al cumplimiento de la meta productiva para ese período.

de importación.

2.5.2 Clasificación por frecuencia de uso

Esta clasificación atiende y se deduce empíricamente en la actualidad teniendo en cuenta la frecuencia de cambios del repuesto; el análisis establece tres grupos a saber:

2.5.2.1 Repuestos discontinuados

Aquellos que por razón de obsolescencia de las unidades de producción o por las modificaciones mecánicas introducidas en las unidades no son ni producidas por las casas matrices o no se consiguen en el mercado nacional, debido a los cambios en las especificaciones del repuesto.

2.5.2.2 Repuestos de movimiento lento

Son aquellos repuestos cuya tasa de consumo es baja, lo que no justifica sistemas detallados de control por parte de la sección correspondiente.

2.5.2.3 Repuestos de movimiento rápido

Son aquellos repuestos cuya tasa de consumo es bastante alta y por tal motivo se debe ejercer un mayor control; estos son importantes en relación a su "velocidad de cambio" y no deben faltar nunca en el almacenamiento debido a los perjuicios que ocasionaría su escasez.

2.5.2.4 Chatarras

Son aquellos repuestos consumidos y guardados pero que en un momento de

terminado pueden ser reprocesados (algunos) para un ulterior uso o vendidos al mercado a bajo precio para otros fines.

2.5.3 Efectos del análisis de las características de los repuestos sobre las funciones del estudio propuesto

Las anteriores características sirven de base para los tratamientos de clasificación y procesamiento de los datos. Dichas características son accesables desde el archivo de kárdex que la compañía mantiene para el control inventarial.

Los diagramas identificarán y clasificarán los informes de acuerdo a la condición de fabricados o de importados ordenando estos por: clase (unidad de producción), sección mecánica y número de repuesto dentro de la sección.

Las características de acuerdo a la frecuencia de uso se dividen, (para uso de los diagramas de vidas), en dos grandes grupos:

2.5.3.1 Repuestos tipo I

Son aquellos que presentan una frecuencia de uso alta, lo cual será razón para darles un tratamiento de análisis más estricto.

El diagrama tomará este tipo de datos aunadamente con sus cambios históricos en los años anteriores disponibles y calculará estadísticamente los parámetros necesarios (media, varianza, estimaciones puntuales y por intervalos).

Esta clase de datos además se prestan para tratamientos confiables por medio de los diagramas para generación de parámetros y control Inventarial.

2.5.3.2 Repuestos tipo 2

Son aquellos que presentan una frecuencia de uso baja los programas para el cálculo de vidas analizarán la secuencia y la buscarán dentro de la lógica boaleana establecida la cual debe determinar si es posible aplicarle alguna forma de análisis en lo relativo a sus vidas efectivas útiles.

2.6 CONJUNTO DE DIAGRAMAS PROCESADOS PARA EL CALCULO DE LA VIDA EFECTIVA UTIL POR REPUESTO

Este conjunto de diagramas deberán analizar estadísticamente el conjunto de datos que lo alimenten teniendo en cuenta como objetivo principal el de dar a cada repuesto un intervalo de falla dentro de las condiciones productivas actuantes.

A continuación se indicó las consideraciones que se llegaron a establecer para excitar el ciclo de diagramas pertenecientes a este conjunto.

2.6.1 Sustentaciones teóricas previas

2.6.1.1 Análisis preliminar

Condensan los tópicos que llevan a tomar una decisión en relación a las condiciones que deben cumplir:

2.6.1.1.1 Sobre las unidades de producción

Como los estimativos que se van a realizar se desarrollan infiriendo sobre una unidad tipificada de producción entonces surge el problema de tratar de establecerla.

Uno de los mayores impedimentos se muestran en las variabilidades que se hallan en el número de unidades activas pues los imprevisibles de mantenimiento y montaje no pueden asegurar un número estable de unidades activas dentro de una etapa de producción particular; adjunto lo anterior al hecho de que el número de cambios es aleatorio entonces la producción también lo es.

En conclusión la máquina en análisis se selecciona al azar dentro del grupo de máquinas (etapa de producción) a que corresponde y las unidades que elabore se medirán en gruesas de cajetillas de cigarrillos.

2.6.1.1.2 Sobre los cambios

Como se ha visto anteriormente, para efectos de procesamiento y tratamiento de los repuestos, se han clasificado en dos grupos generalizados atendiendo a su frecuencia de cambio.

Los pertenecientes al grupo tipo I deben ser tratados con procesos de mayor confiabilidad dentro de las limitaciones de los datos o muestras disponibles.

Como la vida útil deducida depende en gran parte de la veracidad de los

datos de dicha muestra, entonces es necesario dar una medida de dicha veracidad y ello lo conseguimos suponiendo la pertenencia de los datos de un repuesto particular a una distribución probabilística que nos permita inferir algún intervalo con una confiabilidad prefijada.

2.6.1.1.3 Sobre el método de cálculo de la vida efectiva útil (VEFU)

La VEFU de un repuesto debe ser una medida fácilmente apreciable del servicio que puede prestar éste dentro de una unidad productiva sin que ocasione distorsión o fallas dentro de ella.

La primera medida que se nos insunúa es de tiempo; bien, si tomamos el tiempo como variable de base encontramos que este hay que restringirlo a tiempo real de producción debido a que la planta de producción está sujeta a innumerables variaciones introducidas por razones entre otras:

- Maquinaria obsoleta
- Imprevisibles mecánicos
- Imprevisibles eléctricos
- Asíncronización entre etapas
- Imprevisibles humanos
- Posible falta de materia prima

Sucede entonces que las unidades de producción deben permanecer inactivas obligadamente. El reactivar la unidad produce en sus repuestos un esfuerzo de arranque, así puede apreciarse que el número de paradas obligadas introduce un número de arranques que irán en anormal deterioro

ro del repuesto. Es por lo tanto difícil dar una medida de la vida efectiva en unidades de tiempo corriente, es necesario en consecuencia tomar una unidad del tiempo real que cualquier unidad productiva ha permanecido activa, lo que resulta casi imposible inferir esa medida para cada repuesto. Los registros no pueden dar esa indicación tan específica y ello es razonable porque en caso de poderse constatar, los registros de información serían una extensión grande de causas de fallas.

Ahora consideremos la unidad de producción C, compuesta por R_i, repuesto y consideremos que la falla de cualquiera de los R_i detiene la máquina.

Consideremos a su vez que la máquina durante su tiempo real de producción alcanzó una producción acumulada de P₁ unidades de producto.

Digamos entonces que el R₁ alcanzó a producir P₁ o duró antes de ser recambiado P₁ unidades de producto.

Inductivamente podemos establecer:

Durante un período productivo la máquina C alcanzó una producción total igual a P_T unidades de producto. Además supongamos que dicha máquina tiene un total de 10 repuestos, entonces $R_1 = (R_1, R_2, R_3, \dots, R_{10})$, digamos también que los repuestos R₂, R₃ presentan los siguientes cambios:

$$R_2 = 2 \text{ y } R_3 = 4$$

Entonces distribuimos y formamos la variable vida así:

$$V_2 = PT/2; V_3 = PT/4$$

En general tenemos:

$$\text{Vida efectiva útil del repuesto} \triangleq \frac{\text{Producción real total por unidad}}{\text{Número de cambios del repuesto}}$$

$$\text{O sea: } V_i \triangleq PT/C_i$$

La variable "V" es por tanto aleatoria y la periodicidad cada vez más estable de los planes de montaje y de mantenimiento desecharán muchas de las variabilidades que hacen inestable el sistema y harán que la variable se ajuste a una distribución normal de estrecha varianza.

Se asume que la variable pertenece a una distribución T de Student, pues el número de datos para la creación de la muestra son pocos.

Lo anterior permite realizar una estimación de intervalo para la variable vida (V) la cual muestra una necesidad de cambio con un 95% de confiabilidad.

Como puede apreciarse, la veracidad de dicha hipótesis depende de la muestra base y su tamaño. La facilidad de la variable escogida introduce controles inmediatos pues es fácil saber en un momento dado la pro

ducción acumulada real total y el tiempo real de producción que las máquinas disponen de contadores de productos elaborados.

2.6.1.1.4 Sobre las velocidades de producción

Elas deben obtenerse para cada unidad de producción en gruesas por hora. Establecido lo anterior se puede obtener la vida efectiva útil en unidades de tiempo la cual es otra guía de revisión de control y es posible que algún funcionario tenga una apreciación de la duración de un repuesto más clara si la observa en esa unidad temporal, la fórmula general será:

$$v = (PT / C) \times (1 / (VH \times NE))$$

Donde:

VH = número de gruesas que produce la unidad productiva por hora.

NE = número esperado de unidades de producción que sean efectivas en el período o subperíodo de análisis.

2.6.1.1.5 Sobre los períodos de análisis

Se tomaron como base los datos tipo 1, períodos independientes caracterizados por cada mes, ello atiende a que todas las cosas ocurran cíclicamente y las circunstancias que en cada uno se hallan lo hacen característico, específico e independiente de los demás.

Así las circunstancias del medio interno y externo que afectan las funciones productivas en un mes, por ejemplo enero, harán que todos los eneros tengan condiciones similares que las diferencian de marzo o

abril, de ahí que se analicen distribuciones para enero, febrero,... diciembre, que muestran el comportamiento de un repuesto a través del período anual.

Para los datos tipo 2, se tomarán consideraciones estadísticas análogas a las del tipo 1 sí y solo sí de sus datos se genera una variable booleana completa.

2.6.1.2 Consideraciones estadísticas para la VEFU

Como puede apreciarse, se tendrá un conjunto de datos históricos para cambios y otro de producciones históricas, con esto se forma la variable (V) vida.

Uno de nuestros supuestos es la pertenencia de esta variable V a una distribución normal la cual es un límite de la distribución t que se aplica.

Se sabe que el fracaso de un estadístico en la búsqueda de una distribución normal en el estudio de un proceso, suele ser la clave que sugiere que algún factor es mal usado en el mismo. El hacer la observación de estos datos aislados para la variable vida tal vez de al traste con la normalidad de ésta ya que, como se ha expuesto anteriormente el proceso contiene inherentes una cantidad no apreciable de factores que alteren las actividades productivas, entonces se analizarán subgrupos (ver numeral (2.6.1.1.5)).

Se apreciaba, entonces, que los resultados se presentan para cada mes del año, pero los promedios de los meses se tratarán como una sola distribución; el uso de los subgrupos promedia las variabilidades.

Más importante aún, es que la distribución de frecuencias de los promedios de los subgrupos tienden a dar una distribución normal aun cuando sus elementos procedan de una población que se halle lejos de ser normal.

Observar los siguientes puntos importantes:

- La distribución de los promedios de los subgrupos tienden hacia la curva normal cuando no sea normal la población original de los individuos (teorema del límite central).
- La desviación típica de las distribuciones de frecuencia de los promedios de los subgrupos es menor cuanto mayor sea el tamaño de la muestra del subgrupo. En efecto la desviación típica de los promedios varía en sentido inverso del tamaño de la muestra del subgrupo, o sea:

$$\sqrt{\bar{x}} = \frac{\sqrt{x}}{\sqrt{n}}$$

$\sqrt{\bar{x}}$ = Desviación típica del conjunto del promedio del grupo

$\sqrt{x}$ = Desviación típica de los individuos

n = Tamaño de la muestra

$\sqrt{\bar{x}}$ = Se conoce error típico de la media el cual es un número útil por que su empleo mejora nuestra capacidad para hacer inferencias a partir de la muestra. Debido a que las observaciones de individuos tienen una

variabilidad σ relativamente elevada, es difícil a veces decir si una observación que es diferente de la media representa un cambio en el nivel de proceso o solamente una variación al azar.

Puesto que los promedios tienen una menor variabilidad σ_x resulta más fácil distinguir entre un cambio real y una variación al azar. En el presente estudio se calcularán la media y la varianza a partir de muestras relativamente pequeñas, no conocemos μ ni σ de la variable V , entonces debemos hacer estimaciones para estos parámetros y emplear $\bar{V}$ que es la media muestral y s^2 como varianza muestral.

Como se sabe existe una familia de distribuciones t-student que se aproximan a lo normal, las cuales dependen del tamaño de la muestra por su grado de aproximación a la curva normal.

Cuanto mayor sea el tamaño de la muestra, mejor será la aproximación a la distribución normal. Cuando el tamaño de la muestra es mayor o igual de 30 el tratamiento en lugar ser t-sudent se aproxima a normal.

Específicamente el tratamiento estadístico para el análisis de la vida efectiva sigue la siguiente secuencia de pasos:

- Se formará la variable V para el máximo número de años asequibles de ser muestrados.
- Se formarán 12 subgrupos de valores de V , cada uno correspondiente a

un mes del año.

- Cada subgrupo genera información estadística sobre $\bar{V}$ y un intervalo del 95% de confianza para obligación de cambio.

- Se trabajará posteriormente con la diferencia de los promedios de los subgrupos ($\bar{V}$) para realizar en base a ella estimación del 95% la $\mu(V)$.

En cuanto a este punto se encuentran definidos los tratamientos y sus tentaciones teóricas para la variable V ; a continuación se indicarán los métodos para estimar puntualmente $\mu(V)$ y $\sigma(V)$.

2.6.1.2.1 Estimaciones puntuales

A continuación se introduce una información básica de estadística para su desarrollo posterior.

- Media muestral: sean $V_1, V_2, \dots, V_n$ una muestra aleatoria de tamaño n extraída de una población con función de densidad $f(V)$; entonces se define:

$$\text{Media muestral} \triangleq \bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i$$

$$\text{Varianza muestral} \triangleq \sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2$$

Si N es el número total de elementos de la población $f(V)$, entonces se

¹ LINCOLN, L. Chao. Estadística para las ciencias administrativas. 2a.Ed. p. 91.

define:

$$\text{Media poblacional } \Delta \mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_i$$

$$\text{Varianza poblacional } \Delta \sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (V_i - \mu)^2$$

μ y σ son entonces los parámetros que caracterizan a la población $f(V)$.

$$\text{Relaciones: } E(\bar{V}) = \mu ; \sigma_{\bar{V}} = \sigma/\sqrt{n}$$

Las estimaciones puntuales constan de un solo punto. Es un número computado de valores observados de la variable con los cuales pretendemos estimar los parámetros poblacionales.

Para el presente estudio se estimarán y respectivamente con $\bar{V}$ y s^2 así:

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i ; s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}{(n-1)} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i^2 - (\sum_{i=1}^n V_i)^2}{n(n-1)}$$

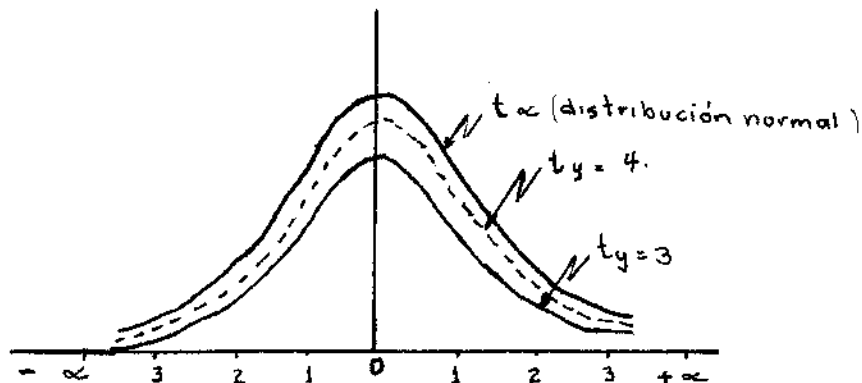
Los cuales son insesgados y de hecho con riesgo mínimo, consistentes y asintóticamente eficientes.

2.6.1.2.2 Distribución T de Student

Tomando al azar un gran número de muestras de tamaño n de una población normal, para cada muestra encontramos el estadístico T_y así:

$$T_y = (V - \bar{V}) / \sqrt{V^2}$$

Gráficamente los valores T_y obtenemos las siguientes curvas.



Las curvas del gráfico anterior tienen las siguientes características:

- Las curvas se asemejan a la distribución normal reducida.
- Las curvas tienen mayores desviaciones típicas que la distribución normal reducida.
- La forma exacta de la curva varía con (Y) . La curva de la distribución T_y es muy diferente de la normal si n es pequeño, y se aproxima más a la normal si (y) crece.

2.6.1.2.3 Estimación por intervalos

En nuestro caso nos interesa conocer un estimador de la vida efectiva.

Si tomamos una muestra de la variable V y calculamos una estimación $\bar{V}$, media de la muestra, lo que se desea es conocer la fiabilidad de esta

² Ibid., p. 215.

estimación; si tomamos otra muestra, seguramente obtendríamos un valor diferente para $\bar{V}$ como otro estimador de la media de la población; así un valor único de la media de la muestra es insuficiente para permitirnos especificar el valor de la media de la población, es por lo tanto más adecuado encontrar un intervalo de valores razonables dentro del cual caiga efectivamente la verdadera media de la población.

2.6.1.2.4 Límites de confianza para $\bar{Y}$ desconocida

Calcularemos un intervalo de confianza con un nivel de significación del 95% basándonos en la distribución t -de Student y de este modo sobre el valor $t_{\gamma, \alpha/2}$; donde el subíndice (γ) representa el número de grados de libertad ($n - 1$) y $\alpha/2 = .025$.

Los límites de confianza para la variable son:

$$(\bar{V} - t_{\gamma, \alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n-1}}) \leq \mu \leq (\bar{V} + t_{\gamma, \alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n-1}})^3$$

Por tanto, cada muestra que tenemos nos dará valores de $\bar{V}$ y de s que probablemente difieren de aquellos que obtendríamos de una muestra tomada de la misma población.

Así, los valores de los límites de confianza variarán con el valor de $\bar{V}$ y la amplitud del intervalo de confianza cambiará con el valor de s , aun para muestras de igual tamaño. Además, para muestras reducidas el valor de t_{γ} es grande y el intervalo de confianza será grande; ahora bien, según crece n el coeficiente de confianza t_{γ} se aproxima el

³ Ibid., p. 177.

valor t cuando se conoce ∇ .

2.6.1.2.4.1 Deducción del intervalo de confianza

Dada una muestra aleatoria perteneciente a la variable V

$V \sim n(\mu, \nabla^2)$ y sabiendo que:

$$\frac{\bar{V} - \mu}{\left[\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}{(n-1)} \right]^{1/2}} \sim t_{n-1} \Rightarrow \frac{\bar{V} - \mu}{\left[\frac{s^2}{(n-1)} \right]^{1/2}} = \frac{(\bar{V} - \mu) \sqrt{n-1}}{s} \sim t_{(n-1, \gamma)}$$

Podemos hallar el valor $t_{\alpha/2}$ tal que:

$$\Pr(-t_{\alpha/2} \leq \frac{(\bar{V} - \mu) \sqrt{n-1}}{s} \leq t_{\alpha/2}) = 1 - \alpha \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

$$\Pr(-t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n-1}} \leq (\bar{V} - \mu) \leq t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n-1}}) = 1 - \alpha$$

$$\Rightarrow \bar{V} - t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n-1}} \leq \mu \leq t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n-1}} + \bar{V}$$

El cual es un intervalo del $(1 - \alpha)\%$ de confianza para que encontremos localizada la media μ . El promedio de unidades que logró producir un repuesto activo en una unidad productiva estará dentro de este intervalo dado.

2.6.1.3 Selección de las unidades de análisis

Uno de los problemas que encontré al tratar de obtener los datos de cambio de repuestos y de producción fue la dificultad de accederlos debido a que durante unos períodos se tomaban datos con un formato y lue

go durante otros el formato era diferente, algunas veces no pudiendo
se identificar el dato que se deseaba.

Sobre los datos históricos necesarios (cambios y producción) solo fué posible hallar información de 4 años, de ahí que los datos y las estimaciones realizadas en base a ellos no tienen un análisis sobre tamaños muestrales para obtener un grado de confianza ni otra decimación.

Las bases teóricas estadísticas sobre las que se hace el desarrollo, son y han sido las herramientas comunes y corrientes que se han empleado durante los cursos de estadística, siendo esta la razón por la cual no detallamos pruebas de dócima profunda. El número de repuestos que se analizan es grande y por lo tanto se necesataría una serie de diagramas que redundan en una justificación del presente proyecto.

El método de prueba estadístico se ha cambiado por uno de prueba empírico siendo la secuencia de pasos la siguiente:

- Resultados de proceso: vendrán discriminados en repuestos tipo 1 ó de alta frecuencia y tipo 2 ó de baja frecuencia de cambios.

Estos resultados deberán recibir el visto bueno de las personas competentes en la parte de taller y diagramación de montaje quienes son los indicados para ello.

- En el diagrama veremos como se reprocesarán y actualizarán los re

puestos que han sido modificados en sus valores por los peritos encargados. Con las anteriores consideraciones entro a describir funcionalmente los diagramas que muestran el proceso de de la VEFU.

2.6.2 Diagramas que muestran el proceso de la VEFU

Este conjunto de diagramas están elaborados con lógica para aprovechar las facilidades del lenguaje más óptimo en caso de codificarse.

2.6.2.1 Ciclo de diagramas

Básicamente son dos diagramas los que componen este ciclo:

2.6.2.1.1 Diagrama 1

2.6.2.1.1.1 Diagrama de bloque del diagrama 1

Ver gráfico anexo en la siguiente hoja.

2.6.2.1.2 Diagrama 2

Este diagrama está sujeto al diagrama 1 debido a que necesita del archivo de identificación de repuestos y las tablas de código-llaves identificadas por este.

El diagrama 2 debe mostrar resultados clasificados por unidad de producción, clase y número (código del repuesto), estadísticas sobre la VEFU de cada repuesto.

Este será el diagrama central del proceso de este ciclo y mostrará archivos con los resultados estadísticos para los repuestos tipo 1 y tipo 2,

DIAGRAMA DE BLOQUE DEL DIAGRAMA-1

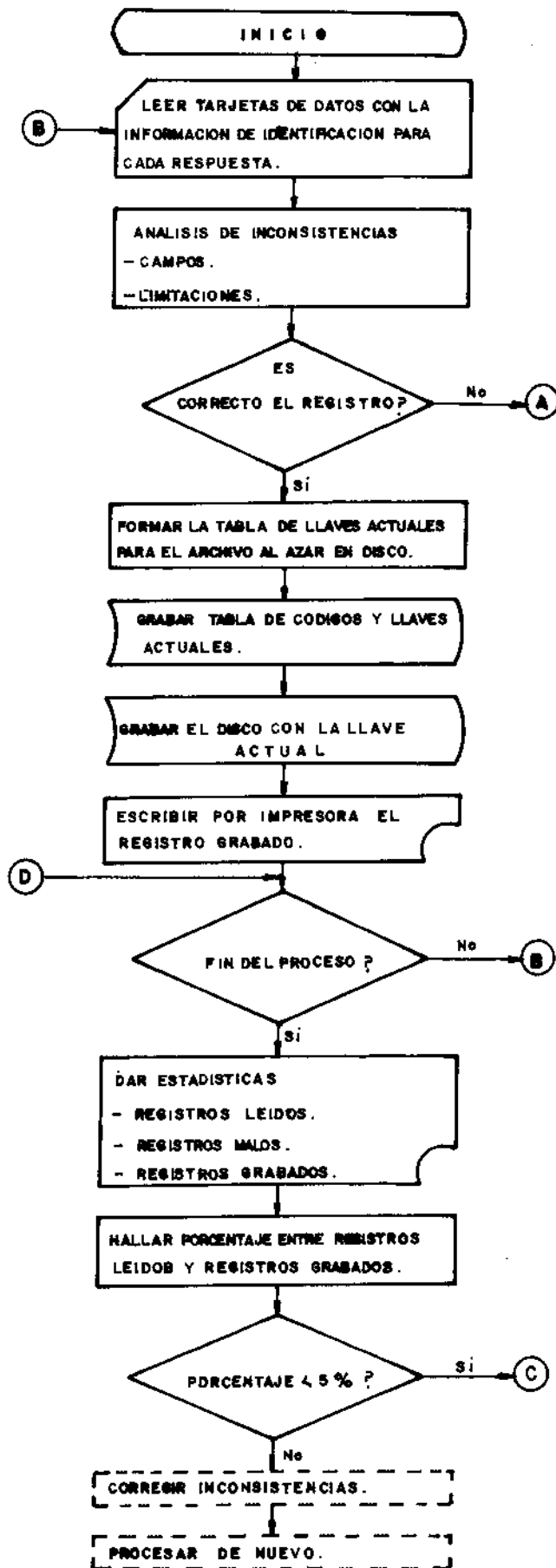


DIAGRAMA DE PASADA DEL DIAGRAMA - 1

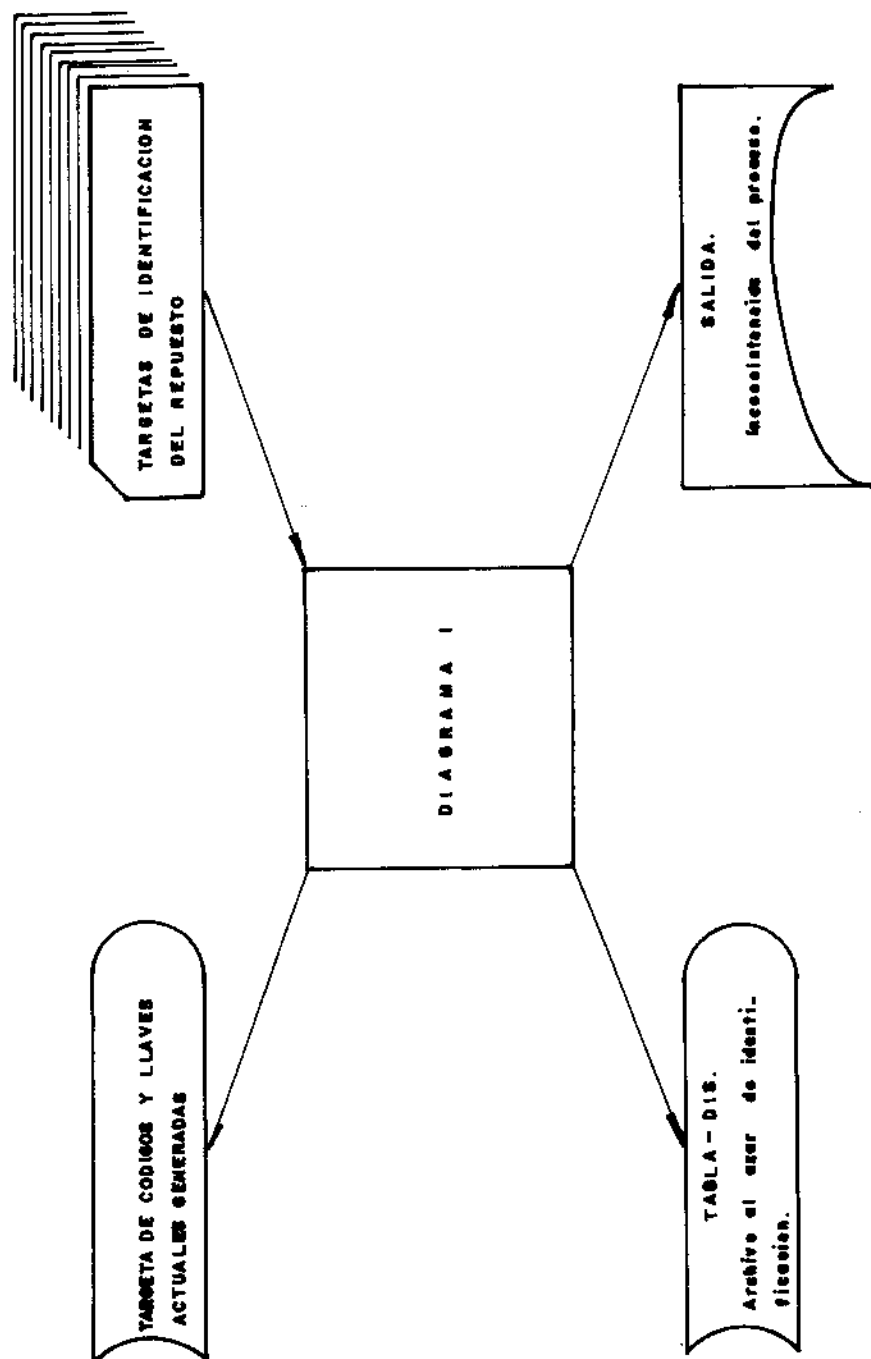
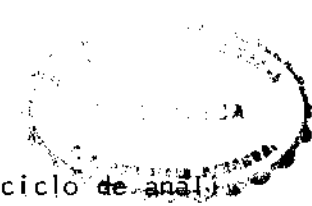


DIAGRAMA - 2



los cuales serán referenciados por los diagramas del ciclo de análisis inventarial.

2.6.2.1.2.1 Diagrama de bloque del diagrama 2

(Ver gráficos)

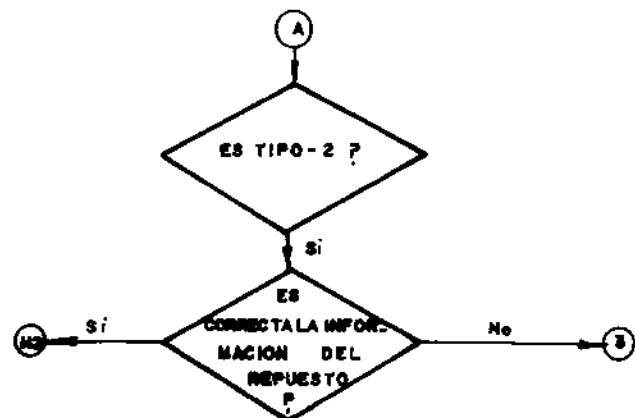
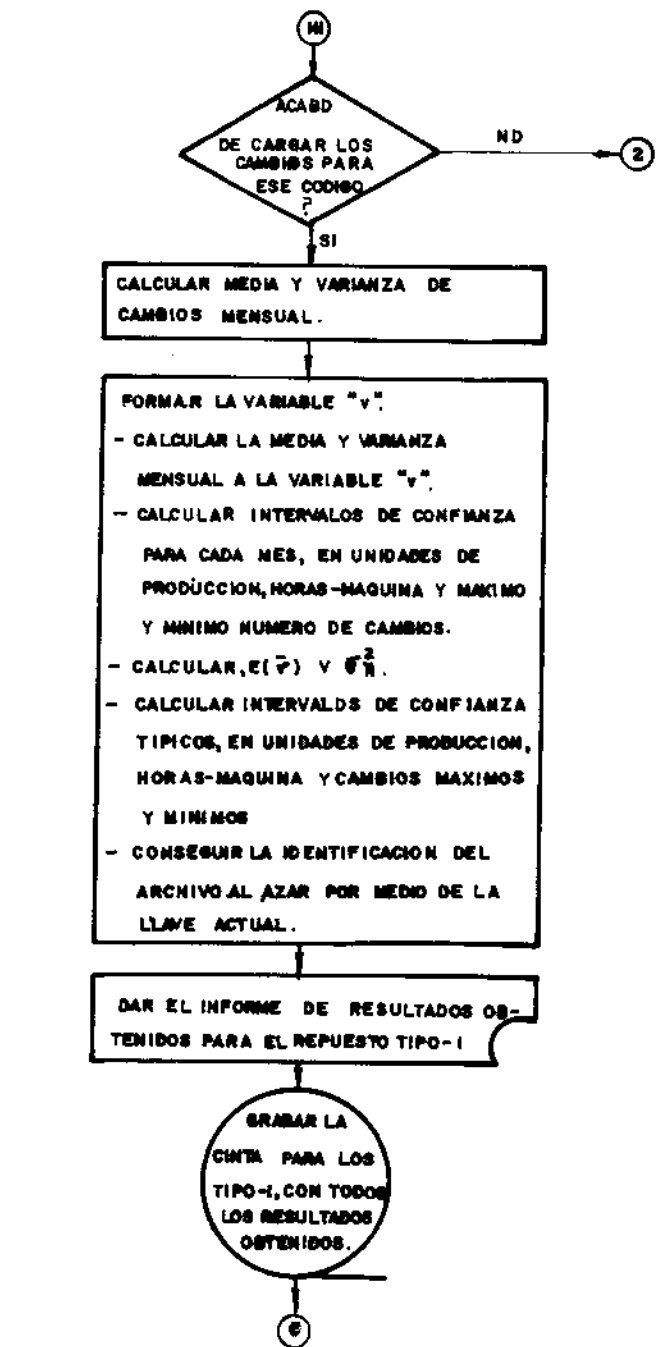
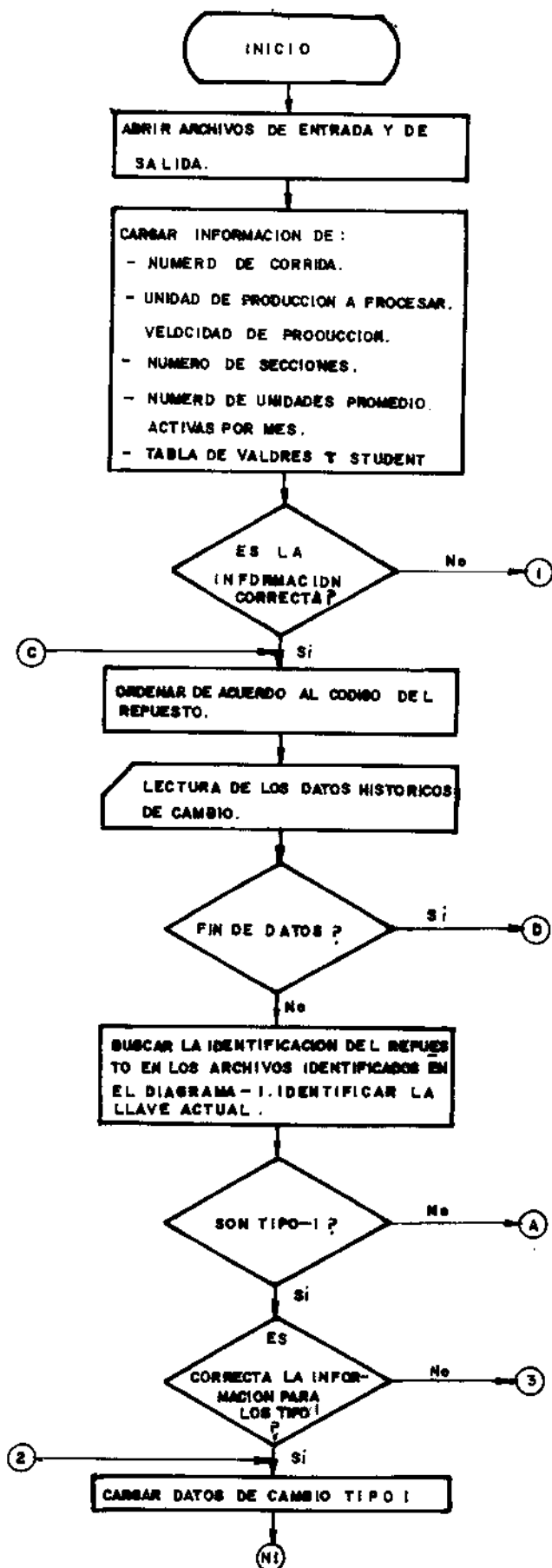
2.7 ENFOQUE DEL PROBLEMA INVENTARIAL

Es uno de los problemas más críticos en toda empresa; esta debe afrontar si dispone de gran cantidad de unidades almacenadas, ya sea para venderlas posteriormente o para el empleo interior de la empresa; esto implica la disposición de un lugar más o menos grande que la empresa puede necesitar para otros usos y de un capital muerto que en momentos determinados están disminuyendo las ganancias de la empresa y aumentando su impuesto.

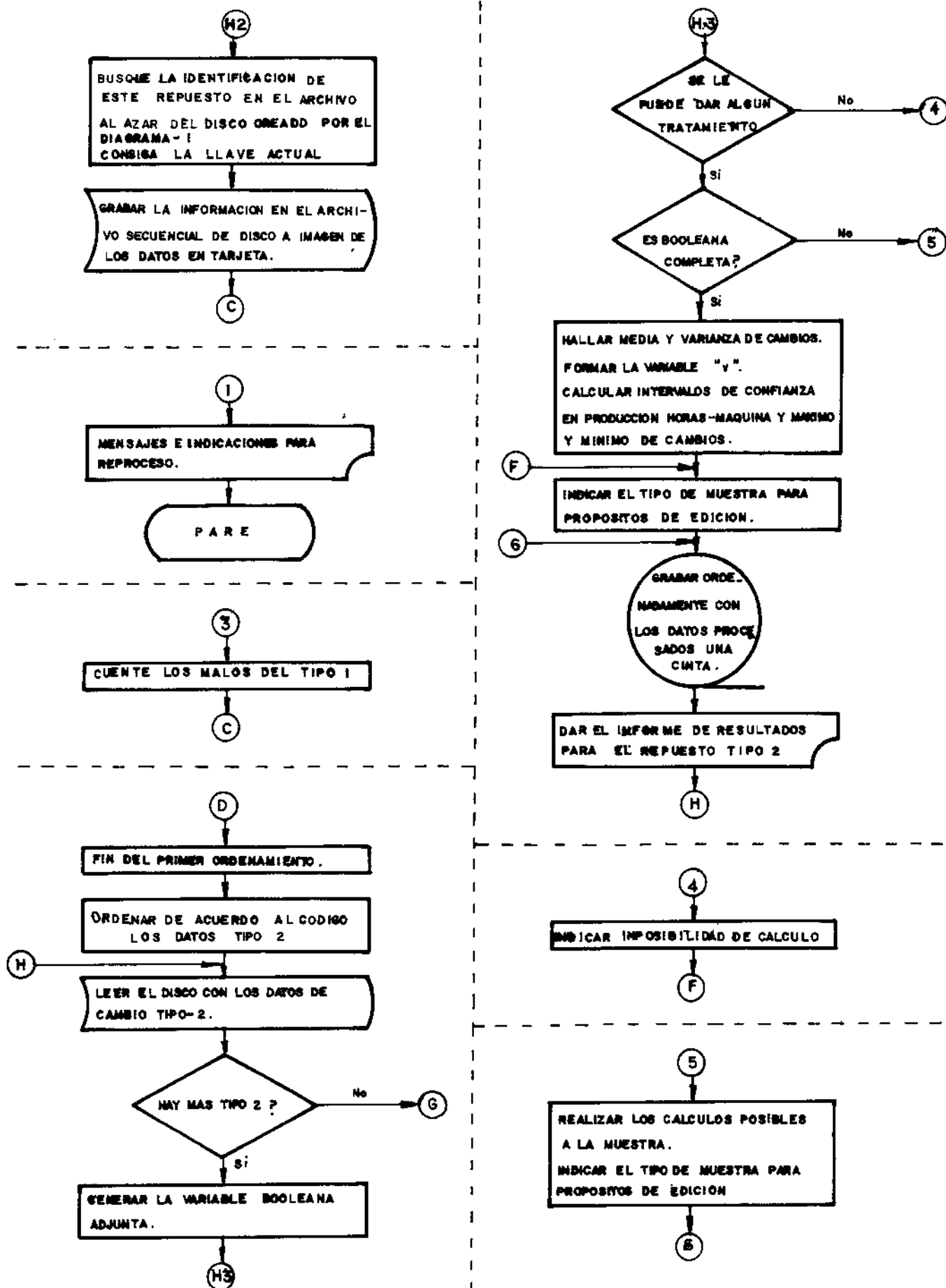
En control sistemático de este almacenamiento nos podría reducir el espacio ocupado y a la vez, hacer posible un uso racional del capital; esto implica un conocimiento adecuado de las necesidades de la empresa y de las características de las unidades a almacenar.

Desde el punto de vista financiero de una empresa, lo más importante es que la cantidad de unidades almacenadas no sobrepasen a las estrictamente indispensables para el consumo en un intervalo de tiempo determinado; pero en la realidad, enfocando el problema desde el punto de vista de demanda, muchas veces la empresa necesitaría almacenar más de las estrictamente indispensables, debido a que en momentos lo almacenado puede no

DIAGRAMA DE BLOQUE DEL DIAGRAMA - 2



CONTINUACION DEL DIAGRAMA DE BLOQUE DEL DIAGRAMA - 2



CONTINUACION DEL DIAGRAMA DE BLOQUE DEL DIAGRAMA-2

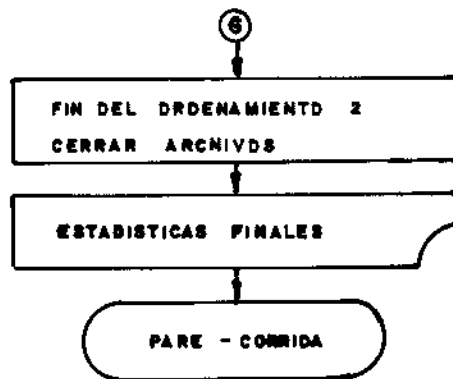
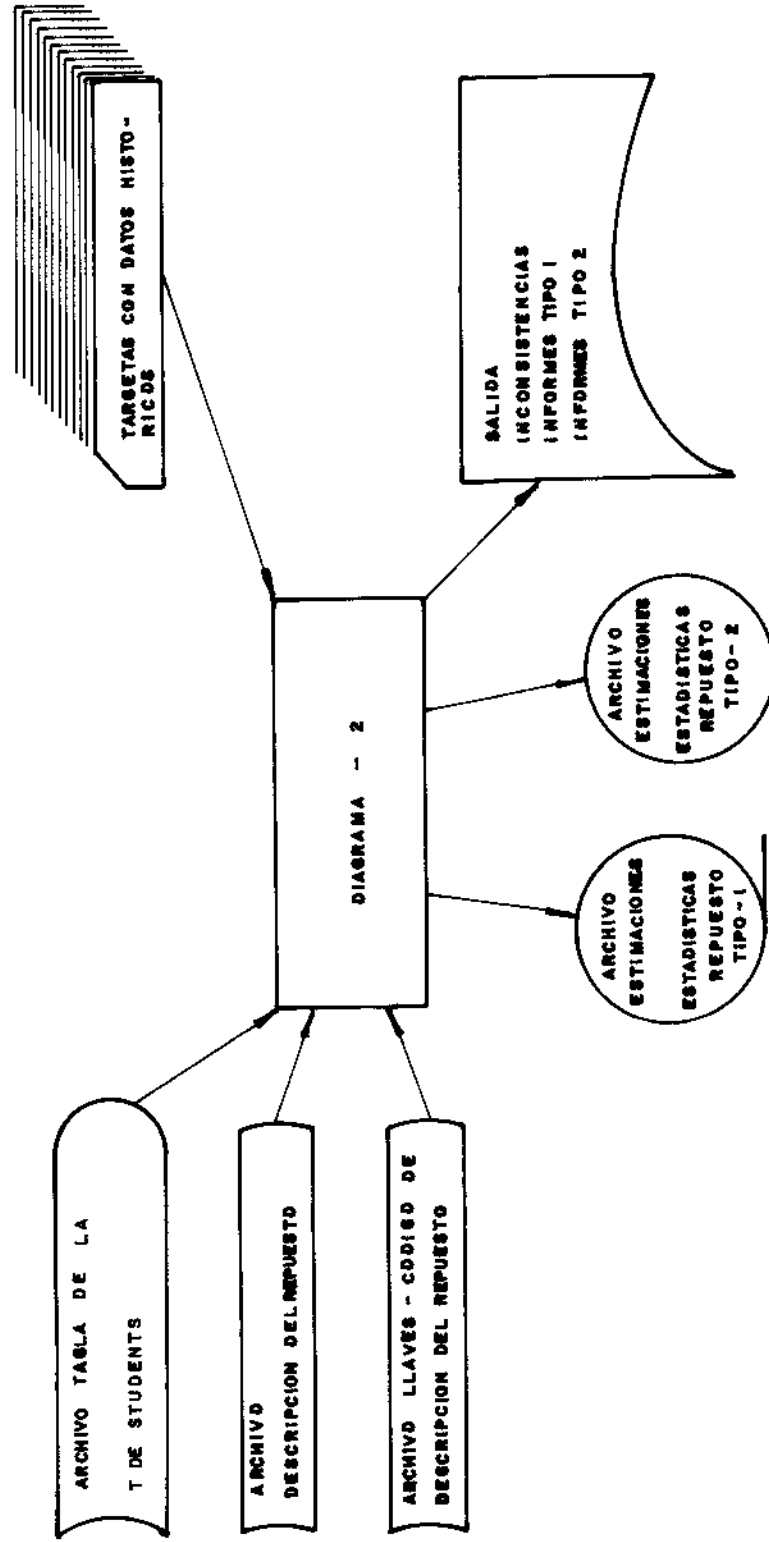


DIAGRAMA DE PASADA DEL DIAGRAMA -2



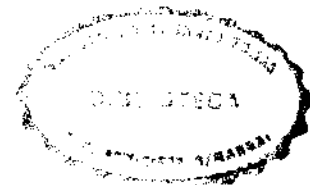
satisfacer la demanda de estas unidades ocasionando costos adicionales por incumplimiento en la entrega o por forzamiento del equipo de producción al tratar de producir estas unidades insatisfechas, o también ocasionando detenciones obligatorias en el equipo de producción por falta de unidades para su normal funcionamiento todo esto implica una reducción de producción y su aumento de costos con consecuencias impredecibles para la empresa.

En nuestro caso, todas las unidades a almacenar van a ser repuestos cuyo destino son los equipos de producción; además, en la actualidad la producción de la empresa solo alcanza para satisfacer la demanda existente en el mercado y por consiguiente todas las unidades de producción deben estar en funcionamiento (a excepción de las que están en mantenimiento obligatorio); esto nos obliga a que nuestro inventario mantenga un stock de repuestos que satisfaga en un momento determinado la demanda de las unidades de producción dañadas, evitando de esta forma una pérdida de tiempo extra del repuesto que se reflejaría en disminución de la producción prevista.

2.8 ANALISIS DE LA EMPRESA EN CUANTO A INVENTARIOS

2.8.1 El por qué del análisis

La compañía Nacional de Cigarrillos debido a su alto costo en el mantenimiento del stock de repuestos y el elevado costo de capital inmóvil, necesitó planear y controlar su almacenamiento, con el objeto de lograr un inventario óptimo que se ajuste a las necesidades de ella y a la vez tratando de evitar los costos extras que conlleva el agotamiento



de repuestos.

2.8.2 Aspectos externos del almacenamiento

2.8.2.1 Tipo de almacenamiento

Dado que la función del almacén en la compañía no persigue lucro en su funcionamiento, sino que su labor es la de servir al proceso productivo de la empresa y la de mantener los stocks para el consumo propio de ella, he decidido catalogarlo como: **ALMACENAMIENTO DE CONSUMO INTERNO.**

2.8.2.2 Clases de repuestos a almacenar

Debido a la cantidad de repuestos existentes, a la forma de obtención y a la utilización y regularidad de consumo de estos, los he clasificado en dos grandes grupos a saber:

2.8.2.2.1 Repuestos fabricados en la empresa

Con el objeto de poder reducir costos y disponer en un momento determinado de repuestos, la empresa dispone de un taller para fabricar una gran cantidad de ellos, que van a ser almacenados y posteriormente llevados al equipo dañado; a este grupo lo he llamado: **REPUESTOS DE ALMACENAMIENTO NORMAL**, debido a que su reposición se efectúa en una forma casi cíclica.

2.8.2.2.2 Repuestos adquiridos en el exterior

El equipo existente de la empresa requiere de repuestos que exigen la más estricta precisión y la más depurada técnica en su elaboración; co

mo en el país las fábricas capaces de producir este tipo de repuesto demoran demasiado en su elaboración y lo producen con un alto costo de fabricación, crean en la compañía la necesidad de adquirirlos en el exterior. La compra de este tipo de repuesto demora cierto tiempo debido a los trámites legales, esto implica el tener una cantidad de terminada de ellos que supla la demanda de estos repuestos mientras llega la nueva remesa pedida; a este grupo lo he llamado: REPUESTOS DE ALMACENAMIENTO DE SEGURIDAD debido a que su reposición no es instantánea.

2.8.2.3 Diagrama del proceso de almacenamiento

(Ver Figura 6)

2.8.3 Costos involucrados en el inventario

Uno de los problemas que conlleva un análisis de inventario es la valuación de costos, debido a que son difíciles de identificar y a veces imposible de aplicar al repuesto en almacenamiento. En nuestro caso hemos identificado dos costos generales a saber:

2.8.3.1 Costo de almacenamiento de repuestos

Denominamos costo de almacenamiento, a aquellos costos causados por mantener el repuesto en almacenamiento. Por lo general se asume que es un porcentaje sobre el nivel promedio de existencia de este repuesto. Entre estos costos hemos incluido los siguientes:

PROCESO DE ALMACENAMIENTO

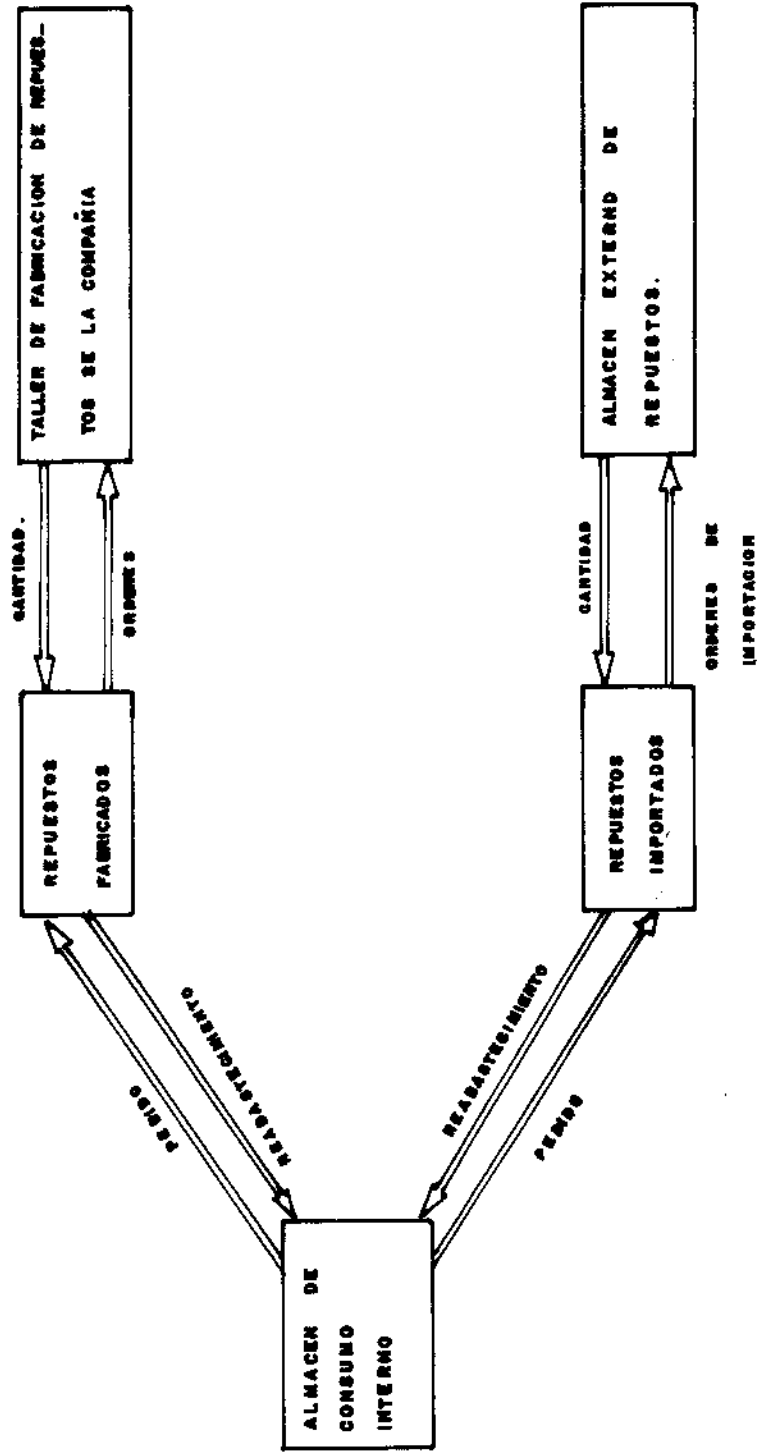
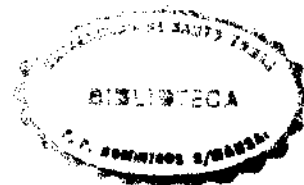


FIG. 6



2.8.3.1.1 Costo de capital invertido

Es el resultado de factores tales como: el valor en capital de una existencia el tiempo en que una unidad se halle inventario y la tasa de interés imputada con respecto a la unidad monetaria de capital invertido. Este costo depende básicamente de la política financiera de la empresa.

2.8.3.1.2 Costo de mantenimiento

Es el costo de mano de obra dedicada al manejo y mantenimiento de las unidades dentro del almacén.

2.8.3.2 Costo de movimiento del repuesto

Es aquel costo que se ocasiona al realizar una reposición de repuesto en el almacén. En términos de inventario se asume por lo general como un valor por cantidad pedida. Entre este costo he incluido lo siguiente:

2.8.3.2.1 Elaboración de la orden

Es el costo involucrado en la elaboración de las órdenes para la compra de nuevas unidades o para la fabricación de una remesa de unidades.

2.8.3.2.2 Comité de compras

Dado que en la compañía existe un comité para la aprobación de la compra del repuesto en el exterior, el trámite de reposición del repuesto se vuelve más costoso por el tiempo y salario de las personas que intervienen en este trámite: debido a esto es necesario incluir como costo de

movimiento el costo incurrido por el comité de compras.

2.8.3.2.3 Recepción y control de la mercancía

Estos costos se relacionan con el chequeo de unidades para determinar si cumplen los requisitos de cantidad y calidad exigidos y también tiene que ver con la ubicación de los mismos en el almacén.

2.9 MODELOS A EMPLEAR EN EL ANALISIS DE INVENTARIOS

Dado que la forma de reposición y el consumo de repuesto no siguen todos una política estandar para la aplicación de un solo modelo me he visto en la necesidad de emplear varios modelos que se ajusten a la forma de reposición y al consumo de este.

2.9.1 Parámetros empleados en los modelos

- DE = Demanda espera por unidad de tiempo
- DM = Demanda simulada de un repuesto por unidad de tiempo
- FR = Producción de repuestos por unidad de tiempo
- SS = Stock de seguridad del repuesto
- PT = Punto de pedido
- SM = Costo de movimiento de un repuesto o costo de arranque de un lote de producción.
- CA = Costo de mantener un repuesto en inventario
- TR = Tiempo de reposición de un repuesto
- q = Cantidad a pedir o a fabricar
- IP = Inventario promedio
- X = Lote óptimo para completar la cantidad a pedir en los modelos

para repuestos importados.

- T_I = Tiempo al cual se consume la cantidad X .

2.9.2 Teoría para inventarios

2.9.2.1 Inventario promedio

Es la cantidad almacenada de un mismo repuesto en el transcurso de un período determinado, será igual a la cantidad a pedir dividida por 2.

$$IP = q/2$$

En el caso de existir stock de seguridad, el inventario promedio será:

$$IP = (q/2) + SS.$$

2.9.2.2 Punto de pedido

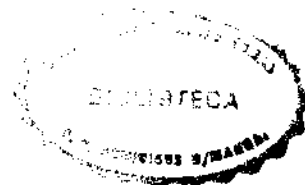
Es el nivel de existencias en almacenamiento, suficientes para el consumo máximo durante el tiempo de reposición, y que indican la necesidad de hacer un nuevo pedido.

2.9.2.3 Stock de seguridad

Cantidad razonable de repuestos que nos permita atender con normalidad la demanda que exceda al consumo promedio durante el tiempo de reposición.

2.9.2.4 Tiempo de reposición

Es el tiempo que transcurre desde el momento que se detecta la necesidad de hacer un pedido de repuestos hasta el momento que estos están disponi



bles para el consumo.

2.9.2.5 Lote económico o cantidad a pedir

Es la cantidad que minimiza los costos del inventario, está sujeta a los costos de movimiento y de almacenamiento o al stock de seguridad, el tiempo de reposición y el punto de pedido.

2.9.2.6 Nivel de inventario para los repuestos fabricados

Es la cantidad igual a la diferencia existente entre la tasa de fabricación del repuesto por unidad de tiempo y su consumo por unidad de tiempo, multiplicada por el tiempo transcurrido desde que se comenzó a fabricar.

Cuando se termina de fabricar el repuesto, el nivel existente en ese momento Z (para el caso de los modelos 1 y 2 que veremos posteriormente).

2.9.3 Modelo 1 para repuestos fabricados y de alto agotamiento

2.9.3.1 Mecánica del modelo

El taller comenzará a producir la cantidad q a una velocidad de FR repuestos/unidad de tiempo y los van llevando al almacén, además en simultaneidad con la fabricación, la planta de producción de cigarrillos va consumiendo estos repuestos a una velocidad de DE repuestos/unidad de tiempo.

Esto nos indica que la cantidad real existente en almacén en un tiempo

$0 \leq T \leq t_1$ será de: $(FR - DE) * T + SS$.

El taller parará producción cuando haya fabricado los q repuestos, o sea cuando haya transcurrido t_1 unidades de tiempo. En este momento el nivel existente de repuestos debe ser: $Z + SS$ o $(FR - DE) * t_1 + SS$.

La orden para comenzar a fabricar nuevamente se dará cuando hayan transcurrido t unidades de tiempo, es decir las órdenes serán a intervalos fijos.

El diagrama del modelo se expone en la Figura 7.

El costo total de almacenamiento para este tipo de repuestos es igual al área sombreada del triángulo multiplicada por el costo de almacenamiento unitario.

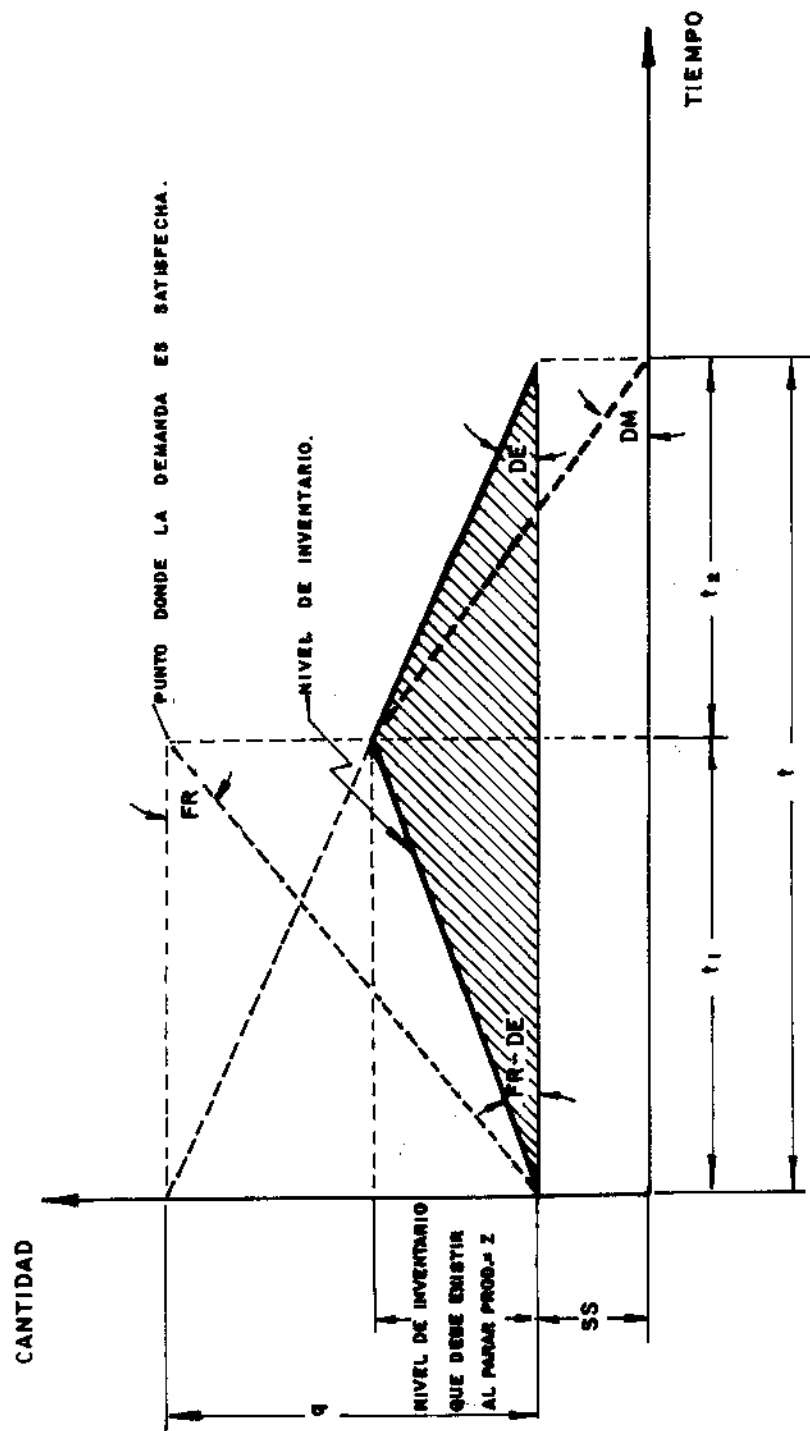
$$CAT = 1/2 * Z * t * CA.$$

Dado que en este modelo existe stock de seguridad entonces el costo total de almacenamiento se verá afectado por el costo de mantener este stock, entonces el costo total de almacenamiento para este caso será:

$$CAT = 1/2 * Z * t * CA + SS * CA * t$$

El costo total incurrido en producir y almacenar un repuesto es igual al costo total de almacenamiento más el costo de arranque de un lote de producción.

MODEL 1



PUNTO DONDE LA DEMANDA ES SATISFECHA.

-NIVEL DE INVENTARIO.

NIVEL DE INVENTARIO
QUE DEBE EXISTIR
AL PARAR PROD. = Z

5-5

TIEMPO

—

● ●

—

DM

4

22

E

FIG. 7



$$CT = CAT + CM$$

$$CT = 1/2 * Z * t * CA + SS * CA * t + CM$$

El costo total unitario será:

$$CTU = 1/2 * Z * CA + SS * CA + CM / t.$$

Expresando Z en función de la cantidad a pedir (q) tenemos:

$$Z = q - \text{demanda incurrida hasta el tiempo } t_1$$

$$Z = q - DE * t_1$$

$$\text{Pero: } FR = q/t_1 = \text{Producción por unidad de tiempo}$$

$$t_1 = q/FR$$

$$\text{Entonces: } Z = q - DE * (q/FR) = q * (1 - DE/FR)$$

Reemplazando Z en el costo total unitario tenemos:

$$CTU = 1/2 * q * (1 - DE/FR) * CA + SS * CA + CM/t$$

Expresando t en función de la cantidad a pedir tenemos:

$$DE = q/t = \text{demanda por unidad de tiempo}$$

$$\text{Entonces: } t = q/DE$$

Reemplazando t en el costo total unitario tenemos:

$$CTU = 1/2 * q * (1 - DE/FR) * CA + SS * CA + CM * DE/q$$

La cantidad óptima a fabricar será cuando el costo se haga mínimo con esta cantidad por consiguiente:

$$\partial CTU / \partial q = 0$$

$$\partial CTU / \partial q = 1/2 * (1 - DE/FR) * CA - CM * DE / q^2 = 0$$

$$CM * DE / q^2 = 1/2 * (1 - DE/FR) * CA$$

$$q^2 = (2 * FR * DE * CM) / ((FR - DE) * CA) \text{ el lote económico óptimo será:}$$

$$q^* = \sqrt{(2 * FR * DE * CM) / ((FR - DE) * CA)}$$

Tiempo empleado en fabricar este lote

$$t_1 = (q^* / FR)$$

El problema se presenta cuando al terminar la producción ocurre la demanda máxima en lugar de la esperada para este caso tendremos un stock de seguridad emergente que nos evita la insuficiencia en caso de presentarse la demanda máxima.

Cuando se presenta la demanda máxima:

$$t_2 = (Z + SS) / DM = Z / DE$$

$$Z * DE + SS * DE = Z * DM$$

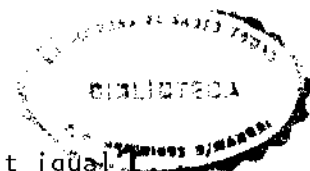
$$SS = (Z * (DM - DE)) / DE$$

$$SS = (q (FR - DE) * (DM - DE)) / (DE * FR)$$

Expresando el stock de seguridad en función del lote económico tenemos:

SS = Stock de seguridad óptima

$$SS = ((q^*) (FR - DE) * (DM - DE)) / (DE * FR)$$



Sea Y el pedido a fabricar cuando se ha cumplido un tiempo t igual a t_1 y sea ED la existencia disponible en ese mismo tiempo, entonces Y es tará sujeta a:

- Si $DM > DE$ para $t_1 \leq t \leq t_2$

$$Y = (q^*) + (SS - ED)$$

- Si $DM = DE$ para el mismo intervalo de tiempo

$$Y = (q^*)$$

- Si $DM < DE$ para el mismo intervalo de tiempo

$$Y = (q^*) - (ED - SS)$$

2.9.4 Modelo 2 para repuestos importados y de alto agotamiento

Este tipo de modelo depende básicamente de su tiempo de reposición.

Como se necesita que estos repuestos existan siempre en el almacén y dada la poca modificabilidad del tiempo de reposición el lote económico dependerá de los siguientes parámetros:

- DE = demanda esperada
- DM = demanda generada
- TR = tiempo de reposición

El diagrama del modelo se expone en la figura 8.

Sea: Q = Cantidad total a consumir

T = Tiempo total al cual se consume la cantidad Q

B = Tasa de consumo de la cantidad Q

MODELO 2

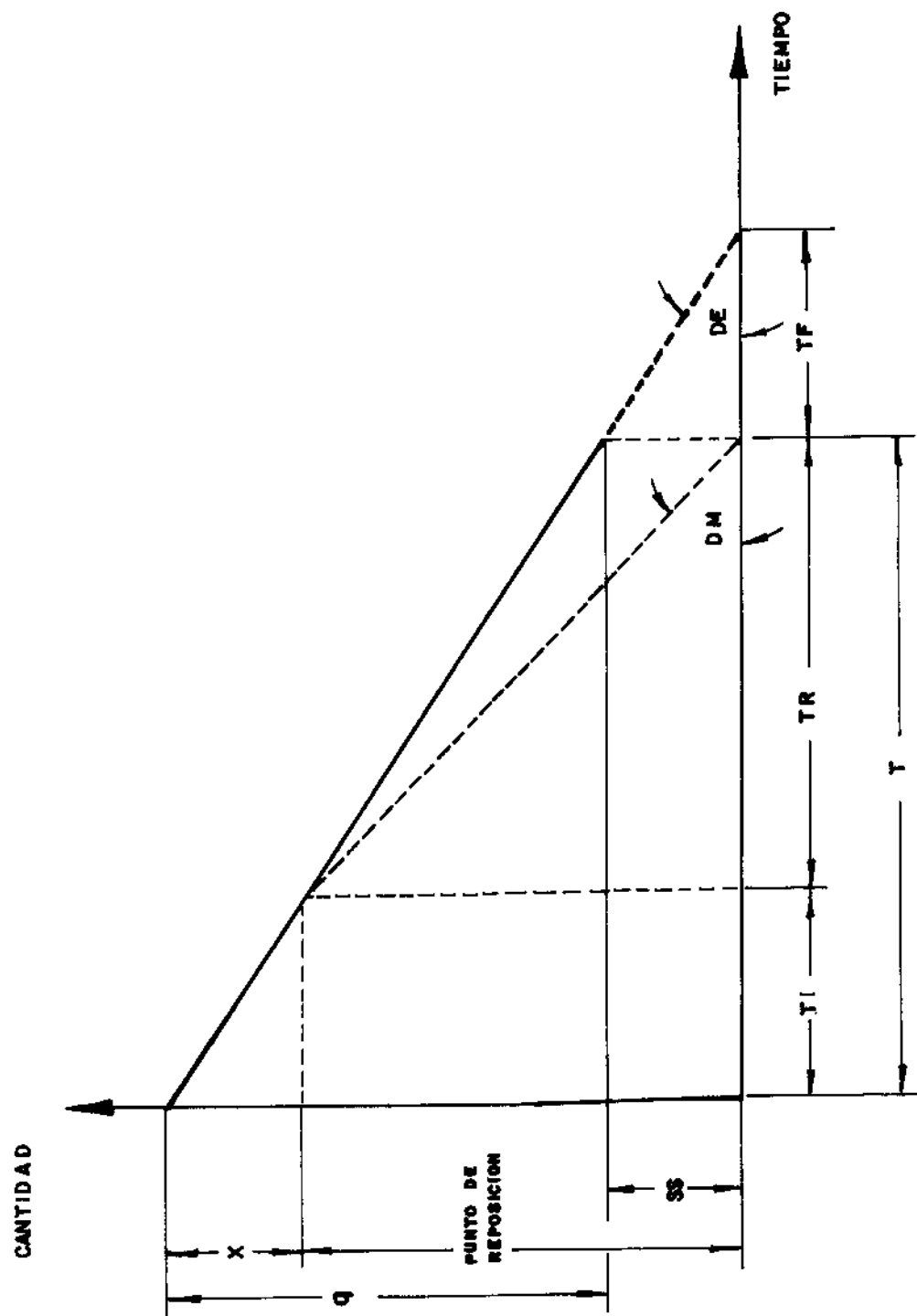
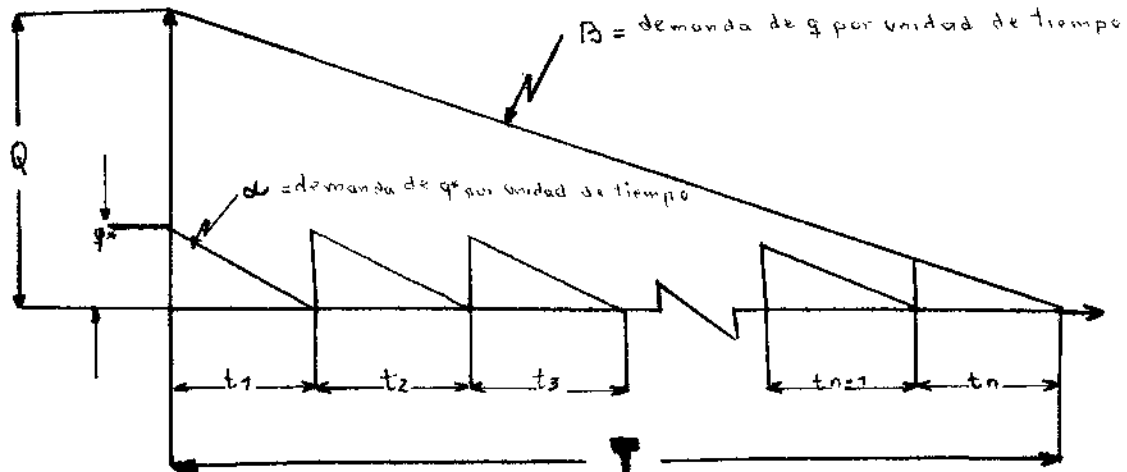


FIG. 8

Gráficamente tenemos:



Como puede apreciarse en el gráfico, el modelo es de pedidos iguales a intervalos iguales, donde en lugar de almacenar la cantidad Q se piden pequeños lotes que vienen siendo óptimos en cuanto a costos.

Como en este caso no necesito que queden unidades almacenadas, entonces:

$$\sum_{L=1}^n q_L^* = Q \quad \text{Dado que: } q_1^* = q_2^* = q_3^* = \dots = q_n^*$$

$$\text{Y } t_1 = t_2 = \dots = t_n$$

$$q_i^* = q^*; \quad \sum_{L=1}^n q_i^* = nq^* = Q \quad (1)$$

Se necesita demostrar que la tasa de consumo de q^* es igual a la tasa



de consumo de Q.

$$H: \mathcal{L} = B$$

No podría decirse que sea un modelo para calcular un lote óptimo en cuanto a costos, pero sí podría afirmarse que es un modelo para calcular lotes óptimos en cuanto a garantizar la no insuficiencia del repuesto mientras llega el pedido hecho.

Cálculo del punto de pedido

$$DM = PT/TR$$

$$PT = DM * TR$$

Cálculo de stock de seguridad

$$DE = (PT - SS)/TR$$

$$DE * TR - PT = -SS$$

$$SS = DM * TR - DE * TR$$

$$SS = TR * (DM - DE)$$

Cálculo de la cantidad a pedir (q):

$$q = PT + X - SS$$

El problema se presenta con el cálculo de la cantidad X para completar el lote óptimo.

Para este caso asumimos X es el lote óptimo a pedir si la cantidad a consumir es $PT + X$, y que T_1 es el intervalo óptimo al término del cual se consume la cantidad X .

Esta consideración fue hecha debido a que la tasa de consumo de la cantidad X durante el intervalo T_1 es igual a la tasa de consumo de la cantidad $PT + X$ durante el intervalo $T_1 + TR + TF$.

A continuación demostraré la aseveración hecha anteriormente:

Sabemos que $nq^* = Q$, además el número de veces que se ha de hacer el pedido será:

$$n = T / t_1$$

De acuerdo al gráfico:

$$Q = T * \beta \text{ y } q^* = t_1 * \alpha$$

Reemplazando n, Q y q^* en la ecuación (1) tenemos:

$$T^* (q^*) / t_1 = T^* \beta ; (T/t_1)^* t_1^* \alpha = T^* \beta$$

Por consiguiente:

$$\alpha = \beta$$

Como puede verse, en un modelo de lote económico, la tasa de consumo es igual a la tasa de consumo de la cantidad total en el intervalo T .



Dado que en el modelo 2 la cantidad X tiene la misma tasa de consumo que la cantidad total PT + X, entonces X será el lote económico óptimo y T1 el tiempo óptimo de consumo.

Basado en lo anterior:

PT + X = Cantidad a consumir en el intervalo T1 + TF + TR

X = Cantidad a consumir en el intervalo T1

La fórmula para el lote óptimo está dada por:

$$q^* = X = \sqrt{(2^* CM^* D) / CA^* P}$$

Donde: D = demanda total = PT + X

P = precio por unidad

$$X = \sqrt{(2^* CM^* (PT + X) / CA^* P)}$$

$$X^2 = \sqrt{(2^* CM^* PT + 2^* CM^* X)^2 / (CA^* P)^2}$$

$$CA^* P X^2 = 2^* CM^* X - 2^* CM^* PT = 0$$

$$X_{1, 2} = 2^* CM^* \pm \sqrt{(4^* CM^2 + (4^* (2^* CM^* PT^* CA^* P))) / (CA^* P)^2}$$

$$X_{1, 2} = CM \pm \sqrt{(CM^2 + 2^* CM^* PT^* CA^* P) / (CA^* P)}$$

Dado que el contenido del radical es mayor que CM:

$$X = CM + \sqrt{(CM^2 + 2^* CM^* PT^* CA^* P) / (CA^* P)}$$

El tiempo que transcurre para que se consuma X será:

$X = DE \cdot Tl$, entonces: $Tl = X/DE$

2.9.4.2 Consideraciones para implementación del modelo

Para la implantación de este modelo he tenido en cuenta los siguientes factores con respecto a la demanda:

- Cuando $DE \leq DM$

En este caso no presentarán problemas y las fórmulas anteriormente se pueden aplicar sin ninguna restricción.

- Cuando $DE = DM$

En este caso el stock de seguridad será 0 (cero) dado que suponemos que la demanda simulada es igual a la demanda esperada; esta suposición la hago cuando corro el riesgo de no cumplir con la demanda en un 50%.

- Cuando $DE > DM$

En este caso supongo que habrá una insuficiencia segura de repuestos; esta suposición se hace debido a que estoy corriendo un riesgo mayor del 50% de no cumplir con la demanda prevista.

2.9.5 Modelo 3 para repuestos fabricados y de bajo agotamiento

Este modelo es una variante del modelo 1 donde no existirá stock de seguridad, además la demanda será una combinación del intervalo de duración del repuesto y de su vida promedio de uso.

Las fórmulas a emplear serán las mismas del modelo 1, donde variará sólo la demanda, entonces:

$$q^* = \sqrt{(2^* FR^* DE^* CM) / ((FR - DE)^* CA)}$$

$$t = q^* / FR$$

A partir de estas fórmulas básicas podemos calcular los demás datos que requiere el análisis de inventario para este tipo de repuesto.

2.9.6 Modelo 4 para repuestos importados y de bajo agotamiento

Como en el caso del modelo 3 este modelo será una variante del modelo 2 donde la demanda también será una combinación del intervalo de vida del repuesto y de su vida media.

Las fórmulas a emplear serán las mismas que las del modelo 2, pero sin calcular el stock de seguridad.

El tiempo de reposición será el parámetro básico en este modelo y el nuevo pedido se hará cuando el nivel de inventarios sea igual al punto de pedido.

Las fórmulas básicas son:

$$PT = DE * TR$$

$q = PT + X$; donde X estará dada por la fórmula:

$$X = \sqrt{(CM + CM^2 \cdot 2 \cdot CA \cdot PR \cdot CM \cdot P) / (CA \cdot P)}$$

2.9.7 Combinación de la demanda

Esta combinación solo se utilizará para los modelos de baja tasa de consumo (modelos 3 y 4)

- $DE = DMAX$
- $DE = (2/3)*DMAX + (1/3) * DMEDIA$
- $DE = (1/3)* DMAX + (2/3) * DMEDIA$
- $DE = DEMEDIA$
- $DE = (1/3) * (DMAX + DMEDIA + DMIN)$

Donde:

DE = Demanda esperada por unidad de tiempo

DMAX = demanda simulada máxima

DMEDIA = demanda simulada media

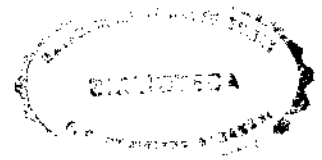
DMIN = demanda simulada mínima

2.10 DIAGRAMA PARA IMPLEMENTAR EL ANALISIS DE INVENTARIOS

2.10.1 Contenido general del diagrama

El diagrama en su contenido general debe analizar los datos pertinentes al sistema de inventarios y dar una información detallada para cada puesto sobre:

- Punto de pedido
- Stock de seguridad
- Lote a almacenar
- Cantidad a pedir



- Inventario promedio
- Valor del inventario promedio
- Valor del costo de almacenamiento
- Valor del costo de movimiento
- Costo total anual o por período
- Duración de fabricación del lote óptimo
- Tiempo en el cual se debe comenzar a fabricar el nuevo pedido

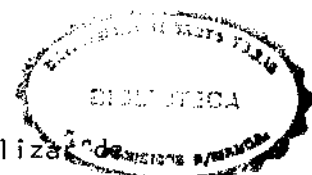
Además de la información anterior, el diagrama está en capacidad de:

- Crear la información que requiera la empresa para llevar un control más detallado del consumo de cada repuesto.
- Dar información sobre inconsistencias en lo referente a falta de datos.
- Decidir si el repuesto es necesario aplicarle una política de inventarios o por el contrario, esperar para cuando se posean datos que garanticen un análisis sólido del repuesto por parte del diagrama.

2.10.2 Importancia del diagrama

Debido a la cantidad enorme de repuestos y a la no homogeneidad del consumo y reposición de estos para aplicar una política de inventarios, me he visto en la necesidad de crear un diagrama que en un momento determinado nos ofreciera las siguientes garantías:

- Rapidez en el análisis y procesamiento de los datos



- Decisión sobre qué política de inventarios se debe utilizar de acuerdo al consumo y reposición del repuesto.
- Información detallada de todo lo referente al repuesto para agilizar la toma de decisiones en lo referente a la compra y almacenamiento de este.
- Creación de registros con la información del repuesto, esto con el objeto de llevar un control más estricto del consumo y existencia del repuesto.

2.10.3 Limitaciones del diagrama

El diagrama en su normal funcionamiento presenta limitaciones que en un momento determinado podrán forzar la no salida de información pertinente; estas limitaciones están dadas por los siguientes paraámetros:

2.10.3.1 No existencia del intervalo de vida útil

Uno de los parámetros básicos para el funcionamiento del diagrama viene siendo el intervalo de vida útil del repuesto creada por el diagrama de vidas; este intervalo me es útil para generar demandas de repuestos y en base a estas demandas dar información referente a cantidad a pedir, stock de seguridad, lote a almacenar, etc.

2.10.3.2 Falta de costos

Como esta política de inventarios, los costos son esenciales para el cálculo del lote óptimo, la falta de estos originaría la no creación de in



formación para el repuesto en análisis.

2.10.3.3 Falta de tiempo de fabricación

El diagrama contempla un modelo para repuestos fabricados en la compañía, el cual está basado en costos y en la tasa de fabricación de los repuestos.

La carencia de esta tasa impediría al diagrama decidir sobre la cantidad óptima a producir y el tiempo en el cual se debe comenzar a fabricar un nuevo pedido.

2.10.3.4 Falta de tiempo de reposición

Este parámetro es básico para el cálculo del punto de pedido y el stock de seguridad a mantener para evitar la insuficiencia; sin este parámetro es imposible para el diagrama decidir cuándo se debe hacer el nuevo pedido y cuánto se debe almacenar.

2.10.4 Estructura del diagrama

El diagrama de una estructura fué creado para realizar dos actividades a saber:

2.10.4.1 Diagrama que muestra la creación de archivos y el análisis de los datos

El objeto de este diagrama es analizar la inconsistencia de datos del repuesto y crear dos tipos de archivos para el uso posterior en el diagrama de inventarios.

Con el objeto de poder referirnos a este diagrama le he asignado un nombre simbólico que indica la actividad que realiza este, el nombre es: Diagrama 3.

Los archivos que crea este diagrama son:

2.10.4.1.1 Archivo de información del repuesto

Este archivo almacena la información pertinente a costos y códigos de los repuestos.

2.10.4.1.2 Archivo que contiene las llaves por código de la descripción del repuesto

Debido a que el código me impedía acceder los datos del repuesto en un disco al azar, me ví en la necesidad de crear un archivo secuencial que debe contener el código del repuesto y una llave que sea el símil de este código para poder acceder la información en disco.

2.10.4.1.3 Diagrama de bloque del diagrama 3

(Ver gráfico)

2.10.4.2 Diagrama de análisis de inventarios

Este diagrama se encarga de analizar la información contenida en el archivo de información del repuesto y en el archivo creado por el diagrama 1, para posteriormente decidir qué política de inventarios se debe aplicar a cada repuesto; esta decisión dependerá del consumo y forma de reposición del repuesto con la siguiente política.

DIAGRAMA DE BLOQUE DEL DIAGRAMA -3

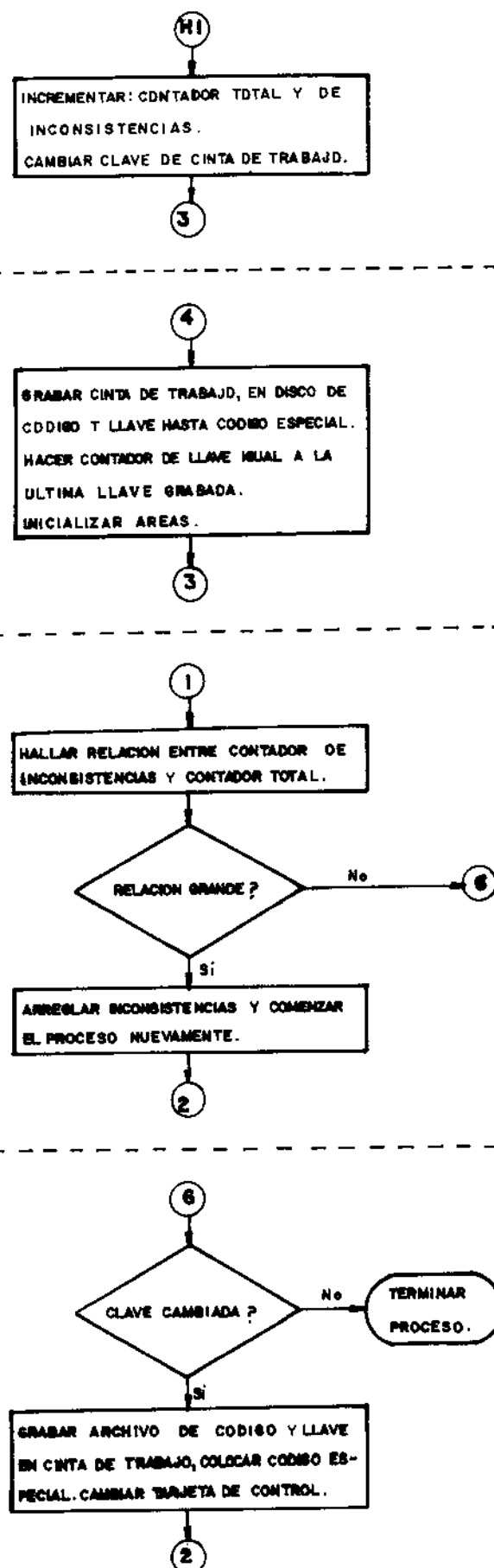
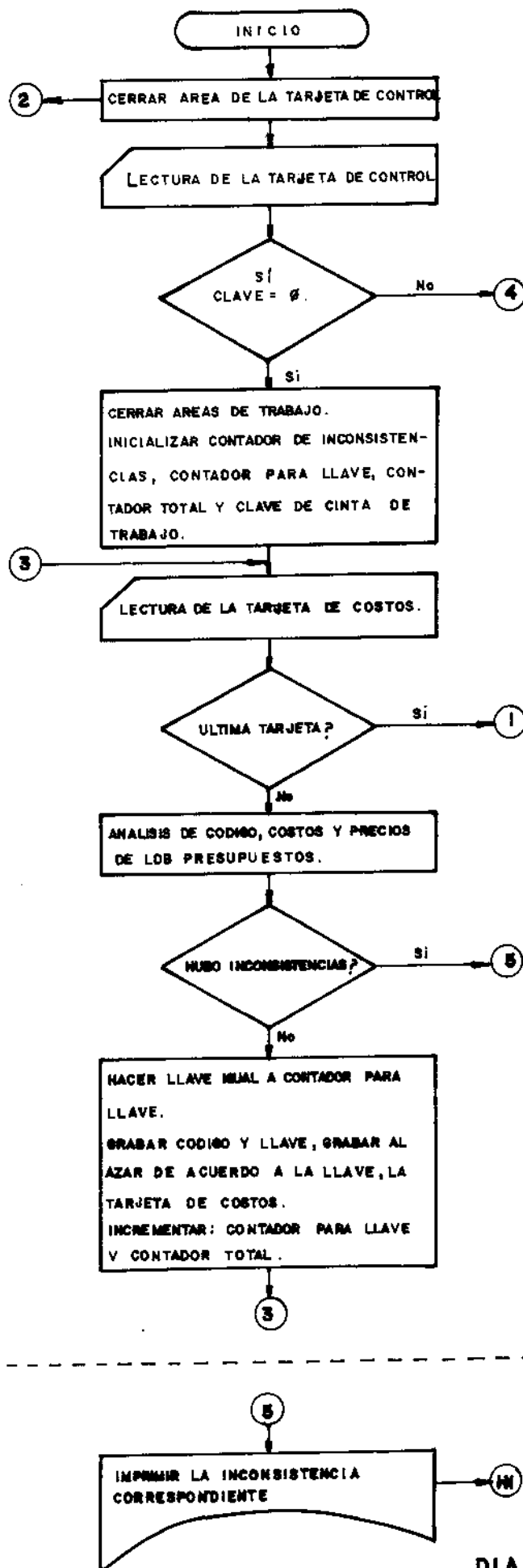


DIAGRAMA - 5

DIAGRAMA DE PASADA DEL DIAGRAMA - 3

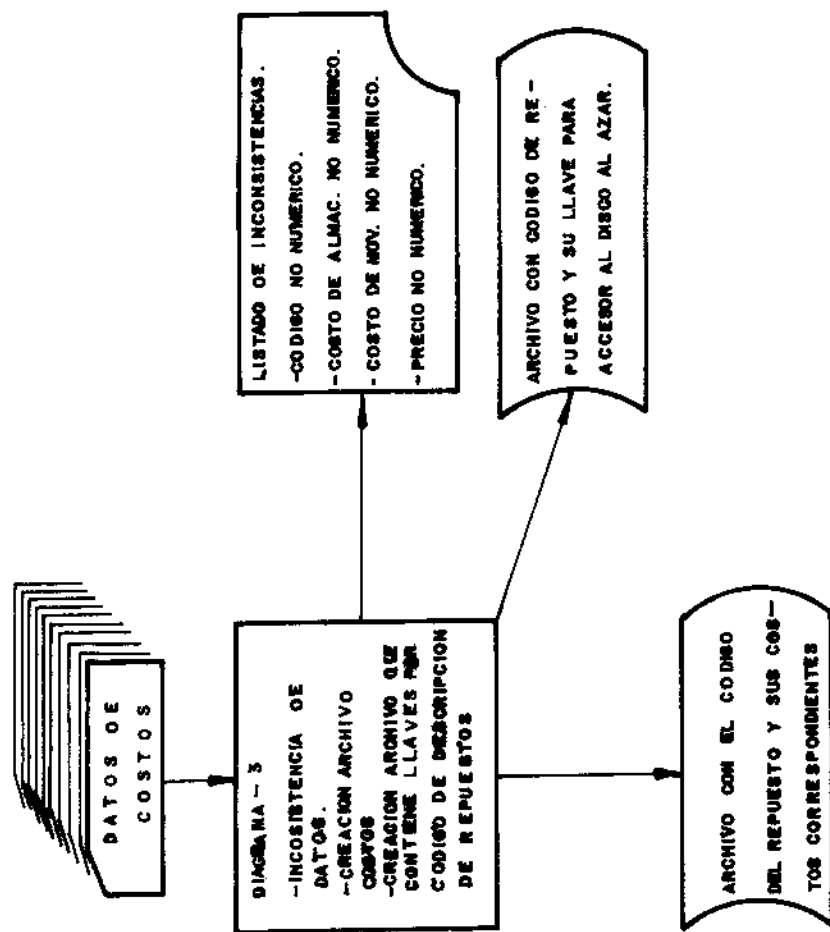
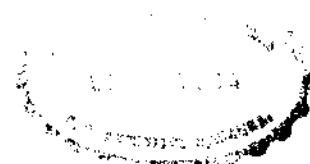


DIAGRAMA - 6

2.10.4.2.1 Diagrama de bloque del diagrama 4

(Ver gráfico)



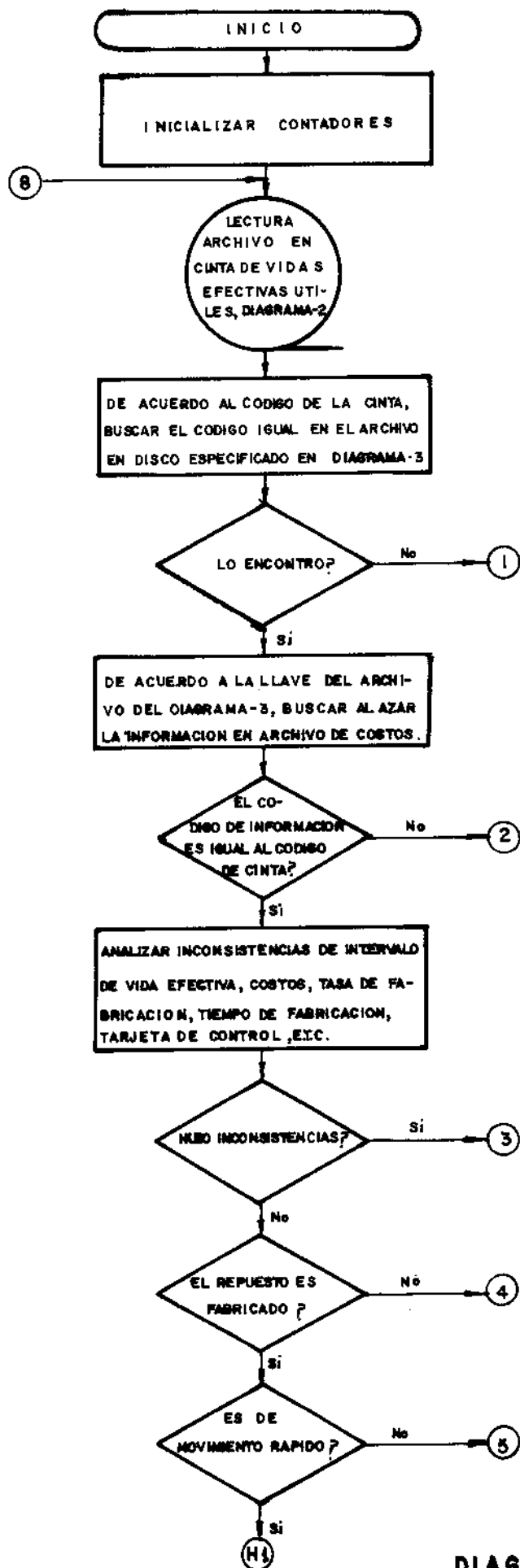
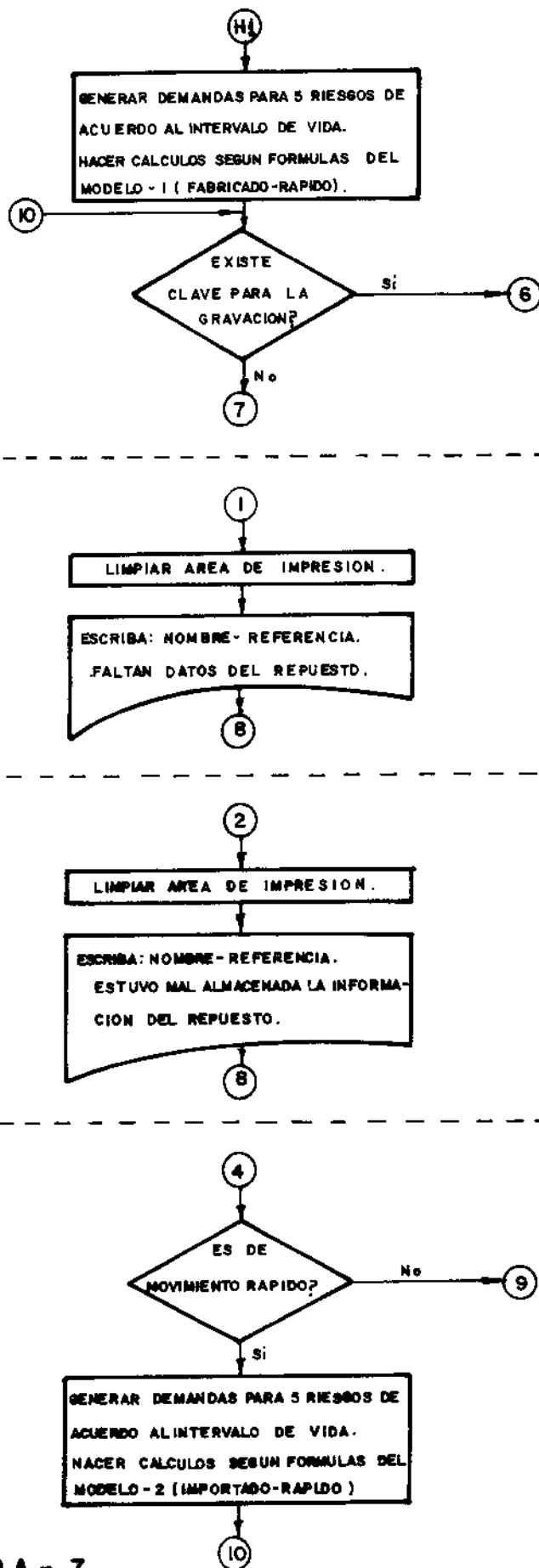


DIAGRAMA - 7



CONTINUACION DIAGRAMA DE BLOQUE DEL DIAGRAMA - 4

